



TUGAS AKHIR RC14-1501

**ALTERNATIF PERENCANAAN PEMBANGUNAN  
BASEMENT PROYEK GRAND DHARMAHUSADA  
LAGOON DENGAN MEMPERTIMBANGKAN  
METODE YANG AMAN**

YAUW LEI SUJADI HARTA  
NRP. 3114100075

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Mustain Arif, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIF PERENCANAAN PEMBANGUNAN  
BASEMENT PROYEK GRAND DHARMAHUSADA  
LAGOON DENGAN MEMPERTIMBANGKAN METODE  
YANG AMAN**

YAUW LEI SUJADI HARTA  
NRP. 3114100075

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, PhD.

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIVE DESIGN FOR GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON'S BASEMENT  
CONSTRUCTION WITH CONSIDER SAFE METHOD**

YAUW LEI SUJADI HARTA  
NRP. 3114100075

Academic Supervisor I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, PhD.

Academic Supervisor II  
Musta'in Arif, ST. MT

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil, Environment and Geotechnology Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2017

**ALTERNATIF PERENCANAAN BASEMENT  
PROYEK GRAND DHARMAHUSADA LAGOON  
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN METODE  
YANG AMAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

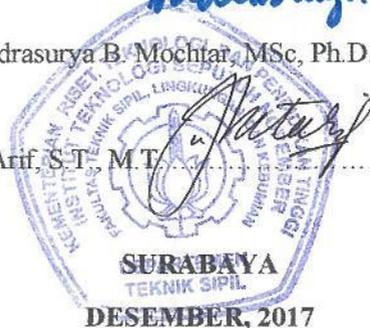
**YAUW LEI SUJADI HARTA**

NRP. 3114100075

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

*Indrasurya B. Mochtar*

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc, Ph.D.(Pembimbing1)
2. Musta'in Arif, S.T. M.T. ....(Pembimbing2)



**ALTERNATIF PERENCANAAN PEMBANGUNAN  
BASEMENT PROYEK GRAND DHARMAHUSADA  
LAGOON DENGAN MEMPERTIMBANGKAN METODE  
YANG AMAN**

**Nama Mahasiswa** : Yauw Lei Sujadi Harta  
**Nrp** : 3114100075  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Prof. Ir. Indrasurya B.  
Mochtar, M.Sc, Ph.D  
**Dosen Pembimbing II** : Musta'in Arif, S.T, M.T

**Abstrak**

*Grand Dharmahusada Lagoon yang berlokasi di Jalan Dharma Husada Mas III Blok A No. 97, Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur dan dibangun oleh kontraktor PT PP (Persero) Tbk adalah sebuah gedung yang direncanakan untuk difungsikan sebagai apartment. Gedung ini sendiri direncanakan akan memiliki 49 lantai dan 3 lantai basement dengan kedalaman galian rencana 12m. Proyek tersebut akan dibangun di atas tanah lunak setebal 14 meter dengan muka air tanah yang cukup tinggi ( 0,5 meter di bawah muka tanah asli). Dalam pembangunan basementnya, pekerjaan galian harus sangat diperhatikan. Mengingat lokasi galian yang berdekatan dengan rumah tetangga ( sekitar 14 meter dari DPT ), pekerjaan galian ini tidak boleh mengganggu kenyamanan tetangga.*

*Akan tetapi, dalam proses pelaksanaannya terdapat masalah yang cukup serius, dinding rumah warga sekitar yang berdekatan dengan proyek mengalami keretakan. Hal ini tentunya menyebabkan banyak warga yang protes dan proyek harus diberhentikan sejangka waktu. Jelas di sini terdapat kesalahan dalam perencanaan atau pelaksanaan dari gedung tersebut.*

*Dalam Tugas Akhir ini, akan dicari penyebab dari keretakan tersebut dengan meninjau ulang desain dan metode pelaksanaan yang digunakan di proyek serta menemukan desain*

*dan metode pelaksanaan yang tepat untuk digunakan pada proyek tersebut.*

*Dinding penahan tanah yang digunakan pada proyek ini adalah Secant Pile berdiameter 80 cm dengan kedalaman 28 m dan perkuatan Ground Anchor yang dipasang pada elevasi -2,0 dan -4,0 meter. Adapun metode konstruksi yang digunakan adalah metode Bottom-Up. Setelah dilakukan analisa kestabilan galian, ternyata ditemukan deformasi yang sangat besar pada dinding penahan tanah sehingga menyebabkan penurunan yang cukup besar pada rumah penduduk sekitar dan timbul keretakan pada dinding rumah warga.*

*Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang dengan metode Top-Down dan memperbesar diameter Secant Pile yang digunakan dari 80 cm menjadi 120 cm. Dengan menggunakan perencanaan ini, didapat deformasi dari dinding penahan tanah yang tidak terlalu besar dan penurunan pada rumah terdekat dari galian kurang dari 2,5 cm sehingga perencanaan ini aman untuk digunakan.*

*Kesimpulan yang didapat adalah perencanaan awal proyek galian Grand Dharmahusada Lagoon terdapat kesalahan pada metode pelaksanaan yang dipakai dan desain dari dinding penahan tanah yang digunakan.*

***Kata Kunci : Basement, Stabilitas galian, Struktur penahan tanah, Metode pelaksanaan konstruksi galian.***

**ALTERNATIVE DESIGN FOR GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON'S BASEMENT  
CONSTRUCTION WITH CONSIDER SAFE METHOD**

**Name** : Yauw Lei Sujadi Harta  
**NRP** : 3114100075  
**Department** : Civil Engineering FTSLK – ITS  
**Supervisor I** : Prof. Ir. Indrasurya B.  
Mochtar, M.Sc, Ph.D  
**Supervisor II** : Musta'in Arif S.T, M.T

**Abstract**

*Grand Dharmahusada Lagoon located at Jalan Dharma Husada Mas III Block A No. 97, Mulyorejo, Surabaya, East Java and built by PT PP (Persero) Tbk is a building that is planned to function as an apartment. The building itself is planned to have 49 floors and 3 basement floors with a 12m quarry depth plan. The project will be built on a 14 meter soft soil with a high groundwater level (0.5 meters below the original face). In the construction of the basement, the work of excavation should be very concerned. Given the location of the excavation adjacent to the neighboring house (about 14 meters from the DPT), this excavation should not interfere with the comfort of the neighbors.*

*However, in the process of implementation there is a serious problem, the walls of local houses adjacent to the project crashed. This has certainly caused many residents to protest and the project must be discharged for a period of time. Obviously here there is an error in the planning or execution of the building.*

*In this Final Project, we will look for the causes of the crack by reviewing the design and implementation methods used in the project and finding the appropriate design and implementation methods to be used on the project.*

*The retaining wall used in this project is a Secant Pile with a diameter of 80 cm with a depth of 28 m and a Ground Anchor retrofit mounted at elevations of -2.0 and -4.0 meters. The construction method used is the Bottom-Up method. After*

*analyzing the stability of the excavation, it was found a very large deformation on the retaining wall, causing a considerable decrease in the local residents' houses and the fractures arising from the walls of the houses.*

*Therefore, re-planning with the Top-Down method and enlarge the diameter of Secant Pile used from 80 cm to 120 cm. Using this plan, there is a deformation of less retaining walls and a decrease in the nearest house from less than 2.5 cm so this planning is safe to use.*

*The conclusion obtained is the initial planning of the Grand Dharmahusada Lagoon excavation project there is an error on the implementation method used and the design of the retaining wall used.*

***Keywords: Basement, Stability of excavation, Structure of retaining land, Method of execution of excavation construction.***

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “Alternatif Perencanaan Pembangunan Basement Proyek Grand Dharmahusada Lagoon dengan Mempertimbangkan Metode yang Aman”. Dalam Laporan Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan dinding penahan tanah dan metode penggalian yang digunakan dalam pembangunan basement.

Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I Laporan Tugas Akhir atas bimbingan, ilmu yang dibagikan dan pengertian yang diberikan.
2. Bapak Musta'in Arif, ST. MT selaku dosen pembimbing II Laporan Tugas Akhir atas bimbingan, ilmu yang dibagikan dan pengertian yang diberikan.
3. Bapak Budi Rahardjo, ST. MT selaku dosen wali.
4. Kedua orangtua penulis yang mendukung dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Mbak Esti Lungit yang telah membagikan ilmu dan referensi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. PT. PP sebagai owner yang telah bersedia memberikan data tanah dan data gedung yang dipakai dalam Tugas Akhir ini.
7. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS
8. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
9. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Laporan Tugas akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi laporan ini.

Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, 27 Desember 2017

(Penulis)

# DAFTAR ISI

Abstrak .....	iv
Abstract .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	5
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Penyelidikan Tanah di Lapangan dan Penentuan Parameter Tanah di Laboratorium .....	7
2.1.1 Cone Penetration Test (uji sondir) .....	7
2.1.2 Uji Penetrasi Standar (SPT) .....	8
2.1.3 Penentuan Parameter Tanah di Laboratorium .....	10
2.2 Tekanan Tanah Lateral .....	11
2.2.1 Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ ) Menurut Rankine .....	12
2.2.2 Tekanan Tanah Pasif ( $K_p$ ) Menurut Rankine .....	16
2.2.3 Tekanan Tanah Diam ( $K_0$ ) .....	20
2.3 Kestabilan Galian .....	20

2.3.1 Angka Keamanan.....	20
2.3.2 Persyaratan Minimum Angka Keamanan.....	21
2.3.3 Alternatif Proteksi Galian .....	21
2.4 Excess Pore Pressure .....	22
2.5 Konstruksi Perkuatan Dinding Galian .....	22
2.5.1 Turap .....	22
a) Turap <i>Cantilever</i> pada Pasir.....	24
b) Turap <i>Cantilever</i> pada Lempung .....	25
2.5.2 Soldier Pile.....	28
2.5.3 Secant Pile .....	28
2.6 Metode Pengerjaan.....	29
2.6.1 Bottom Up .....	29
2.6.2 Top Down .....	30
BAB III .....	33
METODOLOGI .....	33
3.1 Bagan Alir .....	33
3.2 Studi Pustaka .....	34
3.3 Pengumpulan Data.....	35
3.4 Analisa dan Pembahasan.....	35
BAB IV.....	37
PEMBAHASAN .....	37
4.1 Analisa Data Tanah.....	37
4.2 Struktur Basement Grand Dharmahusada Lagoon dan Metode Pelaksanaan Galian.....	41
4.3 Peninjauan Ulang Desain dan Metode Pelaksanaan yang Dipakai di Proyek.....	42

4.3.1	Menghitung Kedalaman DPT .....	44
4.3.2	Permodelan pada PLAXIS .....	50
4.4	Perencanaan Menggunakan Desain Tetap dan Metode <i>Top-Down</i> .....	58
4.5	Perencanaan Menggunakan Secant Pile Diameter 120 cm dan Metode <i>Top-Down</i> .....	66
4.5	Analisa Penyebab Keretakan dan Solusinya.....	70
BAB V	.....	71
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	71
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	.....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Proyek .....	3
Gambar 1. 2 Potongan Melintang Proyek .....	3
Gambar 1. 3 Titik Koordinat Test Tanah .....	4
Gambar 1. 4 Bor Log di titik DB-3 .....	4
Gambar 2. 1 Jenis Tekanan Tanah .....	11
Gambar 2. 2 Tekanan Tanah Aktif .....	12
Gambar 2. 3 Lingkaran Mohr Tekanan Aktif.....	13
Gambar 2. 4 Resultan Tekanan Tanah Aktif .....	14
Gambar 2. 5 Contoh DPT dengan Permukaan Elevasi Meningkatkan .....	15
Gambar 2. 6 Tekanan Tanah Pasif .....	16
Gambar 2. 7 Lingkaran Mohr Tekanan Pasif.....	17
Gambar 2. 8 Resultan Tekanan Tanah Pasif .....	18
Gambar 2. 9 Kasus Permukaan Atas Elevasi Meningkatkan .....	19
Gambar 2. 10 Dinding Turap (a) di air, (b) braced cut.....	23
Gambar 2. 11 Tiang Turap Cantilever pada Pasir .....	24
Gambar 2. 12 (a) variasi diagram tekanan bersih, (b) variasi momen .....	25
Gambar 2. 13 Turap Cantilever pada Lapisan Lempung.....	26
Gambar 2. 14 Soldier Pile dengan Ground Anchor.....	26
Gambar 2. 15 Perencanaan Ground Anchor.....	27
Gambar 4. 1 Lokasi Titik Bor .....	37
Gambar 4. 2 Grafik Kedalaman vs N SPT .....	38
Gambar 4. 3 Detail Secant Pile .....	42
Gambar 4. 4a Denah Lokasi Ground Anchor.....	43
Gambar 4. 5 Potongan Melintang Basement.....	44
Gambar 4. 6 Model Interaksi DPT .....	45
Gambar 4. 7a Diagram Tekanan Lateral Tanah .....	47
Gambar 4. 8 Input Parameter Tanah.....	51
Gambar 4. 9 Input Parameter Secant Pile.....	52
Gambar 4. 10 Input Parameter Angkur .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rekap Data Tanah .....	39
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Nilai C.....	39
Tabel 4. 3 Perbedaan Metode <i>Bottom-up</i> dan <i>Top-down</i> .....	41
Tabel 4. 4 Data Tanah yang Digunakan .....	45
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Gaya (ton).....	49
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Momen (ton.m).....	49
Tabel 4. 7 Rincian Panjang Angkur .....	52
Tabel 4. 8 Nilai Deformasi .....	68

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Surabaya, sebagai kota terbesar kedua di Indonesia mempunyai tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Hal ini menimbulkan berbagai macam permasalahan yang sulit untuk diselesaikan. Salah satunya adalah ketersediaan lahan yang semakin sedikit. Untuk menjawab tantangan kelangkaan lahan, tuntutan adanya ruang bawah tanah atau biasa disebut basement pada pembangunan gedung-gedung komersial merupakan suatu keharusan.

Salah satu gedung komersial yang menggunakan basement untuk efektifitas lahan adalah Grand Dharmahusada Lagoon yang berlokasi di Jalan Dharma Husada Mas III Blok A No. 97, Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur dan dibangun oleh kontraktor PT PP (Persero) Tbk. (lihat denah proyek Gambar 1.1). Gedung ini sendiri direncanakan akan memiliki 49 lantai dan 3 lantai basement dengan kedalaman galian rencana 12m (lihat potongan melintang Gambar 1.2). Proyek tersebut akan dibangun di atas tanah lunak setebal 14 meter dengan muka air tanah yang cukup tinggi ( 0,5 meter di bawah permukaan tanah ) (lihat Bor Log di titik DB-8 pada Gambar 1.3 dan 1.4)(untuk data tanah yang lebih lengkap dapat dilihat di lampiran). Metode pengerjaan yang dipakai pada proyek ini adalah bottom up, yaitu dengan melakukan penggalian secara keseluruhan sedalam galian rencana dan melanjutkan pekerjaan struktur dari bawah ke atas. Pekerjaan galian ini harus sangat diperhatikan, mengingat lokasi galian yang berdekatan dengan rumah tetangga ( sekitar 14 meter dari DPT ) (Gambar 1.2), pekerjaan galian ini tidak boleh mengganggu kenyamanan tetangga.

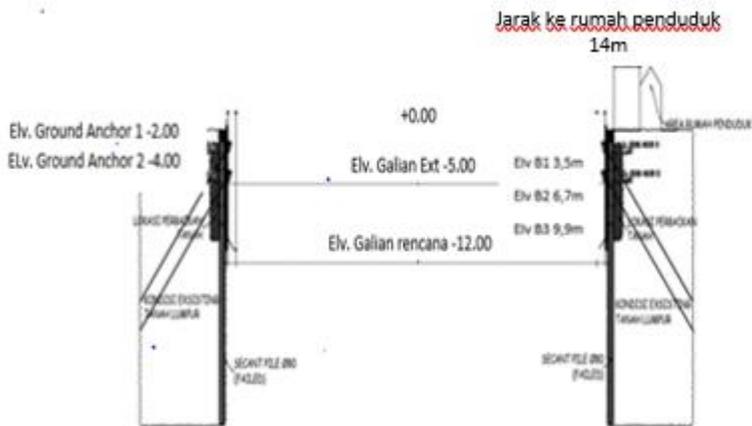
Akan tetapi, dalam proses pelaksanaannya, terdapat suatu masalah yang cukup serius. Dinding penahan tanah yang digunakan (secant pile diameter 80cm dengan perkuatan

ground anchor) gagal dalam menahan beban yang terjadi (Gambar 1.2), sehingga tanah di sekitar galian mengalami penurunan dan menyebabkan rumah tetangga sekitar yang berdekatan dengan lokasi galian banyak yang mengalami keretakan, padahal galian baru sedalam 5m dari kedalaman galian rencana 12m. Hal ini menyebabkan banyak warga yang protes dan proyek terpaksa harus diberhentikan sementara waktu sampai dapat ditemukan solusi untuk masalah tersebut dan ada kesepakatan antara kedua belah pihak untuk meneruskan pembangunan gedung itu. Dapat dilihat bahwa kemungkinan ada kesalahan dalam perencanaan atau dalam metode pelaksanaan bangunan bertingkat tersebut sehingga timbullah masalah dengan bangunan-bangunan di sekitarnya. Perencanaan yang baik dengan diikuti metode pelaksanaan yang tepat tentunya tidak akan menyebabkan gangguan terhadap lingkungan di sekitarnya, atau dapat dibuat gangguan terhadap lingkungan sekitarnya minimal.

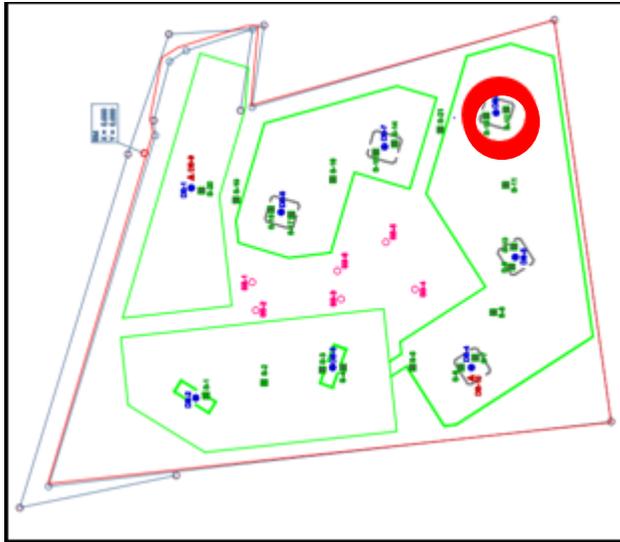
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, dapat dilihat bahwa diperlukan alternatif perencanaan untuk basement Grand Dharmahusada Lagoon. Salah satu solusinya adalah dengan mengganti metode pelaksanaan dari bottom up ke top down dan mengganti desain dari dinding penahannya. Maka dari itu, pada tugas akhir ini akan ditinjau ulang perencanaan dinding penahan dan metode pelaksanaan dari basement Grand Dharmahusada Lagoon serta menemukan alternatif dinding penahan dan metode pelaksanaan yang paling tepat.



Gambar 1. 1 Denah Proyek



Gambar 1. 2 Potongan Melintang Proyek



Gambar 1. 3 Titik Koordinat Test Tanah

TESTANA ENGINEERING, Inc.		BORING LOG				BOREHOLE # : DB-8									
PROJECT : Grand Damahsada Lagoon.		DATE OF TEST : August 2015				GROUND WATER LEVEL : 0.50 m									
LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.		DEPTH : 40.0 m				GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m									
DEPTH m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS							
		5	10	20	30	UNE	CU(E)	7	Ge	eo	Sr				
0	Fill materials consist of sand and silt, brown, trace of gravel				250										
1	Clay and silt, grey, inorganic, very soft consistency	<-1													
2	Fine sand and silt, grey, containing shell fragments, very loose	<-1													
4						UCT	0.14	25	44	80	1.51	2.57	2.06	100	
5						CU(E)	0.10	23							
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	<-1													
10						LU	0.12	4	27	53	78	1.51	2.55	2.01	99
11		<-1													
14	Clay and fine sand, brown, little of silt, soft consistency														
15															
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense														
17															
18															
19															
20															

Gambar 1. 4 Bor Log di titik DB-8

## 1.2 Rumusan Masalah

Secara umum berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan:

1. Bagaimanakah desain dan metode yang digunakan untuk membangun basement Grand Dharmahusada Lagoon saat ini?
2. Apakah yang menyebabkan keretakan pada dinding rumah di sekitar galian?
3. Bagaimanakah desain yang paling tepat untuk proyek Grand Dharmahusada Lagoon?
4. Bagaimanakah metode pelaksanaan yang paling tepat untuk proyek Grand Dharmahusada Lagoon?

## 1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi pokok-pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Data tanah dan kedalaman galian yang direncanakan adalah data sekunder.
2. Tidak membahas perhitungan desain plat lantai dan *Kingpost*.
3. Tidak membahas perhitungan biaya

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan oleh penulis pada penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memperoleh perencanaan basement Grand Dharmahusada Lagoon yang tepat di daerah padat penduduk dan tidak merusak bangunan sekitar.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang bisa diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Memberi alternatif perencanaan basement dengan desain dan metode pelaksanaan yang tepat untuk proyek Grand Dharmahusada Lagoon.
2. Sebagai referensi untuk perencanaan berikutnya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penyelidikan Tanah di Lapangan dan Penentuan Parameter Tanah di Laboratorium**

Pengujian di lapangan yang akan dilakukan adalah:

- Cone Penetration Test (Sondir)
- Standard Penetration test (SPT)

##### **2.1.1 Cone Penetration Test (uji sondir)**

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 2010b). Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Keuntungan uji sondir (Rahardjo, 2008) :

1. Cukup ekonomis dan cepat.
  2. Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama.
  3. Korelasi empirik yang terbukti semakin andal.
  4. Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.
- Hambatan Konus ( $q_c$ )

Nilai yang penting diukur dari uji sondir adalah hambatan ujung konus ( $q_c$ ). Besarnya nilai ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Pada tanah pasiran, hambatan ujung jauh lebih besar dari tanah berbutir halus. Pada pasir padat (*dense*) dan sangat padat (*very*

*dense*), sondir ringan umumnya tidak dapat menembus lapisan ini. Schmertman, (1978) dalam Rahardjo, (2008) memberikan petunjuk sederhana untuk menginterpretasi data sondir untuk keperluan klasifikasi dan kondisi tanah.

- Gesekan Selimut ( $f_s$ )

Nilai  $f_s$  dapat menggambarkan klasifikasi tanah. Selain itu rasio  $f_s$  dan  $q_c$  yang dikenal dengan nama rasio gesekan ( $R_f$ ) dapat digunakan untuk membedakan tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar (Rahardjo, 2008). Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah berbutir kasar mempunyai nilai  $R_f$  yang kecil (<2%), sementara untuk tanah berbutir halus (lanau dan lempung) nilai  $R_f$  lebih tinggi.

### 2.1.2 Uji Penetrasi Standar (SPT)

Suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji *SPT* terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan  $N$  atau perlawanan *SPT* (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m).

Tabel 2.1 dibawah ini menunjukkan Konsistensi tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung) dan Tabel 2.2 adalah pedoman memprakirakan harga  $\phi$  dari harga  $N_{SPT}$  untuk tanah dominan pasir (dari Teng, 1962)

Tabel 2. 1 Konsistensi Tanah Lempung

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000– 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

Sumber : Mochtar (2006), revised (2012)

Tabel 2. 2 Konsistensi Tanah Pasir

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) $R_d$	Perkiraan n Harga $N_{SPT}$	Perkiraan n harga $\phi$ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ (ton/m <sup>3</sup> )
-------------------	--	-----------------------------	------------------------------	--

very loose (sangat renggang)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

\* perkiraan oleh Mochtar (2009)

### 2.1.3 Penentuan Parameter Tanah di Laboratorium

Pengujian tanah di laboratorium dilakukan terhadap semua contoh tanah yang diperoleh di lapangan yang berupa contoh tanah terganggu dan contoh tanah tidak terganggu. Pengujian pengujian yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data dan parameter sifat fisik maupun sifat mekanika tanah, selanjutnya parameter tersebut akan digunakan sebagai bahan analisis dan pertimbangan dalam perencanaan.

Pengujian pengujian yang dilakukan di laboratorium seperti

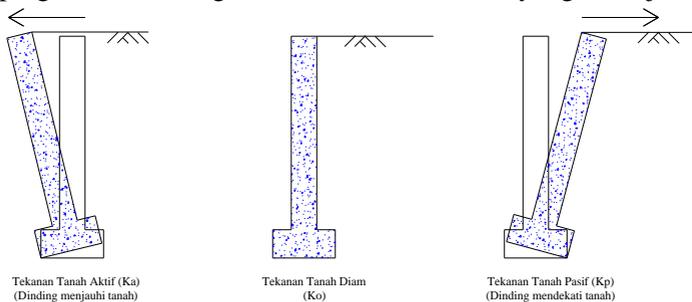
- Pemeriksaan kadar air tanah asli
- Pemeriksaan berat jenis
- Pemeriksaan densitas tanah
- Penentuan klasifikasi tanah
- Pemeriksaan kuat geser langsung

## 2.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan lateral tanah adalah tekanan oleh tanah pada bidang horizontal. Contoh aplikasi teori tekanan lateral adalah untuk desain-desain seperti dinding penahan tanah, dinding basement, terowongan, dll. Tekanan lateral tanah dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- Jika dinding tidak bergerak  $K$  menjadi koefisien tekanan tanah diam ( $K_0$ )
- Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien  $K$  mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif ( $K_p$ )
- Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, nilai  $K$  mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah aktif ( $K_a$ )

Gambar berikut ini mendeskripsikan tentang arah pergerakan dinding menurut tekanan lateral yang bekerja.



Gambar 2. 1 Jenis Tekanan Tanah  
(Sumber: Weber, 2010)

Beberapa teori tentang tekanan tanah aktif dan pasif, serta tekanan tanah diam adalah teori Rankine dan Coulomb. Pada bab ini hanya akan dibahas teori Rankine. Adapun penjelasan mengenai teori Rankine tersebut adalah sebagai berikut:

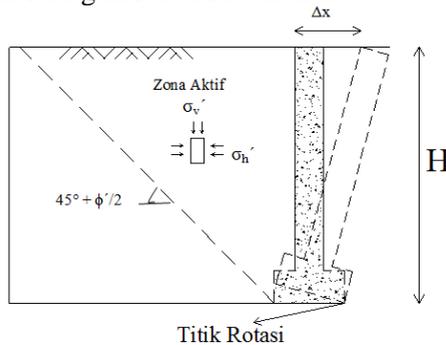
### **Teori Rankine (1857)**

Teori Rankine berasumsi bahwa:

- Tidak ada adhesi atau friksi antara dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan).
- Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertikal 90°.
- Kelongsoran (pada urugan) terjadi sebagai akibat dari pergeseran tanah yang ditentukan oleh sudut geser tanah ( $\phi'$ ).
- Tekanan lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding.
- Resultan gaya bersifat paralel terhadap permukaan urugan.

**2.2.1 Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ ) Menurut Rankine**

Disebut tekanan tanah aktif jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding menjauhi tanah yang ditahan, seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:



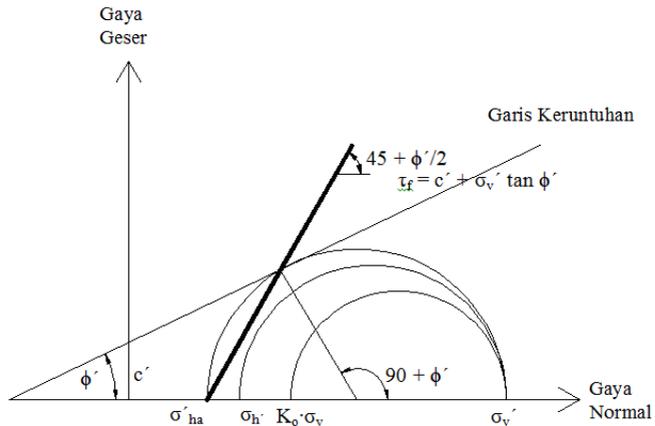
Gambar 2. 2 Tekanan Tanah Aktif

Keruntuhan tanah mengikuti prinsip lingkaran Mohr (Mohr-Coulomb). Jika pergerakan dinding membuat  $\Delta x$  semakin besar, maka pada akhirnya, lingkaran Mohr akan menyentuh garis keruntuhan (Menurut Rankine, sudut keruntuhan adalah sebesar  $45 + \frac{\phi'}{2}$ ), sehingga keruntuhan akan terjadi.

Tahanan geser tanah mengikuti persamaan:  
 $\tau_f = c' + \sigma_v' \tan \phi'$  ..... 2.1

dimana:

- $\tau_f$  : tahanan geser tanah
- $\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah
- $c'$  : kohesi tanah
- $\phi'$  : sudut geser tanah



Gambar 2. 3 Lingkaran Mohr Tekanan Aktif

Besar gaya-gaya yang bekerja mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\sigma'_v = \sigma'_1$$

$$\sigma'_h = \sigma'_3$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) \dots\dots\dots 2.2$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) \dots\dots\dots 2.3$$

dimana:

- $\sigma'_h$  : tekanan lateral tanah
- $\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah
- $c'$  : kohesi tanah
- $\phi'$  : sudut geser tanah

$K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif,

$$K_a : \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$

Karena  $K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$ , maka besar tekanan saat terjadi keruntuhan menggunakan persamaan yang dikenal dengan nama *Bell's Equation*, yaitu:

$$\sigma'_{ha} = \sigma'_v \cdot \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right) - 2c' \cdot \tan \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$

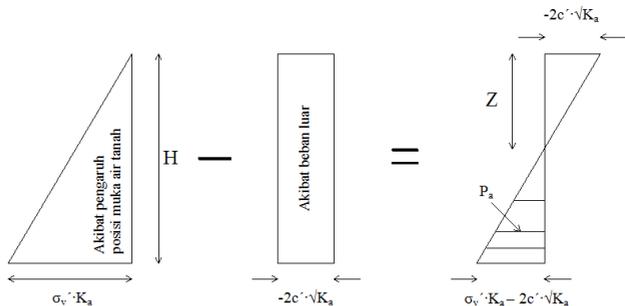
$$\sigma'_{ha} = \sigma'_v \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a} \dots\dots\dots 2.4$$

dimana:

- $\sigma'_{ha}$  : tekanan lateral aktif
- $\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah
- $c'$  : kohesi tanah
- $\phi'$  : sudut geser tanah

$K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif,  $K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Resultan tekanan aktif akibat beban luar dan pengaruh air dapat dideskripsikan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2. 4 Resultan Tekanan Tanah Aktif

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_a = 0,5\gamma' \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a} \dots\dots\dots 2.5$$

dimana:

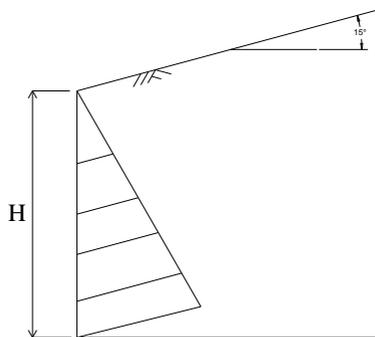
- $P_a$  : total tekanan tanah aktif  
 $\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah  
 $c'$  : kohesi tanah  
 $H$  : tinggi dinding penahan tanah  
 $K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif,  
 $K_a$  :  $\tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Jika permukaan tanah yang ditahan, pada permukaan atas elevasinya meningkat, maka rumus mencari  $K_a$  adalah sebagai berikut:

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}} \dots\dots\dots 2.6$$

dimana:

- $\phi'$  : sudut geser tanah  
 $\alpha$  : sudut elevasi tanah di permukaan atas dinding  
 $K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif  
 $K_a$  :  $\tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$



Gambar 2. 5 Contoh DPT dengan Permukaan Elevasi Meningkat

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_a = 0,5\gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots\dots\dots 2.7$$

dimana:

$P_a$  : total tekanan tanah aktif

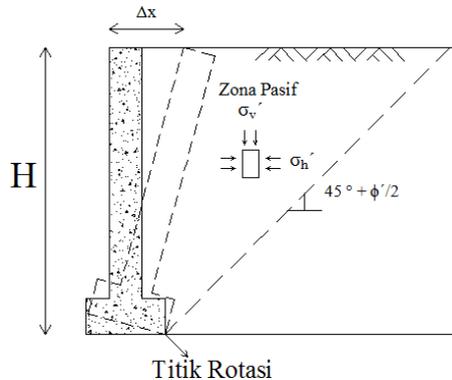
$H$  : tinggi dinding penahan tanah

$K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a : \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$

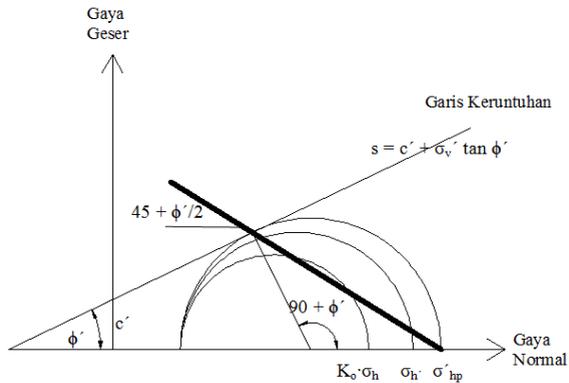
### 2.2.2 Tekanan Tanah Pasif ( $K_p$ ) Menurut Rankine

Disebut tekanan tanah pasif jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding mendekati tanah yang ditahan.



Gambar 2. 6 Tekanan Tanah Pasif

Keruntuhan tanah mengikuti prinsip lingkaran Mohr (Mohr-Coulomb). Jika pergerakan dinding membuat  $\Delta x$  semakin besar, maka pada akhirnya, lingkaran Mohr akan menyentuh garis keruntuhan.



Gambar 2. 7 Lingkaran Mohr Tekanan Pasif

Besar gaya-gaya pada gambar di atas adalah sebagai berikut:

$$\sigma'_v = \sigma'_3$$

$$\sigma'_h = \sigma'_1$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) \dots\dots\dots 2.8$$

dimana:

$\sigma'_h$  : tekanan lateral tanah

$\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah

$c'$  : kohesi tanah

$\phi'$  : sudut geser tanah

$K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif,

$$K_p : \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

Karena  $K_p = \tan^2 (45 + \phi'/2)$ , maka besar tekanan lateral saat terjadi keruntuhan mengikuti persamaan:

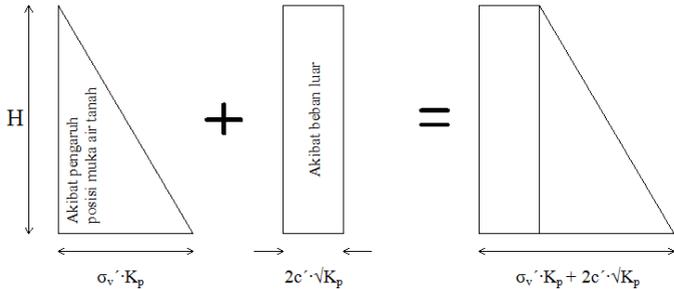
$$\sigma'_{hp} = \sigma'_v \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \cdot \tan \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\sigma'_{hp} = \sigma'_v \cdot K_p + 2c' \sqrt{K_p} \dots\dots\dots 2.9$$

dimana:

- $\sigma'_{hp}$  : tekanan lateral pasif
- $\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah
- $c'$  : kohesi tanah
- $\phi'$  : sudut geser tanah
- $K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif
- $K_p$  :  $\tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$

Resultan tekanan pasif akibat beban luar dan pengaruh air dapat dideskripsikan sebagai berikut:



Gambar 2. 8 Resultan Tekanan Tanah Pasif

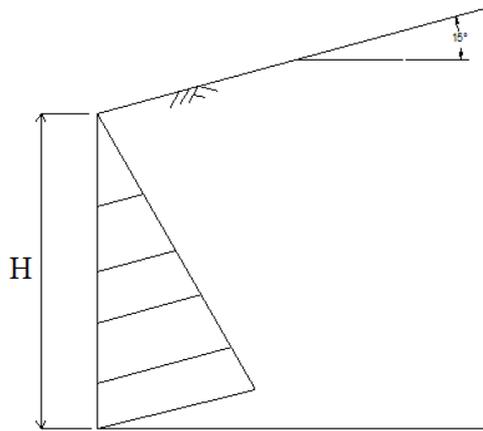
Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut:

$$P_p = 0,5 \gamma \cdot H \cdot K_a + 2c' \sqrt{K_a} \dots\dots\dots 2.10$$

Jika permukaan tanah yang ditahan, pada permukaan atas elevasinya meningkat, maka rumus mencari  $K_p$  adalah:

$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}} \dots\dots\dots 2.11$$

- dimana:
- $\phi'$  : sudut geser tanah
  - $\alpha$  : elevasi tanah di permukaan atas dinding
  - $K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif
  - $K_p$  :  $\tan^2 (45 + \frac{\phi'}{2})$



Gambar 2. 9 Kasus Permukaan Atas Elevasi Meningkat

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_p = 0,5\gamma \cdot H^2 \cdot K_p \dots\dots\dots 2.12$$

- dimana:
- $P_a$  : total tekanan tanah pasif
  - $\alpha$  : sudut elevasi tanah di permukaan atas dinding
  - $K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif
  - $K_p$  :  $\tan^2 (45 + \frac{\phi'}{2})$

### 2.2.3 Tekanan Tanah Diam ( $K_0$ )

Untuk tanah berbutir, koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1944).

$$K_0 = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots 2.13$$

## 2.3 Kestabilan Galian

Pada kasus galian tanah maka terjadi pengurangan tegangan pengekan / keliling alami tanah yang akan mengurangi tekanan air pori dalam tanah, menyebabkan air akan meresap pada menuju area galian sehingga akan mengurangi kekuatan tanah dasar. Oleh karenanya untuk kondisi dimana akan dilakukan konstruksi galian diperlukan adanya parameter jangka panjang yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium

### 2.3.1 Angka Keamanan

Stabilitas galian umumnya dinyatakan oleh angka keamanan (SF), di mana Bishop (1964) yang mendefinisikan angka keamanan sebagai perbandingan antara kekuatan geser maksimum tanah yang ada terhadap kekuatan geser yang diperlukan untuk menahan kestabilannya

$$SF = \frac{\tau}{\tau_f}$$

dimana :

SF = Angka keamanan,

$\tau$  = Kuat geser aktual,

$\tau_f$  = Kuat geser pada bidang gelincir.

Di dalam melakukan Analisa untuk memperoleh angka keamanan dapat menggunakan pendekatan reduksi kuat geser yang merupakan direct method yang secara bertahap menurunkan kuat geser tanah secara bertahap sehingga terjadi kegagalan. Kriteria kegagalan diasumsikan terjadi saat analisa tidak mencapai kondisi konvergen.

### **2.3.2 Persyaratan Minimum Angka Keamanan**

NAFVAC DM-7 (1971) maupun Peraturan Kepala Dinas Penataan dan Pengawasan Bangunan propinsi DKI Jakarta (2007), nilai minimum angka keamanan (SF) statik lereng / galian untuk keadaan pembebanan tetap minim sebesar 1.5 dan untuk kondisi pembebanan sementara termasuk gempa diijinkan sebesar 1.3

### **2.3.3 Alternatif Proteksi Galian**

Adanya pekerjaan galian basement dalam proyek ini sangat riskan terhadap bahaya kelongsoran, pergerakan tanah maupun penurunan tanah terhadap fasilitas lainnya mengingat kondisi lapisan tanah di dekat permukaan tersusun oleh lempung berkonsistensi lunak, oleh Karena itu diperlukan pengendalian mutu pada pekerjaan galian. Pengendalian mutu dapat dilakukan melalui penggunaan alat berat yang sesuai, pelaksanaan tahap penggalian sesuai tahapan yang disyaratkan, pelaksanaan dewatering, pengawasan yang dilakukan secara terus menerus, monitoring melalui instrumentasi yang dipasang di lapangan untuk mengontrol muka air tanah, pergerakan tanah, penurunan dan sebagainya. Sehubungan dengan hal tersebut sangat perlu dilakukan proteksi galian untuk meninjau baik stabilitas kondisi eksisting yang ada maupun stabilitas lereng pada saat galian mencapai dasar galian. Alternatif proteksi terhadap galian secara umum dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Memberi perkuatan dengan soil nailing untuk galian terbuka (open cut ) pada beberapa lokasi
- Menggunakan soldier pile/diaphragm wall/secant pile

- Membuat horizontal drain dan weephole pada lereng lereng untuk mengalirkan air
- Membuat saluran air/trench untuk mengalirkan air permukaan
- Menghindari pemberian beban yang berlebihan di atas lereng galian seperti timbunan material, peralatan berat, atau beban lain yang membahayakan stabilitas galian.

## 2.4 Excess Pore Pressure

Excess Pore Pressure didefinisikan sebagai peningkatan tekanan air pori tanah yang disebabkan oleh beban yang diterima secara cepat. Jenis tanah yang umumnya mengalami perlakuan ini adalah lempung. Dengan metode yang disebut “B bar”, peningkatan tekanan air pori diasumsikan sebanding dengan peningkatan tegangan vertical. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\Delta u = B \Delta \sigma_v$$

Dengan B (B-bar) adalah koefisien tekanan air pori gabungan dari material. Perlu diingat, bahwa hanya tegangan yang memiliki arah vertical yang mempengaruhi tekanan air pori

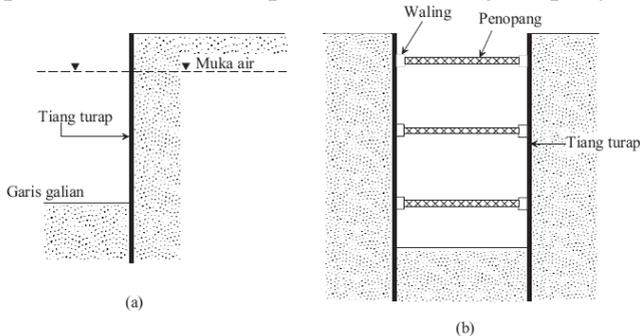
## 2.5 Konstruksi Perkuatan Dinding Galian

### 2.5.1 Turap

Tiang-tiang turap (sheet piles) sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah, yang bisa berupa konstruksi berskala besar maupun kecil. Sebagai contoh pada gambar 2.10, terlihat konstruksi dinding turap (sheet pile walls) yang mengarah ke pantai yang dapat berupa sebuah dermaga atau sebuah fasilitas dok kapal. Dinding turap, oleh karena fungsinya sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga sebagai jenis lain dari dinding penahan tanah (retaining walls). Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada

keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (dewatering).

Terdapat beberapa jenis tiang turap yang biasa digunakan: (a) tiang turap kayu, (b) tiang turap beton pracetak (precast concrete sheet piles), dan (c) tiang turap baja.



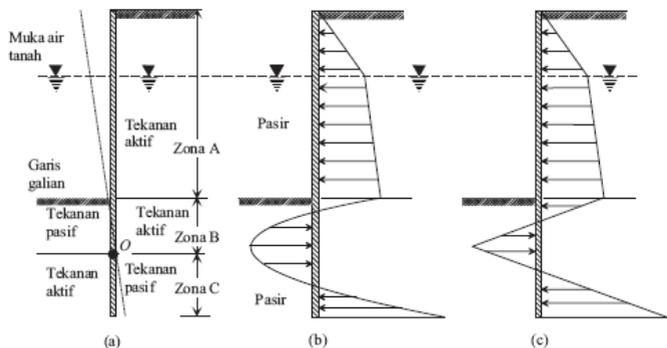
Gambar 2. 10 Dinding Turap (a) di air, (b) braced cut

Pada prinsipnya, perencanaan dinding turap dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu: (a) dinding *cantilever* (*cantilver walls*) dan (b) dinding berjangkar (*anchored walls*). Turap dengan dinding *cantilever*, sebagaimana dinyatakan dalam namanya adalah tiang yang ujungnya tertahan oleh tanah sehingga seolah-olah tergantung. Stabilitas turap jenis ini sangat tergantung pada panjang penanaman tiang. Sedangkan turap berjangkar, disamping ujungnya tertanam, di sekitar ujung lainnya dipasang jangkar yang akan memberikan gaya tarik melawan kecenderungan tiang turap terdorong ke arah yang berlawanan dengan tanah.

### **Turap *Cantilever***

Dinding turap *cantilever* biasanya direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, berkisar 6 m atau kurang di atas garis galian. Pada dinding ini, turap berperilaku seperti sebuah balok lebar *cantilever* di atas garis galian. Prinsip dasar untuk menghitung distribusi tekanan tanah lateral tiang turap *cantilever* dapat dijelaskan dengan bantuan

Gambar 2.11, yang menunjukkan perilaku leleh dinding *cantilever* yang tertanam pada lapisan pasir di bawah garis galian. Dinding berputar pada titik  $O$ . Oleh karena adanya tekanan hidrostatis pada masing-masing sisi dinding, maka tekanan ini akan saling menghilangkan, dengan demikian yang diperhitungkan hanya tekanan tanah lateral efektif saja. Pada Zona A, tekanan lateral hanyalah tekanan tanah aktif saja yang berasal dari tanah sebelah di atas garis galian. Sementara pada Zona B, oleh karena pelenturan dinding di daerah ini, maka bekerja tekanan tanah lateral aktif dari bagian tanah sebelah atas garis galian dan tekanan tanah pasif di bawah garis galian di sebelah air. Kondisi pada Zona B ini akan berkebalikan dengan Zona C, yaitu di bawah titik rotasi  $O$ . Distribusi tekanan tanah bersih ditunjukkan pada Gambar 2.11 (b), namun untuk penyederhanaan biasanya Gambar 2.11 (c) akan digunakan dalam perencanaan.

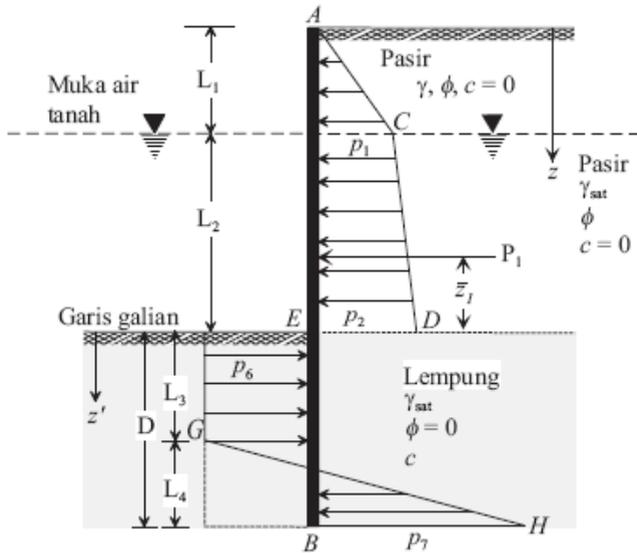


Gambar 2. 11 Tiang Turap Cantilever pada Pasir

a) Turap *Cantilever* pada Pasir

Untuk mengembangkan hubungan untuk kedalaman penanaman tiang turap yang dibutuhkan di dalam tanah granular perhatikanlah Gambar 2.12 (a). Tanah yang akan ditahan oleh dinding turap, berada di atas garis galian,

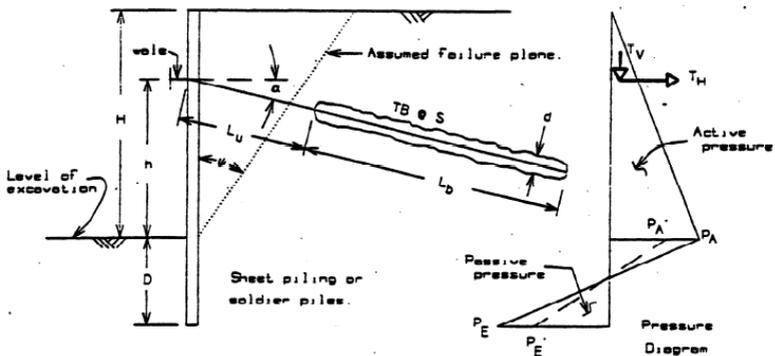




Gambar 2. 13 Turap Cantilever pada Lapisan Lempung

**Turap dengan perkuatan Ground Anchor**

Perkuatan dengan ground anchor dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 14 Soldier Pile dengan Ground Anchor

Perencanaan Angkur mengacu pada *Caltrans Trenching and Shoring Manual*, dimana rumus yang digunakan :

$$P_{ult} = \pi d L_b \gamma h_m (\tan\theta) \dots\dots\dots 2.14$$

dimana :

$d$  : diameter lubang bor

$L_b$  : panjang pengikat angkur

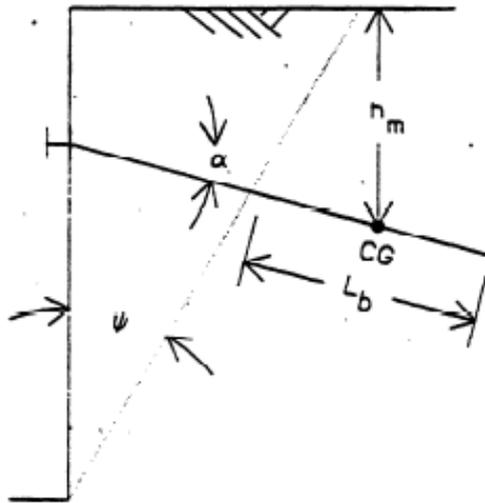
$\gamma$  : berat jenis tanah

$\theta$  : sudut geser tanah

CG : panjang setengah  $L_b$  ( $L_b/2$ )

$h_m$  : jarak vertikal dari muka tanah ke CG

$\psi$  : sudut asumsi bidang longsor

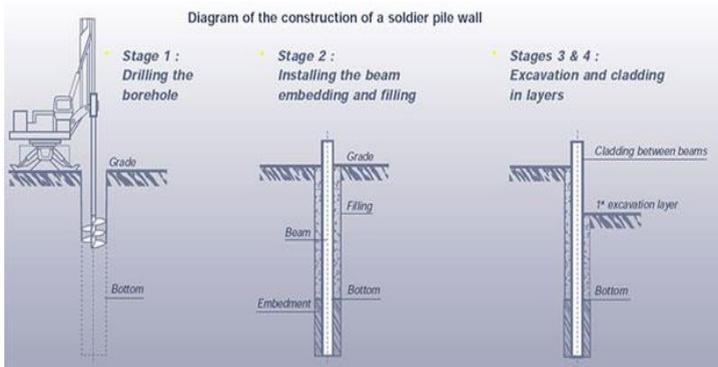


Gambar 2. 15 Perencanaan Ground Anchor

### 2.5.2 Soldier Pile

*Soldier Pile* adalah dinding penahan tanah pada suatu galian yang terdiri dari rangkaian/barisan *bored pile* yang terbuat dari beton yang dicor di tempat (*cast in situ*). Sebagai struktur penahan tanah, soldier pile dapat digunakan pada hampir semua jenis tanah dan segala jenis lapangan.

*Soldier pile* merupakan *bored pile* yang akan difungsikan sebagai penahan tanah dan akan diaplikasikan menerima/menahan gaya atau beban horizontal yang ditimbulkan dari tekanan tanah maupun air yang ditahannya serta bangunan yang ada di sebelahnya. Kedalaman dan diameter *soldier pile* tergantung dari perhitungan kekuatan, berdasarkan ketinggian lereng, jenis tanah dan perkiraan beban horizontal yang ada.



Gambar 2. 16 Soldier Pile Wall

### 2.5.3 Secant Pile

Secant pile atau bisa juga dikenal dengan nama retaining wall beruntun adalah jenis penahan tanah yang jarak antar

pile nya saling berdekatan dan bersinggungan satu sama lain yang berguna untuk menahan tekanan tanah lateral

Keuntungan dari secant pile adalah tidak membutuhkan area yang luas untuk membuat konstruksi dan menahan rembesan air serta dapat diterapkan pada tanah dengan kondisi muka air tinggi. Adapun kekurangannya adalah waktu pengerjaan yang lebih lama dan kesulitan dalam proses pemasangan yang lebih tinggi.

## **2.6 Metode Pengerjaan**

Terdapat beberapa jenis metode dalam penggalian yaitu bottom up dan top down. Pada sistem bottom up struktur basement dilaksanakan sampai semua pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Plat basement paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian basement diselesaikan dari bawah ke atas dengan menggunakan scaffolding. Untuk sistem top down, struktur basement dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan galian basement. Urutan penyelesaian balok dan plat lantainya dimulai dari atas ke bawah dan selama proses pelaksanaan struktur plat dan balok tersebut didukung oleh struktur tiang (king post) yang dipasang bersamaan dengan bored pile.

### **2.6.1 Bottom Up**

- Secara garis besar kegiatan kegiatan yang dilakukan pada konstruksi pelaksanaan basement metode bottom up adalah sebagai berikut:
  1. Mobilisasi peralatan
  2. Pelaksanaan pondasi tiang
  3. Pelaksanaan dinding penahan tanah
  4. Penggalian dan pembuangan tanah
  5. Dewatering
  6. Poer pondasi
  7. Water proofing
  8. Tie beam dan pondasi rakit
  9. Dinding basement dan struktur bertahap ke atas

### 10. Lantai basement bertahap ke atas

- Beberapa hal yang dapat disebut merupakan ciri-ciri pelaksanaan basement dengan metode bottom up yang lazim dilaksanakan dari jабaran di atas adalah :
  1. Metode bottom up tidak memerlukan tata cara manajemen proyek secara khusus, Karena umumnya sudah menjadi hal yang biasa dilaksanakan.
  2. Diperlukan pengendalian muka air tanah secara intensif.
  3. Semakin dalam (semakin banyak jumlah basement) metode pelaksanaan ini akan semakin sulit.
  4. Diperlukan luas lahan yang cukup untuk mengendalikan transportasi galian tanah vertikal.
  5. Biaya pelaksanaan sampai kedalaman tertentu relative lebih murah.
  6. Akibat proses penggalian dan kebutuhan akan konstruksi sementara yang banyak, maka kondisi lingkungan proyek akan padat dan kotor.
  7. Setiap usaha mempercepat waktu pelaksanaan, pada umumnya menyebabkan penambahan sumber daya baik manusia maupun peralatan yang tidak sebanding dengan produksinya.

#### 2.6.2 Top Down

- Berikut ini adalah tahapan dalam pelaksanaan metode konstruksi top down:
  1. Pengecoran bored pile dan pemasangan king post
  2. Pengecoran diaphragm wall
  3. Lantai basement 1, dicor di atas tanah dengan lantai kerja

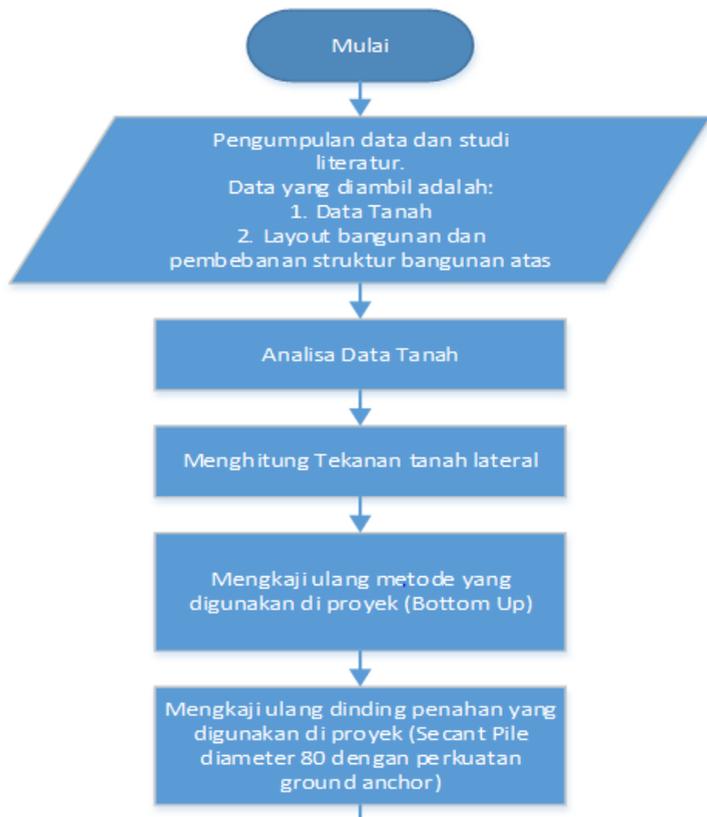
4. Galian basement 1, dilaksanakan setelah lantai basement 1 cukup strengthnya
  5. Lantai basement 2, dicor di atas tanah dengan lantai kerja
  6. Galian basement 2, dilaksanakan seperti galian basement 1 begitu seterusnya
  7. Terakhir mengecor raft foundation.
  8. King post dicor, sebagai kolom struktur
  9. Bila diperlukan, pelaksanaan basement dapat dimulai struktur atas, sesuai dengan kemampuan dari king post yang ada (sistem up and down)
- Keuntungan dari metode ini adalah
    1. Dapat membuat dinding basement sedekat mungkin ke batas bangunan
    2. Struktur horizontal yang sifatnya sebagai struktur sementara dapat dihilangkan atau ditiadakan
    3. Displacement arah horizontal dari dinding penahan tanah dapat dikurangi
    4. Struktur lantai basement dapat dikerjakan langsung di atas dasar tanah galian.
    5. Dinding penahan tanah galian juga merupakan bagian dari struktur permanen.
    6. Pencapaian ke tengah bangunan dalam kegiatan ekskavasi dipermudah dengan adanya plat lantai yang difungsikan sebagai bagian strutting.
    7. Pelaksanaan struktur lantai basement praktis bersamaan dengan kegiatan ekskavasi. Ada overlapping aktivitas yang menguntungkan faktor waktu pelaksanaan proyek

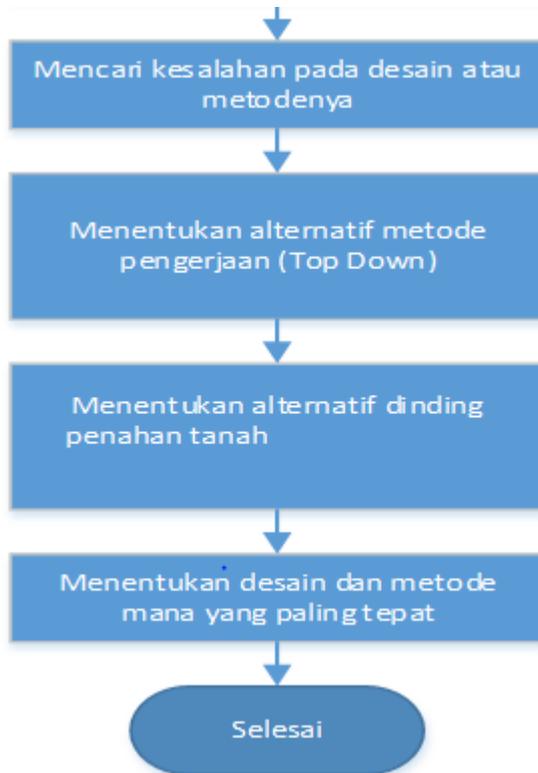
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir

Berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir.





Penyelesaian Tugas Akhir ini dengan judul Alternatif Perencanaan Pembangunan Basement Proyek Grand Dharmahusada Lagoon dengan Mempertimbangkan Metode Pelaksanaan yang Aman akan dilakukan beberapa tahapan yaitu:

### 3.2 Studi Pustaka

Tahapan studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan pendalaman pemahaman terhadap permasalahan supaya pencapaian tujuan dapat dilakukan dengan tepat. Oleh karena itu di perlukan beberapa literatur untuk mendapatkan teori-teori yang relevan yang meliputi pembahasan:

1. Konstruksi Penahan Tanah  
Studi literatur mencakup konstruksi penahan tanah yang tepat disesuaikan dengan kondisi lapangan.
2. Analisa Stabilitas Galian  
Studi literatur mencakup stabilitas galian maupun konstruksi penahan tanah itu sendiri
3. Metode Pelaksanaan Konstruksi  
Studi literatur mencakup metode pelaksanaan di lapangan yang tepat dan aman

### **3.3 Pengumpulan Data**

Data-data yang akan digunakan dalam pembuatan proposal antara lain:

1. Data Umum Proyek
2. Gambar *Shop Drawing, Plan*, Potongan Memanjang dan Melintang
3. Data Tanah: SPT, CPT, *Bor Log Soil Properties*

### **3.4 Analisa dan Pembahasan**

#### **1. Analisa Data Tanah**

Analisa ini meliputi penggambaran profil melintang lapisan-lapisan tanah berdasarkan data tanah yang telah diperoleh. Penggambaran ini dilakukan sebagai parameter yang digunakan pada proses perencanaan.

#### **2. Menentukan Koefisien Tekanan Tanah Lateral dan Menghitung Tekanan Tanah Lateral**

Dari data tanah yang diperoleh, dihitung koefisien tanah menurut Rankine. Kemudian dihitung tekanan tanah lateral yang akan ditahan oleh struktur penahan tanah.

#### **3. Analisa Desain dan Metode Pelaksanaan yang digunakan di Proyek**

Setelah diperoleh besarnya tekanan tanah, dikaji ulang desain dan metode pelaksanaan yang digunakan di proyek. Lalu, dicari apa yang kurang tepat dari desain dan pelaksanaannya.

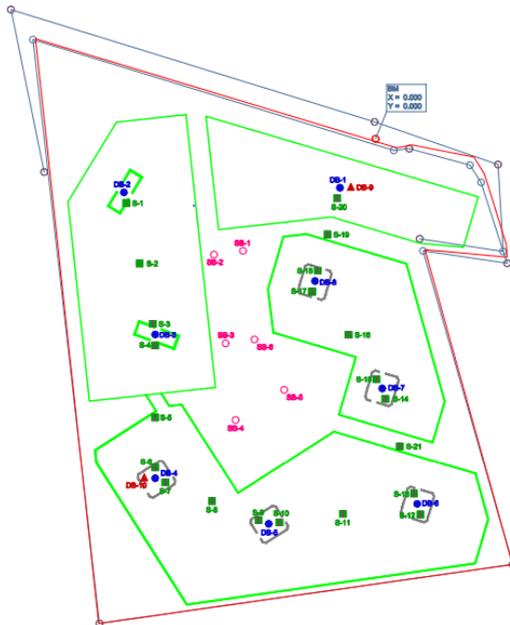
4. Menentukan Desain dan Metode Pelaksanaan yang Aman

Setelah menemukan penyebab dari permasalahannya, direncanakan kembali galian tersebut dengan alternatif desain dan metode pelaksanaan yang aman.

## BAB IV PEMBAHASAN

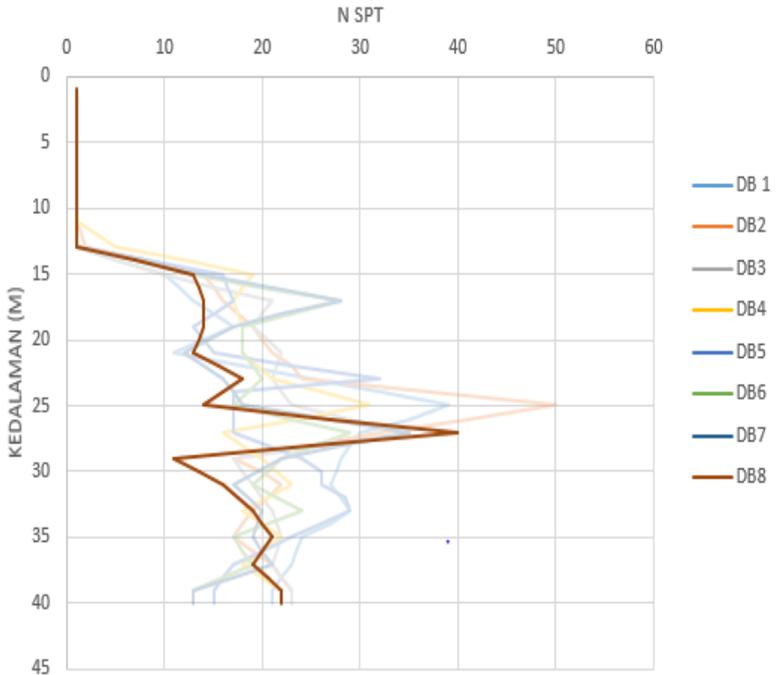
### 4.1 Analisa Data Tanah

Pada lokasi proyek Grand Dharmahusada Lagoon terdapat 8 titik bor seperti yang terlihat pada denah boring Gambar 4.1, yaitu DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6, DB7, dan DB8. Data tanah tersebut merupakan data SPT (Standard Penetration Test) sampai kedalaman 40 m yang akan dilampirkan di Lampiran 1. Dalam data tanah terlampir dapat dilihat bahwa jenis tanah pada lokasi proyek adalah tanah lunak dengan  $SPT < 1$  sampai kedalaman 14 m dengan muka air tanah yang tinggi yaitu 0,5 m di bawah permukaan tanah.



Gambar 4. 1 Lokasi Titik Bor

Data tanah pada lokasi proyek tersebut tidak dapat serta merta langsung digunakan. Perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk mendapatkan parameter tanah yang diperlukan dalam proses perhitungan. Parameter tanah yang digunakan antara lain  $\gamma$  (berat jenis),  $\phi$  (sudut geser), dan  $C$  (kohesi). Pada Gambar 4.2 akan disertakan grafik antara kedalaman dengan nilai N SPT.



Gambar 4. 2 Grafik Kedalaman vs N SPT

Dapat dilihat pada gambar di atas, nilai SPT dari berbagai titik bor tidak terpaut begitu jauh. Oleh Karena itu, untuk perhitungan selanjutnya akan digunakan data tanah yang berada pada titik bor DB8 karena memiliki nilai paling kritis. Pada Tabel 4.1 akan disertakan rekap dari nilai  $\gamma_{sat}$  dan nilai  $\phi$ .

Tabel 4. 1 Rekap Data Tanah

Kedalaman (m)	N SPT	Y' (t/m <sup>3</sup> )	Ysat (t/m <sup>3</sup> )	∅	Jenis tanah
0-14	1	0.4775	1.4775	0	Clay
14-21	12	0.6825	1.6825	0	Clay
21-27	15	0.8775	1.8775	30	Sand
27-40	17	0.83125	1.83125	0	Clay

Untuk nilai C (kohesi) akan dihitung ulang menggunakan persamaan Ardana dan Mochtar (1999) dan dibandingkan dengan nilai C yang didapat dari data proyek. Nilai C yang dipakai adalah yang memiliki nilai lebih besar.

Bila  $PI < 120\%$

$$C_u(\text{kg/cm}^2) = [0.0737 + (0.1899 - 0.0016PI)] \times \bar{O}_c$$

$$\bar{O}_c = O'_{o} + Y_w \cdot H \text{ fluktuasi muka air}$$

Dengan fluktuasi muka air sebesar 2 m

Sehingga didapatkan nilai C sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Nilai C

Kedalaman	PI	Cu(kg/cm <sup>2</sup> )	Cu(t/m <sup>2</sup> )	C SPT	C pakai	
0	1	19	0.11	1.1	0.65	1.1
1	2	19	0.12	1.2	0.65	1.2
2	3	19	0.12	1.2	0.65	1.2
3	4	19	0.13	1.3	0.65	1.3
4	5	25	0.14	1.4	0.65	1.4
5	6	25	0.14	1.4	0.65	1.4
6	7	25	0.15	1.5	0.65	1.5
7	8	25	0.16	1.6	0.65	1.6
8	9	25	0.16	1.6	0.65	1.6
9	10	25	0.17	1.7	0.65	1.7
10	11	25	0.18	1.8	0.65	1.8

11	12	25	0.19	1.9	0.65	1.9
12	13	25	0.19	1.9	0.65	1.9
13	14	25	0.2	2	0.65	2
14	15	25	0.21	2.1	7.8	7.8
15	16	12	0.24	2.4	7.8	7.8
16	17	12	0.25	2.5	7.8	7.8
17	18	12	0.26	2.6	7.8	7.8
18	19	12	0.27	2.7	7.8	7.8
19	20	12	0.29	2.9	7.8	7.8
20	21	12	0.3	3	7.8	7.8
21	22	12	0.31	0	0	0
22	23	12	0.33	0	0	0
23	24	12	0.34	0	0	0
24	25	12	0.36	0	0	0
25	26	12	0.37	0	0	0
26	27	12	0.39	0	0	0
27	28	24	0.36	3.6	11.05	11.05
28	29	24	0.38	3.8	11.05	11.05
29	30	24	0.39	3.9	11.05	11.05
30	31	24	0.4	4	11.05	11.05
31	32	24	0.41	4.1	11.05	11.05
32	33	24	0.43	4.3	11.05	11.05
33	34	24	0.44	4.4	11.05	11.05
34	35	24	0.45	4.5	11.05	11.05
35	36	24	0.46	4.6	11.05	11.05
36	37	24	0.48	4.8	11.05	11.05
37	38	24	0.49	4.9	11.05	11.05
38	39	24	0.5	5	11.05	11.05
39	40	24	0.51	5.1	11.05	11.05

#### 4.2 Struktur Basement Grand Dharmahusada Lagoon dan Metode Pelaksanaan Galian

Grand Dharmahusada Lagoon direncanakan memiliki tiga lantai basement. Kedalaman galian direncanakan sampai sedalam 12 meter dengan elevasi lantai Basement 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah -3,5 ; -6,7 ; dan -9,9 meter. Untuk mencegah penurunan tanah (*settlement*) yang tidak merata dan untuk menahan gaya uplift yang sangat besar ( $11,5t/m^2$ ) direncanakan pondasi raft setebal  $\pm 2,0$  meter yang berada di bawah lantai Basement 3.

Terdapat dua metode pelaksanaan konstruksi struktur *basement*, yaitu sistem *bottom-up* dan sistem *top-down*. Konsep sistem *bottom-up* atau sistem konvensional adalah pekerjaan struktur *basement* dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian mencapai elevasi rencana. Setelah galian selesai, plat *basement* paling bawah dicor terlebih dahulu hingga menjadi pondasi *raft*, kemudian *basement* dibangun dari bawah ke atas.

Adapun konsep sistem *top-down* adalah pekerjaan struktur *basement* dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan galian dan dimulai dari atas kemudian turun ke bawah. Karena struktur lebih atas yang dibangun terlebih dahulu, otomatis diperlukan kolom untuk menopang struktur tersebut. Untuk itulah digunakan *king post* yang pekerjaannya dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan *bored pile*.

Tabel 4. 3 Perbedaan Metode *Bottom-up* dan *Top-down*

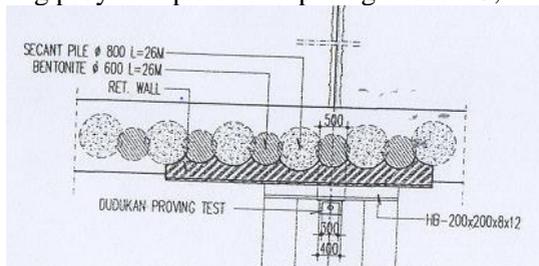
Aspek	Metode Konstruksi <i>Bottom-Up</i>	Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>
Urutan Pekerjaan	Pekerjaan galian diselesaikan sampai elevasi rencana terlebih dahulu, kemudian pekerjaan struktur dikerjakan dari bawah ke atas	Pekerjaan <i>king post</i> sebagai penyangga harus selesai terlebih dahulu, kemudian pekerjaan galian

		dapat dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan struktur dari atas ke bawah
Durasi Pengerjaan	Cukup lama	Relatif cepat
Biaya	Murah	Relatif mahal

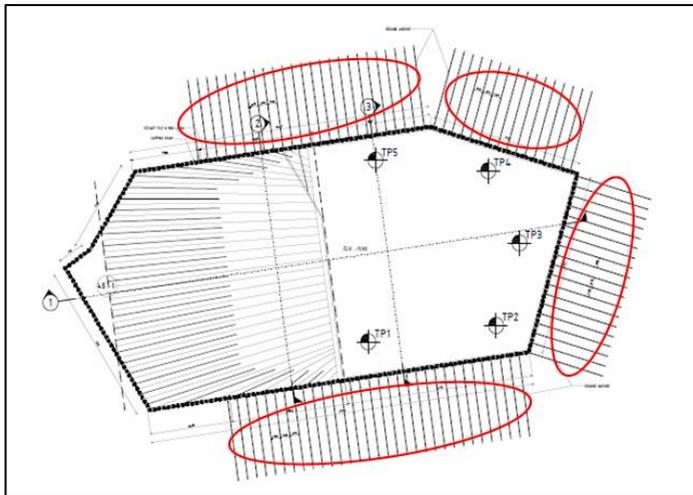
Pada awalnya, pengerjaan tower Grand Dharmahusada Lagoon menggunakan sistem *bottom-up* hingga galian mencapai elevasi -5,0 meter. Akan tetapi dikarenakan hasil inclinometer menunjukkan adanya pergeseran tanah yang mengkhawatirkan, pekerjaan dihentikan sementara untuk direview. Sehingga pada Tugas Akhir ini akan dicari alternatif perencanaan Grand Dharmahusada Lagoon yang aman.

### 4.3 Peninjauan Ulang Desain dan Metode Pelaksanaan yang Dipakai di Proyek

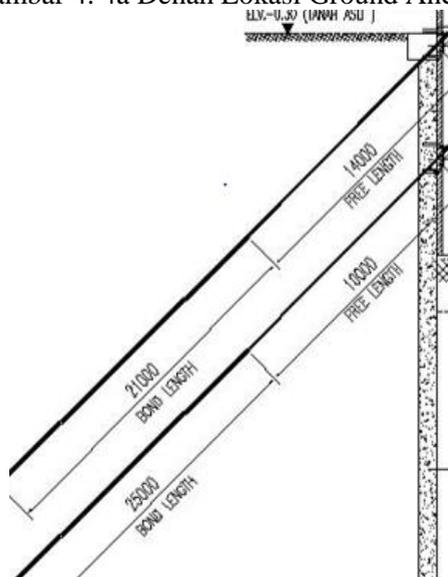
Dinding Penahan Tanah yang digunakan pada proyek Grand Dharmahusada Lagoon ini adalah Secant Pile diameter 80 cm dengan Bentonite diameter 60 cm dan perkuatan 2 Ground Anchor yang diletakkan pada elevasi -2,0 meter dan -4,0 meter. Untuk gambar detail dari Secant Pile, Ground Anchor dan potongan melintang proyek dapat dilihat pada gambar 4.3, 4.4 a,b, dan 4.5



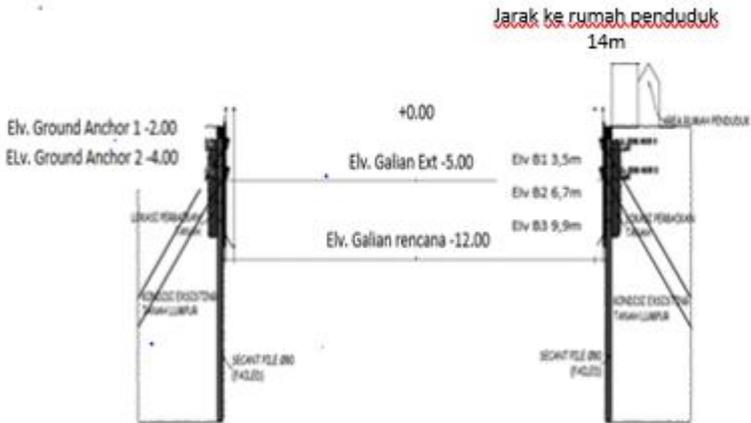
Gambar 4. 3 Detail Secant Pile



Gambar 4. 4a Denah Lokasi Ground Anchor



Gambar 4.4b Detail Ground Anchor



Gambar 4. 5 Potongan Melintang Basement

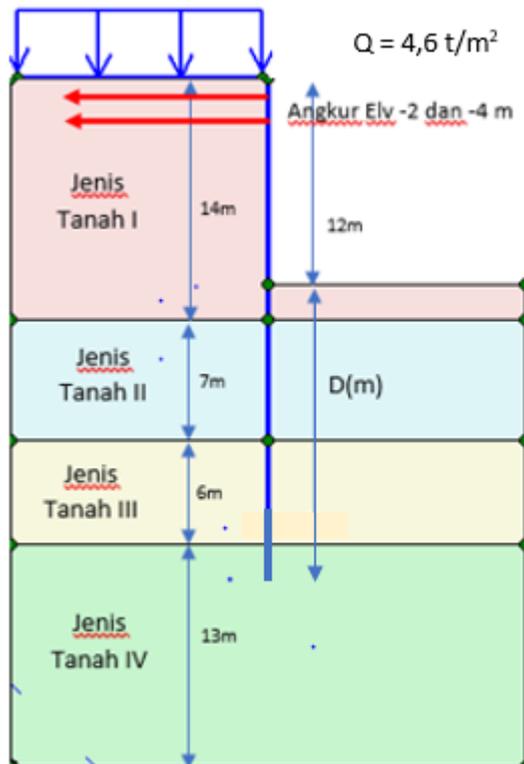
Peninjauan kembali dilakukan dengan perhitungan ulang panjang DPT dengan metode kestabilan turap untuk turap berjangkar. Setelah itu dilakukan permodelan dengan PLAXIS untuk mengecek apakah terjadi kegagalan dan menemukan deformasi serta momen maksimum yang terjadi.

#### 4.3.1 Menghitung Kedalaman DPT

Untuk menghitung panjang secant pile yang diperlukan sebelumnya harus dihitung dahulu besar tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding penahan tanah menggunakan teori rankine dengan menggunakan data tanah pada tabel 4.4. Selain itu perlu dihitung juga besar tegangan air yang terjadi akibat perbedaan tinggi muka air yang cukup besar. Muka air pada tanah yang tidak digali berada pada elevasi  $-0,5\text{m}$  dan pada tanah tergali berada di elevasi  $-12\text{m}$ . Karena terdapat tanah berjenis lempung dan konsolidasi belum selesai, maka terdapat excess pore pressure akibat timbunan limestone ( $Y=2,3\text{t/m}^3$ ) setinggi 2 meter. Beban excess yang diterima oleh tanah hanya sebesar 80%. Sehingga beban excess yang terjadi adalah  $Y \times h \times 80\% = 3,68 \text{ t/m}^2$ .

Tabel 4. 4 Data Tanah yang Digunakan

Kedalaman (m)	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	C (t/m <sup>2</sup> )	Peningkatan C / meter	$\phi$	Jenis tanah
0-14	0.477	1.477	1	0.07	0	Clay
14-21	0.682	1.682	7.8	0	0	Clay
21-27	0.877	1.877	0	0	30	Sand
27-40	0.831	1.831	11.05	0	0	Clay



Gambar 4. 6 Model Interaksi DPT

Perhitungan tekanan lateral tanah menggunakan cara seperti yang ditulis pada bab 2. Tekanan aktif disebabkan oleh tanah yang menggulingkan DPT, sedangkan tekanan pasif disebabkan oleh tanah yang menahan. Berikut ini akan disajikan contoh perhitungannya.

Misal akan dicari tekanan aktif dan pasif di kedalaman 13m.

$$K_a = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} \quad \text{sedangkan} \quad K_p = \frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset}$$

Karena nilai  $\emptyset$  dari tanah di kedalaman 13 m adalah 0, maka didapat nilai  $K_a = K_p = 1$

$$O'v \text{ aktif} = Y' \cdot 1 \times 13 \text{ m} = 6,2 \text{ t/m}^2$$

$$O'v \text{ pasif} = Y' \cdot 1 \times 1 \text{ m} = 0,48 \text{ t/m}^2$$

Nilai  $Y$  yang dipakai adalah  $Y'$  karena ada di bawah muka air tanah. Untuk tanah yang berada di atas muka air digunakan  $Y_t$ . Setelah itu, akan dicari nilai  $O_{ha}$  dan  $O_{hp}$

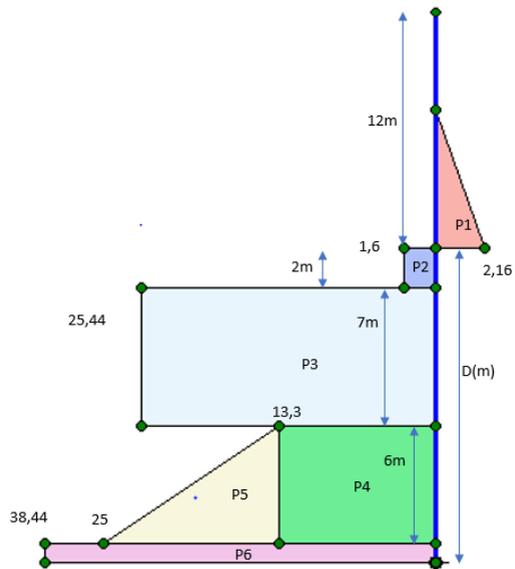
$$O_{ha} = O'v_a \times K_a - 2C(K_a)^{(0.5)} = 2,44 \text{ t/m}^2$$

$$O_{hp} = O'v_p \times K_p + 2C(K_p)^{(0.5)} = 4,28 \text{ t/m}^2$$

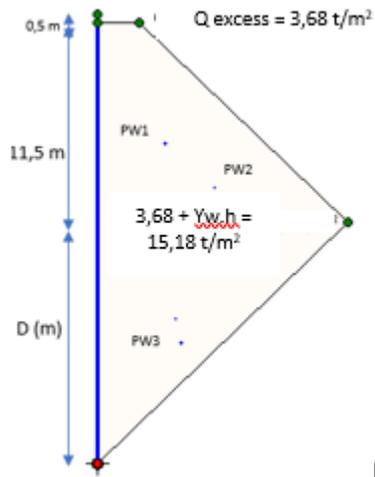
$O_{ha}$  dan  $O_{hp}$  yang terjadi pada kedalaman tanah yang tepat berada di antara 2 jenis tanah yang berbeda akan memiliki 2 nilai. Nilai yang pertama berdasarkan data tanah di atasnya dan yang kedua berdasarkan data tanah di bawahnya.

Untuk nilai  $O_{ha}$  dan  $O_{hp}$  di setiap titik kedalaman akan disertakan perhitungan excelnya pada lampiran.

Setelah menghitung nilai  $O_{ha}$  dan  $O_{hp}$  untuk setiap titik kedalaman, langkah selanjutnya adalah membuat diagram tekanan lateral tanah dan diagram tekanan air seperti pada gambar 4.7a dan 4.7b. Diagram tekanan lateral tanah yang disajikan di bawah ini sudah merupakan bentuk superposisi dari diagram tekanan aktif dan tekanan pasif. Karena  $O_{ha}$  memiliki nilai negatif sampai kedalaman 5m, maka nilai dari  $O_{ha}$  yang dipakai adalah sama dengan nol.



Gambar 4. 7a Diagram Tekanan Lateral Tanah



Gambar 4.7b Diagram Tekanan Air

Dalam menentukan kedalaman dinding penahan tanah, diperlukan perhitungan gaya (P) yang bekerja pada dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.7a dan 4.7b. Besarnya gaya-gaya tersebut dapat dihitung dengan mencari luas daerah yang dibentuk pada diagram tegangan. Contoh perhitungannya dapat dilihat di bawah ini

$$PW1=3,68 \times 11,5=42,32 \text{ ton}$$

$$PW2=0,5 \times 11,5 \times 11,5=66,125 \text{ ton}$$

$$PW3=0,5 \times 15,18 \times D=7,59D \text{ ton}$$

Untuk hasil perhitungan dari gaya gaya yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.5. Perlu diperhatikan juga tanda positif dan negatif dari gaya yang terjadi. Gaya yang searah gaya aktif diberi nilai positif dan yang searah gaya pasif diberi tanda negatif. Setelah didapatkan seluruh nilai dari gaya-gaya yang terjadi barulah dapat dicari kedalaman dinding penahan tanah yang diperlukan. Akan tetapi, perlu diingat bahwa DPT yang dipakai adalah DPT berangkur yang memiliki 2 ankur pada elevasi -2 dan -4 meter sehingga perlu dicari juga besarnya gaya yang terjadi pada ankur. Pada perhitungan ini dianggap gaya yang terjadi pada kedua ankur bernilai sama dan memiliki arah searah gaya pasif. Karena terdapat 2 nilai yang tidak diketahui yaitu T(gaya ankur) dan D(kedalaman) maka diperlukan 2 persamaan untuk mencari besarnya kedua nilai tersebut. Untuk mencari besar gaya yang terjadi pada ankur digunakan persamaan  $\Sigma H=0$ , lalu nilai tersebut disubstitusikan dengan  $\Sigma M=0$  untuk mencari nilai D. Besar momen terhadap titik O dapat dihitung dengan mengalikan besar gaya dengan jaraknya ke titik O. Contoh perhitungannya sebagai berikut

$$MW1=PW1 \times (D+5,75) = (42,32D+243,34) \text{ ton.m}$$

$$MW2=PW2 \times (D+3,83) = (66,125D+253,26) \text{ ton.m}$$

$$MW3=PW3 \times 2D/3 = 5,06D^2 \text{ ton.m}$$

Hasil perhitungan momen dapat dilihat di tabel 4.6

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Gaya (ton)

P1	7.56
P2	-3.2
P3	-178.08
P4	-80
P5	-33.6
P6	-38.44D+576.6
T	-30.85D+397.725
PW1	42.32
PW2	66.125
PW3	7.59D

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Momen (ton.m)

M1	7.56D+15.12
M2	-3.2D+3.2
M3	-178.08D+980
M4	-80D+960
M5	-33.6D+436.8
M6	-19.22D <sup>2</sup> +576.6D-4324.5
MT	-30.85D <sup>2</sup> +120D+3580
MW1	42.32D+243.34
MW2	66.12D+253.26
MW3	5.06D <sup>2</sup>

Dengan menggunakan kedua persamaan di atas maka didapat nilai  $D$  sebesar  $15,8\text{m} = 16\text{m}$ . Sehingga panjang DPT yang dibutuhkan adalah  $12 + 16 = 28\text{m}$ . Setelah didapat panjang DPT yang diperlukan maka perlu dilakukan permodelan pada PLAXIS untuk mengecek apakah terjadi keruntuhan pada tanah dan apakah momen dan deformasi yang terjadi pada DPT tidak melebihi batas yang diijinkan.

#### 4.3.2 Permodelan pada PLAXIS

Salah satu kelebihan dari program bantu PLAXIS adalah dimungkinkannya permodelan sesuai dengan urutan pekerjaan yang sebenarnya (stage construction), maka kita dapat merencanakan kedalaman tiang tanpa mengabaikan deformasi yang terjadi pada saat tanah tersebut baru digali sebagian. Akan tetapi, untuk mendapatkan hasil yang mendekati kondisi aslinya tentunya diperlukan input yang tepat untuk parameter-parameter yang diperlukan. Parameter yang diperlukan adalah material tanah, DPT, ankur, dan kondisi muka air tanah. Parameter tanah yang dibutuhkan adalah nilai  $Y_{\text{sat}}$ (berat jenis tanah di bawah muka air),  $Y_{\text{unsat}}$ (berat jenis tanah di bawah muka air),  $C$ (nilai kohesi),  $\phi$ (sudut geser), dan  $E$ (modulus elastisitas). Nilai-nilai tersebut didapat dari hasil perhitungan analisa data tanah pada subbab 4.1. Untuk nilai  $E$  yang digunakan adalah  $E_{50}$  karena tanah dominan berjenis lempung dan pasir, sedangkan nilai poisson ratio umumnya adalah 0,35. Dalam menginput nilai  $C$ , perlu diinput juga nilai dari  $C_{\text{icr}}$  dikarenakan terdapat peningkatan nilai  $C$  untuk setiap 1 meter. Material model yang digunakan adalah Mohr-Coulomb karena data tanah yang didapat adalah data secara umum dan kurang spesifik. Untuk material type dipilih UnDrained karena jenis tanah tidak dapat mengalirkan air secara cepat dan konsolidasi masih berlangsung. Berikut adalah input parameter tanah pada lapis pertama

General | Parameters | Interfaces

Material Set

Identification:  \*

Material model:

Material type:

General properties

$\gamma_{unsat}$    $\text{kN/m}^3$

$\gamma_{sat}$    $\text{kN/m}^3$

---

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

$E_{ref}$ :   $\text{kN/m}^2$

$\nu$  (nu):

Strength

$c_{ref}$ :   $\text{kN/m}^2$

$\phi$  (phi):  °

$\psi$  (psi):  °

Alternatives

$G_{ref}$ :   $\text{kN/m}^2$

$E_{oed}$ :   $\text{kN/m}^2$

Velocities

$V_s$ :   $\text{m/s}$

$V_p$ :   $\text{m/s}$

---

Stiffness

$E_{incement}$ :   $\text{kN/m}^2/\text{m}$

$\gamma_{ref}$ :  m

Strength

$c_{incement}$ :   $\text{kN/m}^2/\text{m}$

$\beta_{ref}$ :  m

Tension cut off

Tensile strength:   $\text{kN/m}^2$

Gambar 4. 8 Input Parameter Tanah

Parameter yang dibutuhkan untuk input material Secant Pile adalah panjang dari secantpile=28m, nilai kekakuan EA dan EI, serta berat per satuan panjang dari secant pile. Nilai EA, EI dan w dapat dihitung dengan cara di bawah ini

EA=Ebeton x Luas penampang Secant Pile diameter 800mm

$$=4700\sqrt{f'c} \times \pi \times 0,4 \times 0,4$$

EI=Ebeton x Inersia penampang Secant Pile diameter 800m

$$=4700\sqrt{f'c} \times \frac{\pi}{4} \times 0,4 \times 0,4 \times 0,4 \times 0,4$$

W=Ybeton x Luas penampang

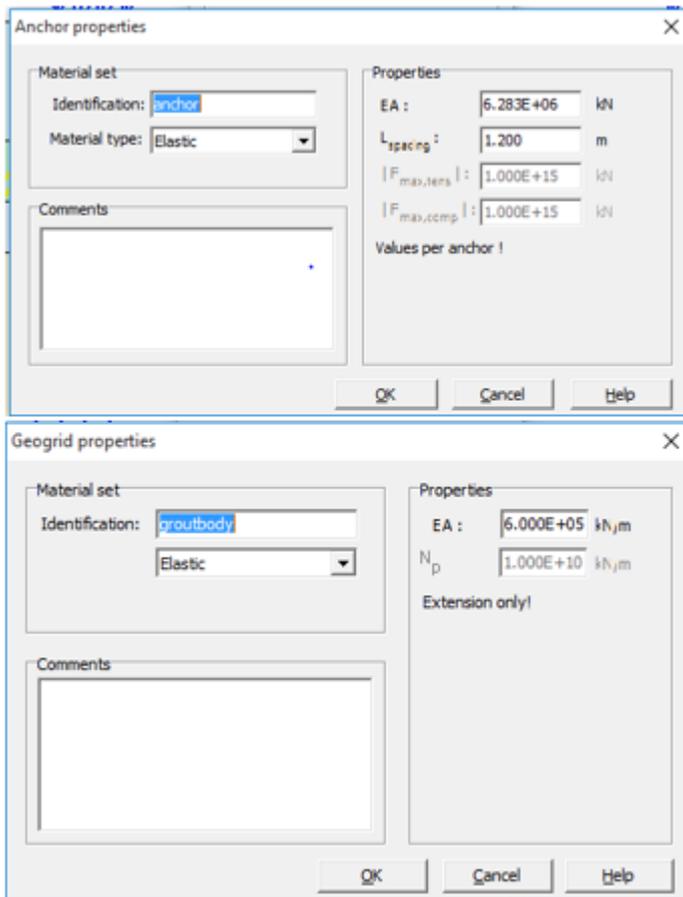
Gambar 4. 9 Input Parameter Secant Pile

Setelah itu, hal terakhir yang diinputkan adalah angkur. Terdapat 2 layer angkur yang akan dipasang pada elevasi -2 dan -4 meter dengan jarak antar angkur sejauh 1,2 meter. Masing-angkur memiliki panjang 35 meter dan sudut 45° dengan rincian sebagai berikut

Tabel 4. 7 Rincian Panjang Angkur

<i>Layer</i>	<i>Bond Length</i>	<i>Free Length</i>	<i>Total</i>
<i>Layer 1</i>	21 meter	14 meter	35 meter
<i>Layer 2</i>	25 meter	10 meter	35 meter

Bond length adalah bagian angkur yang menahan struktur dengan memanfaatkan lekatan pada tanah sedangkan free length adalah bagian angkur yang terhubung dengan DPT. Pada program bantu PLAXIS free length akan dimodelkan dengan node to node anchor sedangkan bond length akan dimodelkan sebagai geogrid.

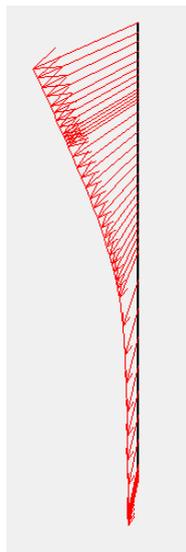
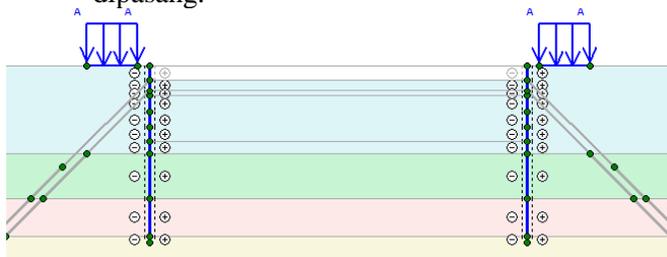


Gambar 4. 10 Input Parameter Angkur

Permodelan Secant Pile berangkur dengan metode bottom up pada program bantu PLAXIS tersebut dibagi menjadi 4 tahapan penggalian

1. Tahap 1

Pada tahap ini galian dan dewatering mencapai kedalaman -2,0 meter dan angkur lapis pertama belum dipasang.

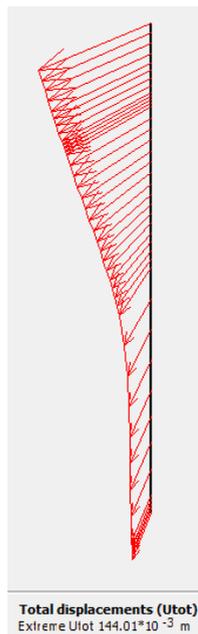
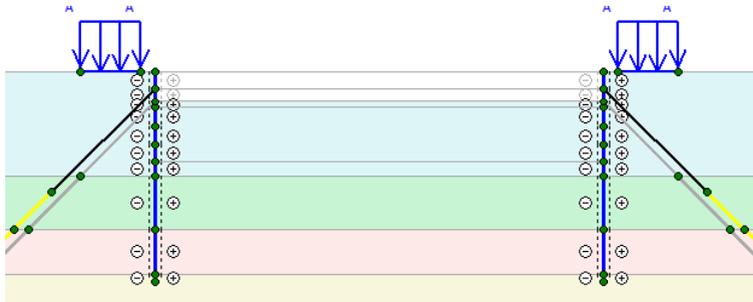


Total displacements (Utot)  
Extreme Ulot  $135.64 \cdot 10^{-3}$  m

Gambar 4.11 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap 1  
Deformasi secant pile pada tahap 1 adalah 135 mm

## 2. Tahap 2

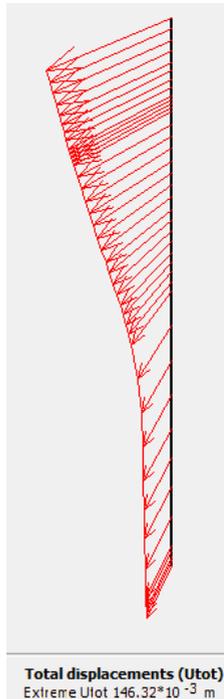
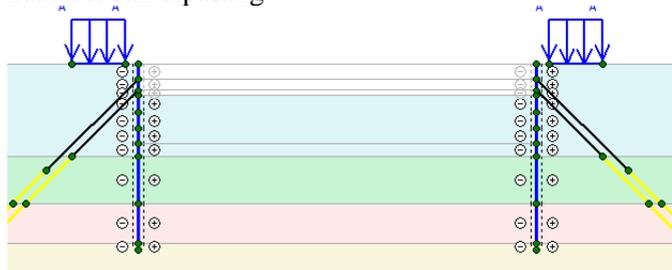
Pada tahap ini galian dan dewatering sudah mencapai elevasi -4,0 meter dan angkur pada lapis pertama sudah dipasang.



Gambar 4.12 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap2  
Deformasi Secant Pile pada tahap 2 adalah 144 mm

## 3. Tahap 3

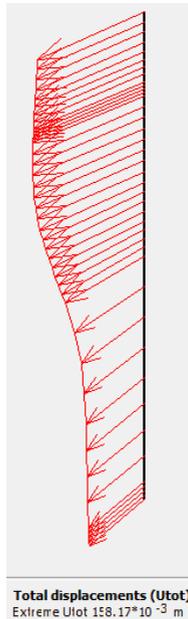
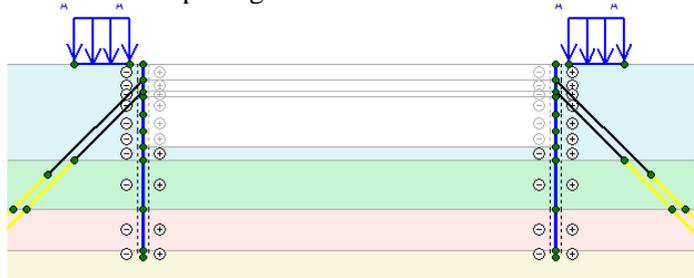
Pada tahap ini galian dan dewatering sudah mencapai elevasi -5,0 meter dan angkur pada lapis pertama dan kedua sudah dipasang.



Gambar 4.13 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap3  
Deformasi Secant Pile pada tahap 3 adalah 146 mm

## 4. Tahap 4

Pada tahap ini galian dan dewatering sudah mencapai elevasi -12,0 meter dan angkur pada lapis pertama dan kedua sudah dipasang.



Gambar 4.14 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap4  
Deformasi Secant Pile pada tahap 4 adalah 158 mm

Dari hasil permodelan program bantu PLAXIS di atas, diperoleh nilai deformasi dari DPT pada setiap tahap penggalian. Dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi di tahap ke 4 memiliki nilai yang terlalu besar. Oleh karena itu, perencanaan tersebut tidak boleh digunakan dan harus dicari alternatif perencanaan lain. Beberapa alternatif yang memungkinkan untuk dilakukan adalah

1. Menggunakan desain DPT yang sama, akan tetapi mengganti metode penggalian dari *bottom up* menjadi *top down*.
2. Mengganti desain DPT dengan memperbesar diameter secant pile dan mengganti metode penggalian dari *bottom up* menjadi *top down*.

Dalam kasus ini, perencanaan dengan metode bottom up sudah tidak mungkin untuk dilakukan karena kedalaman galian yang cukup besar dan muka air tanah tinggi yang menyebabkan gaya dorong yang sangat besar. Begitu juga dengan mengganti profil atau mengubah panjang dari DPT karena pada kondisi aslinya Secant Pile sudah terpasang, akan tetapi pada tugas akhir ini proyek dianggap belum dimulai sehingga masih mungkin untuk menambah diameter dari DPT.

#### **4.4 Perencanaan Menggunakan Desain Tetap dan Metode *Top-Down***

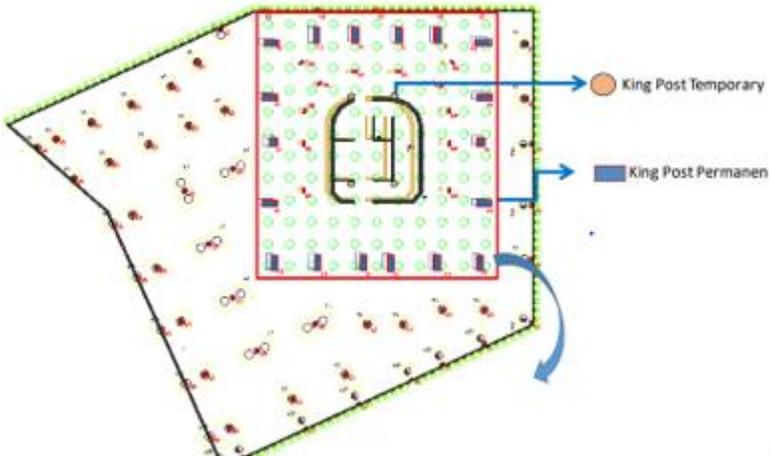
Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, dalam perencanaan menggunakan metode konstruksi topdown, pekerjaan galian dilakukan bersamaan dengan pekerjaan basement. Dalam metode ini setiap selesai 1 tahap penggalian akan dipasang strut penyangga terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke tahap penggalian berikutnya. Pada metode *topdown* ini juga tidak akan digunakan ground anchor.

Selanjutnya akan dilakukan permodelan pada PLAXIS untuk mengecek apakah perencanaan ini aman untuk dilakukan atau tidak. Permodelan yang akan dilakukan disesuaikan dengan

urutan pekerjaan yang direncanakan. Berikut ini adalah rencana urutan pekerjaan untuk basement Grand Dharmahusada Lagoon

1. Penimbunan *site* dengan *limestone* setebal +2,00 meter sebagai lantai kerja untuk alat-alat berat pada pekerjaan *kingpost*
2. Pengeboran Borepile dan Kingpost
3. Galian sampai elevasi -5,00 meter dan *dewatering* sampai elevasi -5,50 meter.
4. Pemasangan struktur lantai B1 pada elevasi -3,50 meter.
5. Penyambungan Kolom *kingpost* pada lantai B1 ke kolom GF
6. Galian sampai elevasi -7,70 meter dan *dewatering* sampai elevasi -8,20 meter.
7. Pemasangan struktur lantai B2 pada elevasi -6,70 meter.
8. Galian sampai elevasi -10,90 meter dan *dewatering* sampai elevasi -11,40 meter.
9. Pemasangan struktur lantai B3 pada elevasi -9,90 meter.
10. Galian sampai elevasi -12,0 meter dan *dewatering* sampai elevasi -12,5 meter.
11. Pengecoran *mass concrete* untuk *raft* pondasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pada metode *top-down* diperlukan kolom *kingpost* untuk menyangga strut yang dipasang dan juga untuk menahan plat basement yang menerima gaya *uplift* yang besar. Di bawah ini akan disertakan denah strut dan *kingpost* pada basement Grand Dharmahusada Lagoon



Gambar 4. 15 Denah *kingpost*

Parameter-parameter yang diinputkan untuk permodelan di atas sama persis dengan parameter yang diinputkan untuk permodelan sebelumnya pada sub bab 4.3.2. Hanya saja, karena pada metode ini ada pemasangan balok strut pada saat proses penggalian maka perlu ada tambahan 1 parameter lagi. Strut yang dipakai adalah WF baja. Dalam memodelkan balok strut akan dipakai fix-end anchor dengan material seperti pada Gambar 4.16.

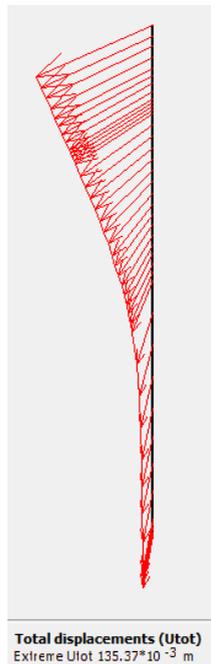
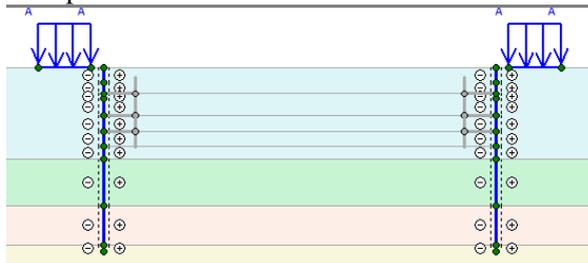
The screenshot shows the 'Anchor properties' dialog box with the following settings:

Material set		Properties	
Identification:	Strut	EA :	2.000E+06 kN
Material type:	Elastic	$L_{spacing}$ :	5.000 m
Comments		$ F_{max,tens} $ :	1.000E+15 kN
		$ F_{max,comp} $ :	1.000E+15 kN
Values per anchor !			
		OK	Cancel
		Help	

Gambar 4.16 Input Parameter Balok Strut

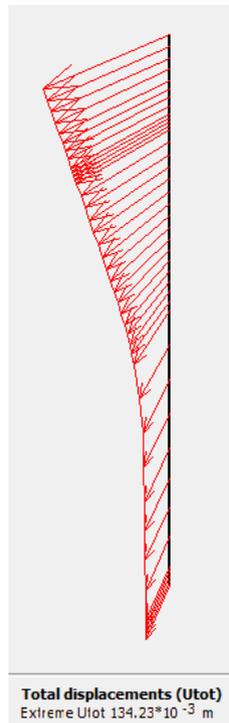
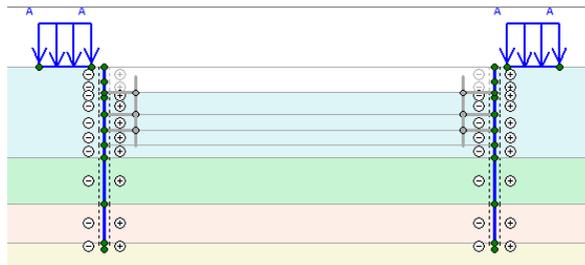
Sesuai dengan urutan pekerjaan di atas, maka didapat hasil sebagai berikut

### 1. Tahap 1



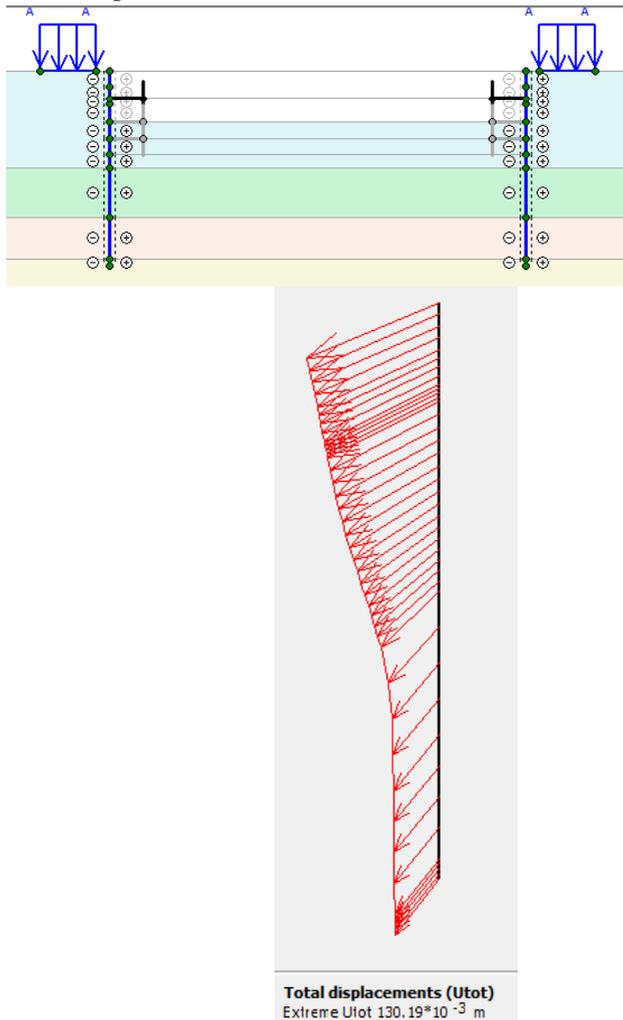
Gambar 4.17 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap1  
Deformasi Secant Pile pada tahap 1 adalah 135 mm

## 2. Tahap 2



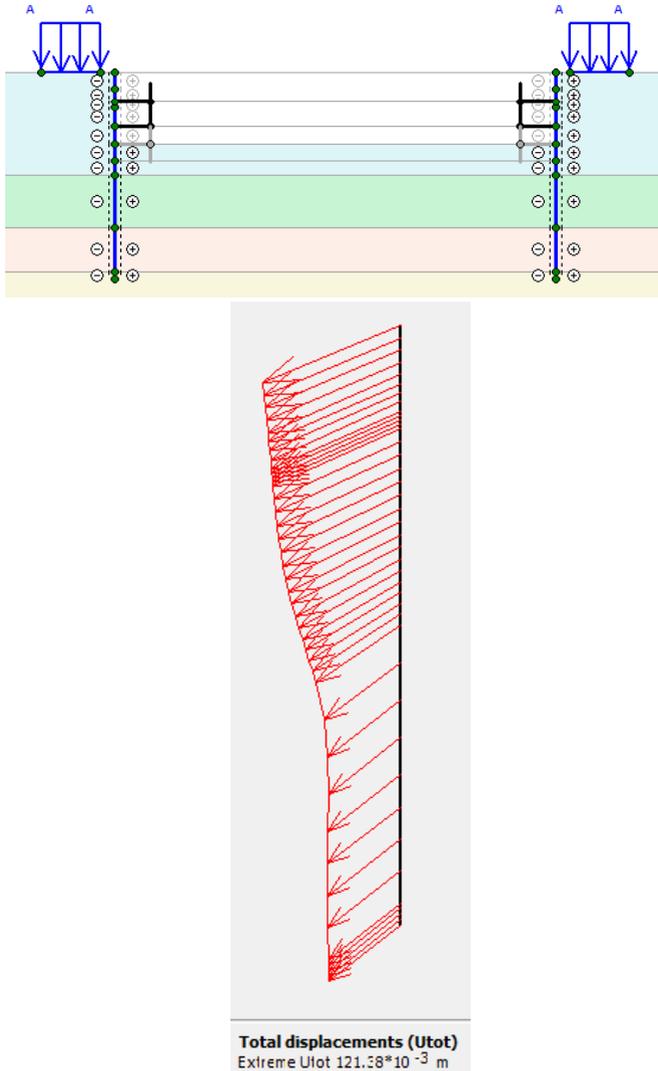
Gambar 4.18 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap2  
Deformasi Secant Pile pada tahap 2 adalah 134 mm

## 3. Tahap 3



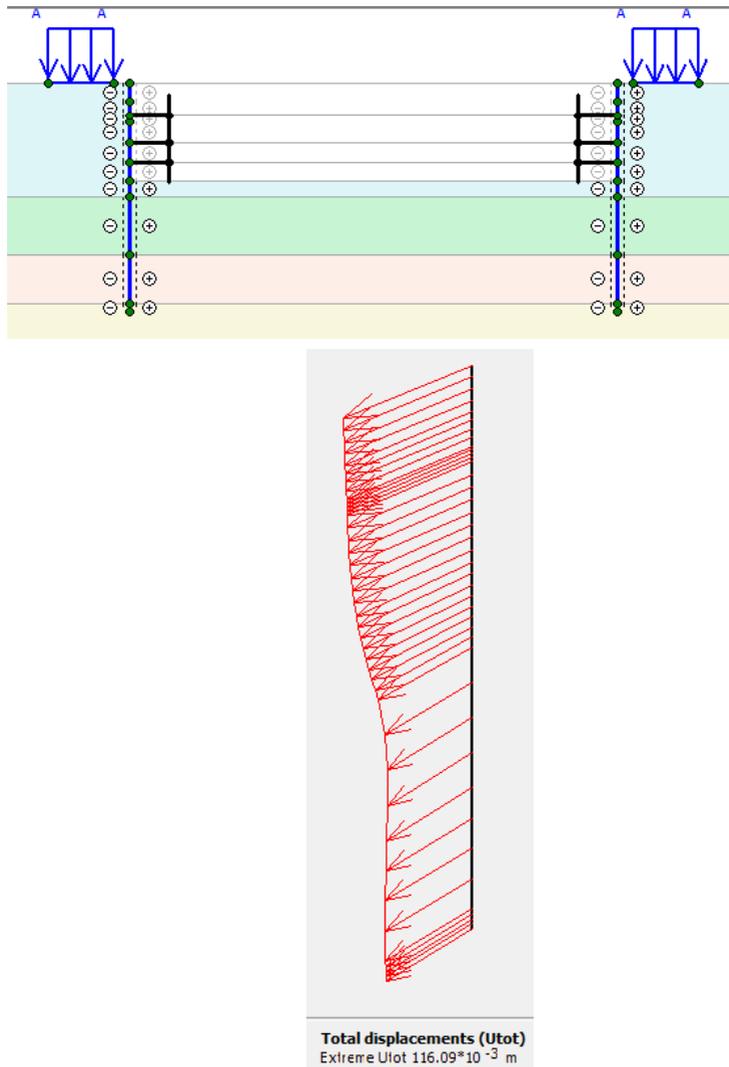
Gambar 4.19 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap3  
Deformasi Secant Pile pada tahap 3 adalah 130 mm

## 4. Tahap 4



Gambar 4.20 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap4  
Deformasi Secant Pile pada tahap 4 adalah 121 mm

## 5. Tahap 5

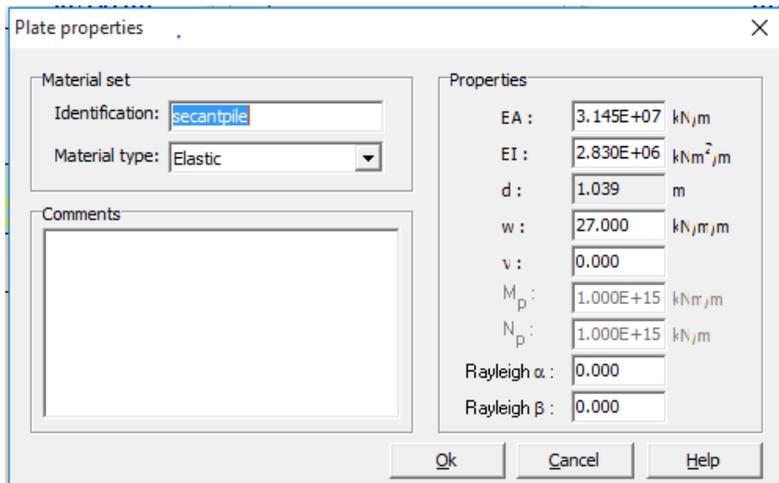


Gambar 4.21 Penampang dan Deformasi yang terjadi di tahap5  
Deformasi Secant Pile pada tahap 5 adalah 116 mm

#### 4.5 Perencanaan Menggunakan Secant Pile Diameter 120 cm dan Metode *Top-Down*

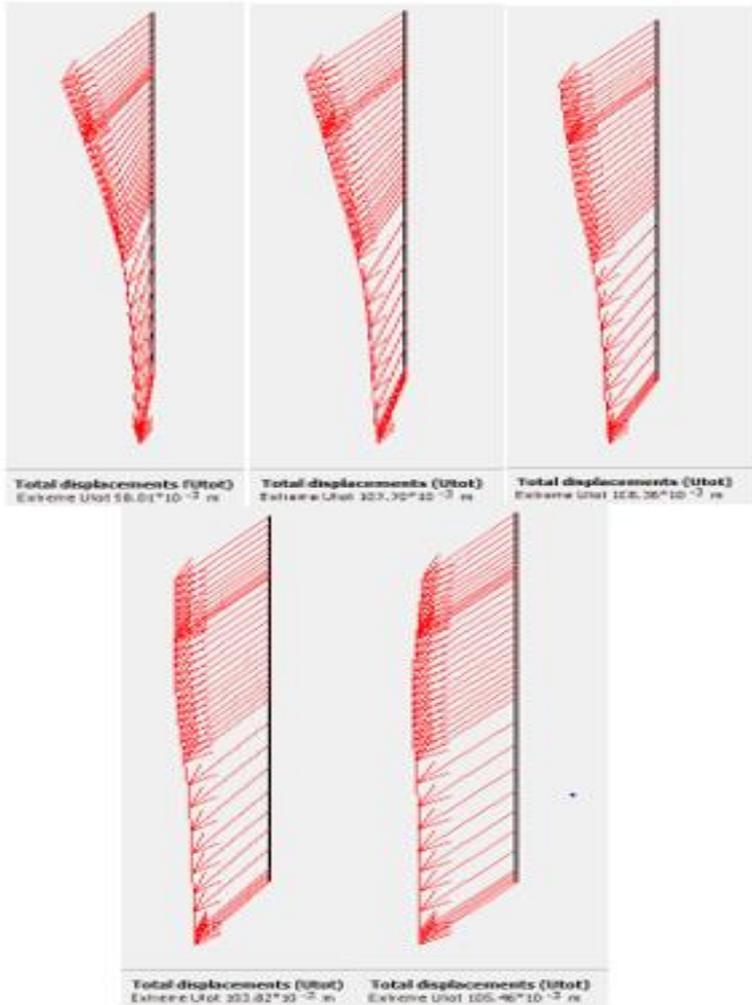
Karena deformasi yang terjadi pada alternatif sebelumnya (135mm) dirasa terlalu besar, maka perlu dilakukan perencanaan dengan menggunakan alternatif yang lain. Pada alternatif ini diameter dari secant pile akan diperbesar dari 80 cm menjadi 120 cm, sementara panjang DPT, desain angkur, dan metode penggalian tidak mengalami perubahan.

Pada alternatif ini, akan dilakukan permodelan dengan program bantu PLAXIS untuk mengecek apakah alternatif ini dapat digunakan atau tidak. Parameter parameter yang diinputkan pada alternatif ini sama persis dengan pada alternatif sebelumnya kecuali input material dari secant pile. Untuk parameter dari secant pile dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Input Material Secant Pile

Setelah dilakukan permodelan dengan program bantu PLAXIS didapatkan nilai deformasi secant pile pada setiap tahap penggalian yang dapat dilihat pada gambar 4.23

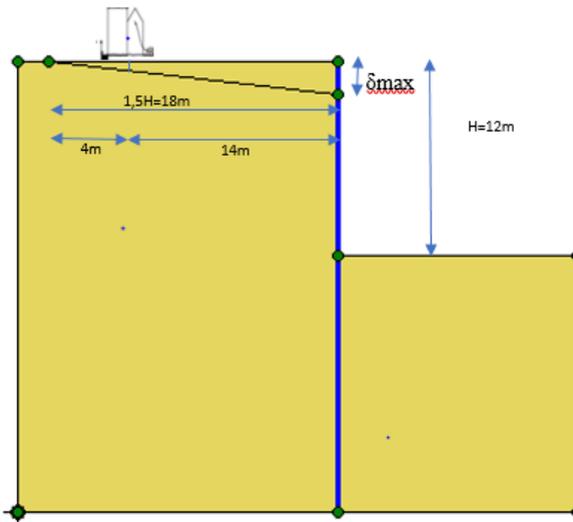


Gambar 4.23 Deformasi dari tahap 1-5

Tabel 4. 8 Nilai Deformasi

Tahap ke-	Deformasi(mm)
1	98
2	107
3	108
4	103
5	105

Dapat dilihat bahwa deformasi terbesar terjadi pada tahap 3 yaitu sebesar 108 mm. Oleh karena itu, perlu dicek apakah perencanaan tersebut aman secara deformasi. Pengecekan dilakukan dengan mencari penurunan yang terjadi akibat pergerakan secant pile pada rumah dengan jarak paling dekat dari proyek (14m). Persyaratan penurunan maksimum yang diperbolehkan supaya tidak terjadi keretakan pada rumah tersebut adalah 2,5 cm. Perhitungan penurunan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.24

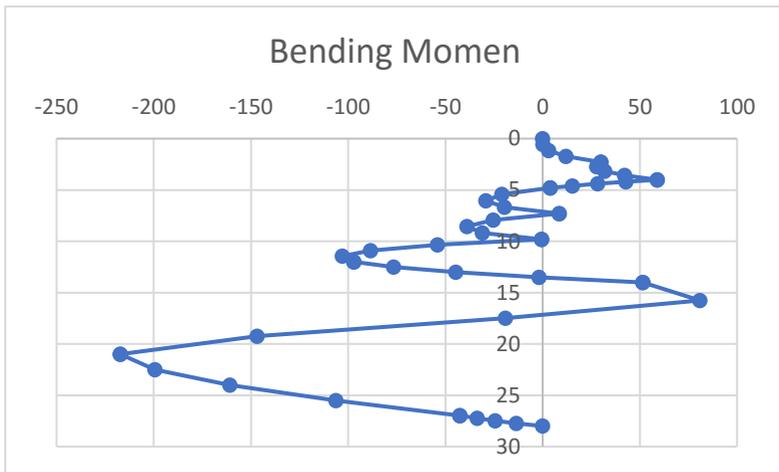


Gambar 4.24 Sketsa Penurunan yang Terjadi

Sehingga didapatkan besar penurunan yang terjadi pada rumah terdekat dengan proyek adalah

$$\delta = \frac{4}{18} \times 10,8 \text{ cm} = 2,4 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm (ok)}$$

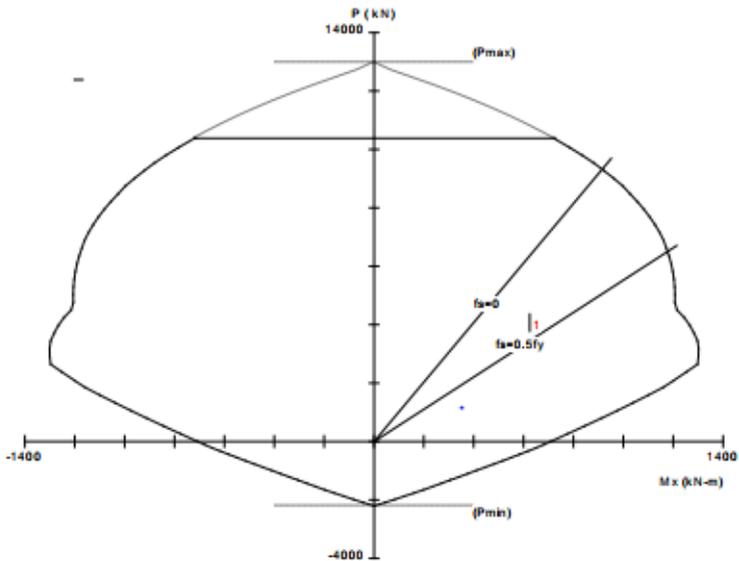
Dari hasil permodelan PLAXIS di atas didapat juga nilai bending momen pada DPT. Momen yang terjadi pada tahap ke 3 tersebut akan ditampilkan pada gambar di bawah ini



Gambar 4.25 Grafik Momen yang Terjadi

Momen maksimum yang terjadi adalah sebesar 228 kN.m atau sebesar 22,8 ton.m. Karena momen maksimum yang terjadi pada secant pile lebih kecil daripada momen crack dari secant pile (63,6 ton.m) tersebut maka secant pile tersebut dapat dikatakan aman secara momen. (Hasil perhitungan momen crack dapat dilihat pada Gambar 4.26)

Selain itu, perlu juga dilakukan pengecekan pada strut yang digunakan. Gaya yang terjadi tidak boleh melebihi gaya maksimum untuk strut baja BJ50 WF 400 200 yang digunakan. Dari perhitungan PLAXIS didapatkan gaya strut sebesar 25ton < 70ton (ok)



Gambar 4.26 Output Program Bantu PCACol

#### 4.5 Analisa Penyebab Keretakan dan Solusinya

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan awal yang dilakukan untuk basement Grand Dharmahusada Lagoon terdapat kesalahan pada metode konstruksi dan desain DPT yang dipakai. Karena setelah mengganti metode dari bottom up ke top down dan memperbesar diameter Secant Pile dari 80cm ke 120 cm ternyata perencanaan telah memenuhi syarat-syarat yang ada. Perencanaan sebelumnya menyebabkan deformasi yang sangat besar pada DPT sehingga tanah di sekitar proyek mengalami pergerakan dan menyebabkan keretakan pada rumah penduduk sekitar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan awal basement Grand Dharmahusada Lagoon mengalami kesalahan pada metode penggalian dan desain diameter dari Secant Pile
2. Penyebab dari keretakan yang terjadi pada rumah penduduk sekitar adalah deformasi dari Secant Pile yang terlalu besar sehingga menyebabkan penurunan yang besar ( $>2,5\text{cm}$ ) pada rumah penduduk yang berdekatan dengan proyek.
3. Dinding penahan tanah yang tepat digunakan untuk basement Grand Dharmahusada Lagoon adalah Secant Pile berangkur diameter 1,2m dengan kedalaman 28m dari muka tanah asli. Digunakan 2 ankur dengan diameter 20cm dan panjang 35m yang dipasang pada elevasi -2,0 dan -4,0 untuk menunjang Secant Pile
4. Metode penggalian yang tepat untuk pembangunan basement Grand Dharmahusada Lagoon adalah metode *top-down*.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, penulis memberikan saran bahwa upaya yang dapat dilakukan adalah

1. Perlu memperhatikan gaya uplift yang besar yang diterima oleh plat lantai dasar basement.
2. Pelaksanaan dewatering untuk menurunkan gaya air yang mendorong tidak memungkinkan dikarenakan akan terjadi penurunan pada tanah jika dilakukan dewatering

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinegara, Ramadhani. 2007. *Perencanaan Ulang Basement Proyek Hi-Tech Centre Surabaya dengan Dinding Penahan Tanah Model Diaphragm Wall dan Pondasi Utama Bell-Shaped Bored Pile*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah I, (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik , (Terjemahan)*. Surabaya: Erlangga.
- Fadhillah, Muhammad Hadi. 2014. *Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Stasiun Bawah Tanah Dukuh Atas dengan Diaphragm Wall, Secant Pile, dan Soldier Pile di Proyek Pembangunan Mass Rapid Transit Jakarta*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hardiyatmo, Harry C. 2010. *Mekanika Tanah* . Jogjakarta: UGM Press.
- Widyarini, Esti Lungit. 2016. *Perencanaan Basement 5 Lantai dan Pondasi Gedung Spazio Tower Surabaya Barat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

# **LAMPIRAN 1**

KETERANGAN :

- Dutch Cone Penetrometer Test
- Shallow Boring (@5 m)
- Deep Boring (@40 m)
- ▲ Deep Boring (@60 m)

PEMILIK :



PROYEK :

PROYEK GRAND DHARMAHUSADA LAGOON

OWNER

PT. PP PROPERTI

BAGUS FEBRIUS S. ST

PROJECT MANAGER

ARSITEK

STRUKTUR

MEE

DIGAMBAR OLEH :

JUDUL GAMBAR

TITIK KOORDINAT TEST TANAH

SKALA

SATUAN :

TANGGAL :

1:1250

KODE GAMBAR

NO GAMBAR

JML. LEMBAR

ARS



1 LOCATION OF TESTING POINTS

SCALE 1:1250



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-1

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	C / C'	φ / φ'	0	20	40					60
0	Fill materials consist of sand and silt, brown, trace of gravel																
1	Clay and silt, grey, inorganic, very soft consistency	<1					UCT	0.12	-		24	48	94				
2	Fine sand and silt, grey, containing shell fragments	<1					CU(E)	0.07	23								
3		<1															
4		<1															
5		<1															
6		<1															
7		<1															
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	<1															
9		<1															
10		<1															
11		<1					UU	0.13	5		30	57	80				
12		<1															
13																	
14																	
15																	
16																	
17	Silt and fine sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																
18																	
19																	
20	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand																
21																	
22	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																
23																	
24																	
25	Sand, brownish grey, some silt, little of clay, trace of gravel, dense																
26																	
27																	
28																	
29																	
30							UU	1.00	3		30	32	52				
31																	
32																	
33	Silt and clay, greyish brown to brown, inorganic, little to some sand, trace of gravel, very stiff to hard consistency																
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39							UU	0.80	2		29	31	48				
40	End of Boring																

NOTE

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- = Fairly Undisturbed Samples
- = Undisturbed Samples
- = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, 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



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-2

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr			
		0	10	20	30	40	TYPE	C / c'	φ / φ'	0	20					40	60	80
0	Fill material consists of sand and gravel, brown						UU	0.12	2									
1																		
2	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency																	
3																		
4	Clay and fine sand, grey, containing shells fragments, very soft consistency																	
5																		
6							UU	0.12	2			23	54	83				
7							CU(E)	0.06	21						1.50	2.60	2.17	99
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency																	
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14							QT	0.15	31			23	40	43				
15																		
16																		
17																		
18																		
19	Silt and fine sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																	
20																		
21																		
22							UU	1.25	15			28	29	47				
23																		
24																		
25																		
26	Sand and silt, brown, trace of gravel, dense to very dense																	
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34	Silt and clay, brown, inorganic, little to some sand, very stiff consistency						UU	0.80	12			30	38	52				
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40	End of Boring																	

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- = Fairly Undisturbed Samples
- = Undisturbed Samples
- = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

- = Wn = Moisture content, %
- = Wp = Plastic limit, %
- Δ = Wl = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-3

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : September 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr		
		0	10	20	30	40	TYPE	C / C'	φ / φ'	0	20					40	60
0	Fill material consists of sand and gravel, brown																
1	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	<1															
2	Clay and fine sand, grey	<1															
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells, fragments, very soft consistency	<1															
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense		10														
17																	
18																	
19	Clay and silt, greyish brown, inorganic, trace of sand, very stiff consistency			21													
20																	
21																	
22																	
23																	
24	Sand and silt, brown, trace of gravel, medium dense																
25																	
26																	
27																	
28	Sand, grey, some of silt, trace of gravel, dense																
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little to some sand, very stiff consistency																
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40	End of Boring																

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- = Fairly Undisturbed Samples
- = Undisturbed Samples
- = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

- O = Wn = Moisture content, %
- = Wp = Plastic limit, %
- Δ = Wt = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- ec = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-4

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : September 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS									
		0	10	20	30	TYPE	c / c'	φ / φ'	0	20	40	60	80	100	γ	Gs	eo	Sr
0	Fill materials consist of sand and silt, brown, trace of gravel																	
1	Clay and silt, grey, very soft	<1				UU	0.12	8	35		90	94		1.45	2.53	2.38	100	
2	Clay and fine sand, grey, containing shells fragments	<1																
3		<1																
4		<1																
5		<1																
6		<1																
7		<1																
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	<1																
9		<1																
10		<1																
11		<1																
12		<1																
13		5				UCT CU(E)	0.20 0.02	- 20	29		64	79		1.52	2.57	2.03	100	
14																		
15	Silt and fine sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense				19													
16																		
17					17	UCT	0.66	-	33	39	64		1.77	2.54	0.99	100		
18																		
19					18													
20	Silt and clay, brown, some sand, very stiff consistency																	
21					18													
22																		
23					21													
24																		
25	Silt and fine sand, yellowish brown, little of clay, medium dense																	
26																		
27	Sand, grey, fine to coarse grained, little of silt, containing shells fragments, dense				16													
28																		
29					20													
30																		
31					23													
32						UU	1.00	6	35	38	68		1.78	2.52	0.95	100		
33	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, trace of gravel, very stiff consistency				18													
34																		
35					22													
36																		
37					18													
38																		
39					22													
40	End of Boring																	

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- = Fairly Undisturbed Samples
- ▨ = Undisturbed Samples
- ▩ = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, 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



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-5

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : September 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS					γ	Gs	eo	Sr
		0	10	20	30	40	TYPE	C / C'	φ / φ'	0	20	40	60	80				
0	Fill materials consist of sand and silt, brown, trace of gravel																	
1		<1																
2		<1																
3		<1																
4		<1																
5		<1																
6		<1																
7	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells, fragments, very soft consistency	<1					Vane	0.11										
8		<1					CU(E)	0.08		24	23	47	84		1.50	2.59	2.18	100
9		<1																
10		<1																
11		<1																
12		<1																
13		<1																
14		1																
15		16					QT	0.10		30	30	39	41		1.76	2.52	0.99	99
16		17																
17	Silt, brown, some sand, little of clay, trace of gravel, medium dense	17																
18		13																
19		15																
20	Clay and silt, grey mottled with brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency	15																
21		32																
22	Silt and clay, brown, inorganic, little to some fine sand, hard consistency	17																
23		17																
24		17																
25		17																
26	Sand, brown, little to some of silt, trace of gravel, medium dense	17																
27		24					QT	0.10		36	21				1.98	2.51	0.53	99
28		28																
29		29																
30		29																
31		23					UU	1.40		10	26	29	62		1.87	2.50	0.72	100
32	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of fine sand, very stiff consistency	23																
33		17																
34		15																
35		15																
36		15																
37		15																
38		15																
39	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace of fine sand, stiff consistency	15																
40	End of Boring	15																

NOTE :

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- = Fairly Undisturbed Samples
- = Undisturbed Samples
- = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>
- = Wn = Moisture content, %
- = Wp = Plastic limit, %
- Δ = Wt = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-6

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : September 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	C/C'	φ + φ'	0	20	40					60
0																	
1																	
2	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency																
3																	
4	Clay and fine sand, grey, very soft consistency																
5							Vane	0.08	-	25	44	87					
6							CU(E)	0.08	21								
7																	
8																	
9																	
10	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells, fragments, very soft consistency																
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																
18																	
19																	
20																	
21	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
22							UU	0.85	3	33	37	97					
23																	
24	Clay and silt, grey mottled with brown, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
25																	
26	Silt and fine sand, brown, trace of gravel, medium dense																
27	Sand, greyish brown, some silt, trace of gravel																
28	Sand, grey, some of silt, trace of gravel, medium dense																
29																	
30																	
31	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little to some fine sand, stiff to very stiff consistency																
32							UU	1.10	5	32	34	57					
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39	End of Boring																
40							UU	0.75	2	30	49	54					

NOTE:

0 to 10 % = Trace  
 10 to 20 % = Little  
 20 to 35 % = Some  
 35 to 50 % = And

□ = Fairly Undisturbed Samples  
 ▨ = Undisturbed Samples  
 □ = SPT  
 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)  
 qu = Unconfined Compression Strength, 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



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-7

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr
		0	10	20	30	40	TYPE	C / C'	φ / φ'	0	20	40	60				
0	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
1		<1	<1	<1	<1	<1											
2	Clay and fine sand, grey, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
3		<1	<1	<1	<1	<1											
4	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
5		<1	<1	<1	<1	<1											
6	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
7		<1	<1	<1	<1	<1											
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
9		<1	<1	<1	<1	<1											
10	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
11		<1	<1	<1	<1	<1											
12	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, containing shells fragments, very soft consistency	≥50					UU	0.11	8	50 78 90				1.46	2.50	2.25	100
13		<1	<1	<1	<1	<1											
14	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense	14					QT	0.10	33	30 36 42				1.81	2.55	0.92	100
15		<1	<1	<1	<1	<1											
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense	28					CU(E)	0.16	35	30 36 42				1.81	2.55	0.92	100
17		<1	<1	<1	<1	<1											
18	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace of sand, stiff consistency	17					QT	0.15	37	19				2.02	2.52	0.48	99
19		<1	<1	<1	<1	<1											
20	Silt and fine sand, brown, trace of gravel, medium dense	12					QT	0.15	37	19				2.02	2.52	0.48	99
21		<1	<1	<1	<1	<1											
22	Silt and fine sand, brown, trace of gravel, medium dense	16					QT	0.15	37	19				2.02	2.52	0.48	99
23		<1	<1	<1	<1	<1											
24	Sand, greyish brown, some silt, trace of gravel, dense	18					QT	0.15	37	19				2.02	2.52	0.48	99
25		<1	<1	<1	<1	<1											
26	Sand, greyish brown, some silt, trace of gravel, dense	35					QT	0.15	37	19				2.02	2.52	0.48	99
27		<1	<1	<1	<1	<1											
28	Sand, greyish brown, some silt, trace of gravel, dense	22					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
29		<1	<1	<1	<1	<1											
30	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, stiff to very stiff consistency	17					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
31		<1	<1	<1	<1	<1											
32	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, stiff to very stiff consistency	20					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
33		<1	<1	<1	<1	<1											
34	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, stiff to very stiff consistency	19					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
35		<1	<1	<1	<1	<1											
36	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, stiff to very stiff consistency	21					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
37		<1	<1	<1	<1	<1											
38	Silt and clay, greyish brown, inorganic, little of sand, stiff to very stiff consistency	13					UU	0.90	7	28 32 52				1.85	2.55	0.82	100
39		<1	<1	<1	<1	<1											
40	End of Boring																

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- = Fairly Undisturbed Samples
- = Undisturbed Samples
- = SPT
- 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)
- qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

- O = Wn = Moisture content, %
- = Wp = Plastic limit, %
- Δ = Wt = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

# BORING LOG

BOREHOLE # : DB-8

PROJECT : Grand Darmahusada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	C / C'	φ / φ'	0	20	40					60
0	Fill materials consist of sand and silt, brown, trace of gravel																
1	Clay and silt, grey, inorganic, very soft consistency	<1															
2	Fine sand and silt, grey, containing shell fragments, very loose	<1															
3																	
4																	
5							UCT	0.14	-		25	44	80	1.51	2.57	2.06	100
6							CU(E)	0.10	23								
7																	
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency	<1															
9																	
10																	
11							UU	0.12	4		27	52	78	1.51	2.55	2.01	99
12																	
13																	
14	Clay and fine sand, brown, little of silt, soft consistency	1															
15																	
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense	13															
17																	
18																	
19																	
20																	
21	Clay and silt, brown, inorganic, some sand, stiff consistency	13															
22																	
23																	
24	Silt and fine sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense	18															
25							QT	0.10	30		28	40	44	1.75	2.53	1.02	99
26																	
27																	
28	Sand, grey, some silt, little of clay, trace of gravel, medium to very dense																
29																	
30																	
31	Clay and silt, brown, inorganic, trace of sand, very stiff consistency	11															
32																	
33																	
34	Sand, brownish grey, little of silt, trace of clay and gravel, medium to very dense	16															
35							QT	0.20	32		23			1.95	2.50	0.58	100
36																	
37																	
38	Silt, brown mottled with grey, inorganic, trace to little of sand, medium dense	19															
39																	
40	End of Boring	22															

NOTE :

0 to 10 % = Trace	□ = Fairly Undisturbed Samples	UU = Unconsolidated Undrained	○ = Wn = Moisture content, %
10 to 20 % = Little	▨ = Undisturbed Samples	CU = Consolidated Undrained	● = Wp = Plastic limit, %
20 to 35 % = Some	□ = SPT	CD = Consolidated Drained	Δ = Wt = Liquid limit, %
35 to 50 % = And	C = Cohesion intercept, kg/cm <sup>2</sup>	SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)	γ = Bulk density, t/m <sup>3</sup>
	φ = Internal friction angle, deg	qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm <sup>2</sup>	Gs = Specific gravity
			eo = Void ratio

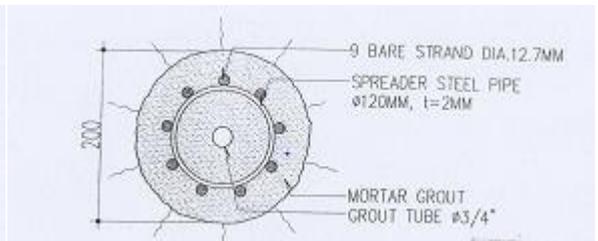
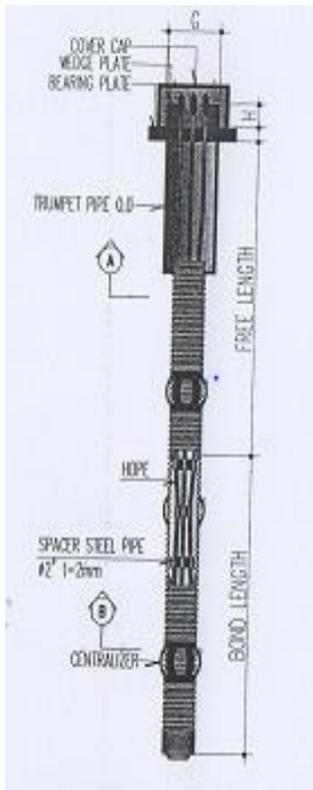
## **LAMPIRAN 2**

Kedalaman	O'H
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0.08
7	0.36
8	0.84
9	1.12
10	1.4
11	1.88
12a	2.16
12b	-1.44
13	-1.84
14a	-2.24
14b	-25.44
15	-25.44
16	-25.44
17	-25.44
18	-25.44
19	-25.44
20	-25.44


Kedalaman	O'H
21a	-25.44
21b	-13.3333
22	-15.68
23	-18.0267
24	-20.3733
25	-22.72
26	-25.0667
27a	-27.4133
27b	-38.44
28	-38.44
29	-38.44
30	-38.44
31	-38.44
32	-38.44
33	-38.44
34	-38.44
35	-38.44
36	-38.44
37	-38.44
38	-38.44
39	-38.44
40	-38.44

Hasil Perhitungan O'H di setiap kedalaman

## **LAMPIRAN 3**



Potongan A (free length)



Potongan B (bond length)

Detail Ground Anchor

## **BIODATA PENULIS**



Penulis memiliki nama lengkap Yauw Lei Sujadi Harta. Lahir di Kota Denpasar, Bali, Indonesia pada tanggal 05 Nopember 1996. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK Don Bosco Surabaya, SDK S.T. Xaverius Surabaya, SMPK Angelus Custos 1 Surabaya, dan SMAK Frateran Surabaya. Setelah lulus dari SMAK Frateran Surabaya, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) jalur Tulis dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2014.

Di Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Geoteknik. Pada masa perkuliahan penulis aktif berorganisasi dengan bekal kepelatihan manajemen organisasi LKMM TD (Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa). Penulis juga pernah mengikuti lomba Civil Expo bidang Geotech.