



---

TUGAS AKHIR - RC14 1501

**PERENCANAAN *BASEMENT* GEDUNG PARKIR  
*APARTEMEN SKYLAND CITY EDUCATION  
PARK - BANDUNG***

**RIZKY HARJA DWINATA  
NRP 3112106042**

**Dosen Pembimbing  
DJOKO UNTUNG, Ir., DEA.  
SUWARNO, Ir., M. Eng.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RC14 1501

***BASEMENT DESIGN OF PARKING BUILDING  
APARTEMENT SKYLAND CITY EDUCATION  
PARK - BANDUNG***

RIZKY HARJA DWINATA  
NRP 3112106042

Supervisor  
DJOKO UNTUNG, Ir., DEA.  
SUWARNO, Ir., M. Eng.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Tenth of November Institute of Technology  
Surabaya 2015

**PERENCANAAN BASEMENT GEDUNG PARKIR  
APARTEMEN SKYLAND CITY EDUCATION PARK -  
BANDUNG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Geoteknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RIZKY HARJA DWINATA**

Nrp. 3112 106 042

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Djoko Untung, Ir., DPA.

2. Suwarno, Ir., M.Eng.



**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

**PERENCANAAN BASEMENT GEDUNG PARKIR  
APARTEMEN SKYLAND CITY EDUCATION PARK –  
BANDUNG**

**Nama Mahasiswa** : Rizky Harja Dwinata  
**NRP** : 3112106042  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Djoko Untung, Ir., DEA.  
Suwarno, Ir., M.Eng

**Abstrak**

*Terbatasnya lahan parkir dan semakin tingginya harga beli tanah permeter persegi di Kota Bandung saat ini menjadikan permasalahan tersendiri bagi pengembang. Pembangunan struktur bawah tanah (basement) untuk lahan parkir saat ini menjadikan pilihan utama bagi pemecahan masalah tersebut. Konstruksi struktur bawah tanah memerlukan kriteria tersendiri dalam desain maupun dalam tahapan pelaksanaan konstruksi. Faktor yang mempengaruhi dari kriteria tersebut diantaranya adalah Karakteristik tanah dan lingkungan di sekitar lokasi proyek.*

*Hal ini terjadi pada proyek pembangunan Gedung Apartemen Skyland City Education Park-Bandung. Pada basement proyek ini mengadopsi metode bottom-up, yaitu dengan metode bottom-up umumnya dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah dengan kedalaman yang direncanakan untuk kebutuhan pembuatan lantai basement gedung bertingkat.*

*Permasalahan dalam proyek pembangunan gedung Apartemen ini adalah pada saat penggalian terdapat banyak kebocoran air tanah pada bagian dinding penahan tanah sehingga diperlukan pengerjaan dinding penahan tanah tambahan yang kedap air. Proses dewatering mengakibatkan penurunan muka air tanah pada sekitar proyek. Proyek ini menggunakan sistem pondasi semi bored pile (diameter lebih kecil dari 76 cm), sehingga membutuhkan jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan*

*bored pile karena pada umumnya diameter bored pile lebih besar dari 76 cm. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu dan biaya yang harus dikeluarkan serta berdampak negatif pada lingkungan sekitar khususnya kepada rumah penduduk.*

*Dalam permasalahan tersebut penulis akan menyusun Tugas Akhir untuk merencanakan metode yang tepat dalam pembangunan basement ini, yaitu dengan menggunakan metode top-down. Metode Top-down tidak dimulai dari lantai basement paling bawah (dasar galian). Tepatnya, titik awal pekerjaan dimulai dari pelat lantai satu (ground level atau muka tanah). Struktur yang akan direncanakan untuk konstruksi basement, yaitu diaphragm wall untuk dinding penahan tanah, dan bored pile untuk pondasi utama.*

*Hasil Tugas Akhir ini untuk diaphragm wall kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, dinding ini menggunakan angkur yang memiliki jarak anta angkur yaitu 2 m dengan kemiringan 250, panjang angkur 9,5 m dan diameter angkur 15 cm. Dengan tebal pelat basement 50 cm. Untuk pondasi bored pile digunakan bored pile tipe bell shaped dengan ds bored pile 1,4 m dan diameter bell shaped 2 m. Kedalaman bored pile bervariasi 6-15 m. Metode konstruksi yang direncanakan adalah metode top-down sehingga 1 pondasi bored pile digunakan untuk 1 kolom (one bored pile one column).*

**Kata kunci : Basement, Bottom Up, Bored Pile, Diaphragm Wall, Top Down**

**BASEMENT DESIGN OF PARKING BUILDING OF  
SKYLAND EDUCATION CITY PARK APARTMENT-  
BANDUNG**

**Name** : Rizky Harja Dwinata  
**NRP** : 3112106042  
**Subject** : Civil Engineering  
**Supervisor** : Djoko Untung, Ir., DEA.  
Suwarno, Ir., M.Eng

**Abstract**

*Limited of parking area and the higher purchase price of land per square meter in Bandung today makes a problem for developers. Construction of underground structures (basement) for the current parking area makes the main choice for solving the problem. Basement structures requires its own criteria in the design and implementation stages of construction. Factor that influence of the criteria is characteristic of the soil and the environment around the project site.*

*This is happened on the construction project of Skyland City Education Park Apartment Building-Bandung. In the basement of this project adopts a bottom-up method, which is the bottom-up method usually starts from the foundation construction or soil excavation with a planned depth to basement flooring needs of storey building.*

*The problem in this Apartment building construction project is at the moment there are many leaks extracting ground water in the retaining wall so that construction of additional retaining wall which is watertight is needed. Dewatering process causes decreased of water level around of the project. This project uses the semi bored pile foundation system (diameter smaller than 76 cm), so it needs a larger number than the bored pile because generally bored pile diameter is greater than 76 cm. This will increase the time and cost and cause the negative impact on the surrounding environment, especially to houses.*

*In these problems, the author will do final project to plan appropriate method in the construction of this basement, using a top-down method. Top-down method is not started from the bottom of the basement floor (basic excavation). Precisely, the starting point begins from the work of a single floor plate (ground level). Structure which will be planned for basement construction is the diaphragm wall for retaining wall, and bored pile for the main foundation.*

*The result of this final project for diaphragm wall of planting wall with depth of 6 m and thickness of 50 cm, this wall uses anchor which has anchor distance of 2 m with a slope of 25°, anchor length of 9.5 m and anchor diameter of 15 cm. Basement slab thickness of 50 cm. For bored pile foundation is used bored pile-type bell shaped with ds bored pile diameter of 1.4 m and bell shaped diameter of 2 m. Bored pile depth varies between 6-15 m. Planned construction method is the top-down method so 1 bored pile foundation is used for 1 column (one bored pile one column).*

***Keywords: Basement, bottom-up, bored pile, diaphragm wall, top-down***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan *Basement* Gedung Parkir *Apartement Skyland City Education Park Bandung*”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan kakak dari penulis yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Dosen pembimbing, Bapak Suwarno, Ir., M.Eng dan Bapak Djoko Untung, Ir., DEA. yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dosen penguji, Sudjanarko S, Ir., M.Eng dan Ibu Putu Tantri, ST., MT yang telah memberikan koreksi serta masukkan dalam seminar Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS. selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
7. Teman-teman seperjuangan dari Polban 2009 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
8. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni POLBAN yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.
9. PT. Cipta Multi Kreasi selaku pemberi dana penuh pada penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil

Surabaya, Januari 2015

*Penulis*

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5
2.2 Penyelidikan Tanah .....	6
2.2.1 <i>Sondir</i> .....	6
2.2.2 <i>Deep Boring</i> .....	6
2.2.3 <i>Standard Penetration Test</i> .....	6
2.2.4 <i>Harga N Koreksi</i> .....	7
2.2.5 <i>Korelasi Sand Penetration Test</i> .....	7
2.3 Tekanan Lateral Tanah.....	9
2.3.1 Tekanan Tanah Aktif .....	10
2.3.2 Tekanan Tanah Pasif.....	11
2.4 <i>Diaphragm Wall</i> .....	11
2.4.1 Perhitungan <i>Diaphragm Wall</i> dengan Metode <i>Free Earth Support</i> .....	12
2.4.2 Kontrol Terhadap <i>Hydrodynamic</i> dan Bahaya <i>Heaving</i> .....	13
2.5 Desain Angkur .....	15
2.6 Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	18
2.6.1 Merencanakan Dimensi .....	19
2.6.2 Menghitung Daya Dukung .....	19

2.6.3 Penampang Angkur .....	19
2.7 Perencanaan <i>Pile Cap</i> .....	21
2.8 Perencanaan pelat lantai dasar .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Kerangka Perencanaan .....	23
3.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan .....	24
<b>BAB IV PERENCANAAN BASEMENT DAN PONDASI ....</b>	<b>31</b>
4.1 Data Tanah Dasar .....	31
4.1.1 Lokasi pengambilan data tanah .....	31
4.1.2 Data <i>Standard Penetration Test (SPT)</i> .....	32
4.2 Analisa Data Pembebanan.....	35
4.3 Perencanaan <i>Diaphragm Wall</i> .....	39
4.3.1 Perencanaan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i> untuk Galian Dengan Tinggi, $h = 6$ m dengan angkur. 39	
4.3.2 Perhitungan Gaya dalam pada <i>Diaphragm wall</i> .....	39
4.3.3 Perencanaan Struktur <i>Diaphragm wall</i> .....	50
4.3.4 Perencanaan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i> untuk Galian Dengan Tinggi, $h = 4,5$ m tanpa angkur. 52	
4.3.5 Perhitungan Gaya dalam pada <i>Diaphragm wall</i> , $h = 4,5$ m .....	58
4.3.6 Perencanaan Struktur <i>Diaphragm wall</i> , dengan $h = 4,5$ m .....	61
4.4 Perencanaan Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	63
4.4.1 Perencanaan Diameter .....	63
4.4.2 Perhitungan Daya Dukung .....	63
4.4.3 Perhitungan Penurunan Bored Pile.....	65
4.4.4 Perencanaan Struktur Bored Pile.....	66
4.4.5 Kontrol Terhadap Gaya Lateral .....	68
4.5 Perencanaan Pelat Lantai Basement.....	69
4.5.1 Desain Pelat Lantai Basement .....	70
4.5.2 Kontrol terhadap <i>uplift</i> .....	74
4.6 Perencanaan <i>Sloof</i> .....	75

4.7 Perencanaan *Pile Cap*..... 79

**BAB V METODE PELAKSANAAN..... 80**

5.1 Urutan Pelaksanaan *Diaphragm Wall* ..... 80

5.2 Urutan Pelaksanaan *Bored Pile*..... 88

5.3 Tahapan Pelaksanaan *Top-Down Construction* ..... 93

**BAB VI PENUTUP..... 102**

6.1 Kesimpulan ..... 102

6.1.1 Perencanaan *Basement* ..... 102

6.1.2 Perencanaan Pondasi Bored Pile ..... 104

6.1.2 Perencanaan Pondasi Bored Pile ..... 104

6.2 Saran..... 104

**DAFTAR PUSATAKA**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi antara nilai SPT dengan parameter karakteristik tanah <i>cohesionless</i> .....	7
Tabel 2.2 Korelasi antara nilai SPT dengan parameter karakteristik tanah <i>cohesive</i> .....	7
Tabel 2.3 Nilai E ( <i>Modulus Young</i> ) .....	8
Tabel 2.4 Nilai Ks.....	8
Tabel 3.1 <i>Boring Log</i> .....	25
Tabel 4.1 Korelasi N-SPT (Bowles, 1984).....	33
Tabel 4.2 Korelasi konsistensi tanah dengan nilai E .....	33
Tabel 4.3 Korelasi konsistensi tanah dengan nilai Cu .....	34
Tabel 4.4 Parameter tanah .....	34
Tabel 4.5 Parameter tanah .....	34
Tabel 4.6 Perhitungan Momen, elevasi -6 m.....	54
Tabel 4.7 Tekanan tanah lateral pada dinding, sampai kedalaman -12 m .....	57
Tabel 4.8 Perhitungan Momen, elevasi -4,5 m.....	57
Tabel 4.9 Tekanan tanah lateral pada dinding, sampai kedalaman -12 m .....	57
Tabel 6.1 Variasi panjang bored pile2010.....	105



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

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Hubungan N-SPT Dengan .....	8
Gambar 2.2	Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding .....	9
Gambar 2.3	Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i> .....	9
Gambar 2.4	Proses <i>Heaving</i> .....	10
Gambar 2.5	Bagian-Bagian Jangkar dengan <i>Grouting</i> .....	11
Gambar 2.6	Grafik Hubungan Vs $N_q$ .....	12
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi .....	37
Gambar 3.2	Denah (Eksisting) .....	41
Gambar 3.3	Potongan Melintang .....	45
Gambar 3.4	Denah (Modifikasi) .....	47
Gambar 3.5	Potongan Melintang (Modifikasi) .....	49
Gambar 4.1	Lokasi Perencanaan Gedung Parkir .....	51
Gambar 4.2	Grafik <i>Boring Log</i> .....	52
Gambar 4.3	Bidang Kontak Ban <i>Dump Truck</i> dengan Tanah ..	56
Gambar 4.4	Bidang Kontak Roda <i>Excavator</i> dengan Tanah.....	56
Gambar 4.5	Bidang Kontak Roda <i>Bulldozer</i> dengan Tanah .....	57
Gambar 4.6	Lapisan dan Parameter Tanah .....	59
Gambar 4.7	Diagram Tekanan Tanah .....	60
Gambar 4.8	Diagram Tekanan Tanah Total .....	64
Gambar 4.9	<i>Hydrodynamic</i> pada Bukaan Tanah .....	64
Gambar 4.10	Posisi Minimum Angkur Miring .....	65
Gambar 4.11	Diagram Tekanan untuk Perhitungan Momen pada SAP 200 .....	67
Gambar 4.12	Bidang Momen pada <i>Diaphragm Wall</i> .....	68
Gambar 4.13	Lapisan dan Parameter Tanah, Elv. -4,5 M .....	69
Gambar 4.14	Diagram Tekanan Tanah, Elv. -4,5 M .....	73
Gambar 4.15	Diagram Tekanan Tanah Total, Elv. -4,5 M.....	80
Gambar 4.16	<i>Hydrodynamic</i> pada Bukaan Tanah -4,5 M .....	82
Gambar 4.17	Diagram Tekanan untuk Perhitungan Momen Pada SAP 200 .....	85
Gambar 4.18	Bidang Momen pada <i>Diaphragm Wall</i> , Elv. -4,5 M.....	85

Gambar 4.19 <i>Bored Pile</i> .....	86
Gambar 4.20 Diagram Interaksi (Akibat Gaya Tanah Lateral) ...	87
Gambar 4.21 Diagram Interaksi (Akibat Reaksi Tumpuan).....	87
Gambar 4.22 Dimensi Pelat Lantai <i>Basement</i> .....	70
Gambar 4.23 Uplift pada Pelat <i>Basement</i> .....	74
Gambar 4.24 Diagram Interaksi Sloof .....	77
Gambar 4.25 Titik Pertemuan Kolom, Pile Cap, dengan Bored Pile .....	79
Gambar 5.1 <i>Guide Wall</i> .....	80
Gambar 5.2 Denah <i>guide wall</i> .....	81
Gambar 5.3 <i>Clamshell</i> .....	82
Gambar 5.4 Konsep Perencanaan Penggalian .....	82
Gambar 5.5 Panel Stop .....	83
Gambar 5.6 <i>Water Stop</i> .....	83
Gambar 5.7 Penggalian Tanah untuk <i>Diaphragm Wall</i> .....	84
Gambar 5.8 Pemasangan Tulangan <i>Diaphragm Wall</i> .....	85
Gambar 5.9 Pengecoran <i>Diaphragm Wall</i> .....	86
Gambar 5.10 Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i> Panel 3 .....	87
Gambar 5.11 Besi Penyambung <i>King Post</i> dengan Baja .....	89
Gambar 5.12 Pengeboran Tanah untuk <i>Bore Pile</i> .....	90
Gambar 5.13 Pemasangan Tulangan dan <i>King Post</i> .....	91
Gambar 5.14 Pengecoran <i>Bored Pile</i> .....	92
Gambar 5.15 Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i> .....	93
Gambar 5.16 Konstruksi <i>Bored Pile</i> .....	94
Gambar 5.17 Penggalian Tanah P-1A .....	95
Gambar 5.18 Penggalian Tanah B-2B .....	96
Gambar 5.19 Tahap Pelaksanaan Balok P-1A.....	97
Gambar 5.20 Tahap Pelaksanaan Balok B-2B .....	98
Gambar 5.21 Tahap Pekerjaan B 1A, B 2B, P 2A, P 1B, P 2B, P3A .....	99
Gambar 5.22 Tahap Pekerjaan <i>Basement</i> B 2A ( <i>Pile cap, Sloof,</i> <i>Kolom dan Pelat</i> ) .....	100
Gambar 5.23 Tahap Pekerjaan Lantai P 3A dan P 2B .....	101

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Terbatasnya lahan dan semakin tingginya harga beli tanah permeter persegi di Kota Bandung saat ini menjadikan permasalahan tersendiri bagi pengembang. Pembangunan secara vertikal untuk lahan parkir saat ini menjadikan pilihan utama bagi pemecahan masalah tersebut.

Konstruksi struktur bawah tanah memerlukan kriteria tersendiri dalam desain maupun dalam tahapan pelaksanaan konstruksi. Faktor yang mempengaruhi dari kriteria tersebut diantaranya adalah karakteristik tanah dan lingkungan di sekitar lokasi proyek. Desain sebuah struktur bawah tanah di lingkungan yang sekitarnya telah ada bangunan permanen akan lebih sulit dibanding dengan lingkungan proyek yang belum ada bangunan permanen. Penentuan system dinding penahan tanah dan tipe pondasi apa yang tepat untuk konstruksi tersebut serta metode konstruksi apa yang tepat agar lingkungan sekitar tidak terganggu dengan proyek pembangunan tersebut.

Hal ini terjadi pada proyek pembangunan Gedung Parkir *Apartement Skyland City Education Park Jatinangor* (Bandung). Proyek ini mempunyai konstruksi gedung 4 lantai dan 2 lantai *basement* sampai kedalaman 6 m di bawah muka tanah yang digunakan sebagai lahan parkir. Kondisi sekitar lokasi proyek merupakan daerah padat penduduk. Perencanaan awal proyek ini mengadopsi metode *bottom-up*, dengan metode *bottom-up* pekerjaan dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah dengan kedalaman yang direncanakan untuk kebutuhan pembuatan lantai *basement*. Tahapan dilanjutkan dengan pekerjaan pondasi, seperti pemancangan pondasi tiang (bisa memakai semi *bored pile*) yang diteruskan dengan pembuatan balok pondasi, pelat *basement*,

dan kolom. Pekerjaan tipikal untuk kolom, balok, dan pelat akan menerus ke lantai, hingga pelat atap.

Permasalahan dalam proyek pembangunan gedung *Apartment* adalah terdapat banyak kebocoran air tanah pada bagian dinding penahan tanah sehingga diperlukan pengerjaan dinding penahan tanah tambahan yang kedap air. Proses *dewatering* akan mengakibatkan turunnya muka air tanah secara drastis. Berlarinya air tanah dapat berakibat turunnya bangunan di sekitar proyek. Oleh karena itu, tidak tertutup kemungkinan adanya penurunan bangunan di sebelahnya (*settlement*) akibat penerapan metode ini. Metode *bottom-up* terkadang memberikan dampak keringnya sumur milik warga di sekitar lokasi proyek. Proyek ini menggunakan sistem pondasi semi *bored pile* (diameter lebih kecil dari 76 cm), sehingga membutuhkan jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan *bored pile* karena pada umumnya diameter *bored pile* lebih besar dari 76 cm. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu dan biaya yang harus dikeluarkan serta berdampak negatif pada lingkungan sekitar khususnya kepada rumah penduduk. Dari permasalahan yang sudah terjadi pada pembangunan *Apartment* tersebut, pihak pengembang tidak menginginkan hal itu terjadi lagi pada pembangunan gedung parkir yang dibangun di sebelah gedung *Apartment*. Pada perencanaan awal gedung parkir tersebut hanya dapat menampung seratus delapan puluh kendaraan. Pada hal pengembang ingin memanfaatkan lahan yang tersisa di sekitar lahan gedung parkir sehingga gedung parkir tersebut dapat menampung tiga ratus kendaraan.

Dalam permasalahan tersebut penulis akan menyusun Tugas Akhir untuk merencanakan metode yang tepat dalam pembangunan gedung parkir, yaitu dengan menggunakan metode *top-down* karena waktu pelaksanaan (*time schedule*) dapat dipersingkat 10 – 20% dibanding metode *bottom-up*, biaya pelaksanaan pembangunan dapat diperkecil, lahan kerja/luas tanah yang

terbatas tidak menjadi halangan terlambatnya proses pekerjaan, pekerjaan awal dapat dimulai secara bersamaan tanpa saling menunggu sehingga tidak ada pekerjaan tunda. Artinya, saat proses galian berjalan, pekerjaan struktur atas juga dapat bergerak bersamaan. Struktur yang akan direncanakan untuk konstruksi *basement*, yaitu *diaphragm wall* untuk dinding penahan tanah, dan *bore pile* untuk pondasi utama.

*Diaphragm wall* adalah dinding beton bertulang yang relatif tipis yang dicor ke dalam suatu galian, dimana sisi – sisi galian sebelum dicor didukung oleh tekanan hidrostatik dari air yang dicampur dengan *bentonit* (lempung montmorilonit) (R.F. Craig, 1987 : 381). *Diaphragm wall* dapat dilaksanakan pada semua jenis dan kondisi tanah, tanpa harus menurunkan muka air tanah. *Diaphragm wall* dapat memenuhi beberapa keuntungan, yaitu pemikulan atau penahanan tekanan tanah dan tekanan hidrostatik horisontal besar, termasuk waktu gempa. Beban vertikal tetap (beban gravitasi) dapat dipikul. Lapisan-lapisan pembawa air akan tertutupi sehingga mengalirnya tanah ke dalam lubang galian dapat dicegah, karena *diaphragm wall* memakai lapisan kedap air untuk *joint* antar dinding yang dipasang *water stoper*.

*Bored pile* adalah pondasi tiang yang dibuat dengan cara membor sebuah lubang hingga pada kedalaman yang direncanakan dan sesudah itu diisi dengan beton bertulang. *Bored pile* dibatasi diameter  $> 76$  cm. *Bored pile* memiliki keuntungan diantaranya: a. menghilangkan *pile cap*, b. tidak memerlukan jumlah yang banyak karena memiliki diameter yang lebih besar sehingga daya dukung tiang menjadi lebih besar, c. getaran pada saat proses pelaksanaan tidak ada, d. dapat menembus tanah berangkal, lebih mudah memperluas bagian ujung tiang sehingga momen-momen lentur lebih besar.

Tugas Akhir ini sangat penting dilakukan oleh penulis karena dalam perencanaan konstruksi *basement* sangat perlu dilakukan desain struktur dan metode konstruksi yang tepat untuk

konstruksi *basement* agar dalam pembangunan proyek gedung tinggi tidak merugikan para *stakeholder*.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Seperti yang telah penulis utarakan diatas, dalam pembangunan Struktur *Basement* memerlukan kriteria khusus dalam perancangan dan pelaksanaan nantinya. Dalam Tugas Akhir ini penulis akan membahas permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan *diaphragm wall* dan *bored pile*?
2. Bagaimana menganalisa kestabilan *diaphragm wall* dan *bored pile* terhadap semua gaya yang bekerja?
3. Bagaimana tahapan pelaksanaan pada gedung parkir menggunakan metode *top-down*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Merencanakan *diaphragm wall* dan *bored pile*
2. Menganalisa kestabilan terhadap semua gaya yang bekerja pada *diaphragm wall* dan *bored pile*
3. Menentukan tahapan pelaksanaan pada gedung parkir menggunakan metode *top-down*.

## 1.4 Batasan Permasalahan

1. Biaya dan waktu pembangunan *basement* Apartemen *Skyland City Education Park* Jatinangor (Bandung) tidak dibahas dalam Tugas Akhir ini.
2. Struktur atas hanya dilakukan pemodelan untuk mengetahui pembebanan pada struktur bawah

## 1.5 Manfaat

Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada penulis, pembaca dan para *stakeholder* proyek pembangunan *basement* serta sebagai salah satu referensi studi pustaka untuk pembangunan *basement*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, dapat berupa *basement* dan/atau sistem pondasi. Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat mutlak diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penghuninya.

Struktur bawah memikul beban-beban dari struktur atas sehingga struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa (E), beban angin, dan lain-lain. Dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data-data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah, dtt. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut, dan lain-lain. Jenis pondasi ditentukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tempat berdirinya bangunan dan usulan jenis pondasi serta karakteristik tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer*.

Hasil dari penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar yang menjetaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
- b. Analisis daya dukung tanah.

- c. Besar nitai *SPT* (*Standard Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
- d. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan petekat dari beberapa titik *sondir*.
- e. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah, dan lain-lain.
- f. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data-data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang).

## 2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisannya.

Penyelidikan tanah ini dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

### 2.2.1 *Sondir*

Test *sondir* dilakukan dengan menggunakan alat *sondir* yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan tekat (*Local Friction*) secara langsung di lapangan.

Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram *sondir* yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman *sondir* di bawah muka tanah dan besarnya nitai perlawanan konus ( $q_c$ ) serta jumlah hambatan pekat (TF).

### 2.2.2 *Deep Boring*

*Deep boring* ditaksakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standard Penetration Test* juga dilakukan pada pekerjaan *boring*.

### 2.2.3 *Standard Penetration Test*

*Standard Penetration test* dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter pertawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut

diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi pertapisan tanah.

Dalam proyek gedung parkir ini yang menjadi rujukan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, adalah hasil tes SPT.

#### 2.2.4 Harga N Koreksi (SPT)

Untuk nilai “N” pada lapisan pasir halus dan pasir kelanauan dengan ukuran butir 0,1-0,05 mm dipengaruhi permukaan air tanah, jadi perlu dikoreksi ( menurut *Terzaghi* dan *Peck*) :

$$N = 15 + 0,5 (N' - 15) \quad (2.1)$$

N' : Jumlah pukulan kenyataan di lapangan

#### 2.2.5 Korelasi Sand Penetration Test (SPT)

Korelasi SPT digunakan pada Tugas Akhir ini karena data tanah yang didapat adalah hasil dari SPT. *Bowles* (1983) dalam *Wahyudi* (1999) mengemukakan bahwa ada korelasi antara nilai pukulan (N) pada SPT dengan parameter tanah lainnya, terlihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Korelasi Nilai N pada Tanah *Cohesiveless*

N	0-3	4-10	11-30	31-30	>30
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		16-25	14-18	18-20	18-25
$\phi$	0	23-32	28-36	30-40	>33
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
D <sub>r</sub> (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100

Sumber: *Bowles* (1983)

Tabel 2.2 Korelasi Nilai N pada Tanah *Cohesive*

N	< 4	4-6	6-15	16-25	>25
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-16	16-18	16-18	16-20	18-25
$q_u$ (kPa)	< 25	20-50	30-50	40-200	>100
Consistency	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

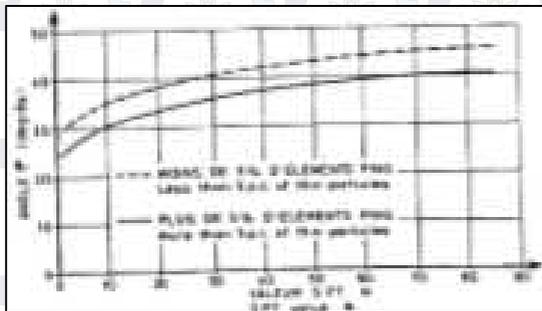
Sumber: *Bowles* (1983)

Nilai E (*Modulus Young*) dapat ditentukan dengan cara mengkorelasikan konsistensi tanah dari tiap lapisan dengan Tabel yang disajikan berikut ini (Lihat Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Nilai E (*Modulus Young*) sesuai dengan jenis tanah

Konsistensi Tanah	Nilai E (Modulus Young)
Lempung lunak	1380 - 3450 (KN/m <sup>2</sup> )
Lempung keras	5865 - 13800 (KN/m <sup>2</sup> )
Pasir lepas	10350 - 27600 (KN/m <sup>2</sup> )
Pasir padat	34500 - 69000 (KN/m <sup>2</sup> )

Nilai sudut geser tanah diperoleh dari grafik yang dikemukakan oleh mayerhof seperti pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Grafik Hubungan *N-SPT* dengan  $\phi$   
(Sumber : Weber, 2010)

Nilai  $K_s$  tanah diperoleh dari Tabel 2.4 yang dikemukakan oleh *Mayerhof* seperti berikut ini:

Tabel 2.4 Nilai  $K_s$  Sesuai dengan Jenis Tanah

Soil	$K_s$ , kN/m <sup>3</sup>
Loose Sand	4800-16000
Medium Dense Sand	9600-80000
Dense Sand	64000-128000
Clayey Medium dense Sand	32000-80000
Silty medium dense sand	24000-48000

### 2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap (*sheet pile wall*), galian yang diperkokoh (*braced excavation*) dan galian tidak diperkokoh (*unbraced excavation*), tekanan tanah (*grain pressure*) pada *diaphragm wall*, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles, 1988). Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tiga jenis, 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 disebut tekanan tanah pasif ( $K_p$ )
- Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang disebut tekanan tanah aktif ( $K_a$ )

Pergerakan dari 3 jenis tekanan tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding  
(Sumber : Weber, 2010)

## Menurut Teori Rankine (1987)

### Teori Rankine berasumsi bahwa :

- Tidak ada adhesi atau friksi antar dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan)
- Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertical 90°.
- Kelongsoran 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.

### 2.3.1 Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ )

#### Tekanan tanah aktif (dengan kohesi nol, $C=0$ )

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan menahan tekanan tanah *horizontal*, tekanan tanah dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tekanan tanah  $K_a$ . Untuk mendapatkan tekanan tanah *horizontal*  $K_a$  adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertikal tersebut menjadi tekanan horizontal. Oleh karena itu tekanan *horizontal* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} K_a H^2 \quad (2.2)$$

Dimana harga  $K_a$

Untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.3)$$

#### Tekanan tanah aktif berkohesi

Kohesi (kelekatan tanah) mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ . Jadi dapat dirumuskan menjadi seperti berikut ini :

$$P_a = K_a H^2 - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.4)$$

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

Pada dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang dapat menahan tekanan tanah aktif. Tekanan tanah pasif ( $K_p$ ) yang besarnya sebagai berikut

Pada dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang dapat menahan tekanan tanah aktif. Tekanan tanah pasif ( $K_p$ ) yang besarnya sebagai berikut :

$$K_p = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.5)$$

Maka tahanan pasif suatu tanah datar tanpa kohesi ( $C=0$ )

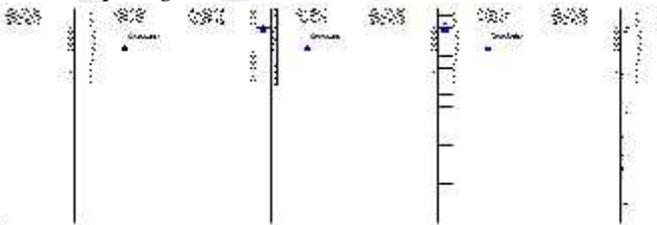
$$P_p = \frac{1}{2} K_p H^2 \quad (2.6)$$

Tahanan pasif suatu tanah datar dengan kohesi

$$P_p = \frac{1}{2} K_p H^2 - 2c\sqrt{K_p} \quad (2.7)$$

### 2.4 Diaphragm wall

*Diaphragm wall* adalah selaput beton bertulang yang relatif tipis (30 cm-120 cm) yang dicor ke dalam suatu lubang galian, dimana sisi-sisi galian tersebut sebelum dicor didukung oleh tekanan hidrostatis dari air yang dicampur dengan bentonite (lempung montmorilonit). Bila dicampur dengan air, bentonite dengan cepat akan menyebar untuk membentuk suspensi koloid yang memiliki sifat-sifat *tiksotropik* (membentuk gel jika tidak digerakan) (R.F.Craig:1987). Gambar 2.3 menunjukkan proses konstruksi *diaphragm wall* :



Gambar 2.3 Konstruksi *Diaphragm Wall*  
(Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Merencanakan *diaphragm wall* terdiri dari perencanaan ketebalan dinding dan penulangannya. Ketebalan dinding biasanya ditentukan melalui analisa tegangan, analisa deformasi dinding, dan studi kelayakan detailing penulangan dinding. Menurut Chang Yu-Qu (2006), ketebalan dinding dapat diasumsikan sebesar 5% dari kedalaman galian di *preliminary design*. Perhitungan penulangan *diaphragm wall* secara umum mengikuti metode LFRD.

#### 2.4.1 Perhitungan *Diaphragm wall* dengan Metode *Free Earth Support*

Asumsi dari metode ini adalah:

1. Tiang turap dianggap kaku jika dibandingkan dengan tanah sekitarnya
2. Dinding dapat bergerak dengan cukup untuk menimbulkan tekanan tanah minimum aktif dan pasif.

Langkah perhitungan metode *free earth support*:

##### Langkah 1

Besar kedalaman dinding diwakili dengan variabel  $D$ , yang kemudian akan dicari nilainya. Pada akhir perhitungan dengan menggunakan metode ini, harga  $D$  akan didapatkan dalam bentuk persamaan  $aD^3 + bD^2 + cD + d = 0$ , yang kemudian diselesaikan dengan cara *trial & error*.

##### Langkah 2

Menentukan tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding per lapisan tanah.

##### Langkah 3

Menghitung kedalaman ( $D$ ) dinding

Dengan cara  $M_T = 0$  (dengan jangkar)

$M_o = 0$  (tanpa jangkar)

#### Langkah 4

Mencari gaya angkur (T)

Dengan cara  $F_x = 0$

$$T = E_A - E_p$$

Dimana:

$E_a$  = total gaya aktif yang bekerja akibat tanah maupun surcharge

$E_p$  = total gaya pasif yang bekerja

#### **2.4.2 Kontrol Terhadap *Hydrodynamic* dan Bahaya Heaving**

Kedalaman galian dinding akan dihitung berdasarkan keamanan terhadap aliran air atau dikenal dengan *hydrodynamic*. Perbedaan ketinggian hidrolis air antara daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian. Kedalaman yang aman terhadap *hydrodynamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan *dewatering*.

Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) harus cukup untuk mengatasi gejala *hydrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Gejala tersebut dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis  $i$  dengan gradien hidrolis kritis.

$$i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF < i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)} \quad (2.8)$$

Dimana:

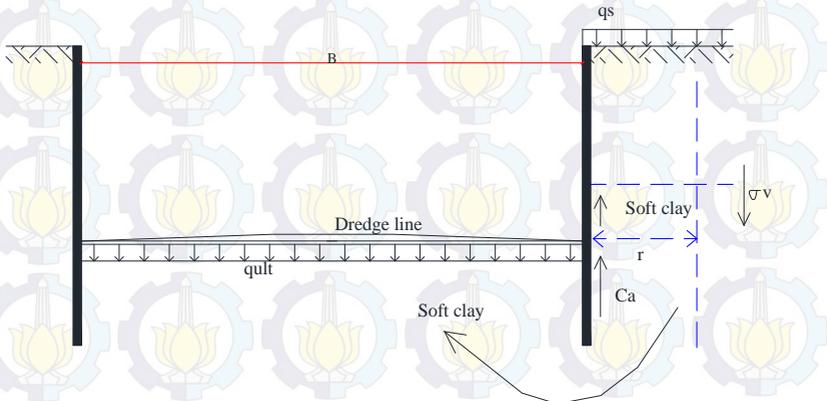
$$i = \frac{\Delta h}{D_c}$$

$$i_{cr} = \frac{y'}{y_w}$$

$$SF = 1,2$$

Ketika bukaan tanah terletak diatas tanah lempung lunak, lempung mungkin akan mengalir kedalam bukaan tanah yang disebut dengan *heaving*. Hal ini disebabkan tanah yang

dipindahkan pada saat penggalian akan memperkecil tekanan *overburden*, sehingga tanah terdorong kedalam bukaan tanah dan memproduksi heaving. Besarnya *heave* atau dorongan akan berkisar hanya beberapa milimeter sampai 30 milimeter. Untuk itu, bukaan tanah perlu diadakan kontrol heaving, dengan mekanisme kontrol seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses *Heaving*

$$SF = \frac{q_{ult}}{\sigma_v} = \frac{c \cdot N_c + \gamma D}{\gamma D + q_s - DCa/r} \geq 1,5 \quad (2.9)$$

Dimana:

$c$  = kohesi tanah lempung

$N_c = 5,14 (1 + sc' + dc')$

$D$  = tegangan *overburden* pada sisi aktif dinding

$q_s$  = *surcharge*

$Ca$  = adhesi dinding dengan tanah, diambil  $0,8 C_u$

$r = 0,707 B$

## 2.5 Desain Angkur

### 2.5.1 Pemasangan Angkur

#### a. Umum

Pemasangan jangkar/angkur dilakukan pada kedalaman 2 m dengan menggunakan metode penjangkaran pratekan dengan *grouting*. Metode penjangkaran pratekan dengan *grouting* (*prestressed grouted gruound anchore*) adalah komponen konstruksi yang ditanam pada tanah yang digunakan untuk menyalurkan gaya ke bumi. *Grouting* diisi ke lubang hasil pengeboran. Penjangkaran dengan *grouting* terdiri dari tiga bagian penting, yaitu:

#### 1. *Anchorage*

*Anchorage* merupakan kombinasi dari *anchor head*, *bearing plate* dan *trumpet* yang mempunyai kapasitas mentransfer gaya prategang dari baja prategang (*bar* atau *strand*) ke bumi atau konstruksi pendukung.

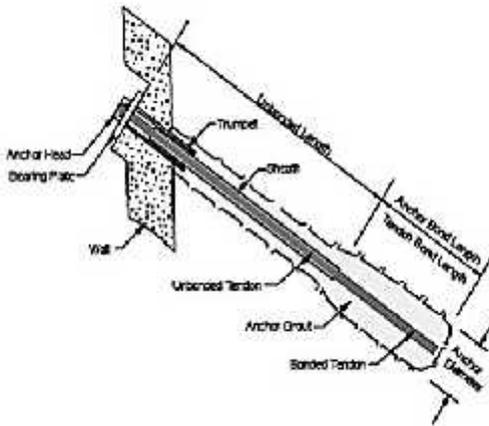
#### 2. *Free stressing (unbonded) length*

*Unbonded length* adalah bagian baja prategang yang bebas untuk mengalami perpanjangan atau pemuluran secara elastis (*elongate elastically*) dan mentransfer gaya perlawanan dari “*bond length*” ke struktur. Sebuah *bondbreaker* dari plastik ditempatkan pada tendon di bagian *unbonded length* untuk mencegah baja prategang tersebut dari pengikatan akibat rembesan *grouting*. Hal tersebut memungkinkan baja prategang pada *unbonded length* untuk mengalami perpanjangan tanpa hambatan saat testing dan *stressing* dan tetap dalam keadaan *unbonded* setelah *lock-off*.

#### 3. *Bond length*

*Tendon bond length* adalah panjang baja prategang yang diikat oleh *grouting* dan mempunyai kemampuan mentransfer tegangan yang terjadi akibat beban yang bekerja ke bumi.

Berikut ini adalah Gambar dari bagian-bagian dari jangkar (Gambar 2.5)



Gambar 2.5 Bagian-bagian Jangkar dengan *Grouting*

#### 4. *Grouting*

*Grouting* untuk *soil* dan *rock* adalah jenis *grouting* murni atau tanpa agregat dan mengacu pada ASTM C150, dengan *water cement ratio* antara 0,4-0,55 terhadap berat dan semen yang dipakai type I dan semen *grouting* harus mencapai kekuatan 21 MPa pada saat akan *stressing* serta dapat pula memakai *additive* untuk mengatasi masalah panas yang timbul dan jauhnya jarak pompa saat dilakukan penekanan *grouting*. *Grouting* ini adalah suatu campuran *portland cement* yang menyalurkan gaya dari *tendon* ke bumi dan juga memberikan perlindungan terhadap karat.

#### 5. Material tendon

Spesifikasi *steel bar* dan *strand tendons* mengacu pada ASTM A722 dan ASTM A416 sedangkan *strand* yang digunakan *seven wire* diameter 15,2 mm (0,6 in) *grade 270*, sedangkan *bar tendon* umumnya diameter 26 mm, 32 mm, 36 mm, 45 mm dan 64 mm dengan panjang tanpa sambungan  $\pm 18$  m.

## 6. Spacers dan centralizers

*Unit spacer/centralizers* ditempatkan secara teratur dengan interval biasanya 3 m sepanjang daerah *anchor bond*. Untuk *strand tendon*, *spacer* biasanya dipasang untuk memberikan jarak/spasi antar *strand* minimum 6-13 mm dan terhadap bagian terluar *grouting* minimum 13 mm. *Spacer* dan *Centralizer* dibuat dari bahan anti karat dan mudah untuk mengalirkan bahan *grouting*.

## 7. Gaya yang diterima angkur

Perhitungan gaya yang diterima oleh angkur bisa didapatkan dengan menghitung total jumlah gaya horizontal sama dengan nol.

$$\text{Anchore force, } T \quad H = 0$$

$$Ea - Ep - T = 0 \quad (2.10)$$

## 8. Penampang angkur

Penampang angkur dihitung berdasarkan besarnya gaya yang diterima angkur dikalikan dengan jarak pemasangan angkur.

$$b = \frac{F}{A} \quad (2.11)$$

Dimana:  $b$  = tegangan ijin bahan

$F$  = jarak pemasangan angkur x total gaya angkur

$$A = \frac{1}{4} d^2$$

## 9. Kekuatan angkur

Untuk menghitung kekuatan angkur dipakai persamaan berikut ini:

$$P_u = .d.l. \cdot v.K.tg \quad (SF= 2) \quad (2.12)$$

Dimana :

$v$  = sudut geser dalam tanah

$\cdot v$  = tegangan efektif rata-rata (  $\cdot z$  )

$K$  = koefisien tekanan tanah

$C_a$  = adhesi;  $2/3c$  (*undrained cohesion*)

## 2.6 Pondasi *Bored pile*

Setiap bangunan sipil seperti gedung, jembatan, terowongan, menara, tanggul dan sebagainya harus memiliki pondasi untuk dapat mendukungnya. Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Untuk itu peran pondasi untuk menopang bangunan di atasnya harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban yang bekerja, gaya-gaya luar seperti angin, gempa bumi dan lain sebagainya. Disamping itu, tidak diizinkan terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Berdasarkan struktur beton bertulang, pondasi berfungsi untuk :

1. Mendistribusikan dan memindahkan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan di atasnya ke lapisan tanah dasar yang dapat mendukung struktur tersebut.
2. Mengatasi penurunan yang berlebihan dan penurunan yang tidak sama pada struktur di atasnya.
3. Memberi kestabilan pada struktur dalam memikul beban horizontal akibat angin, gempa bumi dan sebagainya. Pondasi bangunan dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D < B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah. Keuntungan penggunaan pondasi tiang bor dalam konstruksi, antara lain :
  - a. Tiang bor tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*
  - b. Kedalaman tiang dapat divariasikan.

- c. Tiang bor dapat dikerjakan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya dalam konstruksi.
- d. Proses pengerjaan tiang bor dapat menghindari kerusakan bangunan yang ada disekitarnya.
- e. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi tiang bor.
- f. Selama pelaksanaan pondasi tiang bor tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
- g. Karena dasar dari tiang bor dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk daya dukung.
- h. Permukaan diatas dimana dasar tiang bor didirikan dapat diperiksa secara langsung.
- i. Pondasi tiang bor mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.

### 2.6.1 Merencanakan Dimensi Penampang Pondasi *Bored pile*

Dalam merencanakan dimensi *Bored pile* menggunakan perumusan seperti berikut ini:

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f_{cr}}} \quad (2.13)$$

### 2.6.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored pile*

Kapasitas daya dukung *bored pile* dari data parameter kuat geser tanah. Daya dukung ujung pondasi *bored pile* (*end bearing*).

#### 2.6.2.1 Nilai Tahanan Ujung Pada Tanah Kohesif

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_{c^*} \quad (2.14)$$

Dimana :

$Q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (ton)

$A_p$  = Luas penampang bore pile ( $m^2$ )

$c_u$  = *Undrained cohesion* (ton/ $m^2$ )

$N_{c^*}$  = Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi *bored pile*

nilai  $N_{c^*} = 9$

### 2.6.2.2 Nilai Tahanan Ujung Pada Tanah Non Kohesif

Untuk tanah non kohesif :

$$Q_p = A_p \cdot q' (N_q^* - 1) \quad (2.15)$$

Dimana :

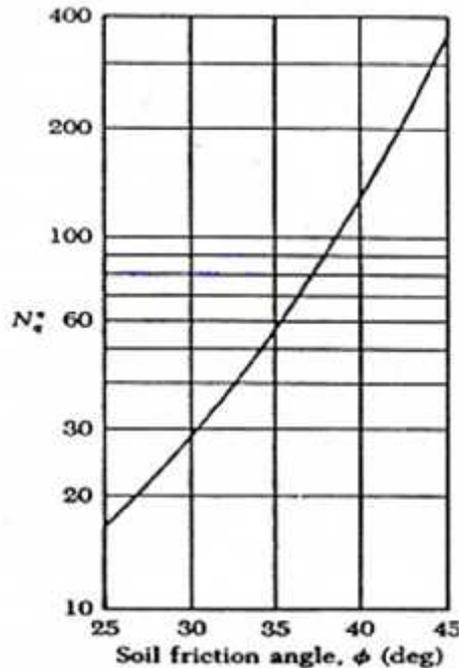
$Q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (ton)

$A_p$  = Luas penampang bore pile ( $m^2$ )

$q'$  = Tekanan vertikal efektif ( $ton/m^2$ )

$N_q^*$  = Faktor daya dukung tanah

Vesic (1967) mengusulkan korelasi antara ( ) dan  $N_q^*$  seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik Hubungan vs  $N_q$

### **2.7 Pile cap**

Untuk desain *pile cap* pada tiang tunggal tidak memerlukan penulangan penahan momen, karena tidak ada momen yang terjadi pada *pile cap*. Penulangan *pile cap* hanya berdasarkan tulangan bagi berdasarkan SNI 2847-2013. Pile pada tiang tunggal diperlukan untuk penyalur beban yang bekerja pada kolom, ketebalan minimum adalah 60 cm.

### **2.8 Pelat Lantai Dasar Basement**

Perencanaan pelat lantai dasar harus mampu menahan gaya angkat air tanah. Beban yang terjadi pada pelat ini adalah gaya dari air tanah dikurangi dengan berat sendiri pelat *basement* tersebut. Penulangan pelat *basement* berdasarkan tulangan bagi berdasarkan SNI 2847-2013.

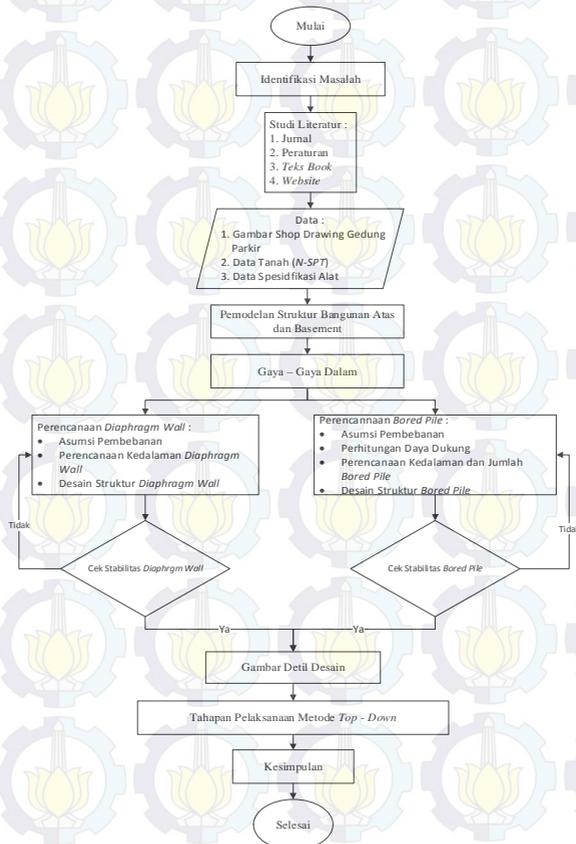


***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# BAB III METODOLOGI

## 3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka Perencanaan merupakan dasar pemikiran dari seluruh tahapan penyelesaian Tugas Akhir secara umum yang disusun sedemikian sehingga dapat terlihat urutan pekerjaan yang sistematis dan terencana. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

### 3.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

Rangkaian kegiatan perencanaan yang dilakukan dalam penulisan Tugas Akhir adalah

#### 3.2.1. Identifikasi Masalah

Mengetahui dan memahami masalah-masalah apa yang berkenaan dengan desain *basement* dan pondasi untuk menunjang penentuan metode pelaksanaan konstruksi.

#### 3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan tata cara perencanaan dari Tugas Akhir ini. Studi literatur meliputi jurnal, peraturan, text book, website dan juga penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan Tugas Akhir ini.

#### 3.2.3. Pengumpulan data untuk perencanaan

##### a. Pengumpulan dan Pembahasan data

Data ini diperoleh secara langsung dari pihak pelaksana (kontraktor), owner, dan konsultan. Data sekunder ini meliputi :

- Data tanah

Data pengujian tanah meliputi pengujian SPT diagram. Data ini digunakan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi studi, dimana nantinya akan menjadi faktor pengaruh dari perencanaan *basement* dan pondasi. Data pengujian tanah SPT seperti pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Boring Log

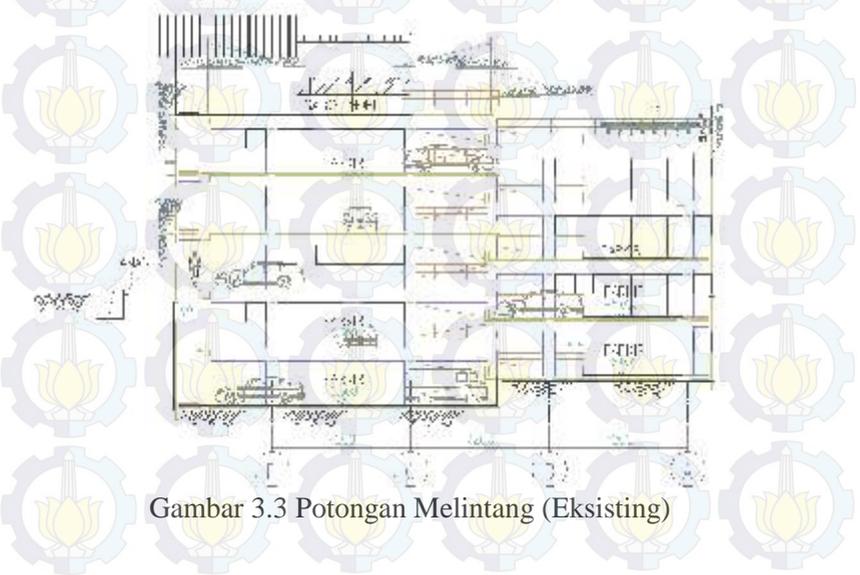
BORING LOG										D-4				
										DEPTH: 28m				
Project : Skyland City					Date Started : February 24, 2019									
Location : Jalananger Surodang					Date Finished : February 25, 2019									
Client :-					Skrel : 1/1									
Boring Method : Rotary Core Drilling					Boring Machine : TOMO D2G									
Bor Master : Wahyu					Checked By : AH									
										Elevation GWL : +2.88m				
Date	Depth (m)	LWL	REMARK	Soil	STANDART PENETRATION TEST									
					N1 15	N2 15	N3 15	H	SPT GRAPH					
										10	20	30	40	50
	1			ORGANIC CLAY, BLACK, very soft										
	2				2	4	4	2						
	3													
	4			SANDY CLAY, GREYISH BROWN, FIRM TO STIFF	2	2	4	6						
	5													
	6				2	2	4	6						
	7			SANDY CLAY, GREYISH BROWN										
	8				3	16	24	48						
	9													
	10				48/8			>50						
	11													
	12				45/11			>50						
	13													
	14			SANDY SILT	45/10			>50						
	15													
	16				48/8			>50						
	17													
	18				45/10			>50						
	19													
	20				45/20			>50						

- Gambar Denah (Eksisting)



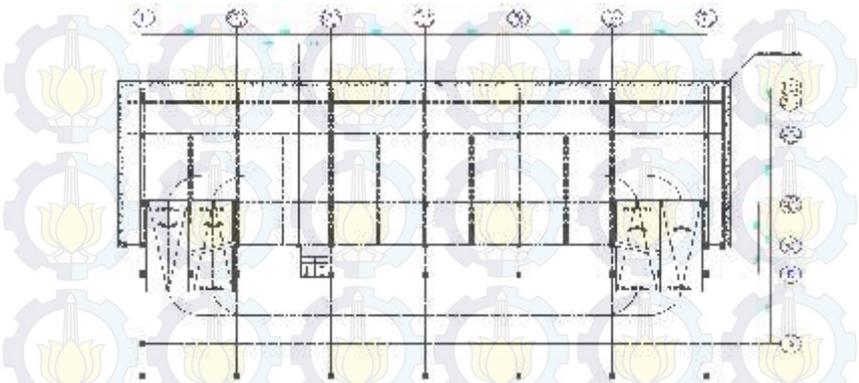
Gambar 3.2 Denah (Eksisting)

- Gambar Denah (Eksisting)



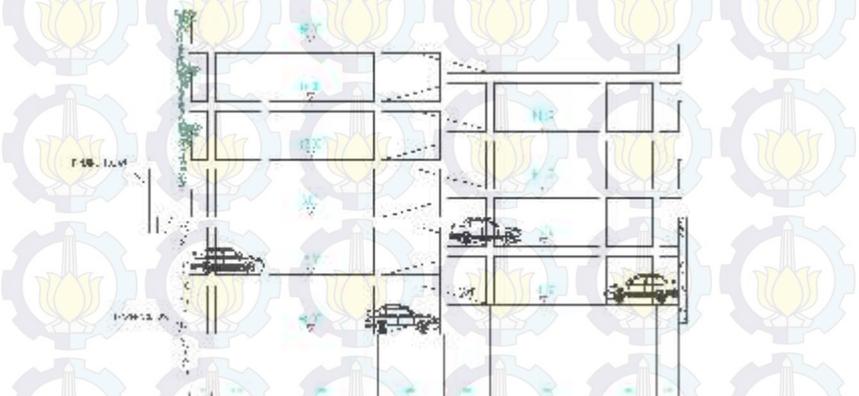
Gambar 3.3 Potongan Melintang (Eksisting)

- Denah Gedung Parkir (Modifikasi)



Gambar 3.4 Denah Gedung Parkir (Modifikasi)

- Denah Gedung Parkir (Modifikasi)



Gambar 3.5 Potongan Melintang (Modifikasi)

### 3.2.4. Permodelan Struktur Atas

Dalam tahap ini akan dilakukan permodelan dari bangunan atas sesuai dengan SNI-2847-2013 dengan berbagai kombinasi pembebanan. Permodelan tersebut menggunakan alat bantu program yang sesuai. Hasil dari permodelan mekanika ini adalah gaya-gaya dalam dari kolom-kolom bangunan yang akan dianalisa untuk struktur bawah.

### 3.2.5. Perencanaan *Diaphragm wall*

Dalam perencanaan struktur *diaphragm wall* yang mampu memikul beban vertikal dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir pada Gambar 3.1. Berdasarkan Gambar 3.1 langkah-langkah dalam merencanakan *diaphragm wall* tersebut antara lain.

1. Menentukan beban yang akan bekerja pada *diaphragm wall*
2. Menghitung kedalaman jepit dinding
3. Preliminary desain *diaphragm wall*
4. Permodelan dan analisa struktur
5. Penulangan *diaphragm wall*

### 3.2.6. Perencanaan *Bored Pile*

Dalam perencanaan struktur *bored pile* yang mampu memikul beban vertikal dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir pada Gambar 3.1. Berdasarkan Gambar 3.17 langkah-langkah dalam merencanakan *bored pile* tersebut antara lain.

1. Menentukan beban yang akan bekerja pada *bored pile*
2. Preliminary desain *bored pile* yaitu untuk mengetahui diameter dan kedalaman tiang.
3. Permodelan dan analisa struktur
4. Penulangan *bored pile*

### 3.2.7. Gambar Teknis

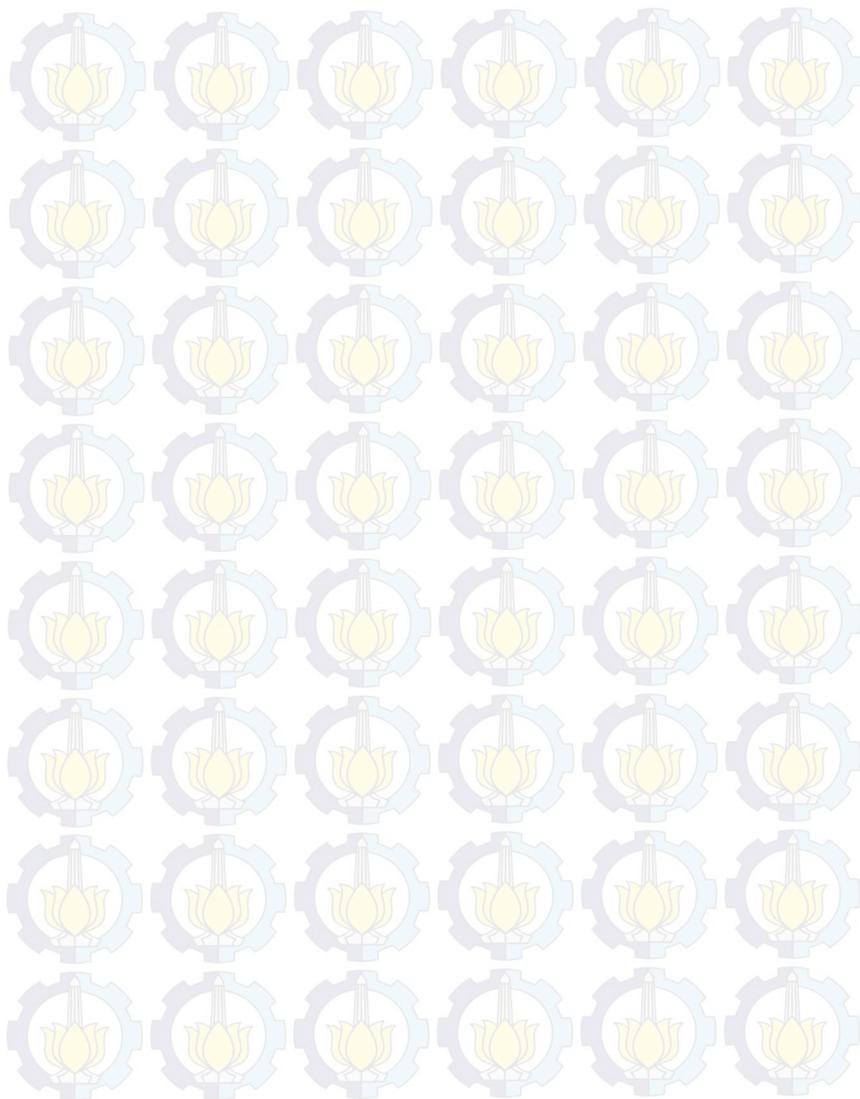
Gambar teknis merupakan tahapan akhir dari penyelesaian Tugas Akhir yang berfungsi sebagai output akhir dari analisis struktur yang telah dilakukan. Penggambaran akan dilakukan dengan menggunakan program bantu penggambaran.

### 3.2.8. Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan ini akan menjelaskan tentang urutan pekerjaan dengan metode konstruksi *top-down* proyek pembangunan gedung parkir *Apartement* ini.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB IV**

### **PERENCANAAN BASEMENT DAN PONDASI**

#### **4.1 Data Tanah Dasar**

##### **4.1.1 Lokasi Pengambilan Data Tanah**

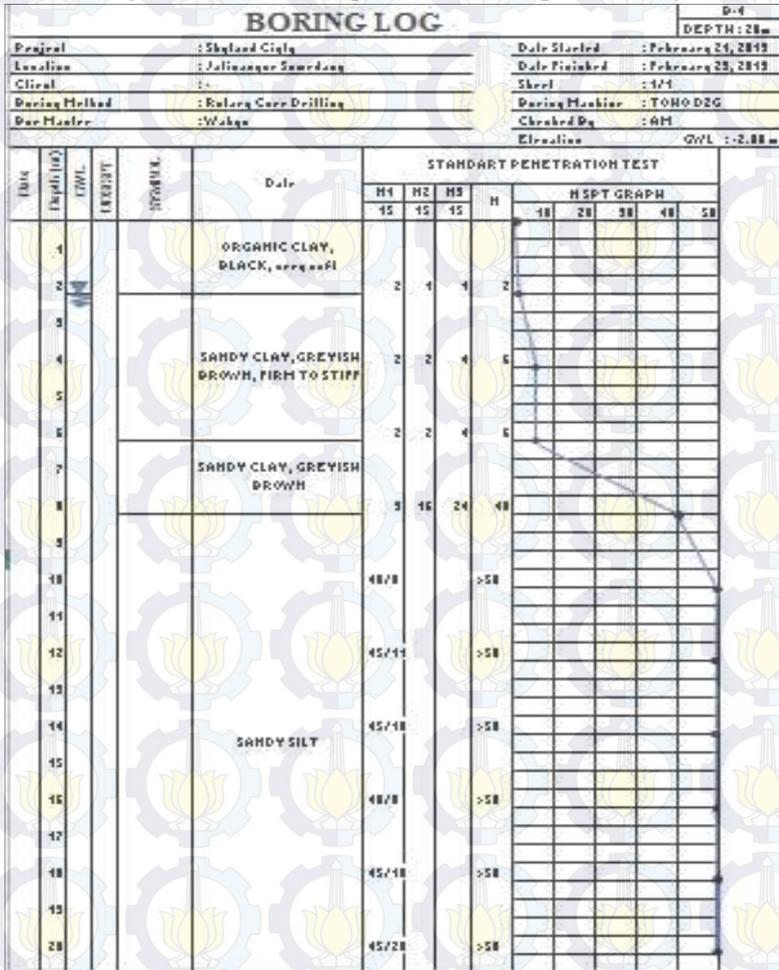
Data tanah yang digunakan adalah pendekatan dari hasil penyelidikan tanah berupa *Standard Penetration Test (SPT)* di lokasi yang akan dijadikan *Apartement Skyland City Education Park*, dapat dilihat pada Gambar 4.1. Data ini kemudian digunakan sebagai data rencana proyek Gedung Parkir *Apartement Skyland City Education Park*.



Gambar 4.1 Lokasi Perencanaan Gedung Parkir

**4.1.2 Data Standard Penetration Test (SPT)**

Berdasarkan hasil tes SPT yang telah dilakukan, dapat dilihat hasilnya pada Gambar 4.2. Data ini nantinya akan dipakai untuk menganalisis kondisi lapisan tanah dan parameternya.



Gambar 4.2 Grafik Boring Log

Korelasi SPT digunakan pada Tugas Akhir ini karena data tanah yang didapat adalah hasil dari pengujian SPT. *Bowles* dalam *Wahyudi (1999)* mengemukakan bahwa ada korelasi antara nilai pukulan ( $N$ ) pada SPT dengan parameter tanah lainnya, terlihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4. Data  $N$ -SPT yang didapat diinterpolasikan terhadap nilai parameter tanah yang akan dicari. Dari Tabel 4.1 didapatkan nilai  $\gamma$  ( $\text{€sat}$ ) dan sudut geser ( $\bullet$ ). Nilai  $\gamma$  ( $\text{€sat}$ ) masih harus diinterpolasikan dengan Tabel di bawah ini untuk mendapatkan nilai  $\gamma$  kering ( $\text{€d}$ ).

Tabel 4.1 Korelasi  $N$ -SPT (*Bowles, 1984*)

Cohesionless Soil / Sol Pulverent					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma$ (kN/m $\text{€}$ )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\bullet$	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil / Soil Coherent					
N (blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
$\gamma$ (kN/m $\text{€}$ )	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
$q_u$ (kN/m $_2$ )	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Nilai  $E$  (*Modulus Young*) dapat ditentukan dengan cara mengkorelasikan konsistensi tanah dari tiap lapisan dengan tabel yang disajikan berikut ini (lihat Tabel 4.2)

Tabel 4.2 Korelasi Konsistensi Tanah dengan Nilai  $E$  (*Wahyudi, 1999*)

Konsistensi Tanah	Nilai $E$ (Modulus Young)
Lempung lunak	1380 - 3450 (KN/m $_2$ )
Lempung keras	5865 - 13800 (KN/m $_2$ )
Pasir lepas	10350 - 27600 (KN/m $_2$ )
Pasir padat	34500 - 69000 (KN/m $_2$ )

Nilai  $C_u$  (kekuatan geser *undrained*) dapat ditentukan dengan cara mengkorelasikan konsistensi tanah dari tiap lapisan dengan tabel yang disajikan berikut ini (lihat Tabel 4.3)

Tabel 4.3 Korelasi Konsistensi Tanah dengan Nilai  $C_u$  (Mochtar, 2006, revised 2012)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		N-SPT
	kPa	ton/m <sup>2</sup>	
very soft	0 - 12,5	0 - 1,25	0 - 2,5
soft	12,5 - 25	1,25 - 2,5	2,5 - 5
medium	25 - 50	2,50 - 5	5 - 10
stiff	50 - 100	5 - 10	10 - 20
very stiff	100 - 200	10 - 20	20 - 40
hard	>200	>20	>40

Data *N-SPT* yang didapat diinterpolasikan terhadap nilai parameter tanah yang akan dicari. Dari Tabel 4.1 didapatkan nilai gamma ( $\gamma_{sat}$ ) dan sudut geser ( $\phi$ ). Nilai gamma ( $\gamma_{sat}$ ) masih harus diinterpolasikan dengan Tabel 4.4 untuk mendapatkan nilai gamma kering ( $\gamma_d$ ).

Berikut ini adalah rekap data dari nilai parameter-parameter tanah yang didapatkan dari pengujian di laboratorium serta dari hasil korelasi. (lihat Tabel 4.5)

Tabel 4.5 Parameter Tanah

kedalaman	jenis tanah	N-SPT	MC	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$C_u$	$\phi_c$	$\phi$	karakteristik
2	CLAY	2	-	14	14,2	0,7	0	0	Very Soft
4	SANDY CLAY	0	0,0	16	0	3,4	28	0	Loose
6	SANDY CLAY	0	0,0	16	0	5,6	28	0	Loose
8	SANDY CLAY	10	28	0,7	1,7	0	3,9	35	Medium
10	SANDY SILT	30	33	0,8	1,8	0	7,7	38	Dense
12	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	9	38	Dense
14	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	10,5	38	Dense
16	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	12,2	38	Dense
18	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	13,8	38	Dense
20	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	15,4	38	Dense
22	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	18,0	38	Dense
24	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	20,4	38	Dense
26	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	21,9	38	Dense
28	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	23,5	38	Dense
30	SANDY SILT	50	38	0,8	1,8	0	25	38	Dense

## 4.2 Analisa data pembebanan

### 4.2.1 Analisa beban untuk dinding penahan tanah

Beban yang bekerja pada turap dinding terdapat 2 macam:

1. Beban luar : Berupa beban dari luar selama proses konstruksi *diaphragm wall*
2. Beban dalam : Berupa beban yang ditimbulkan dari tekanan tanah aktif, serta air tanah

#### 4.2.1.1 Beban Luar

Beban luar pada perhitungan kedalaman turap kemudian akan dianggap sebagai surcharge, yang letaknya berada pada bagian aktif dari dinding penahan tanah yang akan direncanakan. Surcharge yang bekerja pada turap dinding ini dianalisa dari :

1. Gedung *Apartement Skyland City Education Park* yang terletak sebelah tenggara lokasi proyek
2. Rumah Warga 2 lantai yang terletak di sisi selatan lokasi proyek
3. Alat berat (*clamshell, excavator, dump truck, bulldozer*)

#### 1. Beban *Surcharge* dari Gedung *Apartement Skyland City Education Park*.

Selain dinding memikul beban lateral yang diakibatkan oleh tanah dan air tanah, beban gedung sebelah juga diperhitungkan dalam menambah tekanan aktif pada dinding.

Asumsi berat *Apartement Skyland City Education Park* dengan menggunakan ETABS v.9.7.1

$$W = 64328 \text{ ton}$$

Luas Gedung *Apartement Skyland City Education Park*.

$$L = 2976 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{W}{L} = \frac{64328}{2976} = 21,6 \text{ ton/m}$$

Karena gedung tersebut memakai pondasi dalam, maka hampir semua beban tersebut disalurkan pada tiang, sehingga diasumsikan hanya 5% dari total beban merata tersebut yang bisa menjadi surcharge pada dinding

$$q = 5\% \times 21,6 = 1,08 \frac{t}{m^2} \approx 1,1 \frac{ton}{m^2}$$

## 2. Beban surcharge dari rumah warga 2 lantai

Berat rumah warga diasumsikan 2 lantai dengan luar 72 m<sup>2</sup> dengan berat bangunan seluruhnya adalah 84 ton

$$q = \frac{84}{72} = \frac{84}{72} = 1,16 \frac{ton}{m^2}$$

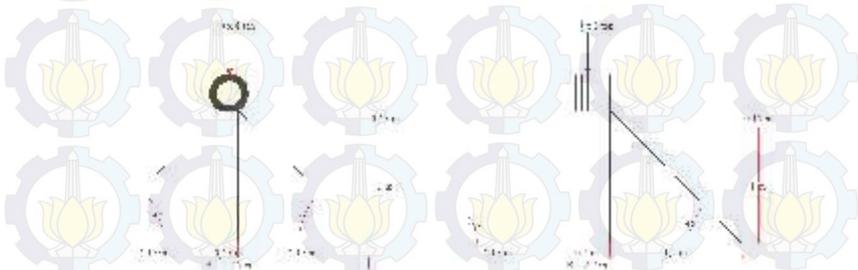
Karena rumah tersebut memakai pondasi dangkal, maka semua beban tersebut diasumsikan menjadi surcharge pada dinding

$$q = 100\% \times 1,16 = 1,16 \frac{t}{m^2} \approx 1,2 \frac{ton}{m^2}$$

## 3. Beban surcharge dari alat berat

### - Dump truck dengan berat 13 ton

Menurut bina marga untuk truck dengan 2 sumbu berat total maksimum 13 ton. Beban sebesar 13 ton dipikul oleh masing-masing sumbu as, dengan masing-masing sumbu yaitu 5 ton untuk sumbu depan dan 8 ton untuk sumbu belakang. Penyaluran beban pada sumbu belakang diperhitungkan sebagai arah memanjang dan melintang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bidang Kontak Ban *Dump Truck* dengan Tanah

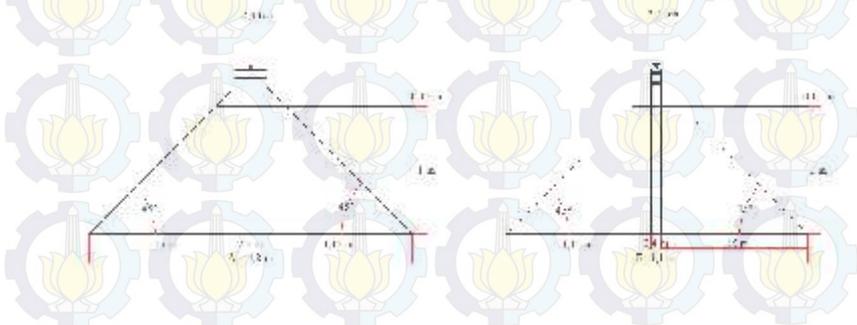
Untuk sumbu belakang, terdiri dari 2 roda sehingga beban yang diterima pada setiap roda menjadi  $\frac{1}{2} \times 8 \text{ ton} = 4 \text{ ton}$ . Panjang bidang kontak antara as dump truck dengan tanah pada arah melintang adalah sebesar sudut penyebaran beban dari roda dump truck ke tanah sebesar  $45^\circ$ . Sehingga untuk beban yang diterima tanah adalah

$$q_{\text{truck}} = \frac{\frac{1}{2} \times 8 \text{ ton}}{A \times B} = \frac{\frac{1}{2} \times 8 \text{ ton}}{2,45 \times 2,7} = \frac{6 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 0,6 \text{ t/m}^2$$

Sehingga *surchage* akibat beban rumah warga dipakai sebagai *surchage* yang mempengaruhi karena lebih besar dari *surchage* yang lainnya. selanjutnya untuk perencanaan *surchage* sebesar  $1,2 \text{ ton/m}^2$ .

#### - Excavator PC-40

Menurut data yang diambil dari data alat-alat berat, untuk *excavator* tipe PC-40 R2 dari komatsu, memiliki berat 4,79 ton. Yang beban tersebut disalurkan pada masing-masing roda besi. Sehingga masing roda memberi beban 2,4 ton. Penyaluran beban pada masing-masing roda besi diperhitungkan sebagai arah memanjang dan melintang. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:

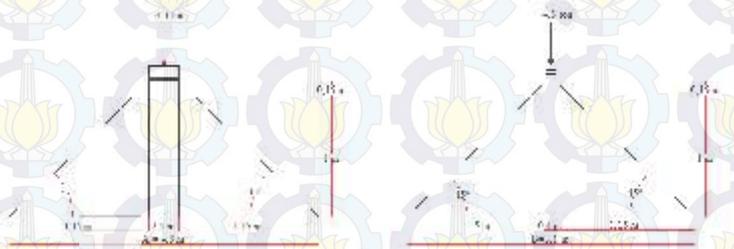


Gambar 4.4 Bidang Kontak Roda *Excavator* dengan Tanah

$$q_{excavator} = \frac{\frac{1}{2} \times 4,79 \text{ ton}}{A \times B} = \frac{\frac{1}{2} \times 4,79 \text{ ton}}{4,8 \times 3,1} = 0,16 \text{ KN/m}^2 = 0,016 \text{ t/m}^2$$

### - Bulldozer

Menurut data yang diambil dari data alat-alat berat, untuk *Bulldozer* tipe D39PX-21 dari Komatsu, memiliki berat 8,6 ton. Yang beban tersebut disalurkan pada masing-masing roda besi. Sehingga masing roda memberi beban 4,3 ton. Penyaluran beban pada masing-masing roda besi diperhitungkan sebagai arah memanjang dan melintang. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 Bidang Kontak Roda *Bulldozer* dengan Tanah

$$q_{bulldozer} = \frac{\frac{1}{2} \times 8,6 \text{ ton}}{A \times B} = \frac{\frac{1}{2} \times 8,6 \text{ ton}}{4,8 \times 3,1} = 0,28 \text{ KN/m}^2 = 0,028 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{alat berat}} = q_{\text{dumtruck}} + q_{\text{excavator}} + q_{\text{bulldozer}} = 0,644 \text{ ton/m}^2$$

Sehingga *surchage* akibat beban rumah warga dipakai sebagai *surchage* yang mempengaruhi karena lebih besar dari *surchage* yang lainnya. selanjutnya untuk perencanaan *surchage* sebesar 1,2 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.2 Beban Dalam

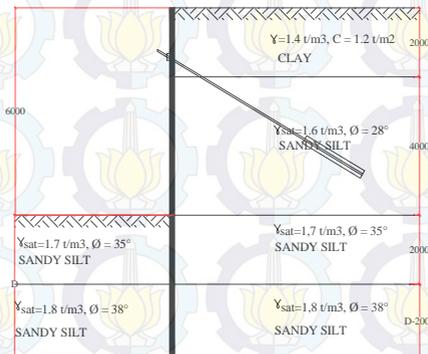
Berupa beban tanah aktif dan tekanan air tanah yang ditopang oleh dinding penahan tanah.

### 4.3 Perencanaan *Diaphragm Wall*

Perencanaan *diaphragm wall* diambil pada kedalaman galian maksimum dengan tinggi,  $h = 6$  m, dan pada kedalaman galian minimum dengan tinggi,  $h = 4,5$  m.

#### 4.3.1 Perencanaan Perkuatan *Diaphragm Wall* untuk Galian Dengan Tinggi, $h = 6$ m dengan Angkur.

Dari data dan parameter tanah yang telah didapatkan untuk kedalaman galian 6 m dapat direncanakan dinding penahan tanah menggunakan *diaphragm wall* seperti Gambar 4.6.



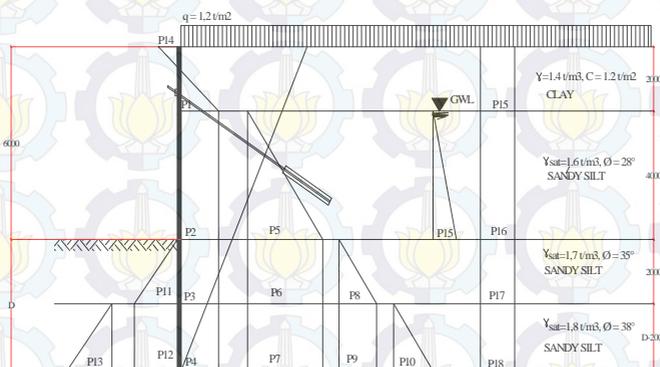
Gambar 4.6 Lapisan dan parameter tanah

Parameter tanah didapat dari data pengujian di lapangan berupa data *Standard Penetrometer Test* (SPT) yang sudah dikorelasikan seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Parameter tanah

KEDALAMAN	JENIS TANAH	$f$	$N_{60}$	$C_u$	$F_c$	$\phi$	Karakteristik
2	CLAY	-	14	1,2	0,7	0	Very Soft
4	SANDY CLAY	0	0,0	1,6	0,4	20	Loose
6	SANDY CLAY	0	0,0	1,6	0,6	20	Loose
8	SANDY CLAY	10	28	1,7	0,9	35	Medium
10	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
12	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
14	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
16	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
18	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
20	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
22	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
24	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
26	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
28	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense
30	SANDY SILT	50	88	1,8	0	38	Dense

Untuk menentukan kedalaman dinding, ditentukan tegangan tanah yang terjadi, seperti tegangan tanah aktif, tegangan tanah pasif, dan tegangan tanah akibat air tanah, perhitungan tegangan tanah disajikan pada Gambar 4.7.



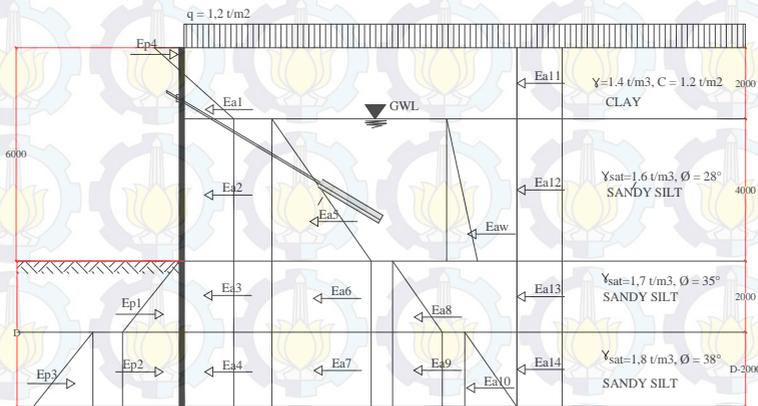
Gambar 4.7 Diagram Tekanan Tanah

Setelah membuat diagram tekanan tanah lateral akibat beban yang bekerja pada tanah, selanjutnya, akan dihitung tekanan tanah lateral tanah yang bekerja akibat beban yang bekerja. Dalam hal ini beban terbagi merata yang digunakan adalah sebesar 1,2

$t/m^2$ . Dalam proses analisa, akan menghitung berdasarkan 5 pengaruh, yaitu:

1. Tekanan tanah akibat beban tanah 1
2. Tekanan tanah akibat beban tanah 2
3. Tekanan tanah akibat beban tanah 3
4. Tekanan tanah akibat beban tanah 4
5. Tekanan tanah akibat beban terbagi merata

Untuk diagram tekanan lateral tanah total yang bekerja pada struktur *diaphragm wall* dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.8 Diagram Tekanan Tanah Total

Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### Tekanan Tanah Aktif

- Tekanan tanah akibat beban tanah 1

$$P_1 = (Ka_1 x \gamma_1 x h_1) - (2c\sqrt{Ka_1})$$

$$= (1 x 1,4 x 2) - (2x1,2\sqrt{1}) = 0,2 t/m^2$$

$$P_2 = Ka_2 x \gamma_1 x h_1 = 0,36 x 1,4 x 2 = 1,00 t/m^2$$

$$P_3 = Ka_3 x \gamma_1 x h_1 = 0,27 x 1,4 x 2 = 0,76 t/m^2$$

$$P_4 = Ka_4 x \gamma_1 x h_1 = 0,23 x 1,4 x 2 = 0,64 t/m^2$$

- Tekanan tanah akibat beban tanah 2

$$P_5 = Ka_2 \times \gamma'_2 \times h_2 = 0,36 \times 0,6 \times 4 = 0,86 \text{ t/m}^2$$

$$P_6 = Ka_3 \times \gamma'_2 \times h_2 = 0,27 \times 0,6 \times 4 = 0,65 \text{ t/m}^2$$

$$P_7 = Ka_4 \times \gamma'_2 \times h_2 = 0,23 \times 0,6 \times 4 = 0,55 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban tanah 3

$$P_8 = Ka_3 \times \gamma'_3 \times h_3 = 0,27 \times 0,7 \times 2 = 0,38 \text{ t/m}^2$$

$$P_9 = Ka_4 \times \gamma'_3 \times h_3 = 0,23 \times 0,7 \times 2 = 0,32 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban tanah 4

$$P_{10} = Ka_4 \times \gamma'_4 \times h_4 = 0,27 \times 0,8 \times (D - 2)$$

$$= 0,22D - 0,35 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat bebar q

$$P_{15} = Ka_1 \times q = 1 \times 1,2 = 1,20 \text{ t/m}^2$$

$$P_{16} = Ka_2 \times q = 0,36 \times 1,2 = 0,43 \text{ t/m}^2$$

$$P_{17} = Ka_3 \times q = 0,27 \times 1,2 = 0,32 \text{ t/m}^2$$

$$P_{18} = Ka_4 \times q = 0,23 \times 1,2 = 0,28 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban air

$$P_w = \gamma_w \times h = 1 \times 6 = 6 \text{ t/m}^2$$

#### Tekanan Tanah Pasif

- Tekanan tanah pasif akibat beban tanah 3

$$P_{11} = Kp_3 \times \gamma'_3 \times h_3 = 3,69 \times 0,7 \times 2 = 5,16 \text{ t/m}^2$$

$$P_{12} = Kp_4 \times \gamma'_3 \times h_3 = 4,20 \times 0,7 \times 2 = 5,88 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah pasif akibat beban tanah 4

$$P_{13} = Kp_4 \times \gamma'_4 \times h_4 = 4,2 \times 0,8 \times D - 2$$

$$= 3,4D - 6,7 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah lateral akibat kohesi pada lapisan tanah 1

$$P_{14} = (2c\sqrt{Ka_1}) = 2 \times 1,2 \times \sqrt{1} = 2,4 \text{ t/m}^2$$

Menghitung Tekanan Total Tanah aktif (dalam t/m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 E_{a1} &= 0,20 \times 0,5 \times 2 = 2,60 \\
 E_{a2} &= 1 \times 4 = 4 \\
 E_{a3} &= 0,76 \times 2 = 1,5 \\
 E_{a4} &= 0,64 \times (d-2) = 0,64 D - 1,2 \\
 E_{a5} &= 0,86 \times 0,5 \times 4 = 1,72 \\
 E_{a6} &= 0,65 \times 2 = 1,3 \\
 E_{a7} &= 0,55 \times (d-2) = 0,55 D - 1,1 \\
 E_{a8} &= 0,38 \times 0,5 \times 2 = 0,38 \\
 E_{a9} &= 0,32 \times (d-2) = 0,32 D - 0,64 \\
 E_{a10} &= (0,22D - 0,35) \times (d-2) = 0,22 D^2 - 0,57 D + 0,7 \\
 E_{a11} &= 1,20 \times 2 = 2,4 \\
 E_{a12} &= 0,43 \times 4 = 1,44 \\
 E_{a13} &= 0,32 \times 2 = 0,66 \\
 E_{a14} &= 0,28 \times (d-2) = 0,28 D - 0,56 \\
 E_w &= 4 \times 0,5 \times 4 = 8 \\
 \text{Menghitung Tekanan Total Tanah pasif (dalam t/m}^2\text{)} \\
 E_{p1} &= 5,16 \times 0,5 \times 2 = 4,2 \\
 E_{p2} &= 5,88 \times (d-2) = 5,88D - 11,72 \\
 E_{p3} &= (3,4D - 6,7) \times (d-2) \times 0,5 = 1,7D^2 - 6,7D + 6,7 \\
 E_{p4} &= 2,4 \times 1,8 \times 0,5 = 2,18
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Perhitungan Momen

Tinggi	Besarnya Tekanan (kg/m <sup>2</sup> )	Jarak terhadap T	M
Ea1	2,60	1,05	11,75
Ea2	4,00	3,5	74,11
Ea3	1,50	5,5	4,50
Ea4	0,64(D-2)	11,5 (D-5)	0,32D <sup>2</sup> + 2,22D - 6,6
Ea5	1,72	7,5	4,54
Ea6	1,30	5,5	6,75
Ea7	0,55(D-2)	11,5 (D-5)	0,86D <sup>2</sup> - 2,80D + 8,6
Ea8	0,38	5,7	7,45
Ea9	0,32(D-2)	11,5 (D-5)	0,32D <sup>2</sup> - 1,28D + 6,4
Ea10	0,22D <sup>2</sup> - 0,57D + 0,7	11,5 (D-5)	0,19D <sup>3</sup> + 0,92D <sup>2</sup> - 5,76D + 6,55
Ea11	2,40	7	7,41
Ea12	1,44	7	7,11
Ea13	0,66	7	1,11
Ea14	0,28(D-2)	11,5 (D-5)	0,22D <sup>2</sup> + 1,27D - 3,28
Ew	4,00	4,00	71,11
E <sub>p1</sub>	5,16(D-2)	11,5 (D-5)	2,58D <sup>2</sup> + 8,22D + 8,4
E <sub>p2</sub>	5,88D <sup>2</sup> - 6,7D + 6,7	11,5 (D-5)	1,18D <sup>3</sup> + 3,09D <sup>2</sup> - 24,02D + 29,02
E <sub>p3</sub>	2,18	7	1,11
E <sub>w</sub>	0,11	11,7	2,11

Dari persamaan  $f M = 0$ , didapatkan persamaan:

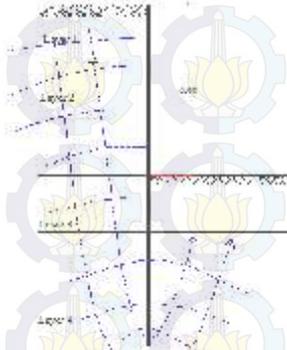
$$f M = -0,99d^3 - 4,35d^2 + 4,07d + 61,82$$

Persamaan tersebut kemudian dicari dengan cara *trial & error*, sehingga didapatkan nilai  $d = 3,2$  m maka kedalaman penanaman *diaphragm wall*:  $3,2 \times SF (1,2) = 3,84$  m, dengan demikian panjang total kebutuhan *diaphragm wall* (H) adalah kedalaman galian + kedalaman penanaman:  $6 + 3,84 \text{ m} = 9,84 \text{ m}$  ,, 10 m.

**a. Perhitungan kedalaman dinding berdasarkan hydrodynamic**

Kedalaman galian dinding akan dihitung berdasarkan kemandapan terhadap aliran air atau dikenal dengan *hydrodynamic*. Perbedaan ketinggian hidrolis air antara daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian. Kedalaman yang aman terhadap hydrodynamic berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan dewatering.

Berikut ini ditampilkan ilustrasi *hydrodynamic* pada bukaan tanah seperti terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 *Hydrodynamic* pada Bukaan Tanah

Kedalaman penurapan (Dc) harus cukup untuk mengatasi gejala *hydrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Gejala tersebut dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis  $i$  dengan gradien hidrolis kritis.

$$i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF < i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)}$$

$$\frac{\Delta h}{Dc} \times 1,2 < \frac{\gamma'}{\gamma_w} \text{ (}\gamma_w \text{ diambil rata-rata)}$$

$$\frac{4}{Dc} \times 1,2 < \frac{0,8}{1}$$

$$4,8 < 0,8 Dc$$

$$Dc < 6 \text{ m}$$

Kedalaman penurapan berdasarkan perhitungan stabilitas tanah lebih besar dari kedalaman yang disyaratkan dari perhitungan kedalaman secara *hydrodynamic*, sehingga untuk perencanaan digunakan Dpenurapan = 6 m ,, 6 m, Sehingga panjang dinding diafragma adalah 12 m

## b. Perhitungan gaya, dimensi, dan posisi angkur

### - Menentukan gaya angkur

Perhitungan gaya yang diterima oleh angkur bisa didapatkan dengan menghitung total jumlah gaya horizontal sama dengan nol.

$$\text{Anchore force, } T f H = 0$$

$$f E_a - f E_p, T = 0$$

$$= 28,86, 13,92$$

$$T = 14,9 \text{ ton}$$

### - Menghitung penampang angkur

$$\sigma_b = \frac{F}{A}$$

$$\text{Direncanakan } \sigma_b = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$1200 = \frac{2 \times (14,9 / \cos 25) \times 10^3}{0,25 \pi d^2}$$

$$d = 5,88 \text{ cm (digunakan diameter 15cm)}$$

### - Menentukan gaya dan posisi angkur

Untuk menghitung gaya angkur dipakai persamaan berikut

ini:

$$P_u = \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma'_{\nu} \cdot v \cdot K \cdot \theta; \text{ SF} = 1,5 - 2$$

Dimana :

$\theta$  = sudut geser dalam tanah

$\sigma'_{\nu}$  = tegangan efektif rata-rata ( $\bar{\sigma}_z$ )

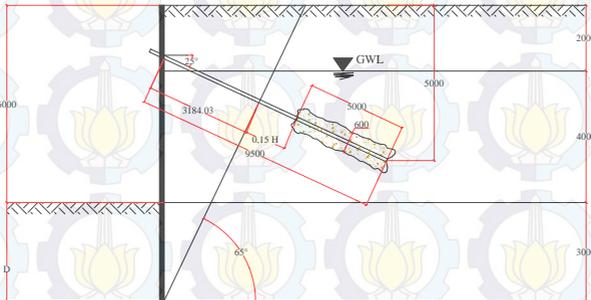
K = koefisien tanah

$$T_u = \pi \times 0,8 \times 3 \times (0,6 \times 5) \times 1,5 \times \cos 25^\circ$$

$$= 30,75 \text{ ton}$$

$$T_u = 30,75/2 = 15,4 \text{ ton} > T = 14,9 \text{ ton} \dots \text{ Ok}$$

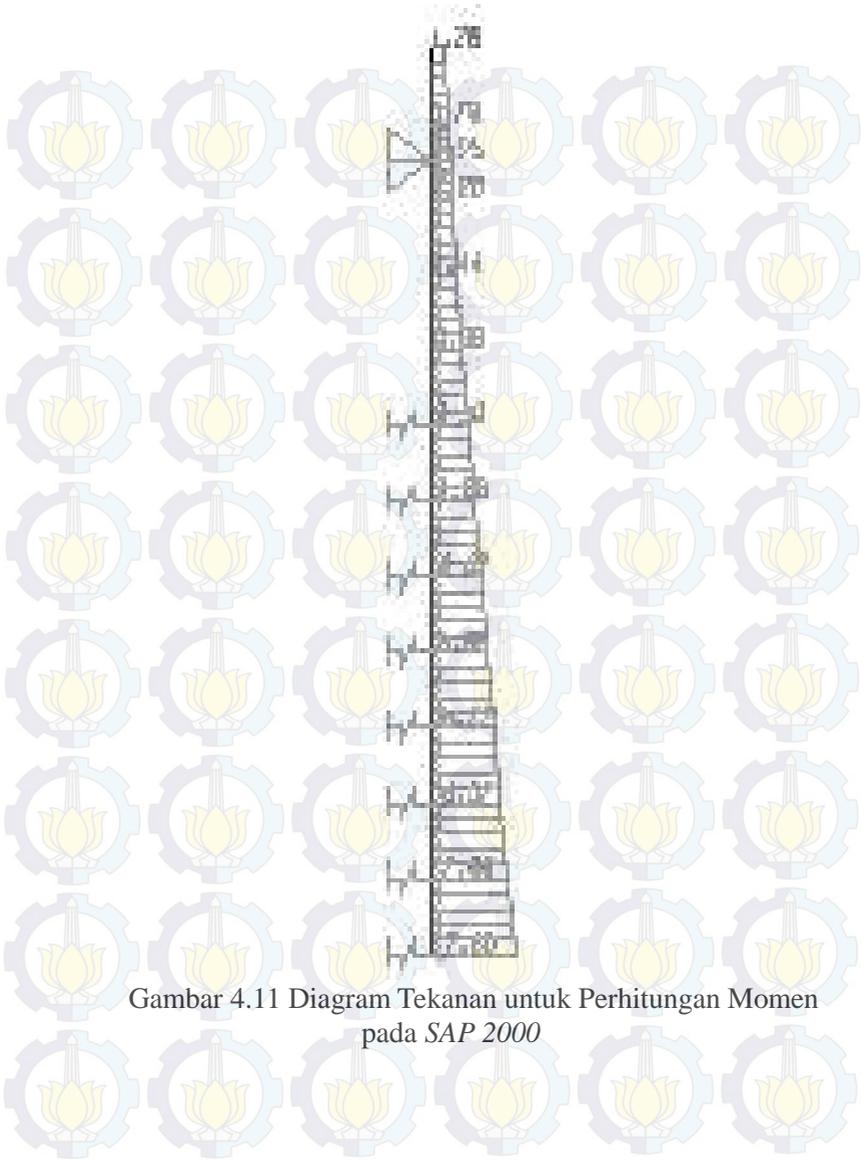
Pada Gambar 4.10 digambarkan posisi minimum angkur dengan posisi miring.



Gambar 4.10 Posisi Minimum Angkur Miring

### 4.3.2 Perhitungan gaya dalam pada dinding dan analisa defleksi dinding

Untuk menghitung momen maksimum pada *diaphragm wall*, digunakan program SAP 2000 v14.2.02, dimana tanah pasif dibawah bukan *basement* diasumsikan memiliki kekakuan spring yang nilainya diperkirakan berdasarkan jenis tanahnya serta angkur diasumsikan sebagai sendi pada kedalaman 1,5 m. Gaya yang bekerja pada dinding dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan untuk besarnya tekanan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

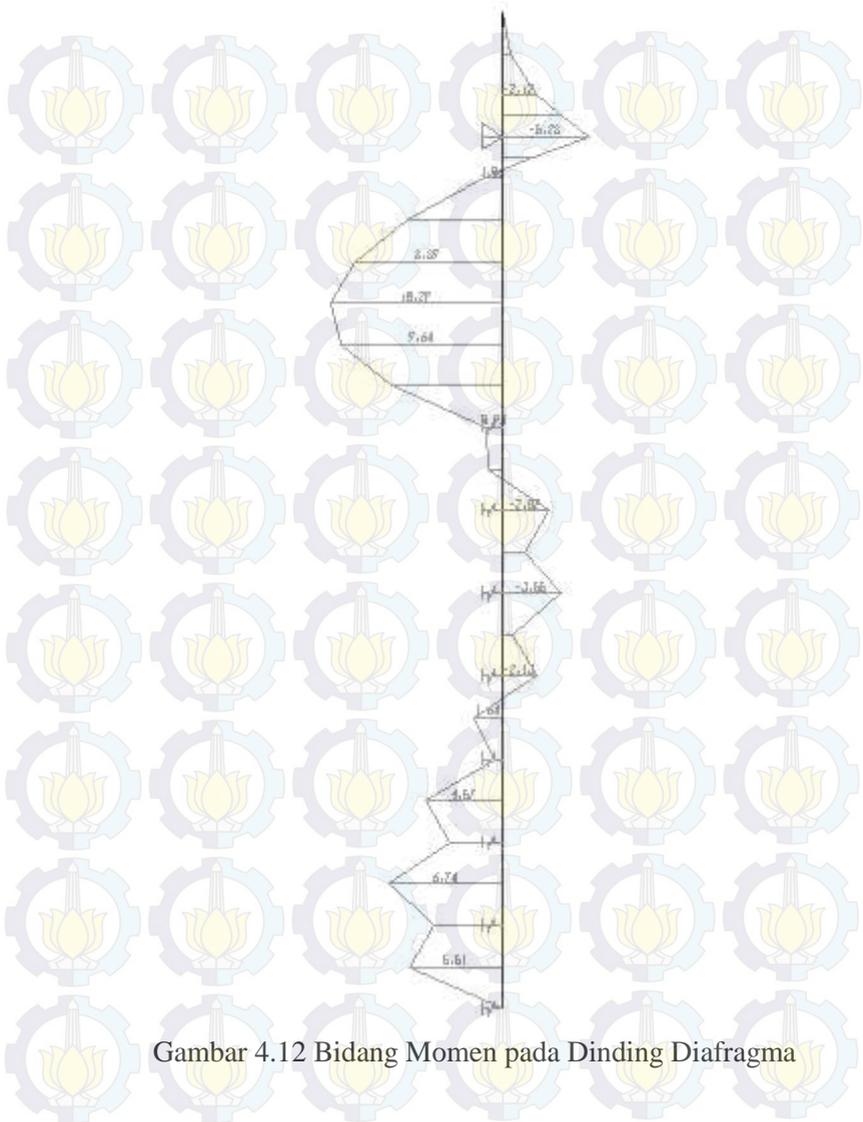


Gambar 4.11 Diagram Tekanan untuk Perhitungan Momen pada *SAP 2000*

Tabel 4.9 Tekanan tanah lateral pada dinding sampai kedalaman -12 m

Depth	tekanan tanah + air tanah + surcharge ( $t/m^2$ )
0	1.20
1	2.60
2	3.00
2+z	1.44
3	2.66
4	2.87
5	4.09
6	5.30
6+z	3.80
7	5.02
8	6.23
8+z	3.10
9	8.63
10	9.81
11	10.99
12	12.18

Dari hasil perhitungan SAP 2000 Momen maksimum terletak pada bagian bawah dinding, dengan momen 10,29 t.m serta geser maksimum 4,6 t dan defleksi sebesar 0.1 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4.12 Bidang Momen pada Dinding Diafragma

Momen maksimum terletak pada bagian bawah dinding (-3,5 m), dengan momen 10,29 t.m serta geser maksimum 4,6 t dan defleksi sebesar 0,1 mm.

### 4.3.3 Perencanaan Struktur Diaphragm wall

#### a. Penulangan diaphragm wall

Untuk perencanaan diaphragm wall direncanakan berdasarkan  $M_{max} = 10,29$  tm, maka direncanakan tulangan dinding:

- Mutu beton ( $f_c$ ) = 30 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- $M_{max}$  = 60.2 tm
- Tebal dinding = 50 cm
- Diameter Tulangan utama = 19 mm
- Diameter Tulangan Bagi = 19 mm
- Selimut beton = 75 mm

$d = t - \text{selimut beton} - 0,5\phi_{tul\ utama} - \phi_{tul\ bagi}$   
 $= 500 - 75 - 0,5 \cdot 19 - 19 = 397$  mm

$$\begin{aligned} \ddagger_{balance} &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,81}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddagger_{max} &= 0,75 \times \ddagger_{balance} \\ &= 0,75 \times 0,031 \\ &= 0,0223 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddagger_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

#### - Koefisien Ketahanan

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10290000}{0,85 \times 1000 \times 397^2} = 0,07 \text{ N/mm}^2 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ddagger_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,07}{400}} \right] \\ &= 0,00017\end{aligned}$$

$\ddagger_{\text{perlu}} < \ddagger_{\text{min}} < \ddagger_{\text{maks}}$ , maka digunakan  $\ddagger_{\text{min}}$

- Luas tulangan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \ddagger \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 413 = 1445,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\text{Ø}19$ , 150 ( $\text{As} = 1890 \text{ mm}^2$ )

- Kontrol Mn dengan Mu ( $\phi \text{Mn} \geq \text{Mu}$ )

$$a = \frac{\text{As} \cdot fy}{0,85 f'c b} = \frac{1890 \cdot 430}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 29,65 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi \text{Mn} &= \phi \text{As} \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 1890 \cdot 400 \left( 413 - \frac{29,65}{2} \right)\end{aligned}$$

$$\phi \text{Mn} = 24,08 \text{ tm} > \text{Mu} = 10,29 \text{ tm} \dots \text{Ok.}$$

- **Tulangan Horizontal**

$$\ddagger_{\text{perlu}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \ddagger \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 390,5 = 702,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\text{Ø}19$ , 350 ( $\text{As} = 810 \text{ mm}^2$ )

- **Tulangan geser**

Nilai  $V_u$  yang didapat dari hasil analisa program SAP 2000 adalah sebesar 46 KN,

Kekuatan beton:

$$\begin{aligned}V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 413 \\ &= 220732,198 \text{ N} = 220,73 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$V_u < \hat{\cdot} V_c$$

$$46 < 0,75 \cdot 220,73 \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Untuk keamanan digunakan tulangan geser praktis sesuai dengan SNI 2847 yaitu :

Direncanakan tulangan geser 10 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{maks} = 350 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan geser  $\varnothing 10$  dengan jarak 350 mm

#### 4.3.4 Perencanaan *perkuatan diaphragm wall* untuk Galian dengan Tinggi, $h = 4,5 \text{ m}$ tanpa Angkur.

Dari data dan parameter tanah yang telah didapatkan untuk kedalaman galian 6 m dapat direncanakan dinding penahan tanah menggunakan *diaphragm wall* seperti Gambar 4.13 berikut:



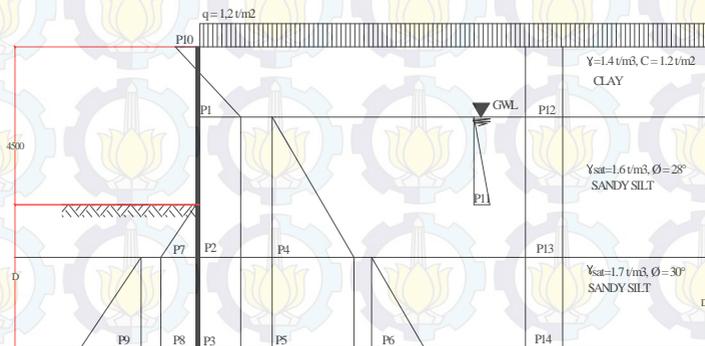
Gambar 4.13 Lapisan dan Parameter Tanah

Parameter tanah didapat dari data pengujian di lapangan berupa data *Standard Penetrometer Test* (SPT) yang sudah dikorelasikan seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Parameter tanah

KEDALAMAN	JENIS TANAH	$\gamma_{spt}$ N1	$\rho'$	$\gamma_{sat}$	$C_u$	$\phi_q$	$\phi_c$	$P_{cl}$	$\sigma$	Characteristic
2	CLAY	5	0.6	1.4	0.2	0	0	0.4	28	Very Soft
4	SANDY CLAY	8	0.6	1.6	0	28	0	3.4	28	Loose
6	SANDY CLAY	10	0.6	1.6	0	28	0	4.4	28	Loose
8	SANDY CLAY	40	0.7	1.7	0	30	0	5.0	38	Medium
10	SANDY SILT	30	0.8	1.8	0	30	0	4.4	38	Dense
12	SANDY SILT	35	0.8	1.8	0	30	0	4.4	38	Dense
14	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	10.0	38	Dense
16	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	12.2	38	Dense
18	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	13.8	38	Dense
20	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	13.7	38	Dense
22	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	16.8	38	Dense
24	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	20.4	38	Dense
26	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	21.2	38	Dense
28	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	22.4	38	Dense
30	SANDY SILT	50	0.8	1.8	0	30	0	23	38	Dense

Untuk menentukan kedalaman dinding, ditentukan tegangan tanah yang terjadi, seperti tegangan tanah aktif, tegangan tanah pasif, dan tegangan tanah akibat air tanah, perhitungan tegangan tanah seperti pada Gambar 4.14 berikut ini:

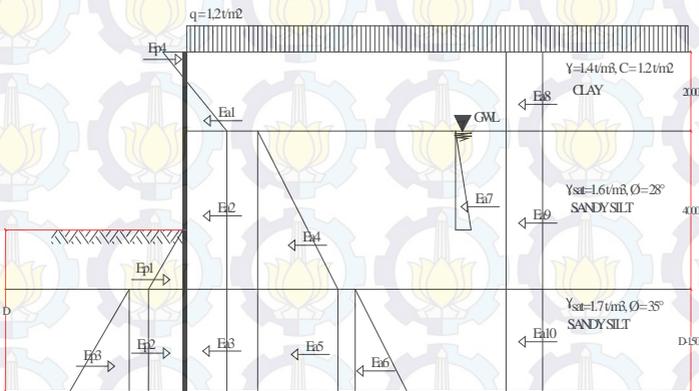


Gambar 4.14 Diagram Tekanan Tanah

Setelah membuat diagram tekanan tanah lateral akibat beban yang bekerja pada tanah, selanjutnya, akan dihitung tekanan tanah lateral tanah yang bekerja akibat beban yang bekerja. Dalam hal ini beban terbagi merata yang digunakan adalah sebesar  $1,2 \text{ t/m}^2$ . Dalam proses analisa, akan menghitung berdasarkan 5 pengaruh, yaitu:

1. Tekanan tanah akibat beban tanah 1
2. Tekanna tanah akibat beban tanah 2
3. Tekanan tanah akibat beban tanah 3
4. Tekanan tanah akibat beban terbagi merata

Untuk diagram tekanan lateral tanah total yang bekerja pada struktur *diaphragm wall* dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut ini:



Gambar 4.15 Diagram Tekanan Tanah Total

Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### Tekanan Tanah Aktif

- Tekanan tanah akibat beban tanah 1

$$P_1 = (K a_1 \times \gamma_1 \times h_1) - (2c \sqrt{K a_1})$$

$$= (1 \times 1,3 \times 2) - (2 \times 1,2 \sqrt{1}) = 0,2 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = K a_2 \times \gamma'_1 \times h_1 = 0,36 \times 1,4 \times 2 = 0,94 \text{ t/m}^2$$

$$P_3 = K a_3 \times \gamma_1 \times h_1 = 0,27 \times 1,4 \times 2 = 0,76 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban tanah 2

$$P_4 = K a_2 \times \gamma'_2 \times h_2 = 0,36 \times 0,6 \times 4 = 0,86 \text{ t/m}^2$$

$$P_5 = K a_3 \times \gamma'_2 \times h_2 = 0,27 \times 0,6 \times 4 = 0,65 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban tanah 3

$$P_6 = Ka_3 \times \gamma'_3 \times h_3 = 0,27 \times 0,8 \times (d - 1,5) \\ = 0,22d - 0,32 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban q

$$P_{12} = Ka_1 \times q = 1 \times 1,2 = 1,20 \text{ t/m}^2$$

$$P_{13} = Ka_2 \times q = 0,36 \times 1,2 = 0,43 \text{ t/m}^2$$

$$P_{14} = Ka_3 \times q = 0,27 \times 1,2 = 0,32 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat beban air

$$P_w = \gamma_w \times h = 1 \times 2,5 = 2,5 \text{ t/m}^2$$

#### Tekanan Tanah Pasif

- Tekanan tanah pasif akibat beban tanah 2

$$P_7 = Kp_2 \times \gamma'_2 \times h_2 = 2,77 \times 0,6 \times 1,5 = 2,5 \text{ t/m}^2$$

$$P_8 = Kp_3 \times \gamma'_2 \times h_2 = 3,69 \times 0,6 \times 1,5 = 3,24 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah pasif akibat beban tanah 3

$$P_9 = Kp_3 \times \gamma'_3 \times h_3 = 3,69 \times 0,7 \times D - 1,5 \\ = 2,6D - 3,9 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah lateral akibat kohesi pada lapisan tanah 1

$$P_{10} = (2c\sqrt{Ka_1}) = 2 \times 1,2 \times \sqrt{1} = 2,4 \text{ t/m}^2$$

#### Menghitung Tekanan Total Tanah aktif (dalam t/m<sup>2</sup>)

$$Ea_1 = 0,20 \times 0,5 \times 2 = 0,2$$

$$Ea_2 = 0,94 \times 4 = 3,76$$

$$Ea_3 = 0,76 \times 2 = 1,52$$

$$Ea_4 = 0,86 \times 0,5 \times 4 = 2,3$$

$$Ea_5 = 0,8 \times (d-1,5) = 1,15-1,73 d$$

$$Ea_6 = (0,22D - 0,32) \times (d-1,5) = 0,22D^2, 0,65 D + 0,48$$

$$Ea_7 = 2,5 \times 0,5 \times 2,5 = 3,13$$

$$Ea_8 = 1,2 \times 2 = 2,4$$

$$E_{a9} = 0,43 \times 4 = 1,72$$

$$E_{a10} = 0,32 \times (d-1,5) = 0,32d, 3,9d + 0,5$$

Menghitung Tekanan Total Tanah pasif (dalam  $t/m^2$ )

$$E_{p1} = 2,5 \times 0,5 \times 1,5 = 2,5$$

$$E_{p2} = 3,24 \times (d-1,5) = 4,43D, 6,65$$

$$E_{p3} = 2,6D - 3,9 \times (0,5d - 0,75) = 1,3D^2 + 2,9$$

Tabel 4.11 Perhitungan Momen

Gaya	Besar Tekanan ( $t/m^2$ )	Jarak ke Hujung D	M
$E_{a1}$	3,20	D+1,18	$0,20D + 0,835$
$E_{a2}$	3,76	D+0,5	$3,76D + 1,83$
$E_{a3}$	1,52	$1,9D - 0,75$	$1,78D - 1,14$
$E_{a4}$	2,90	D-0,17	$2,30D - 0,4$
$E_{a5}$	$1,15d - 1,73$	$0,5D - 0,75$	$0,38D^2 - 1,4D + 1,3$
$E_{a6}$	$0,2d^2 - 0,6d + 0,40$	$0,33D - 0,5$	$0,12^3 - 0,1D^2 + 0,67D - 0,24$
$E_{a7}$	3,73	$1,5D + 6$	$3,73D + 18,73$
$E_{a8}$	2,40	D+3	$2,4D + 7,2$
$E_{a9}$	1,72	D+0,5	$1,72D + 0,85$
$E_{a10}$	$0,32D - 1,5$	$1,9D - 0,75$	$0,2D^2 - 0,49D + 0,38$
$E_{p1}$	2,5	D-1	$2,5D - 2,5$
$E_{p2}$	$4,43d - 3,65$	$0,5D - 0,75$	$2,1D^2 - 6,7D + 5$
$E_{p3}$	$1,5D^2 - 4,5D + 3,18$	$0,33D - 0,5$	$0,5D^3 + 0,79D^2 - 2,41D - 1,5$

Dari persamaan  $f M = 0$ , didapatkan persamaan:

$$f M = -0,4d^3 - 2,85d^2 + 18,66d + 28,6$$

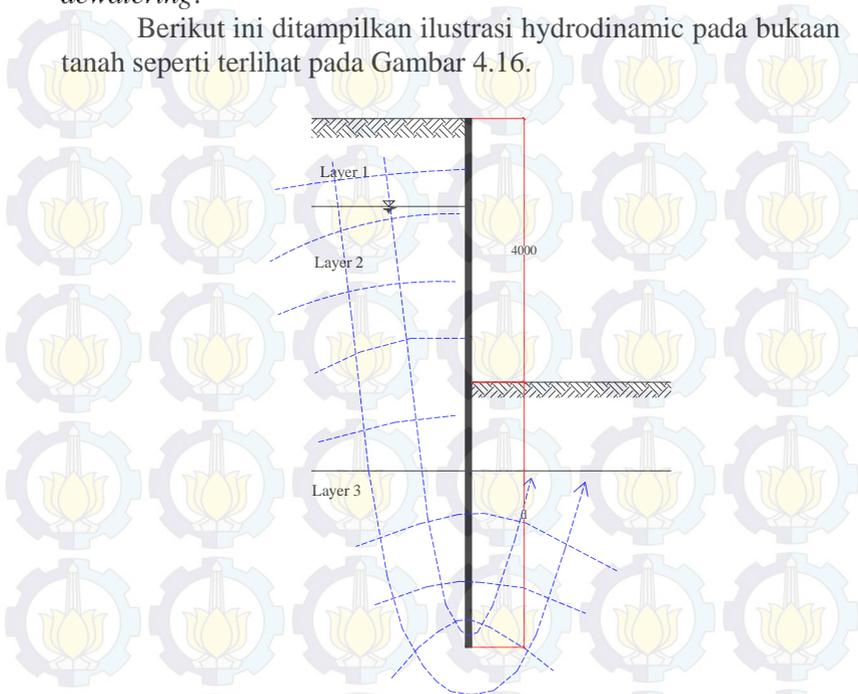
Persamaan tersebut kemudian dicari dengan cara *trial & error*, sehingga didapatkan nilai  $d = 6,1$  maka kedalaman penanaman *diaphragm wall*:  $6,1 \times SF (1,2) = 7,32$  m, dengan demikian panjang total kebutuhan *diaphragm wall* (H) adalah kedalaman galian + kedalaman penanaman:  $4,5 + 7,32 = 11,82$  m, 12 m.

### Perhitungan kedalaman dinding berdasarkan *hydrodynamic*

Kedalaman galian dinding akan dihitung berdasarkan keamanan terhadap aliran air atau dikenal dengan *hydrodynamic*. Perbedaan ketinggian hidrolis air antara daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian. Kedalaman yang aman terhadap *hydrodynamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan

menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan *dewatering*.

Berikut ini ditampilkan ilustrasi hydrodynamic pada bukaan tanah seperti terlihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 *Hydrodynamic* pada Bukaan Tanah

Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) harus cukup untuk mengatasi gejala *hydrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Gejala tersebut dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis  $i$  dengan gradien hidrolis kritis.

$$i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF < i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)}$$

$$\frac{2.5}{D_c} \times 1,2 < \frac{\gamma'}{\gamma_w} \text{ (}\gamma_w \text{ diambil rata-rata)}$$

$$\frac{2,5}{D_c} \times 1,2 < \frac{0,8}{1}$$

$$3 < D_c$$

$$D_c < 3,75 \text{ m}$$

Kedalaman penurapan berdasarkan perhitungan stabilitas tanah lebih kecil dari kedalaman yang disyaratkan dari perhitungan kedalaman secara hydrodynamic, sehingga untuk perencanaan digunakan Dpenurapan = 7,5 m

#### 4.3.5 Perhitungan gaya dalam pada dinding dan analisa defleksi dinding

Untuk menghitung momen maksimum pada *diaphragm wall*, digunakan program SAP 2000 v14.2.02, dimana tanah pasif dibawah bukaan *basement* diasumsikan memiliki kekakuan spring yang nilainya dipekirakan berdasarkan jenis tanahnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini



Gambar 4.17 Diagram Tekanan untuk Perhitungan Momen pada SAP 2000

Tabel 4.12 Tekanan tanah lateral pada dinding sampai kedalaman -12.00 m

Depth	tekanan tanah + air tanah + surcharge ( $t/m^2$ )
0	1.20
1	2.60
2	3.00
2+z	1.44
3	2.66
4	2.87
5	4.09
6	5.30
6+z	3.80
7	5.02
8	6.23
8+z	3.10
9	8.63
10	9.81
11	10.99
12	12.18



Momen maksimum terletak pada bagian bawah dinding (-6m), dengan momen 10,61 t.m serta geser maksimum 6,86 t dan defleksi sebesar 0,06 mm.

#### 4.3.6 Perencanaan Struktur *Diaphragm wall*

##### b. Penulangan *diaphragm wall*

Untuk perencanaan *diaphragm wall* direncanakan berdasarkan  $M_{max} = 10,61$  tm, maka direncanakan tulangan dinding:

- Mutu beton (f.c) = 30 MPa
- Mutu Baja (fy) = 400 MPa
- $M_{max}$  = 60.2 tm
- Tebal dinding = 50 cm (5% x L dinding)
- Diameter Tulangan utama = 19 mm
- Diameter Tulangan Bagi = 19 mm
- Selimut beton = 75 mm

$d = t$ , selimut beton – 0,5 $\phi$ tul utama,  $\phi$ tul memanjang  
 $= 500$ ,  $75 - 9,5 - 19 = 397$  mm

$$\begin{aligned} \ddagger_{balance} &= \frac{0,85 \times f'c \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,81}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddagger_{max} &= 0,75 \times \ddagger_{balance} \\ &= 0,75 \times 0,031 \\ &= 0,0223 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddagger_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

- Koefisien Ketahanan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10610000}{0,85 \times 1000 \times 397^2} = 0,079 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\ddagger_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{15,686} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,075}{400}} \right]$$

$$= 0,0004$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{maks}}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{min}}$

- Luas tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 397 = 1389,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan  $\text{Ø}19 - 200$  ( $A_s = 1417,5 \text{ mm}^2$ )

- Kontrol Mn dengan Mu ( $\phi M_n \geq M_u$ )

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{1417,5 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 22,235 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,8 \cdot 1417,5 \cdot 400 \left( 397 - \frac{22,24}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 18,17 \text{ tm} > M_u = 10,61 \text{ tm} \dots \text{Ok.}$$

Untuk tulangan bagi:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 397 = 714,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi  $\text{Ø}19$ , 350 ( $A_s = 1090,495 \text{ mm}^2$ )

- **Tulangan geser**

Nilai  $V_u$  yang didapat dari hasil analisa program SAP 2000 adalah sebesar 68,6 KN,

Kekuatan beton:

$$V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 413$$

$$= 220732,198 \text{ N} = 220,73 \text{ KN}$$

$$V_u < \hat{\phantom{V}} \cdot V_c$$

$$68,6 < 0,75 \cdot 220,73 \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Untuk keamanan digunakan tulangan geser praktis sesuai dengan SNI 2847 yaitu :

Direncanakan tulangan geser 10 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan:

$S_{maks} = 350 \text{ mm}$

Dipakai tulangan geser  $\varnothing 10$  dengan jarak 350 mm

#### 4.4 Perencanaan Pondasi *Bored pile*

Perencanaan pondasi *bored pile* ini akan dimulai dari kedalaman -6m di bawah permukaan tanah asli. Berikut ini spesifikasi model pondasi yang digunakan pada Gedung Parkir *Apartment Skyland City Education Park*.

- Model : *Bored pile*
- Mutu Beton : 30 Mpa
- Mutu baja : BJ 41

Gaya-gaya yang diperoleh untuk perhitungan struktur *bored pile* menggunakan alat bantu perhitungan ETABS.

##### 4.4.1 Perencanaan Diameter

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f_{c'}}$$

$$Q_w = 13775 \text{ KN}$$

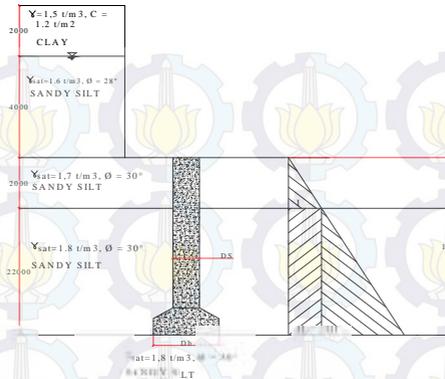
$$f_{c'} = 30 \text{ Mpa} = 30000 \text{ kN/m}^2$$

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{13775 \text{ KN}}{30000}} = 1,48 \text{ m}$$

Namun untuk perencanaan D shaft digunakan diameter 1,5 m,  $D_b = 2 \text{ m}$ . Dalam perencanaan diameter *bored pile* ini diseragamkan dengan diameter *bored pile* lain namun untuk kedalaman pondasi dilakukan cara *trial and error*. Penyeragaman diameter dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pada saat pelaksanaan di lapangan.

##### 4.4.2 Perhitungan Daya dukung *Bored pile*

Perhitungan daya dukung *bored pile* dimulai dari kedalaman -6 m dan panjang *bored pile* adalah 15 m yang terdapat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Bored pile

$$q' = (\gamma_{sat2} - \gamma_w)h_3 + (\gamma_{sat3} - \gamma_w)h_4$$

$$q' = (1,7 - 1) 2 + (1,8 - 1) 13 = 11,6 \text{ ton/m}^2 = 116 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_e = A_p \cdot q' (N_q - 1) = 3,14 \cdot 116 (110 - 1) = 40475 \text{ KN}$$

$$Q_s = \pi D_s (1 - \sin \phi) \delta \int \sigma_v dz$$

$$\int \sigma_v dz_1 = (\gamma'_1 \cdot 0,5 h_1) h_1$$

$$= (7 \cdot 0,5 \cdot 2) 2$$

$$= 14 \text{ KN}$$

$$\int \sigma_v dz_2 = (\gamma'_1 \cdot 0,5 h_1) h_1 + (h_1 \gamma'_1) h_2 + (\gamma'_2 \cdot h_2) \frac{1}{2} h_2$$

$$= (7 \cdot 0,5 \cdot 2) 2 + (2 \cdot 7) 13 + (8 \cdot 13) 0,5 \cdot 13$$

$$= 875,82 \text{ KN}$$

$$Q_{s1} = \pi D_s (1 - \sin 38) \tan\left(\frac{2}{3} \phi\right) \int \sigma_v dz$$

$$= \pi 1,5 (1 - \sin 35) \tan\left(\frac{2}{3} 35^\circ\right) 14$$

$$= 13,34 \text{ KN}$$

$$Q_{s2} = \pi D_s (1 - \sin 40) \tan\left(\frac{2}{3} \phi\right) \int \sigma_v dz$$

$$= \pi 1,5 (1 - \sin 35) \tan\left(\frac{2}{3} 38^\circ\right) 875,2$$

$$= 836,79 \text{ KN}$$

$$Q_u = Q_e + Q_s = 40475 + 13,34 + 836,79 = 41325,13 \text{ KN}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{41325,13 \text{ KN}}{3} = 13775,04 \text{ KN}$$

$$Q_{ijin} > Q_w$$

$$13775,04 \text{ KN} > 13775 \text{ KN€}. \text{ OK}$$

#### 4.4.3 Perhitungan Penurunan *Bored pile*

Penurunan *bored pile* perlu diketahui karena untuk mengetahui perbedaan penurunan antar *bored pile*. Hal ini mencegah terjadinya kerusakan struktur atas akibat perbedaan penurunan dari *bored pile*. Perhitungan penurunan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

- Penurunan dari pile shaft ( $S_1$ )

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) L}{A_s \cdot E_m}$$

$$= \frac{(12925 + 0,67 \cdot 850,13) \cdot 15}{1,77 \cdot 21 \times 10^6} = 0,0055 \text{ m}$$

- Penurunan dari ujung tiang ( $S_2$ )

$$S_2 = \frac{q_{wp} D_b}{E_s} (1 - \mu_s)$$

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p} = \frac{12925}{3,14} = 4116,2$$

Jadi,

$$S_2 = \frac{4116,2 \times 2}{75 \times 10^3} (1 - 0,2) = 0,066 \text{ m}$$

- Penurunan dari penjalaran beban sepanjang selimut tiang ( $S_3$ )

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \right) \frac{D_s}{E_s} (1 - \mu_s) l_{ws}$$

$$l_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{15}{1,5}} = 3,108$$

$$S_3 = \left( \frac{850,13}{\pi \cdot 1,5 \cdot 15} \right) \frac{1,5}{75 \times 10^3} (1 - 0,2) 3,39 = 0,0006 \text{ m}$$

- Penurunan Total ( $S_t$ )

$$S_t = 0,0082 + 0,025 + 0,0006 = 0,072 \text{ m} = 7,2 \text{ cm}$$

#### 4.4.4 Perencanaan Struktur *Bored pile*

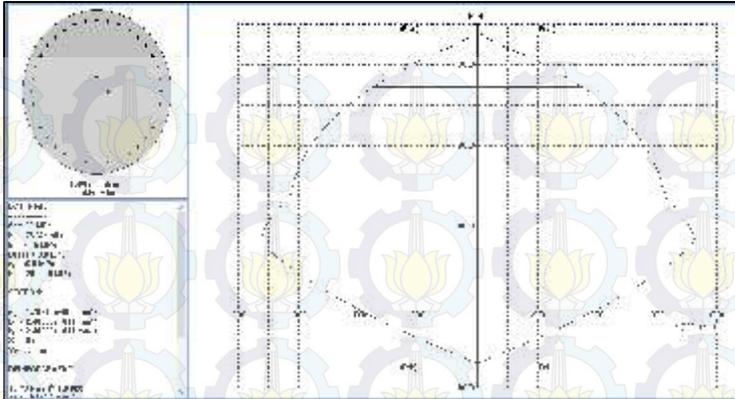
Pada perhitungan penulangan tulangan utama tidak dilakukan karena momen yang bekerja pada *bored pile* diterima seluruhnya oleh *king post*. Karena *king post* tertanam sampai dasar *bored pile*, sehingga perlu dilakukan pengecekan rasio luasan *king post* harus  $> 4\%$  jika ingin digunakan sebagai profil tunggal. Perhitungan menggunakan perhitungan beton komposit berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.

#### - Pengecekan Luas Penampang Minimum Profil

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{25049}{1767145} = 0,014 > 4\% \dots \text{tidak ok}$$

Karena luas profil tidak memenuhi syarat 4% maka diperlukan baja tulangan ulir dengan rasio tulangan 1% - 4%. Perhitungan berdasarkan SNI 2847-2013. Direncanakan 36 D25 (17671,56 mm<sup>2</sup>). Pengecekan tulangan menggunakan alat bantu perhitungan seperti pada Gambar 4.15 dengan data berikut ini:

- $P_u$  : 17779 KN
- $M_{u_x}$  : 37,82 KN
- $M_{u_y}$  : 22,11 KN



Gambar 4.20 Diagram Interaksi (Akibat Gaya Lateral Tanah)

Dari diagram interaksi pada Gambar 9.1 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,03 % (36 D 25) serta terlihat pula bahwa *sloof* mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok *sloof* tersebut adalah :

$$S = \frac{D - (2 \times \text{cover}) \times f}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{1500 - (2 \times 75) \times f}{36 - 1} = 121,175 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

#### Penulangan Geser Bored pile

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.3 Rasio volume tulangan spiral,  $\rho_s$  tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}}$$

$$= 0,45 \left( \frac{1767145}{1431388} - 1 \right) \frac{30}{250}$$

$$= 0,012$$

Jarak spiral maksimal 150 mm

$$s = \frac{a_s \pi (D_c - d_b)}{(\pi/4) D_c^2 \rho_s}$$

$$= \frac{201,06 \pi (1350 - 16)}{(\pi/4) 1350^2 \cdot 0,012}$$

$$= 56 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan spiral D16 - 50mm

#### 4.4.5 Kontrol terhadap gaya lateral

##### - Menentukan letak titik jepit maksimum

Untuk *cohesionless soil* nilai  $Z_f = 1,8 T$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$$E = 75 \times 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4 = \frac{1}{64} \pi 1,5^4 = 0,24 \text{ m}^4$$

$$n_h = 12 \times 10^3 \text{ KN/m}^3 \text{ (Tabel 2.10)}$$

Jadi,

$$T = \sqrt[5]{\frac{75 \times 10^3 \cdot 0,24}{12 \times 10^3}} = 1,08 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 1,08 = 1,944 \text{ m}$$

Sehingga letak jepit pondasi *bored pile* berada di 1,944 m dari permukaan pondasi *bored pile*.

#### 4.4.6 Perhitungan Momen Maksimum Pada *Bored pile*

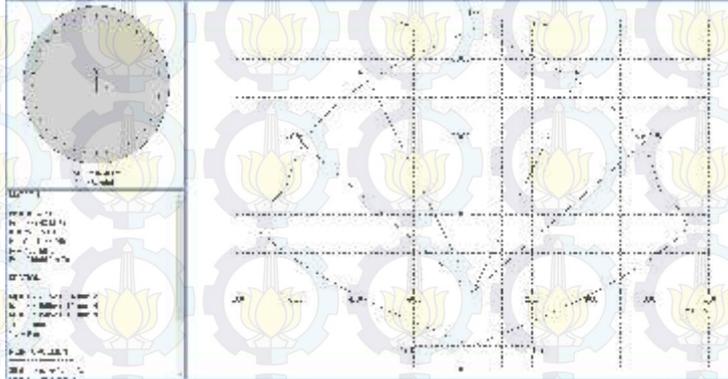
$$H = \gamma_t z_f K a$$

$$= 1,7 \cdot 1,944 \cdot 0,27$$

$$= 0,89 \text{ ton}$$

$$M_{\max} = H \times z_f \times 0,5 = 0,89 \times 1,944 \times 0,5 = 0,86 \text{ tm}$$

Setelah mendapatkan  $M_{max}$  akibat gaya lateral tanah, kapasitas *bored pile* di cek menggunakan alat bantu SP Column seperti pada Gambar 4.17 berikut ini:



Gambar 4.21 Diagram Interaksi (Akibat Reaksi Tumpuan)

Dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa momen yang terjadi akibat gaya lateral masih didalam diagram interaksi kolom, maka *bored pile* yang direncanakan mampu menahan momen akibat gaya lateral tanah

Penulangan *bored pile* hanya sampai panjang jepit *bored pile* sebesar  $3D = 4,5$  m.

#### 4.5 Perencanaan Pelat Lantai *Basement*

Pendefinisian pelat satu arah dan dua arah dapat dilihat dari rasio panjang terpanjang dengan panjang pendek pada suatu pelat (berdasarkan buku wang salmon jilid 2 edisi ke-4 bab 16). Jika lebih besar dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan pelat satu arah dan perhitungan dilakukan sama seperti perhitungan balok. Jika rasionya lebih kecil dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan pelat dua arah. Beban-beban yang bekerja pada plat disesuaikan SNI 1727-2013 pembebanan plat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.(1) yaitu :

$$Q_u = 1,4D$$

### 4.5.1 Desain Plat Lantai *Basement*

#### Data Desain

Data -data desain yang dibutuhkan dalam perhitungan lantai adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 45 Mpa  $\rightarrow \beta_1 \approx 0,85$

Tebal Pelat ( $t$ ) = 500 mm

Selimit Beton = 75 mm

Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) = 23500 Mpa

Kuat Tarik ( $f_y$ ) = 420 Mpa

#### Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.(1), yaitu sebesar :

1. Beban Mati ( $D$ )

Gaya Uplift = 28 kN/m<sup>2</sup>

2. Kombinasi Pembebanan

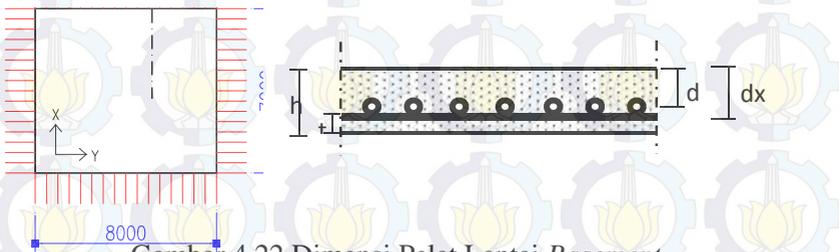
$Q_u = 1,4D$

$= 1,4 \times 28 = 39,2 \text{ kN/m}^2$

• Maka, digunakan  $Q_u = 39,2 \text{ kN/m}^2$

#### Penulangan Plat Lantai *Basement* Elevasi -6m

Dimensi plat lantai seperti ditunjukkan pada Gambar 4.22



Gambar 4.22 Dimensi Plat Lantai *Basement*

Dari perhitungan *preliminary* desain sebelumnya didapat nilai  $\lambda < m$  sebesar  $= 20,36 > 2$ , sehingga perletakan yang digunakan adalah Jepit Penuh. Perhitungan nilai gaya dalam pada pelat adalah sebagai berikut :

- $L_y / L_x = 6600 / 3400 = 1,92 < 2$  (Pelat 2 arah)

- $M_{tx} = M_{ty} = -0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_x$   
 $= -0,001 \times 39,2 \times 3,4^2 \times 59$   
 $= -26,74 \text{ kNm}$

- $M_{ty} = M_{tx} = 0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_y$   
 $= 0,001 \times 39,2 \times 3,4^2 \times 54$   
 $= 24,47 \text{ kNm}$

- $dx = t_{\text{pelat}}, \text{deking}, 1/2 \phi$   
 $= 500, 75, (0,5 \times 22)$   
 $= 414 \text{ mm}$

- $dy = t_{\text{pelat}}, \text{deking}, \phi, 1/2 \phi$   
 $= 500, 75, 22, (0,5 \times 19)$   
 $= 392 \text{ mm}$

- $\ddagger_{\min}$  untuk pelat  $= 0,002$

sehingga nilai  $\ddagger$  perlu dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ddagger_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times S_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} = 0,039$$

$$\ddagger_{\text{max}} = 0,75 \times \ddagger_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,039 = 0,029$$

Penulangan Arah x (lapangan = tumpuan)

- Direncanakan menggunakan  $\phi 22$

$$M_u = 26,74 \text{ kNm} = 26740000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 25} = 19,76$$

$$R_n = \frac{Mu}{W \times b \times d^2} = \frac{26740000}{0,9 \times 1000 \times 414^2} = 0,17 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,76 \times 0,17}{420}} \right) \\ &= 0,0004 < \rho_{\text{min}} \dots \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{min}}) \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 414 = 745,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D16-250 mm

Jadi dipasang tulangan Ø 16-250 mm (As pakai = 804,48 mm<sup>2</sup>)

### Penulangan Arah y (lapangan = tumpuan)

- Direncanakan menggunakan Ø 16

$$Mu = 24,47 \text{ kNm} = 24470000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 25} = 19,76$$

$$R_n = \frac{Mu}{W \times b \times d^2} = \frac{24470000}{0,9 \times 1000 \times 392^2} = 0,17 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,76 \times 0,17}{420}} \right) \\ &= 0,0004 < \rho_{\text{min}} \dots \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{min}}) \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ = 0,0018 \times 1000 \times 392 = 705,6 \text{ mm}^2$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D16-250 mm

Jadi dipasang tulangan  $\emptyset$  16-250 mm (As pakai = 804,48 mm<sup>2</sup>)

### Penulangan Plat Lantai Basement Elevasi -4.5 m

1. Beban Mati (*D*)

$$\text{Gaya Uplift} = 13 \text{ kN/m}^2$$

2. Kombinasi Pembebanan

$$Q_u = 1,4D \\ = 1,4 \times 13 = 18,2 \text{ kN/m}^2$$

- Maka, digunakan  $Q_u = 18,2 \text{ kN/m}^2$

Perhitungan nilai gaya dalam pada pelat adalah sebagai berikut :

- $L_y/L_x = L_y/L_x = 6600 / 3400 = 1,92 < 2$  (Pelat 2 arah)

$$\begin{aligned} M_{tx} = M_{lx} &= \text{CE} 0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_r \\ &= \text{CE} 0,001 \times 18,2 \times 3,4^2 \times 59 \\ &= \text{E}17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} = M_{ly} &= \text{CE} 0,001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_y \\ &= \text{CE} 0,001 \times 18,2 \times 3,4^2 \times 54 \\ &= \text{E}15,55 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Penulangan Arah x (lapangan = tumpuan)

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D13-250 mm

Jadi dipasang tulangan  $\emptyset$  13-250 mm (As pakai = 520,93mm<sup>2</sup>)

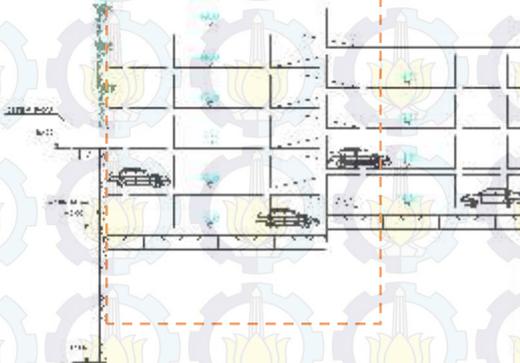
Penulangan Arah y (lapangan = tumpuan)

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D13-250 mm

Jadi dipasang tulangan  $\emptyset$  13-250 mm (As pakai = 520,93mm<sup>2</sup>)

#### 4.5.2 Kontrol terhadap *Uplift*

Dalam mencari tebal pelat lantai *basement* ini, harus dipastikan struktur aman terhadap uplift. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut ini :



Gambar 4.23 *Uplift* pada Pelat *Basement*

Dengan :

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$A = 834,6 \text{ m}^2$$

$$t = 15 \text{ cm}$$

Maka tekanan *uplift* :

$$u = z \times \gamma_w$$

$$= 4 \times 10 = 40 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga gaya *uplift* :

$$P = u \times A$$

$$= 40 \times 834,6 = 33384 \text{ kN}$$

Berat Pelat lantai *basement* :

$$W_1 = \gamma_{\text{beton}} \times t \times A$$

$$= 24 \times 0,50 \times 834,6 = 10015,2 \text{ kN}$$

Berat Akibat Gedung Parkir

$$W_2 = 34194 \text{ kN}$$

Berat *bored pile*

$$W_3 = 19721 \text{ kN}$$

$$SF = (10015,2 + 34194 + 19721) / 33384 = 1,9 > 1,5 \text{ OK}$$

Jadi, dengan ketebalan lantai *basement* 0,5 m dapat menahan gaya *uplift*.

#### 4.6 Perencanaan *Sloof*

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah ( umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum. Desain penulangan pada *sloof* akan direncanakan menggunakan tulangan baja, hal tersebut dilakukan karena *sloof* menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

Dalam perancangan *sloof* ini diambil contoh perhitungan pada *sloof* kolom interior :

##### Data Perencanaan

- Gaya aksial kolom = 12572 kN
- $P_u = 10\% \times 12572 \text{ kN} = 1257,2 \text{ kN} = 1257200 \text{ N}$
- Dimensi *sloof* = 600 × 750 mm
- Panjang *sloof* = 8 m
- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 22 mm
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 420 MPa
- Elastisitas ( $E_s$ ) = 200000 MPa
- Selimut beton = 75 mm

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{wbh} = \frac{1257200}{0,8 \times 600 \times 750} = 3,71 < f_{ijin} \bullet\bullet. \text{ OK}$$

### Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok *sloof* yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm.

$$\frac{l}{20} = \frac{8000}{20} = 400 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi *sloof* terkecil adalah 400 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

Penulangan *sloof* didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom, oleh karena itu tulangan yang akan digunakan adalah tulangan konvensional yaitu tulangan baja.

Beban yang diterima *Sloof* :

- Berat sendiri =  $0,6 \times 0,75 \times 24 = 9,0 \text{ kN/m}$   
 $q_d = 9 \text{ kN/m}$

Konstruksi *sloof* merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_u = 1,4q_d = 1,4 \times 9 = 12,6 \text{ kN/m}$$

$$M_u = \frac{1}{10} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{10} \times 12,6 \times 8^2 = 80,64 \text{ kNm}$$

Untuk memudahkan desain penulangan lentur *sloof* digunakan program bantu analisis dengan memasukkan data beban sebagai berikut :

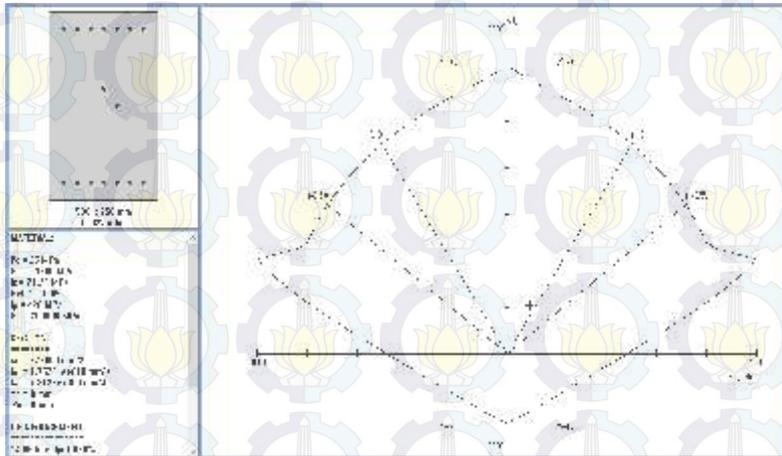
$$M_u = 80,64 \text{ kNm}$$

$$P_u = 1257,2 \text{ kN}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 14 D22

$$(A_s = 5321,86 \text{ mm}^2)$$

Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 4.24 Diagram Interaksi *Sloof*

Dari diagram interaksi pada Gambar 4.24 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,03 % (14 D 22) serta terlihat pula bahwa *sloof* mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok *sloof* tersebut adalah :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{650 - 2 \times 75 - 2 \times 10 - 7 \times 22}{7 - 1} = 54,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Penulangan Geser *Sloof*

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 12,6 \times 8 = 50,4 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 600 \times 750 = 375000 \text{ mm}^2$$

$$d = 750, 75, 10, 22/2 = 654 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \sqrt{f_c' b_w} d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{1257200}{14 \times 450000} \right) \sqrt{30} \times 600 \times 654$$

$$= 436947 \text{ N} = 436,947 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times 436,947 = 327,710 \text{ kN} \geq 50,4 \text{ kN} \text{ (Oke, Memenuhi)}$$

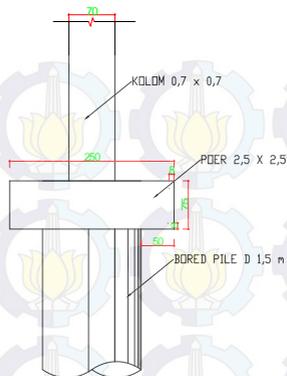
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada *sloof* tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $d/2 = 652/2 = 326 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm}$

Jadi dipasang sengkang  $2\phi 10 - 300 \text{ mm}$  di sepanjang *sloof*.

#### 4.6 Perencanaan *Pile cap*

Dalam melakukan perencanaan *pile cap* dalam Tugas Akhir ini, *pile cap* hanya berfungsi sebagai penyalur beban yang diterima oleh *bored pile*. Karena pada perencanaan pondasi, setiap kolom hanya ditumpu oleh satu *bored pile*, sehingga pada *pile cap* tidak ada momen yang terjadi. Untuk penulangan *pile cap* hanya menggunakan tulangan susut saja perhitungan penulangan sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Titik Pertemuan Kolom, *Pile cap* dengan *Bored pile*

Data Perencanaan :

$b = 2,5 \text{ m}$

$h = 0,75 \text{ m}$

$f_c \dots = 30 \text{ MPa}$

Dimeter tulangan = 19

Cover = 75 mm

$d = 750, 75, 12, 19/2 = 654 \text{ mm}$

#### Penulangan Arah X

$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{minimum}} = 0,0018$

$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0018 \times 654 \times 1000 = 1177,2 \text{ mm}^2$

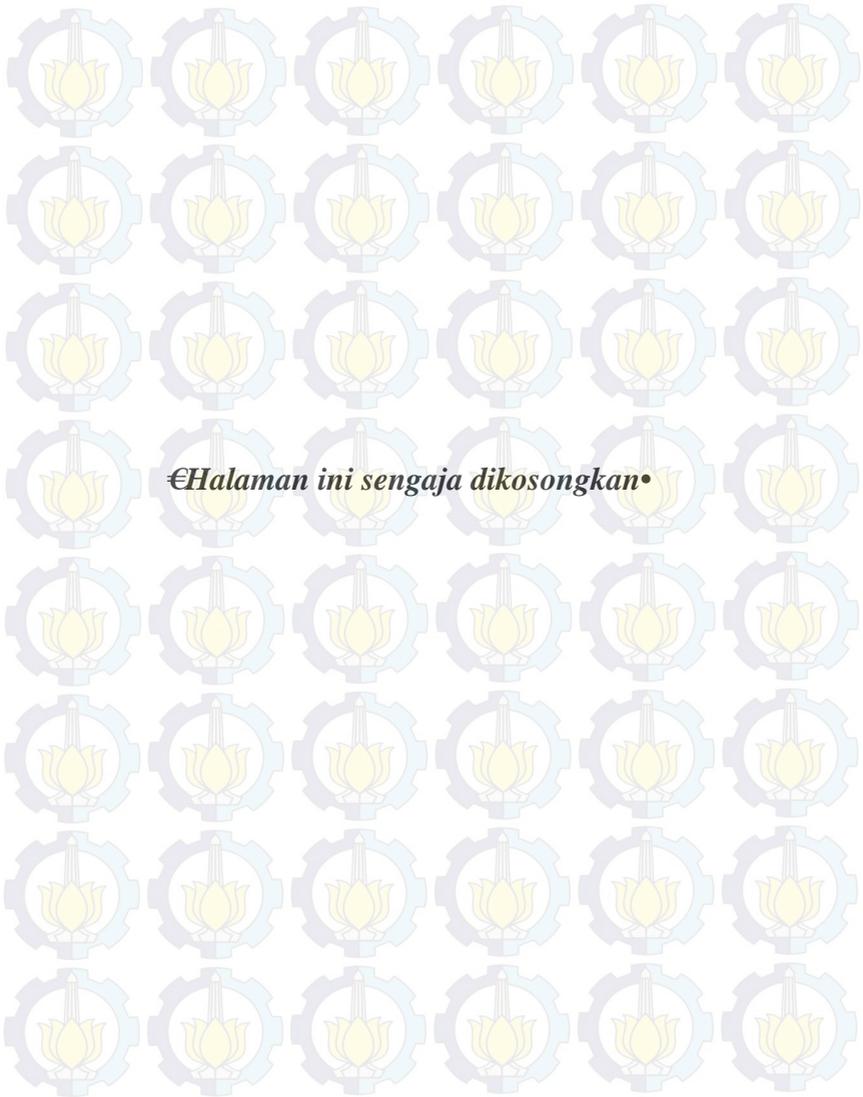
Maka, digunakan tulangan D19-250

#### Penulangan Arah Y

$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{minimum}} = 0,0018$

$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0018 \times 654 \times 1000 = 1177,2 \text{ mm}^2$

Maka, digunakan tulangan D19-250



*•Halaman ini sengaja dikosongkan•*

## BAB V METODE PELAKSANAAN BASEMENT

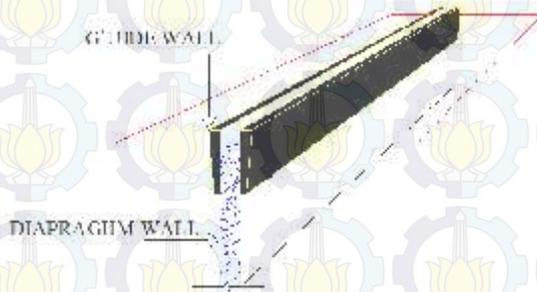
Pada bab ini akan membahas mengenai urutan pelaksanaan pembangunan *basement* gedung parkir *Apartement Skyland City Education Park*, tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu :

- Urutan pelaksanaan *diaphragm wall*
- Urutan pelaksanaan *bored pile*
- Urutan pelaksanaan *top-down construction*

### 5.1 Urutan Pelaksanaan *Diaphragm wall*

Pengerjaan *diaphragm wall* terdiri dari 4 bagian yang mendasar, yaitu:

- Pekerjaan Persiapan  
Pada Pekerjaan persiapan ini merupakan pemasangan *guide wall*, *guide wall* ini berfungsi untuk menghindari adanya penyimpangan pada saat pengeboran. Gambar *guide wall* akan ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 *Guide Wall*



Gambar 5.2 Denah Guide Wall

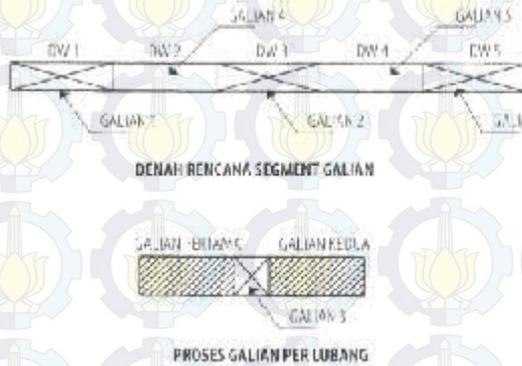
- Pekerjaan Penggalian, Pemasangan Besi Tulangan dan Pengecoran

Pada saat penggalian tanah untuk dinding *diaphragm wall* tidak boleh sebelah menyebeloh atau saling berdekatan, melainkan harus selang, seling, hal ini dilakukan untuk menghindari keruntuhan tanah akibat galian. Pada proyek ini penggalian untuk *diaphragm wall* ada dua kedalaman yang berbeda yaitu kedalaman 16 meter dan 12 meter. Penggalian dengan menggunakan alat *clamshell*. Gambar alat *clamshell* seperti pada Gambar 5.3.



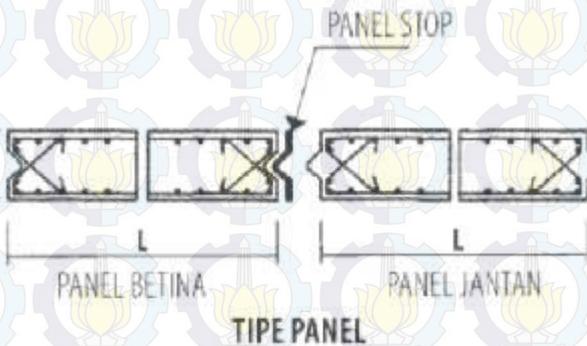
Gambar 5.3 *Clamshell*

Untuk menghindari rusaknya dinding galian yang lain, dilakukan metoda galian, bersamaan dengan itu pula lumpur betonite dimasukan untuk menjaga kestabilan tanah galian. Konsep perencanaan penggalian seperti pada Gambar 5.4



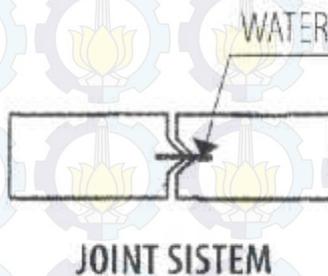
Gambar 5.4 Konsep Perencanaan Penggalian

Pada tiap ujung dinding *diaphragm wall* ada dua tipe, yaitu tipe *male* dan *female*. Paduan keduanya akan membuat antar panel saling mengikat. Pada saat akan melakukan pemasangan kerangka besi, panel stop juga ikut diturunkan pada dua ujung panel dinding *diaphragm wall*. Panel stop ini berfungsi untuk membentuk kedua ujung *diaphragm wall*. *Panel stop* seperti pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 *Panel Stop*

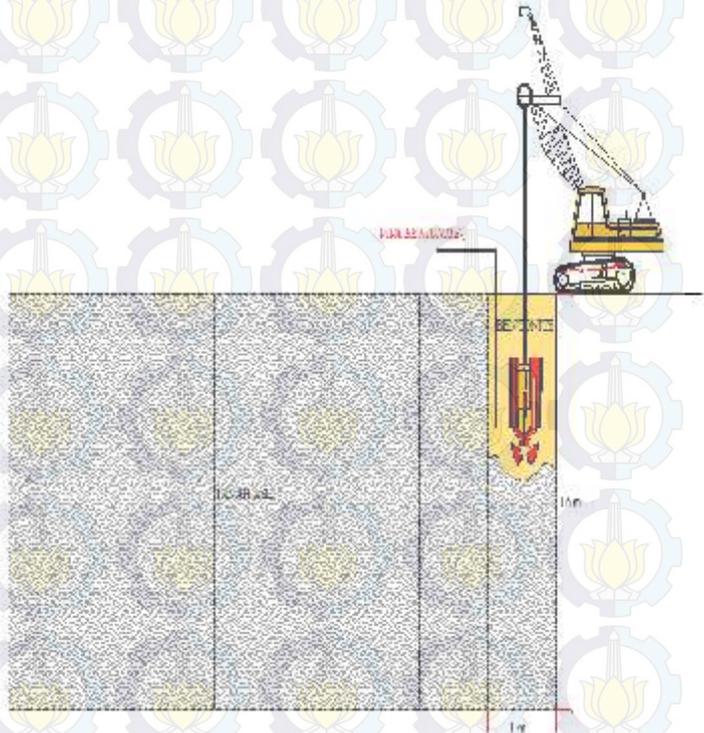
Selain diberi *panel stop*, dipasangkan juga *water stop* yang berguna untuk membuat dinding kedap air. *Water stop* seperti pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 *Water Stop*

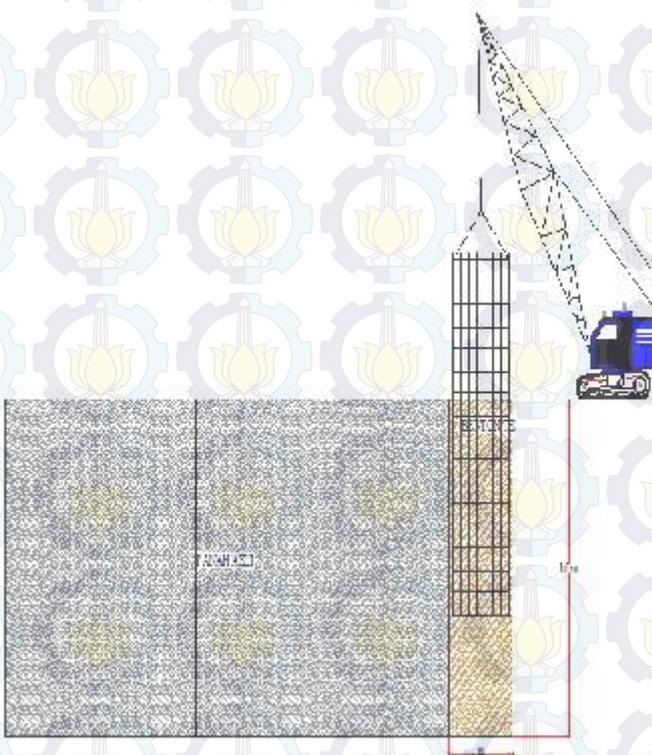
Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan penggalian, pemasangan tulangan dinding.

1. Penggalian lubang panel dinding menggunakan alat *clamshell*, digunakan lumpur bentonite sebagai stabiliator agar tidak terjadi keruntuhan pada dinding galian. Adapun proses penggalian tanah untuk dinding seperti pada Gambar 5.7 berikut ini.



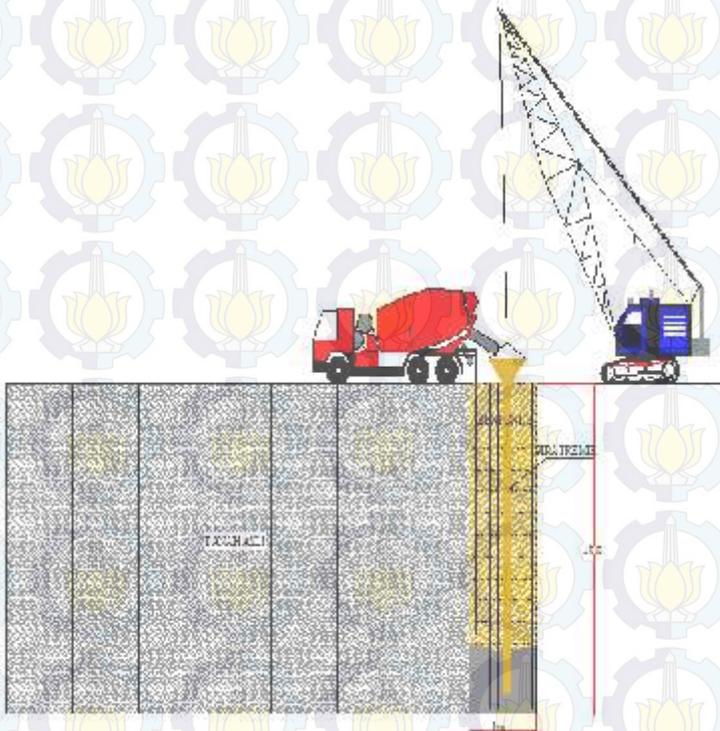
Gambar 5.7 Penggalian Tanah untuk *Diaphragm Wall*

2. Setelah penggalian selesai, dilanjutkan dengan pemasangan tulangan *diaphragm wall* menggunakan alat *mobile crane*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



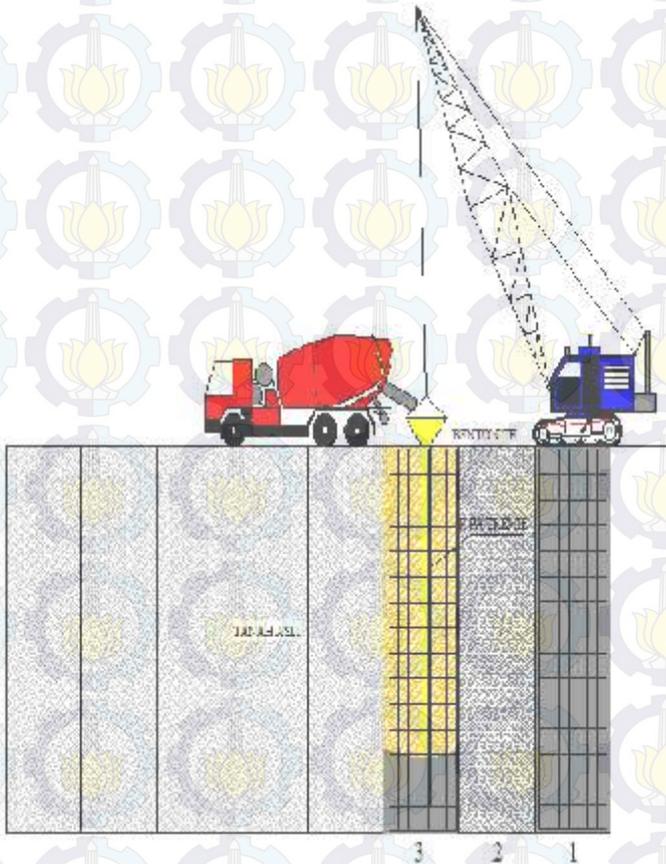
Gambar 5.8 Pemasangan Tulangan *Diaphragm wall*

3. Proses pengecoran *diaphragm wall* dimulai dari memasukan pipa tremi, hal ini dilakukan untuk menjaga tinggi jatuh beton segar kurang dari 1,5 m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Pengecoran *Diaphragm wall*

- Setelah pekerjaan panel satu (1) selesai dilanjutkan pekerjaan panel tiga (3), hal ini dilakukan karena adanya *joint system* yang berbeda antara panel ganjil dengan panel genap. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini:



Gambar 5.10 Pekerjaan *Diaphragm Wall* pada Panel 3

## 5.2 Urutan Pelaksanaan *Bored pile*

Pekerjaan *bored pile* terdiri dari 3 sub bab pekerjaan yang mendasar, yaitu:

- Pekerjaan persiapan
- Pekerjaan pengeboran
- Pekerjaan pengecoran

### 5.2.1 Pekerjaan Persiapan

- Pekerjaan pengukuran / survey titik pengeboran
- Pekerjaan fabrikasi tulangan

### 5.2.2 Pekerjaan Pengeboran dan Pemasangan Besi Tulangan

#### a. Pemasangan *Casing*

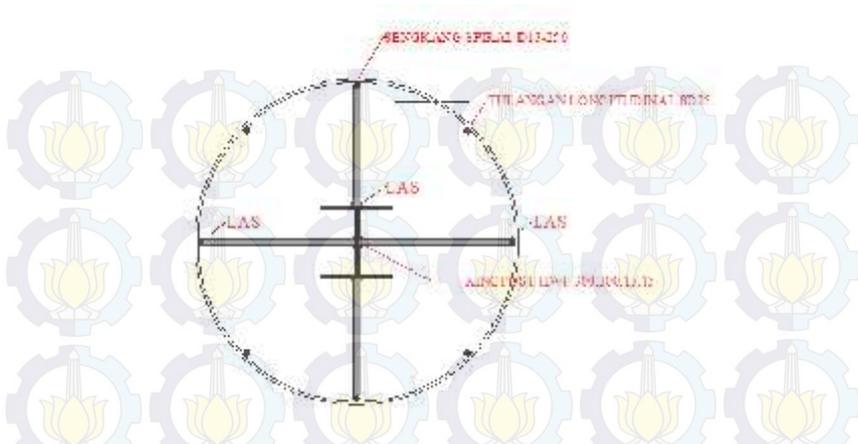
Pemasangan *casing* ini dilakukan untuk menghindari kelongsoran yang terjadi pada dinding lubang.

#### b. Pengeboran

Pengeboran awal menggunakan mata bor jenis *auger* yang dipasang pada alat berat untuk melonggarkan tanah yang akan dibuat lubang *bored pile*. Pengeboran menggunakan auger dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan 12 meter dari muka tanah. Sampai kedalaman tersebut dilaksanakan pembesaran dengan 1,5D shaft atau 2,3 m dengan *underreamer*.

#### c. Pemasangan tulangan dan *king post*

Untuk memudahkan dalam pemasangan dilapangan kinpost dan tulangan longitudinal disatukan dengan cara dilas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini :



Gambar 5.11 Besi Penyambung *King Post* dengan Tulangan

Pembesian yang telah dirangkai dan dilas dengan *king post* di daerah fabrikasi dimasukkan ke dalam lubang bor sesuai dengan letak yang diinginkan di dalam lubang. Pemasangan menggunakan *mobile crane*. Dengan dibantu surveyor, *king post* dicek kevertikalannya ketika diangkat oleh *crane*, lalu dimasukkan ke dalam lubang bor melewati penyangga *king post* sementara. Surveyor harus memandu proses ini baik dari segi koordinat maupun elvasi *king post* secara simultan. Setelah *king post* berada ditempatnya, *king post* dilas dengan penyangga *king post* sementara dan penggantung dilepas.

#### d. Pemasangan *tremie*

Sesudah besi terpasang, maka dilakukan pemasangan *tremie* sesuai dengan panjang yang diinginkan dengan ujung bawah terletak 30 cm (< 1,5 m) dari dasar lubang. Ditengah-tengah permukaan lubang bor dilengkapi dengan corong penampung beton segar.

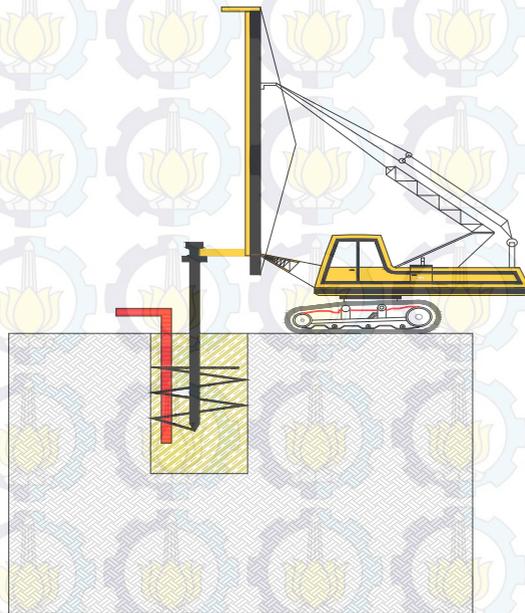
### e. Pekerjaan Pengecoran

*Concrete mixer truck* yang digunakan berkapasitas 6 m<sup>3</sup>.

Beton yang digunakan memiliki *slump* yang tinggi yaitu sekitar 15-18 cm dan mutu beton f.c.35. Sebelum beton segar dituang ke corong tremie, terlebih dahulu dimasukan *styrofoam* saat memasang pipa *tremie*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tercampurnya beton segar dengan air tanah. Pengecoran ini dilakukan sampai 2 m diatas *cut off level* pondasi, karena 2 m beton yang paling atas merupakan beton jelek.

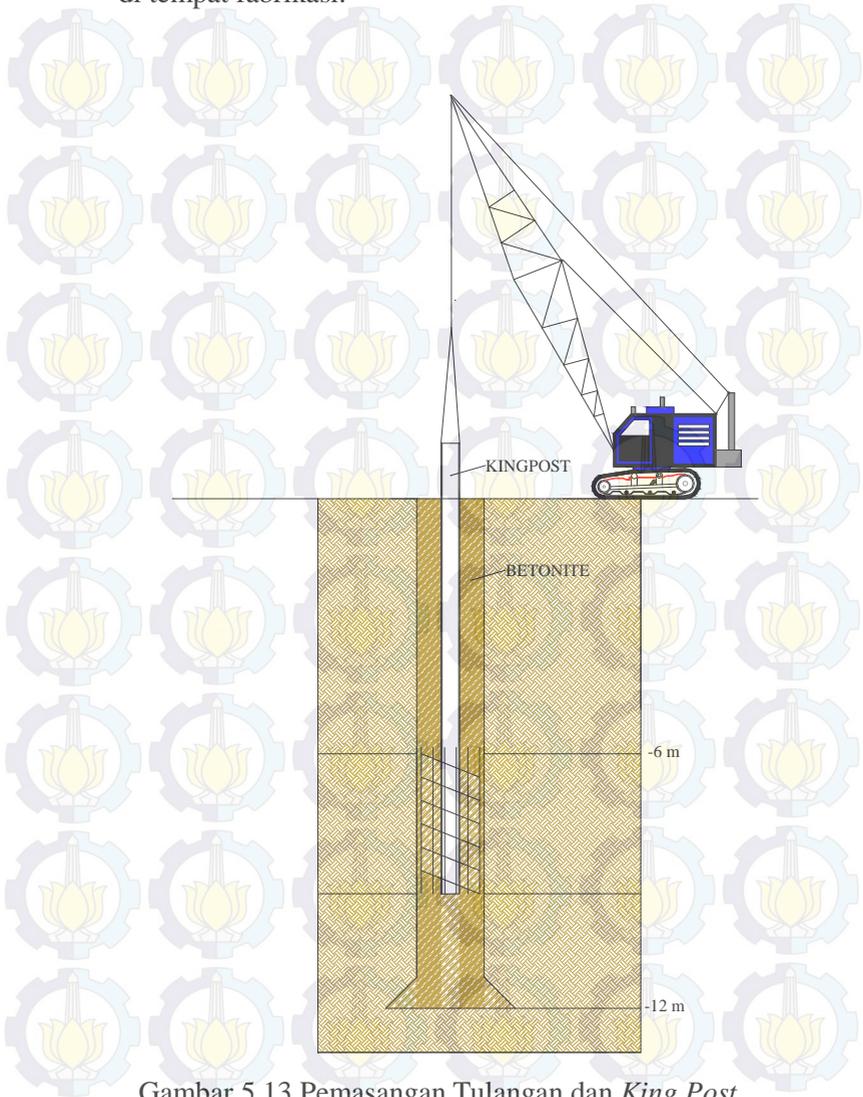
Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan pondasi *bored pile*.

1. Pengeboran tanah, untuk stabilator dinding lubang pengeboran digunakan *bentonite* seperti pada Gambar 5.12.



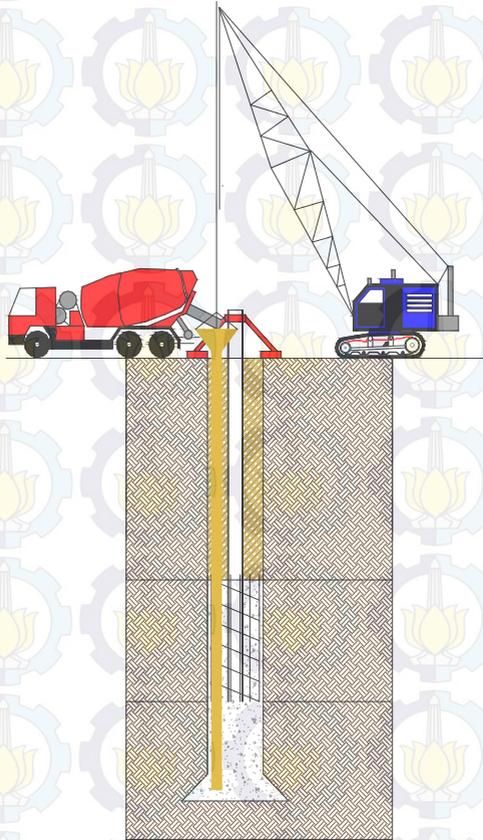
Gambar 5.12 Pengeboran Tanah untuk *Bored Pile*

2. Pemasangan besi tulangan dan *king post* yang telah di las di tempat fabrikasi.



Gambar 5.13 Pemasangan Tulangan dan *King Post*

3. Setelah *king post* dan tulangan dimasukkan, selanjutnya *king post* dilas dengan penyangga *king post* agar tidak terjadi perubahan posisi *king post*. Setelah itu dilakukan pengecoran menggunakan pipa *tremie*. Penyangga *king post* digunakan sampai beton mengeras



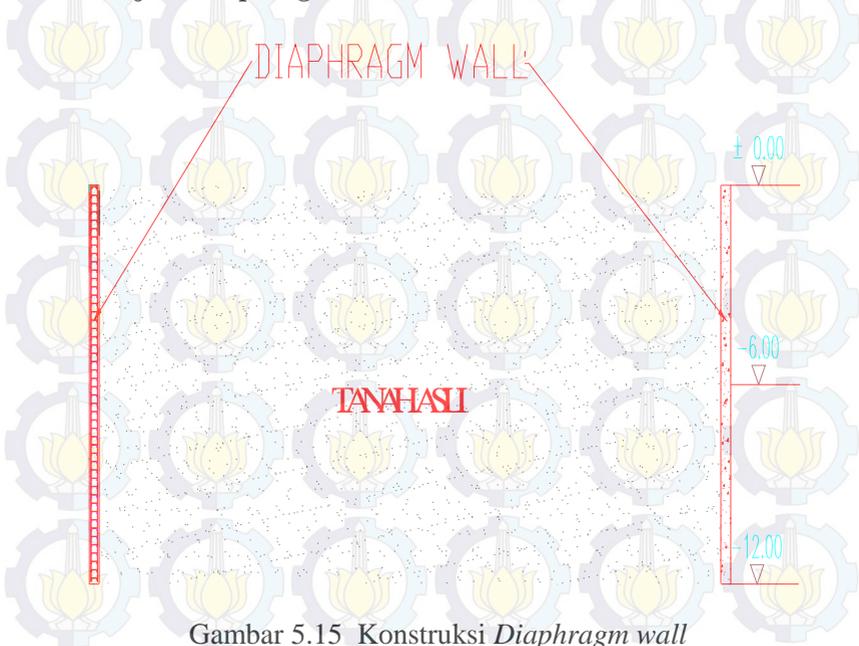
Gambar 5.14 Pengecoran *Bored Pile*

### 7.3 Tahapan Pelaksanaan *Top-Down Construction*

Pada metode *top-down*, penggalian tanah dilakukan selapis demi selapis ke arah bawah. Perencanaan tinggi antar lantai *basement* harus sesuai dengan kebebasan gerak alat penggali tanah (*backhoe* atau *excavator*) dan kendaraan angkut material. Di sini terdapat penghematan biaya bekisting untuk pelat dan balok *basement*. Seluruh struktur pelat dan balok didukung oleh permukaan tanah yang belum digali. Proses penggalian tanah *basement* dikerjakan pada setiap lantai hingga lantai *basement* terbawah yang merupakan pondasi bangunan keseluruhan.

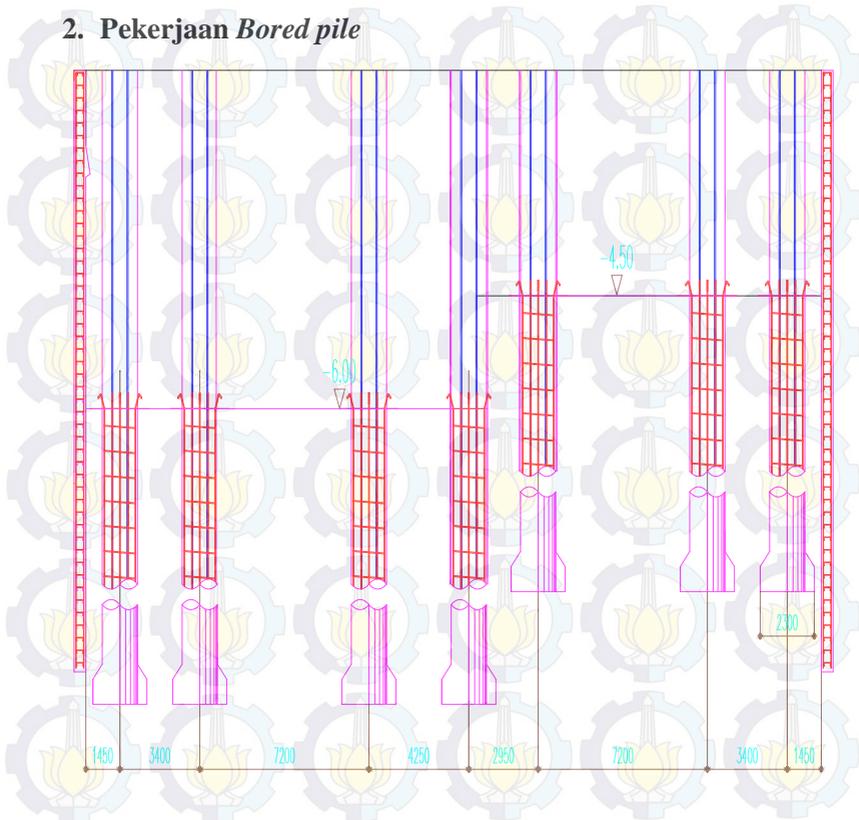
Berikut ini diuraikan tahapan pelaksanaan pembangunan dengan metode *top-down*. Ada dua tahapan pekerjaan, yaitu pekerjaan tahap awal dan pekerjaan tahap konstruksi.

#### 1. Pekerjaan *Diaphragm Wall*



Gambar 5.15 Konstruksi *Diaphragm wall*

## 2. Pekerjaan *Bored pile*



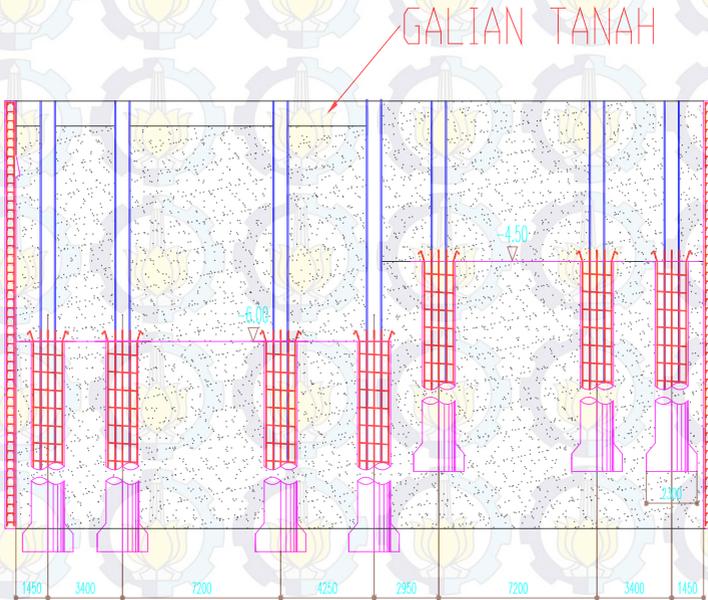
Gambar 5.16 Konstruksi *Bored pile*

## 3. Pekerjaan Pelat dan Balok lantai P 1A dan B 1B

Pada pekerjaan pelat dan balok lantai P 1A dan B 1B dibagi menjadi 4 jenis pekerjaan, pekerjaan tersebut seperti berikut ini.

**a. Penggalian tanah untuk balok dan pelat lantai P 1A.**

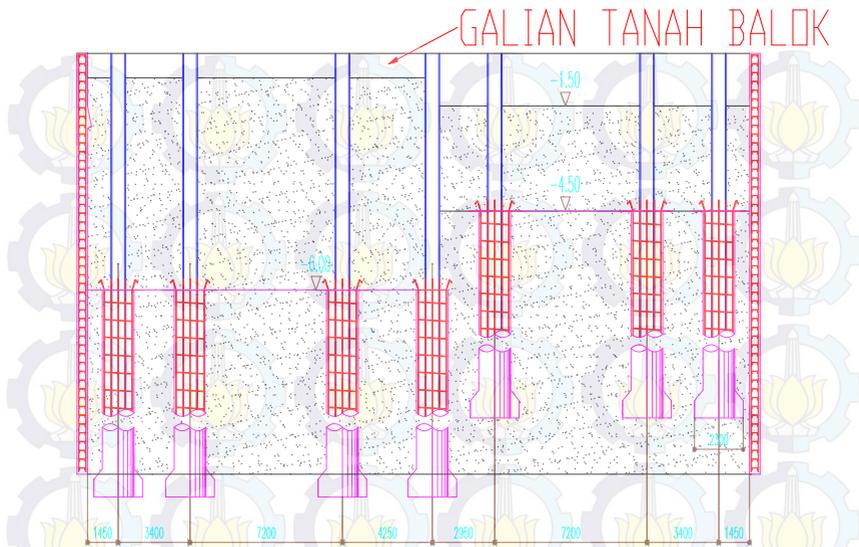
Penggalian tanah ini dilakukan sesuai dengan tebal balok dan pelat pada P1A. penggalian untuk balok sampai elv.  $-0.70$ , untuk lebih jelasnya seperti pada Gambar 5.17 berikut ini



Gambar 5.17 Penggalian Tanah P-1A

**b. Penggalian tanah untuk balok dan pelat lantai B 1B.**

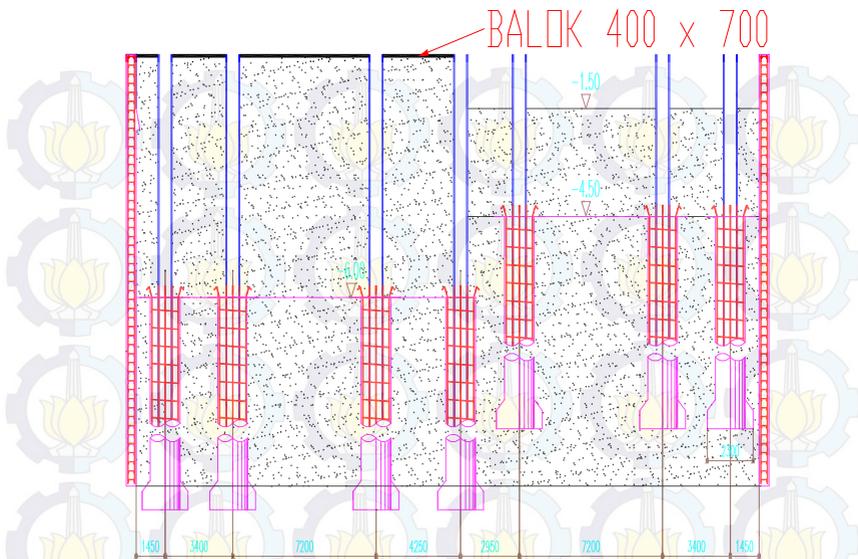
Penggalian tanah ini dilakukan 2 tahap yaitu galian sampai  $-1.60$  m, dan galian untuk balok.



Gambar 5.18 Penggalian Tanah P-2B

**c. Pemasangan Bekisting, Penulangan Balok dan Pelat.**

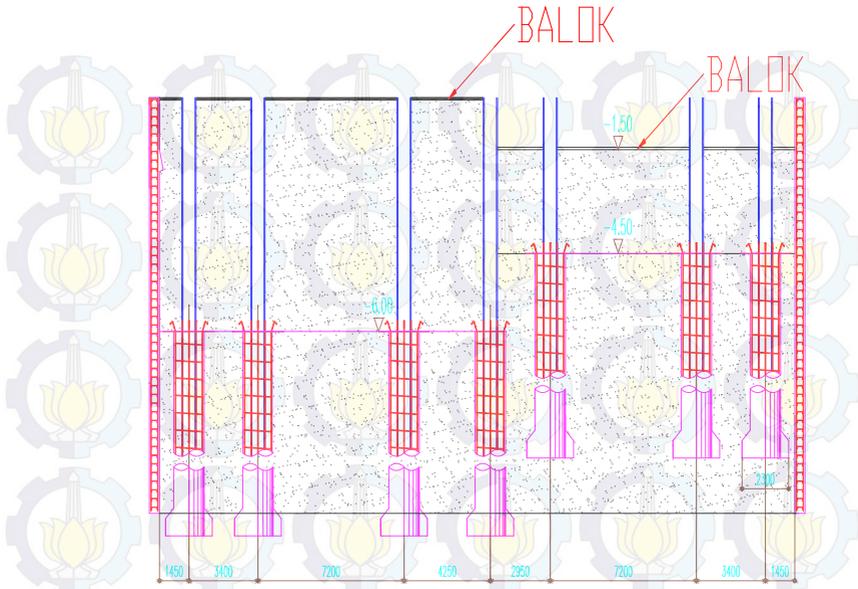
Bersamaan dengan penggalian B 1B pekerjaan balok serta pelat lantai P1A dapat dilakukan meskipun pekerjaan penggalian B1B belum selesai. Sambungan antara *king post* dan tulangan balok di sambung menggunakan sambungan las. Untuk lebih jelasnya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.19 Tahap Pelaksanaan Balok P1A

**d. Pemasangan Bekisting, Penulangan Balok dan Pelat.**

Pekerjaan balok dan pelat B1B dilakukan setelah penggalian telah mencapai level -2.2. Pekerjaan ini harus dipantau terus oleh tim surveyor agar memiliki keakurasian letak balok. Pekerjaan Penulangan sama seperti yang dilakukan pada lantai P-1A



Gambar 5.20 Tahap Pelaksanaan Balok B2B

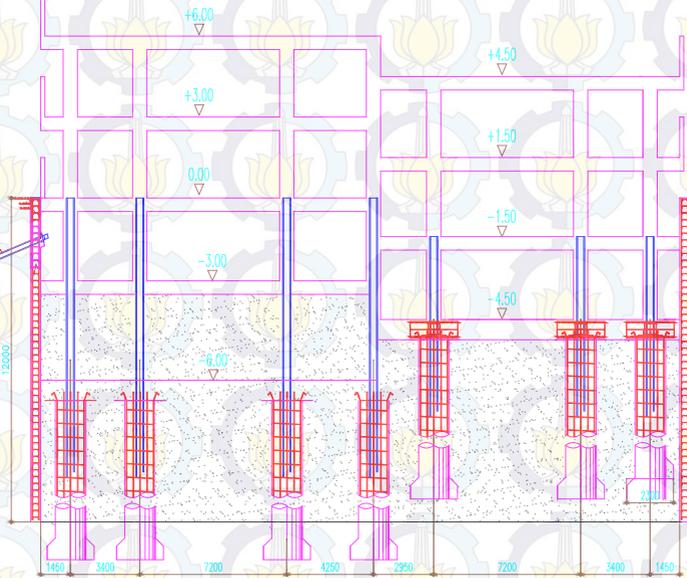
Setelah pekerjaan Pelat lantai dan Balok pada lantai P 1A dan B 1B, maka dilanjutkan pekerjaan lantai B 1A, B 2B, B 2A, *sloof*, dan *pile cap*, bersamaan dengan pekerjaan tersebut dilakukan juga pekerjaan struktur atas. Pekerjaan struktur atas dimulai dari pekerjaan kolom P1A dan kolom B 1B. Untuk Pekerjaan P 4A, P 3B, Dilakukan setelah pekerjaan struktur bawah selesai., hal ini dilakukan untuk keamanan dari pelaksanaan. Untuk lebih jelasnya seperti pada tahapan berikut ini.

#### 4. Pekerjaan B 1A, B 2B, P 2A, P 1B, P 2B, P 3A.

Pekerjaan *sloof* dan pelat B 2B dilakukan setelah penggalian telah mencapai level -4.5. Pekerjaan ini harus dipantau terus oleh tim surveyor agar memiliki keakurasian letak *sloof*. Pada tahap ini dilakukan juga pekerjaan *sloof*, *pile cap*, dan pelat lantai dasar *basement*.

Untuk sambungan antara *king post* dengan *sloof* sama seperti sambungan balok dengan *king post*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran Gambar. Setelah Pekerjaan ini selesai maka dapat dilanjutkan sampai *topping off* untuk zona B yaitu pada level + 7.50. Untuk dinding pada zona A dilakukan perkuatan tambahan yaitu menggunakan ground ankur pada level -1.5. *Ground* ankur ini diletakan pada level tersebut untuk menghindari air tanah (kebocoran).

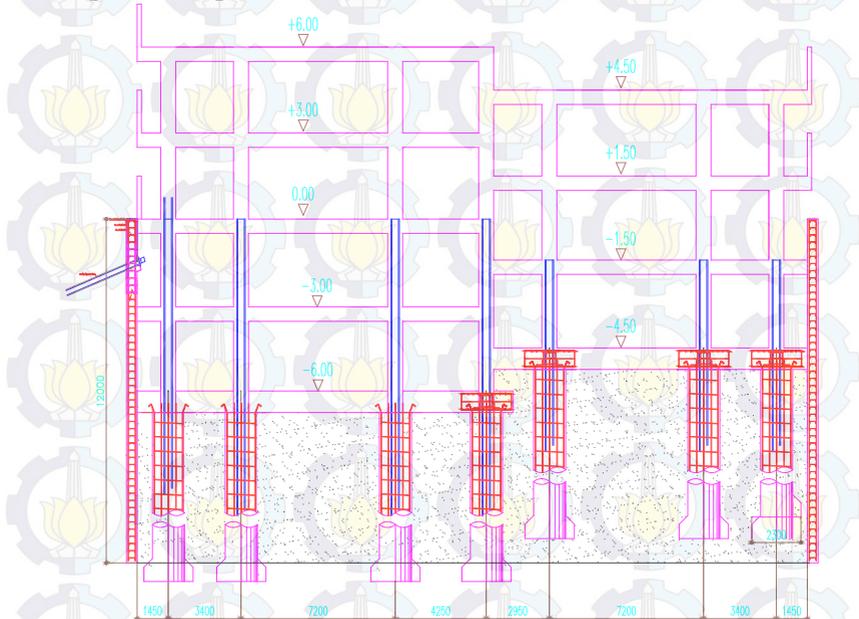
Untuk Pekerjaan B1A dan B2B dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Pekerjaan B 1A, B 2B, P 2A, P 1B, P 2B, P 3A

### 5. Pekerjaan *Basement B 2A (Pile cap, Sloof, Kolom dan Pelat)*

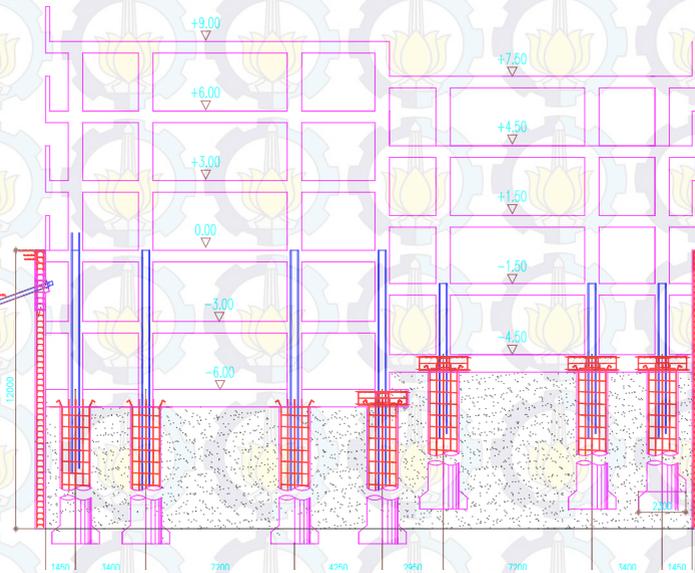
Pada tahapan pekerjaan *basement B2A* langkah pengerjaannya sama seperti pada pekerjaan *basement B2B*, penggalian dilakukan sampai level  $-6.00$  m. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.22



Gambar 5.22 Pekerjaan *Basement B 2A (Pile cap, Sloof, Kolom dan Pelat)*

## 6. Pekerjaan Lantai P 3A dan P 2B

Pada tahapan pekerjaan ini meliputi : kolom, balok, pelat. Pekerjaan ini merupakan yang terakhir untuk pengerjaan top-down.



Gambar 5.23 Pekerjaan Lantai P 3A dan P 2B

## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis data dengan mengacu pada tinjauan pustaka, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

#### 6.1.1 Perencanaan *Basement*

##### a. Perencanaan *Diaphragm Wall*

- *Basement* dengan elv. -6m

Pada *basement* ini menggunakan *diaphragm wall* dengan kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, dinding ini menggunakan angkur yang memiliki jarak antar angkur yaitu 2 m, dengan kemiringan 25°, panjang angkur 9,5 m, dan diameter angkur 15 cm. *Diaphragm wall* ini menggunakan tulangan baja ulir ukuran Ø19, 150 untuk tulangan utama, ukuran Ø19, 350 untuk tulangan horizontal, dan ukuran Ø10 dengan jarak 350 untuk tulangan geser.

- *Basement* dengan elv. -4.5 m

Pada *basement* ini menggunakan *diaphragm wall* dengan kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, *Diaphragm wall* ini menggunakan tulangan baja ulir ukuran Ø19, 200 untuk tulangan utama, ukuran Ø19, 350 untuk tulangan horizontal, dan ukuran Ø10 dengan jarak 350 untuk tulangan geser.

##### b. Perencanaan Pelat Lantai Dasar *Basement*

Dalam merencanakan tebal pelat lantai *basement* ini harus mempertimbangkan gaya uplift dan tekanan air yang diterima oleh pelat lantai ini. Pada proyek ini memiliki 2 jenis pelat *basement* berdasarkan elevasi dasar *basement*. Berikut ini data perencanaan pelat *basement* berdasarkan elevasi dasar basemet:

- *Basement* dengan elv. -6m  
Tebal pelat 50 cm, dengan menggunakan tulangan arah x dan y D16-250
- *Basement* dengan elv. -4,5m  
Tebal pelat 50 cm, dengan menggunakan tulangan arah x dan y D13-250

## 6.1.2 Perencanaan Pondasi

### a. Pondasi *Bored pile*

Pada Proyek Pembangunan gedung parkir ini menggunakan 1 buah *bored pile* untuk 1 kolom, hal ini dilakukan karena proyek ini direncanakan menggunakan metode *top-down*. Untuk diameter ( $d_s$ ) *bored pile* diseragamkan yaitu 1,5 m, sedangkan untuk diameter bell shaped berdiameter 2 m. Kedalaman *bored pile* memiliki variasi yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut ini:

Tabel 6.1 Variasi Panjang *Bored pile*

L Bored pile	Tinggi										
M											
6	B=29	EP 3	EP 13								
7	D=3	EP 3	EP 13	EP 23	EP 33	EP 43	EP 53	EP 63	EP 73	EP 83	EP 93
8	B=2	EP 1	EP 11	EP 19	EP 29	EP 39	EP 49	EP 59	EP 69	EP 79	EP 89
9	B=6	EP 1'	EP 23	EP 28	EP 37	EP 45	B=4'				
11	D=1	EP 1	EP 17	EP 27	EP 37	EP 47	EP 57	EP 67	EP 77	EP 87	EP 97
1	B=4	EP 1	EP 27	EP 36	EP 45	EP 54	B=38	B=40			
12	B=7	EP 15	EP 24	EP 33	EP 42	EP 51					
14	B=7	EP 13									
15	B=6										

### b. Perencanaan *Sloof*

Dimensi *sloof* diseragamkan yaitu 600 x 750 dengan penulangan 12-D22

### c. Perencanaan *Pile cap*

Dimensi *pile cap* direncanakan 2500 x 2500 x 750 dengan penulangan arah x sama dengan arah y yaitu D19 , 250

### 6.1.3 Tahapan Pelaksanaan Metode Konstruksi

Tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu :

1. Urutan pelaksanaan *diaphragm wall*
2. Urutan pelaksanaan *bored pile*
3. Tahapan pelaksanaan *top-down*

### 6.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian tanah di lab untuk seluruh parameter yang dibutuhkan. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya serta akan mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.

## BAB V

### METODE PELAKSANAAN BASEMENT

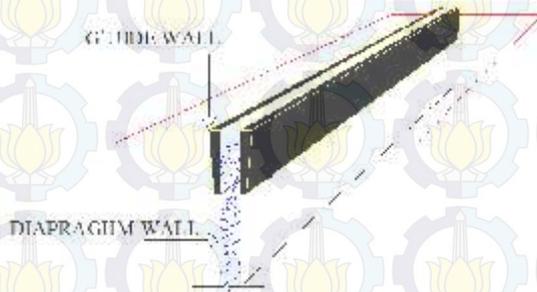
Pada bab ini akan membahas mengenai urutan pelaksanaan pembangunan *basement* gedung parkir *Apartement Skyland City Education Park*, tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu :

- Urutan pelaksanaan *diaphragm wall*
- Urutan pelaksanaan *bored pile*
- Urutan pelaksanaan *top-down construction*

#### 5.1 Urutan Pelaksanaan *Diaphragm wall*

Pengerjaan *diaphragm wall* terdiri dari 4 bagian yang mendasar, yaitu:

- Pekerjaan Persiapan  
Pada Pekerjaan persiapan ini merupakan pemasangan *guide wall*, *guide wall* ini berfungsi untuk menghindari adanya penyimpangan pada saat pengeboran. Gambar *guide wall* akan ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 *Guide Wall*



Gambar 5.2 Denah Guide Wall

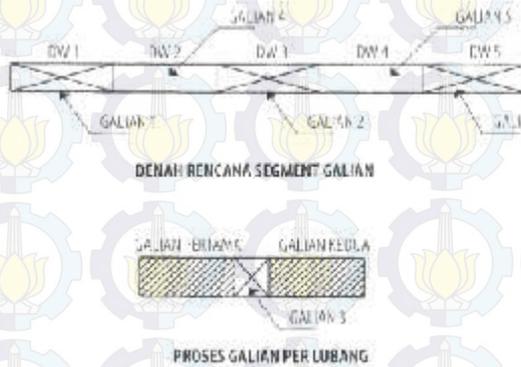
- Pekerjaan Penggalian, Pemasangan Besi Tulangan dan Pengecoran

Pada saat penggalian tanah untuk dinding *diaphragm wall* tidak boleh sebelah menyebelah atau saling berdekatan, melainkan harus selang-seling, hal ini dilakukan untuk menghindari keruntuhan tanah akibat galian. Pada proyek ini penggalian untuk *diaphragm wall* ada dua kedalaman yang berbeda yaitu kedalaman 16 meter dan 12 meter. Penggalian dengan menggunakan alat *clamshell*. Gambar alat *clamshell* seperti pada Gambar 5.3.



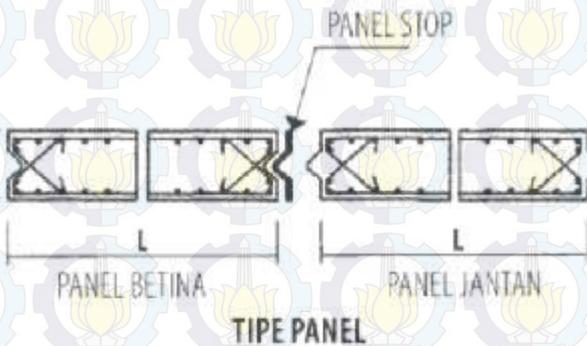
Gambar 5.3 *Clamshell*

Untuk menghindari rusaknya dinding galian yang lain, dilakukan metoda galian, bersamaan dengan itu pula lumpur betonite dimasukan untuk menjaga kestabilan tanah galian. Konsep perencanaan penggalian seperti pada Gambar 5.4



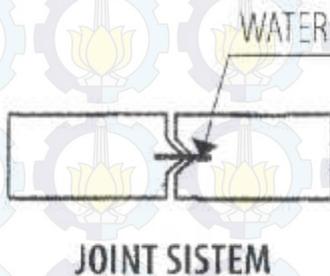
Gambar 5.4 Konsep Perencanaan Penggalian

Pada tiap ujung dinding *diaphragm wall* ada dua tipe, yaitu tipe *male* dan *female*. Paduan keduanya akan membuat antar panel saling mengikat. Pada saat akan melakukan pemasangan kerangka besi, panel stop juga ikut diturunkan pada dua ujung panel dinding *diaphragm wall*. Panel stop ini berfungsi untuk membentuk kedua ujung *diaphragm wall*. *Panel stop* seperti pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 *Panel Stop*

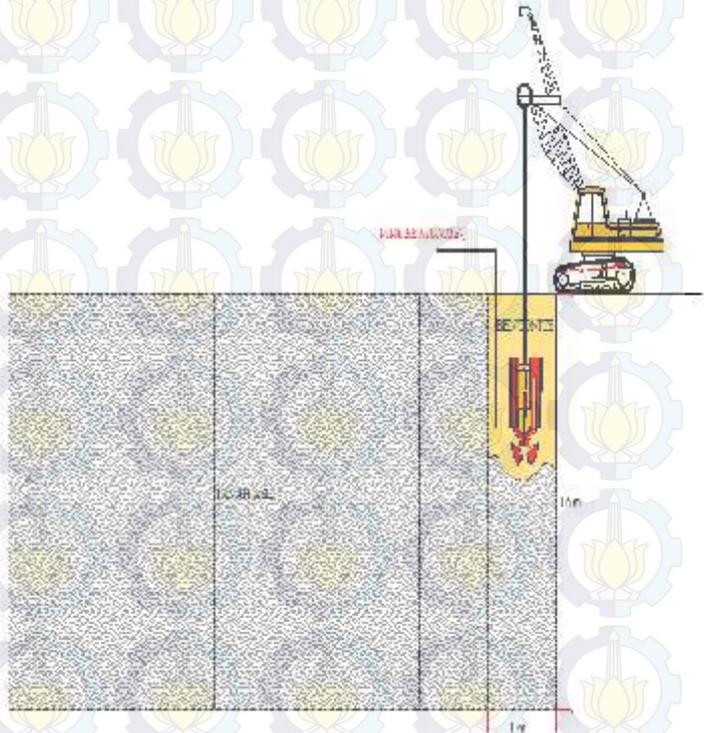
Selain diberi *panel stop*, dipasangkan juga *water stop* yang berguna untuk membuat dinding kedap air. *Water stop* seperti pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 *Water Stop*

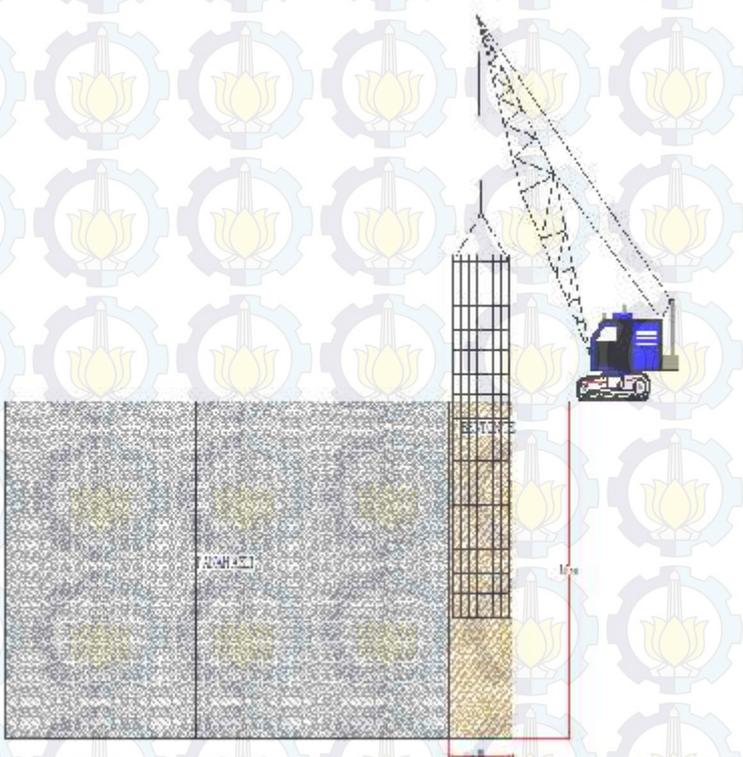
Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan penggalian, pemasangan tulangan dinding.

1. Penggalian lubang panel dinding menggunakan alat *clamshell*, digunakan lumpur bentonite sebagai stabiliator agar tidak terjadi keruntuhan pada dinding galian. Adapun proses penggalian tanah untuk dinding seperti pada Gambar 5.7 berikut ini.



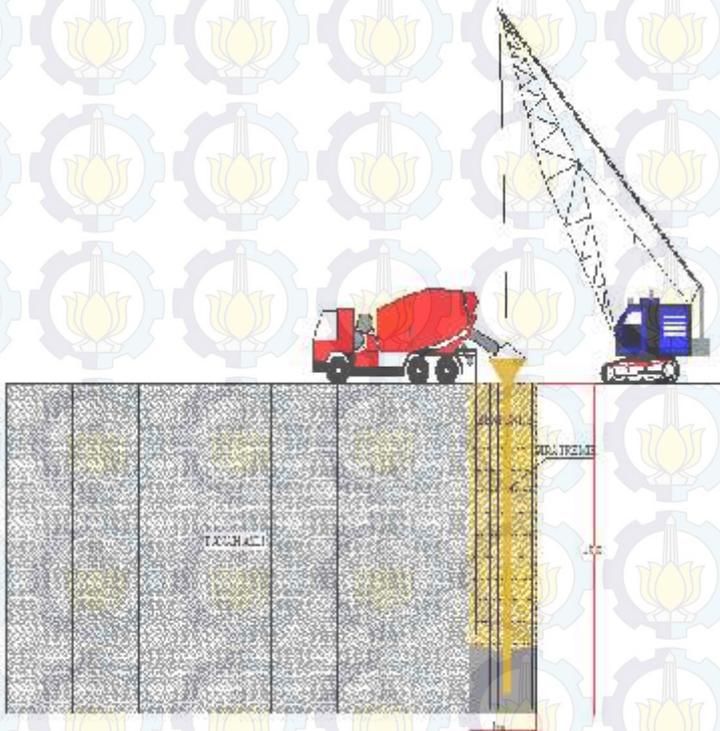
Gambar 5.7 Penggalian Tanah untuk *Diaphragm Wall*

2. Setelah penggalian selesai, dilanjutkan dengan pemasangan tulangan *diaphragm wall* menggunakan alat *mobile crane*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



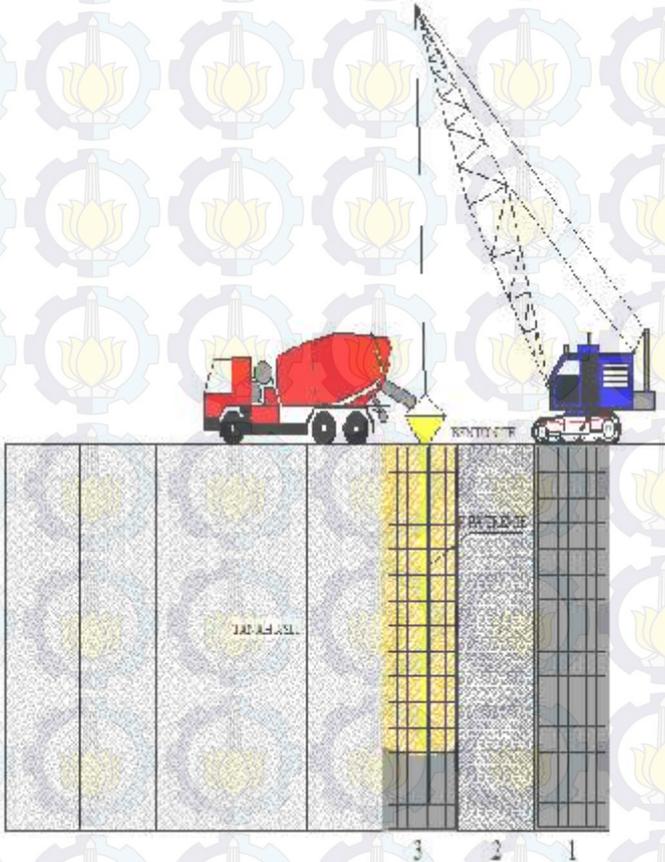
Gambar 5.8 Pemasangan Tulangan *Diaphragm wall*

3. Proses pengecoran *diaphragm wall* dimulai dari memasukan pipa tremi, hal ini dilakukan untuk menjaga tinggi jatuh beton segar kurang dari 1,5 m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Pengecoran *Diaphragm wall*

- Setelah pekerjaan panel satu (1) selesai dilanjutkan pekerjaan panel tiga (3), hal ini dilakukan karena adanya *joint system* yang berbeda antara panel ganjil dengan panel genap. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini:



Gambar 5.10 Pekerjaan *Diaphragm Wall* pada Panel 3

## 5.2 Urutan Pelaksanaan *Bored pile*

Pekerjaan *bored pile* terdiri dari 3 sub bab pekerjaan yang mendasar, yaitu:

- Pekerjaan persiapan
- Pekerjaan pengeboran
- Pekerjaan pengecoran

### 5.2.1 Pekerjaan Persiapan

- Pekerjaan pengukuran / survey titik pengeboran
- Pekerjaan fabrikasi tulangan

### 5.2.2 Pekerjaan Pengeboran dan Pemasangan Besi Tulangan

#### a. Pemasangan *Casing*

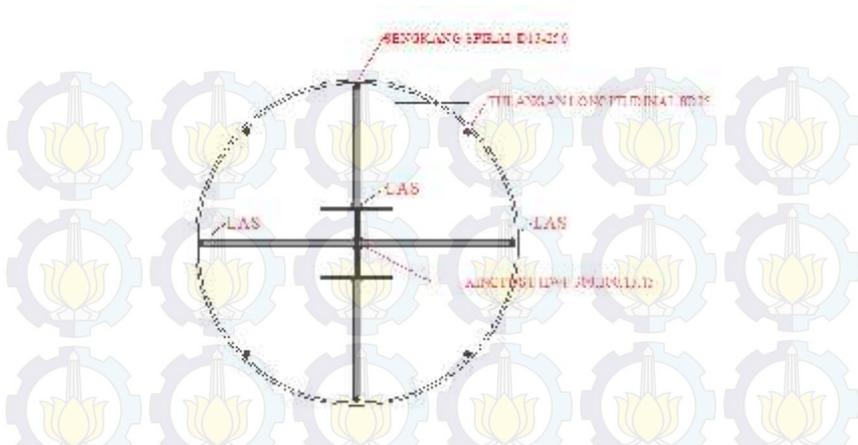
Pemasangan *casing* ini dilakukan untuk menghindari kelongsoran yang terjadi pada dinding lubang.

#### b. Pengeboran

Pengeboran awal menggunakan mata bor jenis *auger* yang dipasang pada alat berat untuk melonggarkan tanah yang akan dibuat lubang *bored pile*. Pengeboran menggunakan auger dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan 12 meter dari muka tanah. Sampai kedalaman tersebut dilaksanakan pembesaran dengan 1,5D shaft atau 2,3 m dengan *underreamer*.

#### c. Pemasangan tulangan dan *king post*

Untuk memudahkan dalam pemasangan dilapangan kinpost dan tulangan longitudinal disatukan dengan cara dilas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini :



Gambar 5.11 Besi Penyambung *King Post* dengan Tulangan

Pembesian yang telah dirangkai dan dilas dengan *king post* di daerah fabrikasi dimasukkan ke dalam lubang bor sesuai dengan letak yang diinginkan di dalam lubang. Pemasangan menggunakan *mobile crane*. Dengan dibantu surveyor, *king post* dicek kevertikalannya ketika diangkat oleh *crane*, lalu dimasukkan ke dalam lubang bor melewati penyangga *king post* sementara. Surveyor harus memandu proses ini baik dari segi koordinat maupun elvasi *king post* secara simultan. Setelah *king post* berada ditempatnya, *king post* dilas dengan penyangga *king post* sementara dan penggantung dilepas.

#### d. Pemasangan *tremie*

Sesudah besi terpasang, maka dilakukan pemasangan *tremie* sesuai dengan panjang yang diinginkan dengan ujung bawah terletak 30 cm ( $< 1,5$  m) dari dasar lubang. Ditengah-tengah permukaan lubang bor dilengkapi dengan corong penampung beton segar.

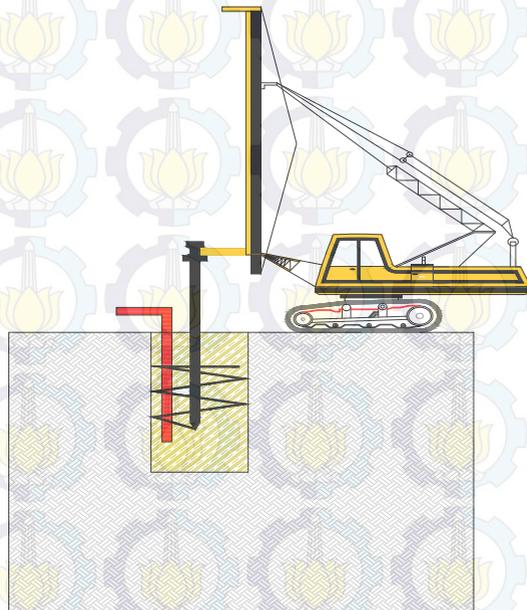
### e. Pekerjaan Pengecoran

*Concrete mixer truck* yang digunakan berkapasitas 6 m<sup>3</sup>.

Beton yang digunakan memiliki *slump* yang tinggi yaitu sekitar 15-18 cm dan mutu beton f'c 35. Sebelum beton segar dituang ke corong tremie, terlebih dahulu dimasukan *styrofoam* saat memasang pipa *tremie*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tercampurnya beton segar dengan air tanah. Pengecoran ini dilakukan sampai 2 m diatas *cut off level* pondasi, karena 2 m beton yang paling atas merupakan beton jelek.

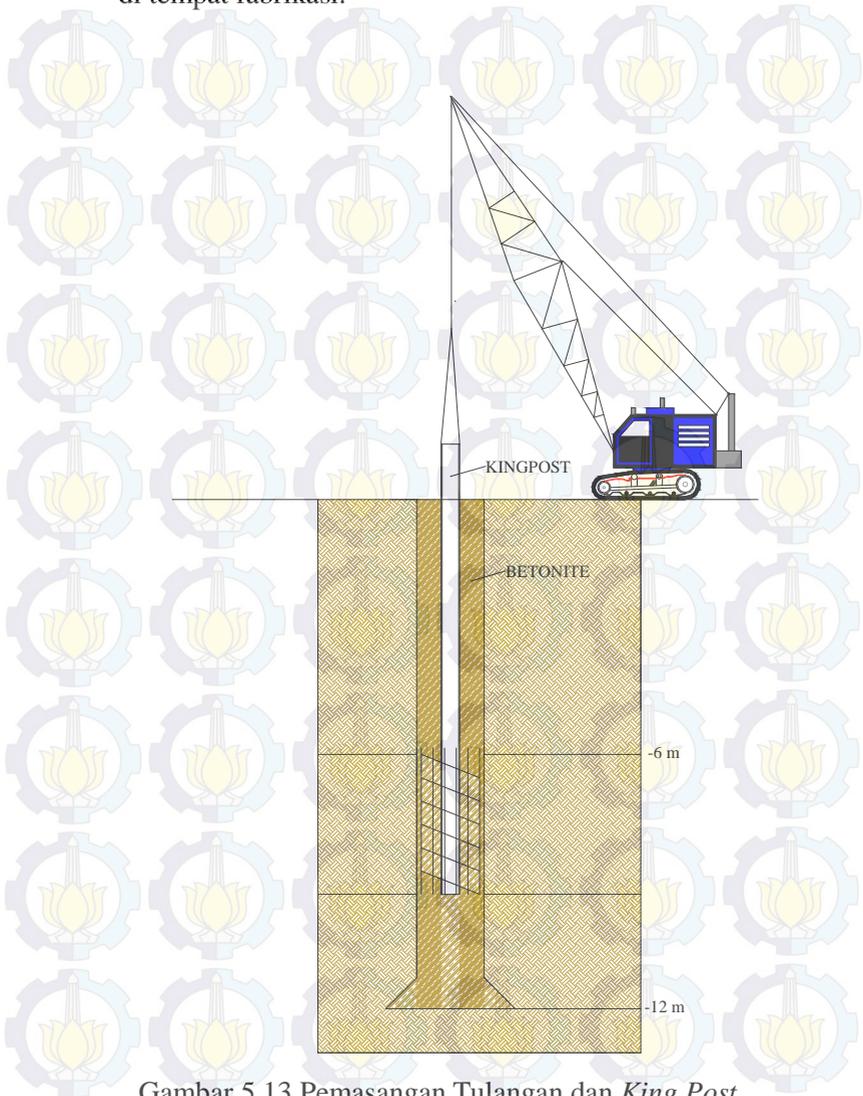
Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan pondasi *bored pile*.

1. Pengeboran tanah, untuk stabiliator dinding lubang pengeboran digunakan *bentonite* seperti pada Gambar 5.12.



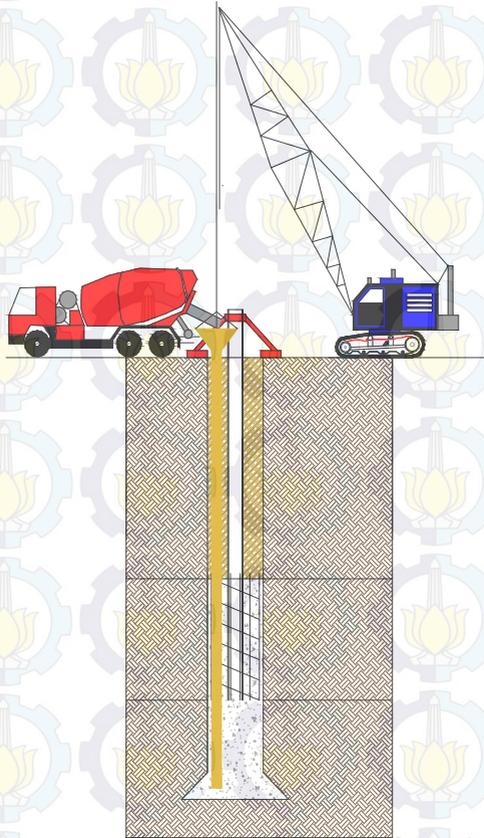
Gambar 5.12 Pengeboran Tanah untuk *Bored Pile*

2. Pemasangan besi tulangan dan *king post* yang telah di las di tempat fabrikasi.



Gambar 5.13 Pemasangan Tulangan dan *King Post*

3. Setelah *king post* dan tulangan dimasukkan, selanjutnya *king post* dilas dengan penyangga *king post* agar tidak terjadi perubahan posisi *king post*. Setelah itu dilakukan pengecoran menggunakan pipa *tremie*. Penyangga *king post* digunakan sampai beton mengeras



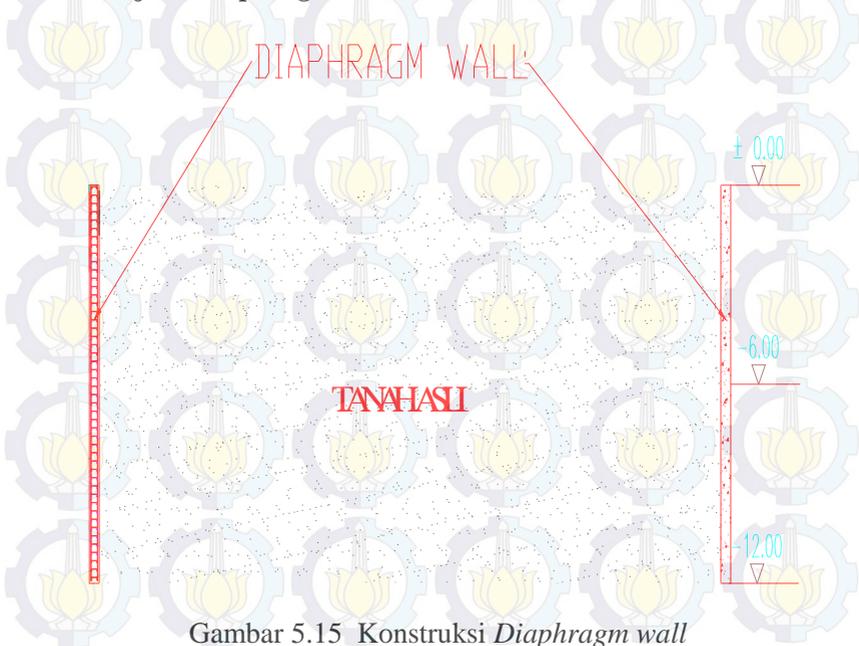
Gambar 5.14 Pengecoran *Bored Pile*

### 7.3 Tahapan Pelaksanaan *Top-Down Construction*

Pada metode *top-down*, penggalian tanah dilakukan selapis demi selapis ke arah bawah. Perencanaan tinggi antar lantai *basement* harus sesuai dengan kebebasan gerak alat penggali tanah (*backhoe* atau *excavator*) dan kendaraan angkut material. Di sini terdapat penghematan biaya bekisting untuk pelat dan balok *basement*. Seluruh struktur pelat dan balok didukung oleh permukaan tanah yang belum digali. Proses penggalian tanah *basement* dikerjakan pada setiap lantai hingga lantai *basement* terbawah yang merupakan pondasi bangunan keseluruhan.

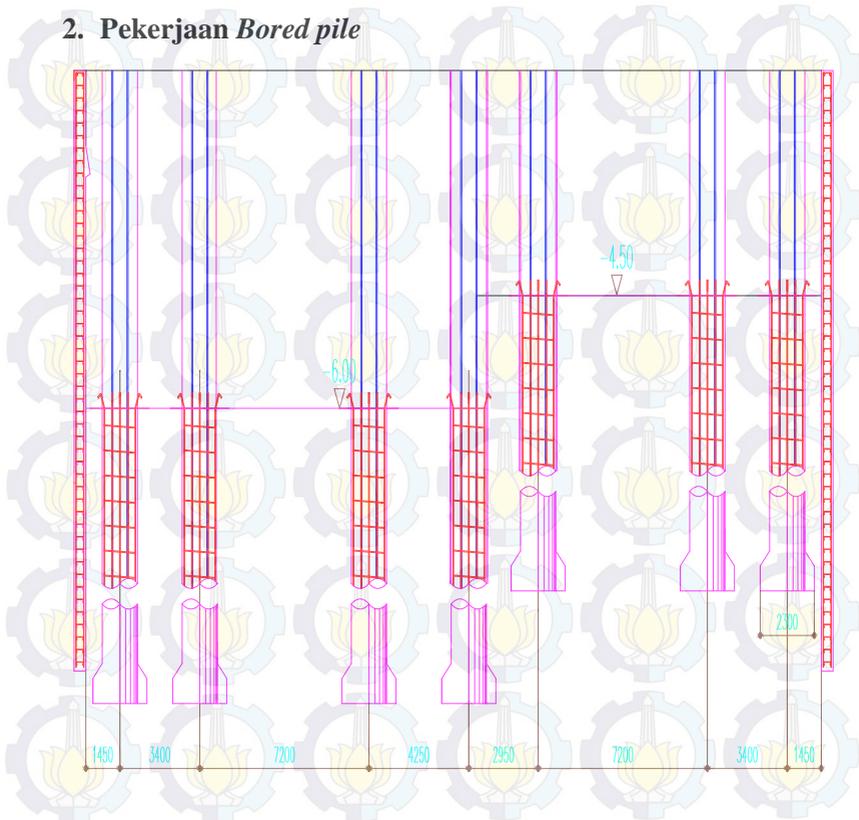
Berikut ini diuraikan tahapan pelaksanaan pembangunan dengan metode *top-down*. Ada dua tahapan pekerjaan, yaitu pekerjaan tahap awal dan pekerjaan tahap konstruksi.

#### 1. Pekerjaan *Diaphragm Wall*



Gambar 5.15 Konstruksi *Diaphragm wall*

## 2. Pekerjaan *Bored pile*



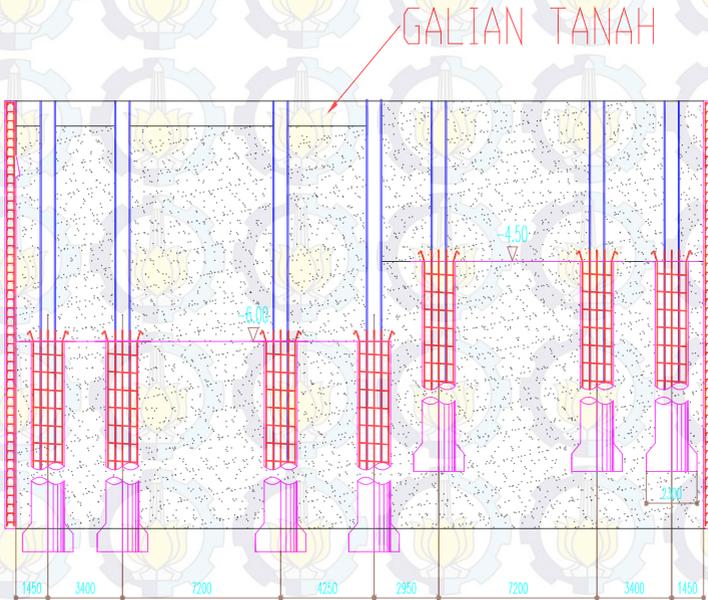
Gambar 5.16 Konstruksi *Bored pile*

## 3. Pekerjaan Pelat dan Balok lantai P 1A dan B 1B

Pada pekerjaan pelat dan balok lantai P 1A dan B 1B dibagi menjadi 4 jenis pekerjaan, pekerjaan tersebut seperti berikut ini.

**a. Penggalian tanah untuk balok dan pelat lantai P 1A.**

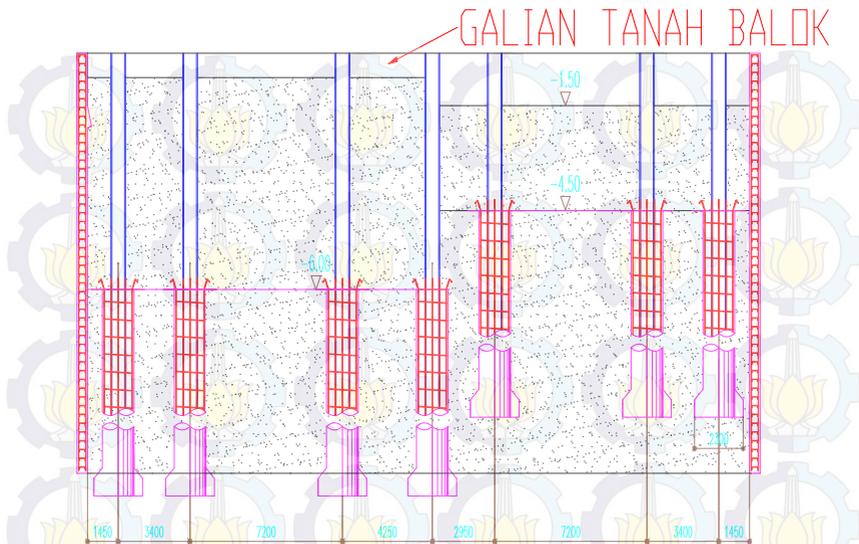
Penggalian tanah ini dilakukan sesuai dengan tebal balok dan pelat pada P1A. penggalian untuk balok sampai elv.  $-0.70$ , untuk lebih jelasnya seperti pada Gambar 5.17 berikut ini



Gambar 5.17 Penggalian Tanah P-1A

**b. Penggalian tanah untuk balok dan pelat lantai B 1B.**

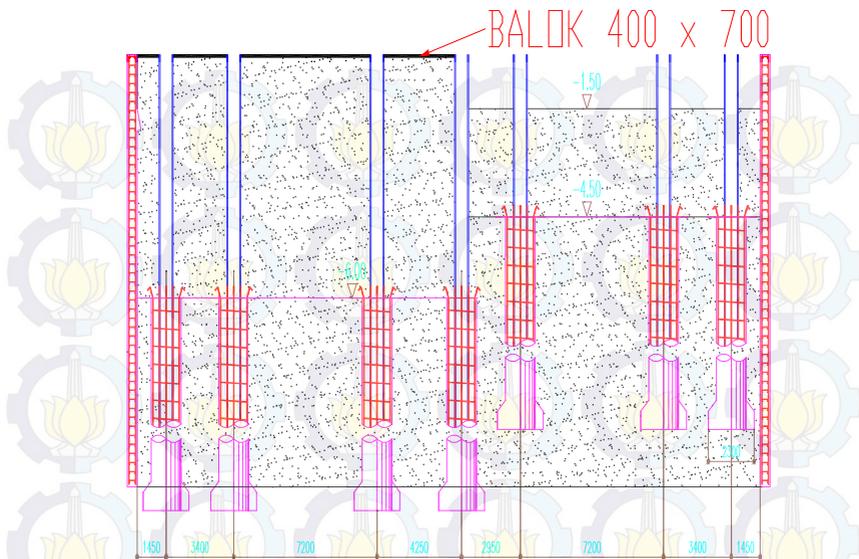
Penggalian tanah ini dilakukan 2 tahap yaitu galian sampai  $-1.60$  m, dan galian untuk balok.



Gambar 5.18 Penggalian Tanah P-2B

**c. Pemasangan Bekisting, Penulangan Balok dan Pelat.**

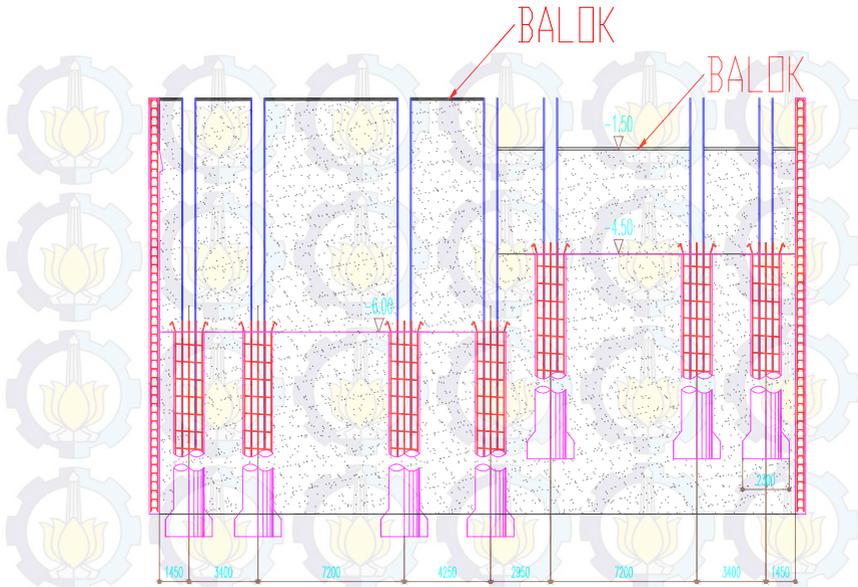
Bersamaan dengan penggalian B 1B pekerjaan balok serta pelat lantai P1A dapat dilakukan meskipun pekerjaan penggalian B1B belum selesai. Sambungan antara *king post* dan tulangan balok di sambung menggunakan sambungan las. Untuk lebih jelasnya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.19 Tahap Pelaksanaan Balok P1A

**d. Pemasangan Bekisting, Penulangan Balok dan Pelat.**

Pekerjaan balok dan pelat B1B dilakukan setelah penggalian telah mencapai level -2.2. Pekerjaan ini harus dipantau terus oleh tim surveyor agar memiliki keakurasian letak balok. Pekerjaan Penulangan sama seperti yang dilakukan pada lantai P-1A



Gambar 5.20 Tahap Pelaksanaan Balok B2B

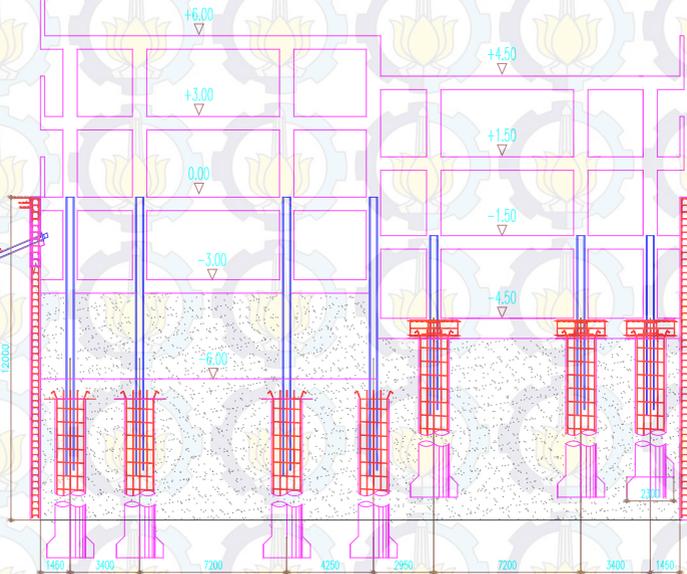
Setelah pekerjaan Pelat lantai dan Balok pada lantai P 1A dan B 1B, maka dilanjutkan pekerjaan lantai B 1A, B 2B, B 2A, *sloof*, dan *pile cap*, bersamaan dengan pekerjaan tersebut dilakukan juga pekerjaan struktur atas. Pekerjaan struktur atas dimulai dari pekerjaan kolom P1A dan kolom B 1B. Untuk Pekerjaan P 4A, P 3B, Dilakukan setelah pekerjaan struktur bawah selesai., hal ini dilakukan untuk keamanan dari pelaksanaan. Untuk lebih jelasnya seperti pada tahapan berikut ini.

#### 4. Pekerjaan B 1A, B 2B, P 2A, P 1B, P 2B, P 3A.

Pekerjaan *sloof* dan pelat B 2B dilakukan setelah penggalian telah mencapai level -4.5. Pekerjaan ini harus dipantau terus oleh tim surveyor agar memiliki keakurasian letak *sloof*. Pada tahap ini dilakukan juga pekerjaan *sloof*, *pile cap*, dan pelat lantai dasar *basement*.

Untuk sambungan antara *king post* dengan *sloof* sama seperti sambungan balok dengan *king post*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran Gambar. Setelah Pekerjaan ini selesai maka dapat dilanjutkan sampai *topping off* untuk zona B yaitu pada level + 7.50. Untuk dinding pada zona A dilakukan perkuatan tambahan yaitu menggunakan ground ankur pada level -1.5. *Ground ankur* ini diletakan pada level tersebut untuk menghindari air tanah (kebocoran).

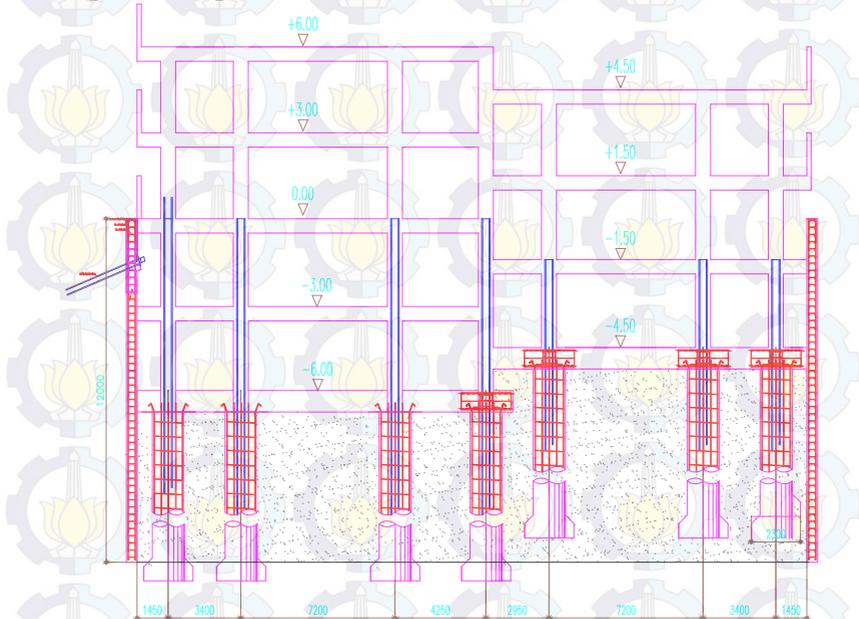
Untuk Pekerjaan B1A dan B2B dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Pekerjaan B 1A, B 2B, P 2A, P 1B, P 2B, P 3A

### 5. Pekerjaan *Basement B 2A (Pile cap, Sloof, Kolom dan Pelat)*

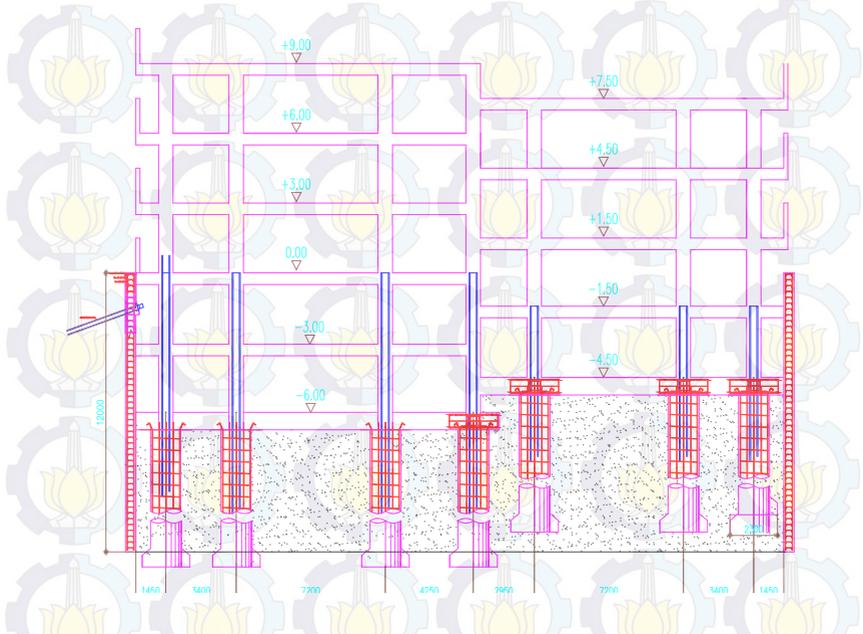
Pada tahapan pekerjaan *basement B2A* langkah pengerjaannya sama seperti pada pekerjaan *basement B2B*, penggalian dilakukan sampai level  $-6.00$  m. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.22



Gambar 5.22 Pekerjaan *Basement B 2A (Pile cap, Sloof, Kolom dan Pelat)*

## 6. Pekerjaan Lantai P 3A dan P 2B

Pada tahapan pekerjaan ini meliputi : kolom, balok, pelat. Pekerjaan ini merupakan yang terakhir untuk pengerjaan top-down.



Gambar 5.23 Pekerjaan Lantai P 3A dan P 2B

## **BAB VI PENUTUP**

### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis data dengan mengacu pada tinjauan pustaka, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

#### **6.1.1 Perencanaan Basement**

##### **a. Perencanaan *Diaphragm Wall***

- *Basement* dengan elv. -6m

Pada *basement* ini menggunakan *diaphragm wall* dengan kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, dinding ini menggunakan angkur yang memiliki jarak antar angkur yaitu 2 m, dengan kemiringan 25°, panjang angkur 9,5 m, dan diameter angkur 15 cm. *Diaphragm wall* ini menggunakan tulangan baja ulir ukuran Ø19 – 150 untuk tulangan utama, ukuran Ø19 – 350 untuk tulangan horizontal, dan ukuran Ø10 dengan jarak 350 untuk tulangan geser.

- *Basement* dengan elv. -4.5 m

Pada *basement* ini menggunakan *diaphragm wall* dengan kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, *Diaphragm wall* ini menggunakan tulangan baja ulir ukuran Ø19 – 200 untuk tulangan utama, ukuran Ø19 – 350 untuk tulangan horizontal, dan ukuran Ø10 dengan jarak 350 untuk tulangan geser.

##### **b. Perencanaan Pelat Lantai Dasar *Basement***

Dalam merencanakan tebal pelat lantai *basement* ini harus mempertimbangkan gaya uplift dan tekanan air yang diterima oleh pelat lantai ini. Pada proyek ini memiliki 2 jenis pelat *basement* berdasarkan elevasi dasar *basement*. Berikut ini data perencanaan pelat *basement* berdasarkan elevasi dasar basemet:

- *Basement* dengan elv. -6m  
Tebal pelat 50 cm, dengan menggunakan tulangan arah x dan y D16-250
- *Basement* dengan elv. -4,5m  
Tebal pelat 50 cm, dengan menggunakan tulangan arah x dan y D13-250

## 6.1.2 Perencanaan Pondasi

### a. Pondasi *Bored pile*

Pada Proyek Pembangunan gedung parkir ini menggunakan 1 buah *bored pile* untuk 1 kolom, hal ini dilakukan karena proyek ini direncanakan menggunakan metode *top-down*. Untuk diameter ( $d_s$ ) *bored pile* diseragamkan yaitu 1,5 m, sedangkan untuk diameter bell shaped berdiameter 2 m. Kedalaman *bored pile* memiliki variasi yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut ini:

Tabel 6.1 Variasi Panjang *Bored pile*

LBored (m)	Tipe										
6	B=20	EP=5	EP=10								
7	D=0	CP=0	CP=10	CP=20	CF=24	CF=28	CF=40				
8	B=2	EP=1	EP=14	EP=18	EP=19	BF=21	B=22	B=33	EP=4	EP=3	
9	B=6	EP=1	EP=23	EP=26	EP=27	BF=16	B=4				
11	D=0	CP=0	CP=17	CP=21	CF=44						
1	B=4	EP=	EP=27	EP=30	EP=32	BF=34	B=38	B=40	EP=2		
12	B=	EP=5	EP=21	EP=26	EP=26	BF=36					
14	B=7	FP=11									
15	B=8										

### b. Perencanaan *Sloof*

Dimensi *sloof* diseragamkan yaitu 600 x 750 dengan penulangan 12-D22

### c. Perencanaan *Pile cap*

Dimensi *pile cap* direncanakan 2500 x 2500 x 750 dengan penulangan arah x sama dengan arah y yaitu D19 – 250

### 6.1.3 Tahapan Pelaksanaan Metode Konstruksi

Tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu :

1. Urutan pelaksanaan *diaphragm wall*
2. Urutan pelaksanaan *bored pile*
3. Tahapan pelaksanaan *top-down*

### 6.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian tanah di lab untuk seluruh parameter yang dibutuhkan. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya serta akan mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinegara, Ramdhani. 2007. *Perencanaan Ulang Basement Hitech Centre Surabaya Dengan Dinding Penahan Tanah Model Diaphragm Wall Dan Pondasi Utama Bell-Shaped Bore Pile*. Tugas Akhir. ITS Surabaya
- Bowles, J.E. 1983. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Cernica, Jhon N. 1983. *Geotechnical Engineering Foundation Design*. Jakarta: Erlangga,
- Craig, R.F. (translated by Budi Susilo). 1987. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- SNI 1726-2012. *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*
- SNI 2847-2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*
- Untung, Djoko. 2012. *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Yu-Ou, Chang. 2006. *Deep Excavation theory and practice*. London : Taylor & Francis Group.





FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI S1 LITAS JALUR  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BASEMENT  
GEDUNG PARKIR APARTEMEN  
SKYLAND CITY EDUCATION PARK  
BANDUNG

DOSEN PEMBIMBING

Djoko Untung, Ir., Dr

Suwarno, Ir., M.Eng

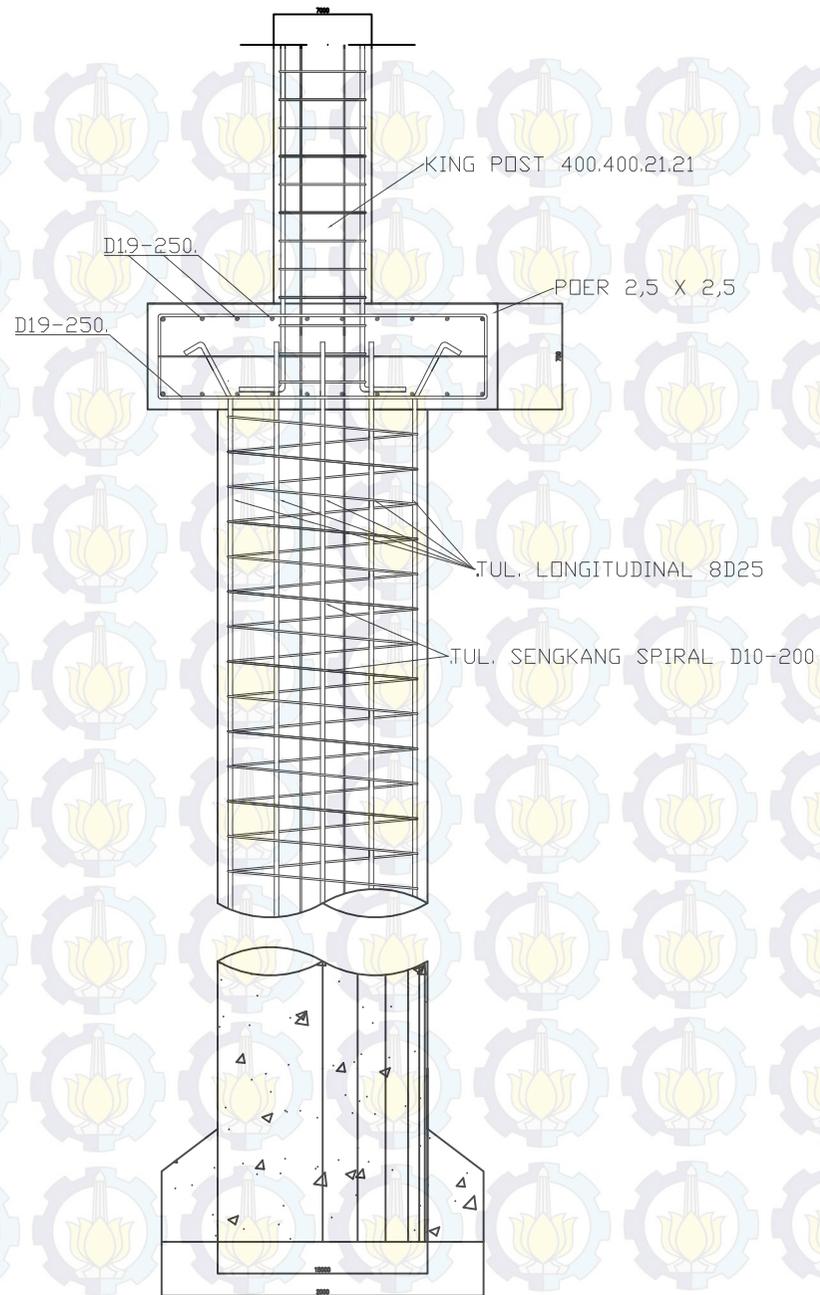
NAMA MAHASISWA

RIZKY HARJA DWINATA

JUDUL GAMBAR

NO. LBR

JML. LBR



DENAH PONDASI

SKALA 1 : 150





FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI S1 LITAS JALUR  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BASEMENT  
GEDUNG PARKIR APARTEMEN  
SKYLAND CITY EDUCATION PARK  
BANDUNG

DOSEN PEMBIMBING

Djoko Untung, Ir., Dr  
Suwarno, Ir., M.Eng

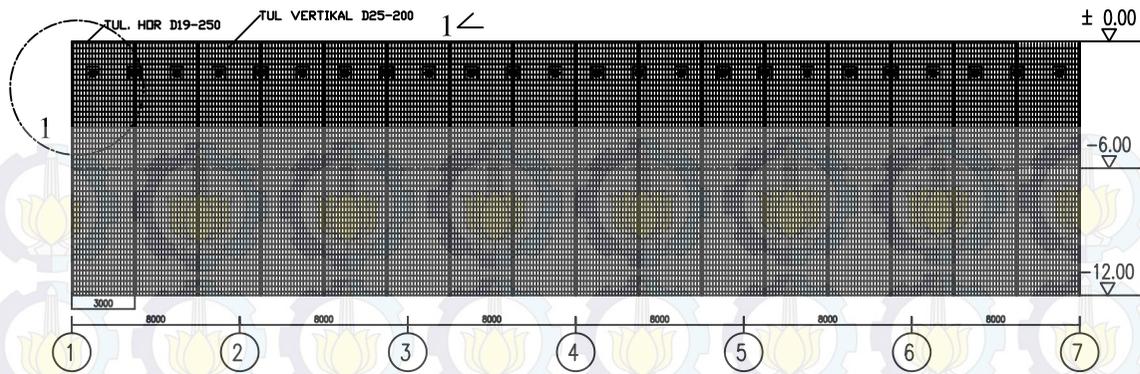
NAMA MAHASISWA

RIZKY HARJA DWINATA

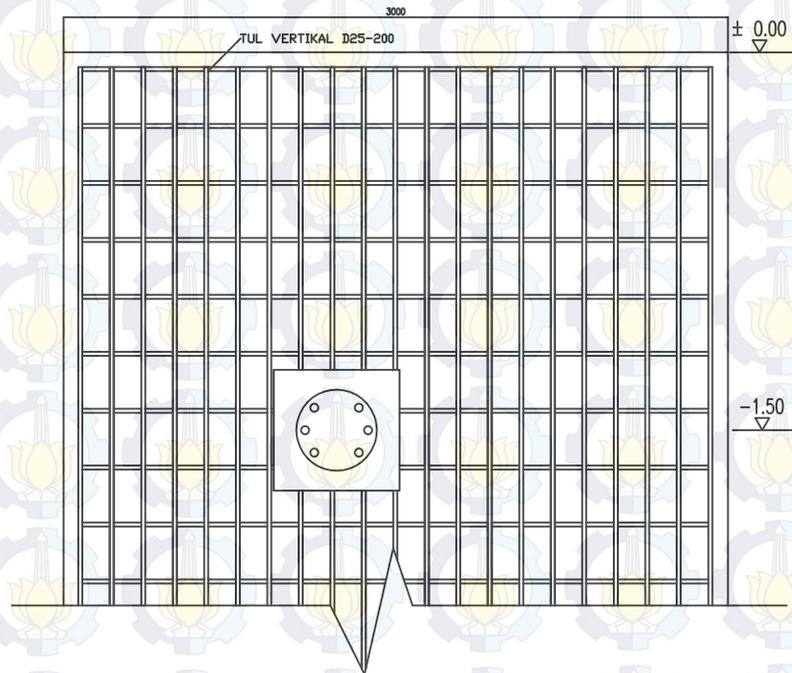
JUDUL GAMBAR

NO. LBR

JML. LBR



POTONGAN I-I  
SKALA 1 : 150



DETIL 1  
SKALA 1 : 150



FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI S1 LITAS JALUR  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BASEMENT  
GEDUNG PARKIR APARTEMEN  
SKYLAND CITY EDUCATION PARK  
BANDUNG

DOSEN PEMBIMBING

Djoko Untung, Ir., Dr  
Suwarno, Ir., M.Eng

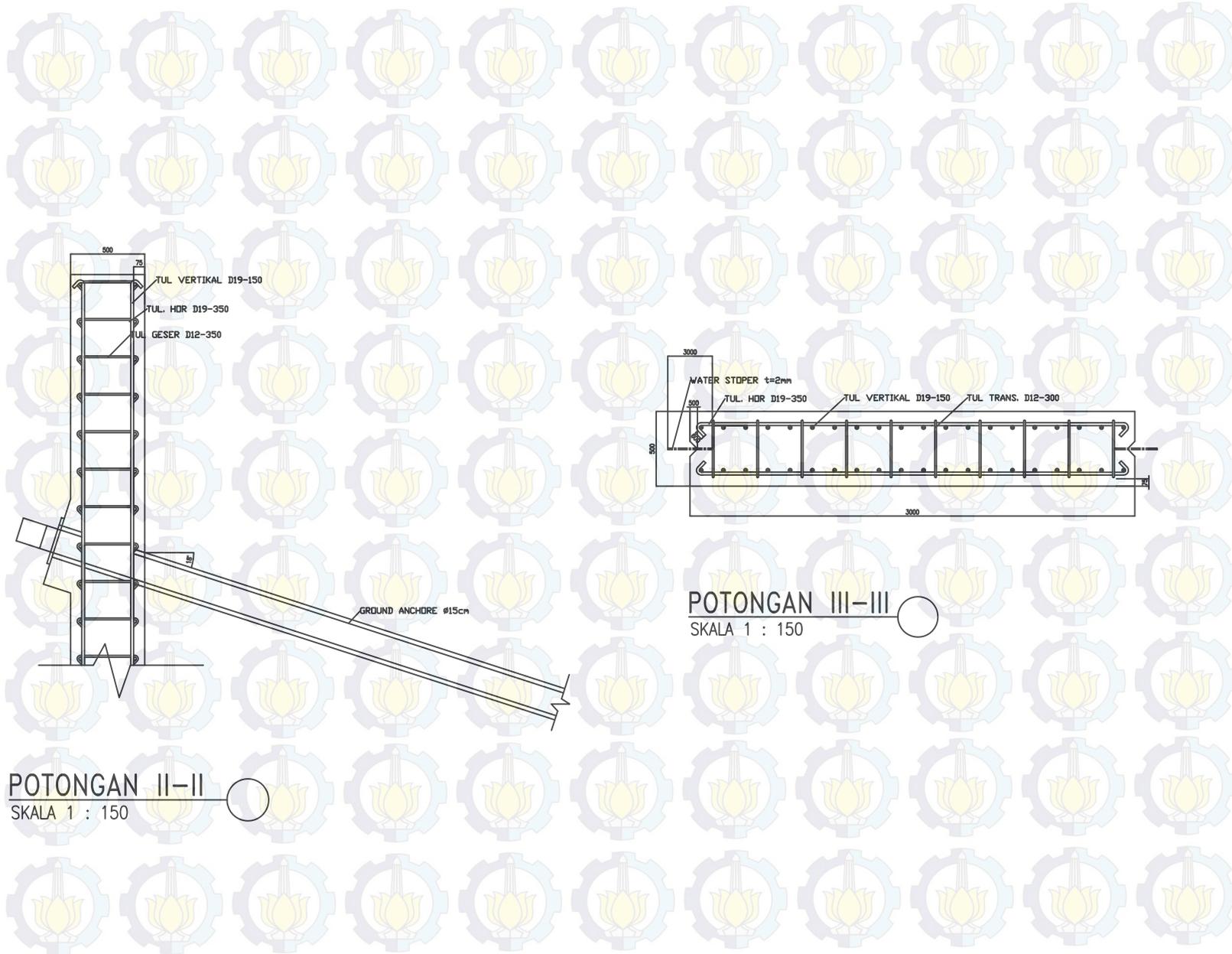
NAMA MAHASISWA

RIZKY HARJA DWINATA

JUDUL GAMBAR

NO. LBR

JML. LBR



POTONGAN II-II  
SKALA 1 : 150

POTONGAN III-III  
SKALA 1 : 150



FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI S1 LITAS JALUR  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BASEMENT  
GEDUNG PARKIR APARTEMEN  
SKYLAND CITY EDUCATION PARK  
BANDUNG

DOSEN PEMBIMBING

Djoko Untung, Ir., Dr

Suwarno, Ir., M.Eng

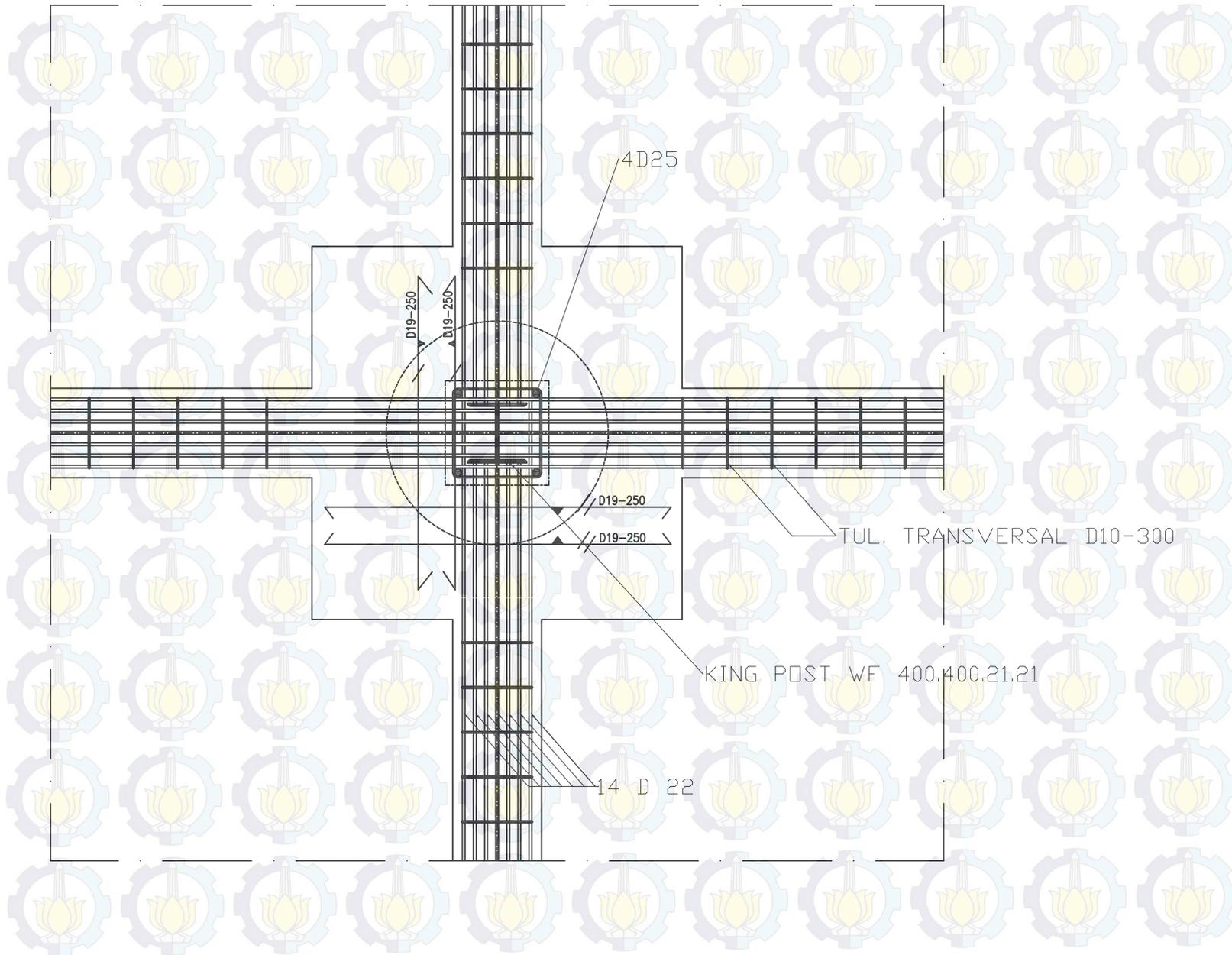
NAMA MAHASISWA

RIZKY HARJA DWINATA

JUDUL GAMBAR

NO. LBR

JML. LBR



## **Rizky Harja Dwinata**



Penulis dilahirkan di Bekasi, 28 Febuari 1991, merupakan anak keuda dari 3 (tiga) bersaudara dari pasangan Ir. Endang Sunaryat dan Rita Puspita Dewi

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Bojong Rawa Lumbu VI Bekasi, SMPN 16 Bekasi dan SMA PGGI Bandung. Setelah lulus dari SMAN PGII Bandung, Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) dan diterima pada Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Sipil pada tahun 2009. Pada saat menjadi mahasiswa POLBAN, penulis aktif dalam organisasi. Penulis menjabat sebagai Ketua Departemen Luar Himpunan pada periode 2010-2011. Penulis menjadi finalis Kompetisi Jembatan Indonesia kategori jembatan kayu. Penulis menempuh pendidikan di POLBAN selama 3 tahun, lulus pada Oktober tahun 2012. Setelah lulus dari POLBAN, pada Oktober 2011, penulis diterima bekerja di PT. Dacrea sebagai chief inspector pada Proyek Pembangunan Dumai Ring Road, kemudian melanjutkan pendidikannya untuk mengambil Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis terdaftar di Jurusan Teknik Sipil Program Sarjana Lintas Jalur Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP. 3112106042.