

# **EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH UNTUK BASEMENT PADA PROYEK PODOMORO CITY DELI MEDAN**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
Universitas Medan Area

**Disusun Oleh :**

**UMI PUTRIJA ELYSTA  
15 811 0107**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

2/10/19

# LEMBAR PENGESAHAN

## EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH UNTUK BASEMENT PADA PROYEK PODOMORO CITY DELI MEDAN

### SKRIPSI

Disusun oleh :

**UMI PUTRIJA ELYSTA**

**15 811 0107**

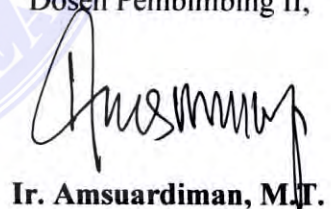
Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,



**Ir. H. Edy Hermanto, M.T.**

Dosen Pembimbing II,



**Ir. Amsuardiman, M.T.**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



  
**Prof. Dr. Armansyah Ginting, M. ENG**

Ketua Prodi Teknik Sipil,



  
**Ir. Kamaluddin Lubis, M.T.**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2/10/19

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika dalam penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Januari 2019  
Penulis,



**UMI PUTRIJA ELYSTA**  
**NPM 15 811 0107**

## ABSTRAK

# EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH UNTUK BASEMENT PADA PROYEK PODOMORO CITY DELI MEDAN

Oleh:  
Umi Putrija Elysta  
15110107

Keterbatasan lahan yang tidak memungkinkan untuk pembangunan secara horizontal, sehingga dibutuhkan solusi pembangunan secara vertikal ke bawah berupa basement dan vertical ke atas. Hal inilah yang juga menjadi permasalahan bagi pembangunan “Podomoro City Deli Medan”. Hal yang harus diperhatikan dalam pembangunan basement adalah struktur proteksi galian basement berupa *diaphragm wall* yang diperkuat dengan *ground anchor* untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan tanah di samping basement tersebut. Oleh karena itu diperlukannya perencanaan *diaphragm wall* yang tepat.

Untuk pemecahan masalah di atas dilakukan pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan dengan cara kunjungan proyek untuk memperoleh data lapangan (data parameter tanah yang diperoleh dari pengujian SPT, data properties *diaphragm wall* serta data *ground anchor*). Data yang diperoleh tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode Rankine, Terzaghi dan metode elemen hingga.

Hasil pengolahan data menggunakan metode Rankine dan Terzaghi menunjukkan bahwa *diaphragm wall* aman terhadap gaya guling ( $F_{gl} = 4,369 > 2,0$ ) dan gaya geser ( $F_{gs} = 2,57 > 2,0$ ) serta memiliki daya dukung tanah yang besar ( $q_u = 2301 \text{ t/m}^2$ ,  $q_a = 767.108 \text{ t/m}^2$ , dengan faktor aman  $F = 3$ ) sehingga diharapkan dapat menerima gaya luar yang besar pula. Sedangkan untuk kalkulasi dengan metode elemen hingga menunjukkan bahwa *diaphragm wall* aman karena tidak mengalami keruntuhan pada saat ekskavasi.

Jadi dapat disimpulkan bahwa *diaphragm wall* adalah layak/aman dipergunakan sebagai dinding penahan tanah untuk pembangunan basement pada proyek pembangunan “Podomoro City Deli Medan”, dikarenakan penurunan *diaphragm wall* tidak berarti (angka penurunan kecil, sebesar 5,72 cm dengan faktor amannya sebesar 3,1526).

**Kata Kunci :** *Diaphragm wall, Ground anchor, stabilitas dinding penahan tanah, daya dukung tanah, metode elemen hingga.*

## ABSTRACT

# EVALUATION OF CALCULATION OF THE RETAINING WALL STABILITY FOR BASEMENT ON PODOMORO CITY DELI MEDAN PROJECT

By:  
Umi Putrija Elysta  
15110107

*Land limitations that do not allow for horizontal development, so that a vertical downward development solution is needed in the form of basement and vertical upwards. This is also a problem for the development of "Podomoro City Deli Medan". The thing that must be considered in the construction of the basement is the basement excavation protection structure in the form of a diaphragm wall which is reinforced with ground anchor to maintain soil stability and prevent soil collapse next to the basement. Therefore, it is necessary to plan the right diaphragm wall.*

*For solving the above problems, data collection and processing are carried out. Data collection is done by way of project visits to obtain field data (soil parameter data obtained from SPT testing, diaphragm wall data properties and ground anchor data). The data obtained is then processed using the Rankine, Terzaghi and finite element method.*

*The results of data processing using Rankine and Terzaghi methods show that the diaphragm wall is safe against rolling force ( $F_{gl} = 4.369 > 2.0$ ) and shear force ( $F_{gs} = 2.57 > 2.0$ ) and has a large soil carrying capacity ( $q_u = 2301 \text{ t / m}^2$ ,  $q_a = 767.108 \text{ t / m}^2$ , with a safe factor  $F = 3$ ) so that it is expected to receive a large external force. Whereas for calculations with finite element method shows that the diaphragm wall is safe because it does not experience collapse during excavation.*

*So it can be concluded that the diaphragm wall that has been analyzed is feasible/safe is used as a retaining wall for the construction of the basement in the construction project "Podomoro City Deli Medan", because the decrease in diaphragm wall is insignificant (small decrease number, 5,72 cm with a safe factor 3,1526).*

**Keywords:** *Diaphragm wall, Ground anchor, stability of retaining wall, soil bearing capacity, finite element method.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat karunia dan rahmat-Nya, Laporan Tugas Akhir (skripsi) ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Laporan Tugas Akhir ini berjudul **“EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH UNTUK BASEMENT PADA PROYEK PODOMORO CITY DELI MEDAN “**.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan program studi Strata 1 (S1) Universitas Medan Area.

Dalam proses penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis menemukan banyak kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan materi serta informasi-informasi yang berkaitan dengan penulisan laporan ini sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT. selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Amsuardiman, MT. selaku pembimbing II yang telah dengan sabar, tekun, tulus dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area;
2. Bapak Prof. Dr. Armansyah Ginting, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area yang telah memberikan dorongan dan semangat untuk dapat menyelesaikan studi dan penulisan skripsi ini;

4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
5. Ibu dan Bapak dosen dan staff pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area;
6. Ibunda Suriani dan Ayahanda Tajudddin Sikumbang yang sangat banyak memberikan bantuan moril, material, arahan dan selalu mendoakan keberhasilan dan keselamatan selama penulis menempuh pendidikan.
7. Rekan-rekan Mahasiswa/i Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis baik selama mengikuti perkuliahan maupun dalam penulisan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Penulis sudah berusaha menyajikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik, namun penulis merasa mungkin masih terdapat kekurangan dan kekhilafan. Oleh karena itu, penulis selalu terbuka menerima kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini dan juga untuk kebaikan dimasa yang akan datang.

Demikian laporan ini ditulis, semoga bermanfaat dan memperluas wawasan penulis maupun bagi semua pihak yang membaca laporan ini, terutama di dunia pendidikan dalam bidang Teknik Sipil.

Medan, Januari 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

	Hlm
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Bagan Alir Analisa .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Basement .....	6
2.2 Dinding Penahan Tanah .....	6
2.3 Tekanan Tanah Lateral .....	14
2.4 <i>Diaphragm Wall</i> .....	26
2.5 Stabilitas Dinding Penahan Tanah .....	35
2.6 <i>Ground Anchor</i> .....	39
2.7 Analisa Elemen Hingga ( <i>Finite Element</i> ) Menggunakan PLAXIS ....	47



<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>56</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	56
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	58
3.3 Instrumen Penelitian.....	66
3.4 Metode Analisa Data.....	67
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>68</b>
4.1 Data Analisa Parameter Tanah .....	68
4.2 Data Struktur <i>Diaphragm Wall</i> .....	70
4.3 Analisis .....	70
4.4 Pembahasan .....	112
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>114</b>
5.1 Kesimpulan.....	114
5.2 Saran .....	115
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>116</b>
Lampiran	

## DAFTAR TABEL

	Hlm
Tabel 2.1 Perkiraan kasar dari perlawanan geser yang bekerja pada permukaan jangkar (berdasarkan pada Persatuan Jangkar Indonesia .....	46
Tabel 2.2 Nilai rasio E (kekakuan) berdasarkan jenis tanah .....	54
Tabel 2.3 Jenis tanah dan angka Poissonnya .....	55
Tabel 2.4 Jenis lempung dan angka Poissonnya .....	55
Tabel 3.1 Klasifikasi jenis tanah .....	62
Tabel 4.1 Data parameter tanah pengujian N-SPT .....	69
Tabel 4.2 Tekanan tanah aktif .....	79
Tabel 4.3 Tekanan tanah pasif .....	86
Tabel 4.4 Nilai-nilai faktor daya dukung Terzaghi .....	91
Tabel 4.5 Data <i>diaphragm wall</i> (data lapangan) .....	93
Tabel 4.6 <i>Diaphragm wall properties</i> .....	96
Tabel 4.7 Data-data <i>groun anchor</i> .....	96
Tabel 4.8 <i>Ground anchor properties</i> .....	98
Tabel 4.9 Tahapan pelaksanaan pekerjaan .....	98

## DAFTAR GAMBAR

	Hlm
Gambar 1.1 Bagan alir analisa data.....	5
Gambar 2.1 Macam-macam tembok penahan tanah.....	11
Gambar 2.2 Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding.....	15
Gambar 2.3 Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam.....	18
Gambar 2.4 Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam (at rest) untuk tanah yang terendam air sebagian.....	18
Gambar 2.5 Tekanan tanah aktif.....	19
Gambar 2.6 Resultan tekanan tanah aktif.....	21
Gambar 2.7 Dinding penahan tanah dengan permukaan atas yang elevasinya meningkat untuk tekanan tanah pasif ( $\alpha \neq 0$ ).....	22
Gambar 2.8 Tekanan tanah pasif.....	23
Gambar 2.6 Resultan tekanan tanah pasif.....	24
Gambar 2.10 Dinding penahan tanah dengan permukaan atas yang elevasinya meningkat untuk tekanan tanah pasif ( $\alpha \neq 0$ ).....	25
Gambar 2.11 Panjang pembenaman dinding penahan untuk mencegah <i>piping</i> ....	49
Gambar 2.12 Renaca <i>guide wall</i> .....	31
Gambar 2.13 Mesin grab.....	32
Gambar 2.14 Tahapan-tahapan pelaksanaan <i>diaphragm wall</i> .....	34
Gambar 2.15 Jangkar tanah.....	40
Gambar 2.16 Jangkar yang di- <i>grout</i> dengan semen.....	43

Gambar 2.17 Tipe-tipe jangkar .....	44
Gambar 2.18 Flow chart tahapan perhitungan PLAXIS .....	50
Gambar 2.19 Konsep pereduksian $\varphi'$ .....	53
Gambar 3.1 Peta lokasi proyek pembangunan Podomoro City Deli Medan .....	56
Gambar 3.2 Denah perencanaan bangunan proyek Podomoro City Deli Medan..	57
Gambar 3.3 Lokasi titik uji penyelidikan tanah .....	59
Gambar 3.4 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. A-A .....	59
Gambar 3.5 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. B-B.....	60
Gambar 3.6 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. C-C.....	60
Gambar 3.7 Profil nilai N-SPT dan beberapa parameter dari uji labratorium .....	63
Gambar 3.8 Denah <i>diaphragm wall</i> tipe 1 .....	64
Gambar 3.9 Pemodelan dalam PLAXIS .....	64
Gambar 3.10 Tahapan konstruksi galian.....	65
Gambar 4.1 Lokasi pengujian SPT BH-6 .....	69
Gambar 4.2 Dinding penahan tanah ( <i>diaphragm wall</i> ) tipe 1 yang diperkuat oleh <i>ground anchor</i> .....	71
Gambar 4.3 Gaya yang bekerja pada <i>diaphragm wall</i> .....	72
Gambar 4.4 Diagram tekanan tanah aktif .....	80
Gambar 4.5 Diagram tekanan tanah pasif.....	87
Gambar 4.6 Interpolasi linier .....	91
Gambar 4.7 Penampang beton kondisi pertama.....	93
Gambar 4.8 Penampang beton transformasi (kondisi kedua) .....	93

Gambar 4.9 Detail <i>ground anchor</i> tipe 1 .....	97
Gambar 4.10 Pemodelan <i>diaphragm wall</i> pada PLAXIS .....	99
Gambar 4.11 Pemodelan <i>diaphragm wall</i> dengan <i>ground anchor</i> pada PLAXIS .....	100
Gambar 4.12 Tahapan <i>input</i> parameter tanah .....	101
Gambar 4.13 <i>Input</i> parameter <i>diaphragm wall</i> .....	101
Gambar 4.14 <i>Input bond length</i> .....	102
Gambar 4.15 <i>Input free length</i> .....	102
Gambar 4.16 <i>Initial condition</i> .....	103
Gambar 4.17 <i>Pharatic level</i> setelah di-generate .....	103
Gambar 4.18 <i>Run calculation</i> .....	104
Gambar 4.19 <i>Horizontal displacement</i> (defleksi horizontal) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 1 .....	105
Gambar 4.20 <i>Bending moment</i> (momen lentur) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 1 .....	106
Gambar 4.21 <i>Shear force</i> (gaya geser) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 1 .....	107
Gambar 4.22 <i>Horizontal displacement</i> (defleksi horizontal) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 2 .....	108
Gambar 4.23 <i>Bending moment</i> (momen lentur) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 2 .....	109
Gambar 4.24 <i>Shear force</i> (gaya geser) pada <i>diaphragm wall</i> kondisi 2 .....	138
Gambar 4.25 <i>Safety factor</i> pada <i>diaphragm wall</i> dengan instalasi <i>ground anchor</i> .....	139
Gambar 4.26 <i>Safety factor</i> pada <i>diaphragm wall</i> tanpa instalasi <i>ground anchor</i> .....	139

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perencanaan pembangunan sebuah gedung perkantoran, pertokoan, maupun apartemen, diperlukan lahan parkir yang cukup luas. Hal ini yang menjadi permasalahan tersendiri bagi pengembang (*developer*) karena tidak memungkinkan lagi pembangunan secara horizontal karena keterbatasan lahan dan harga lahan yang semakin tinggi. Keterbatasan lahan dewasa ini menyebabkan manusia/pengembang mencari alternatif untuk menyiasati sempitnya lahan untuk berbagai kegiatan dengan inovasi-inovasi terhadap bangunan vertikal. Sehingga lahan yang sempit tidak menjadi kendala dalam proses pembangunan.

Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa pembangunan secara vertikal ke atas maupun ke bawah tanah. Pembangunan secara vertikal ke bawah berupa penggunaan basement. Pada masa ini basement dibuat sebagai usaha untuk mengoptimalkan penggunaan lahan yang semakin sempit dan mahal. Hal inilah yang juga menjadi permasalahan bagi pembangunan pada proyek “Podomoro City Deli Medan”.

Basement adalah bagian dari sarana sebuah gedung bertingkat yang memanfaatkan luasan areal tanah yang ada. Pembangunan basement diawali dengan pekerjaan penggalian tanah yang merupakan awal pembangunan gedung

bertingkat tinggi. Kendala pekerjaan galian basement adalah faktor runtuhnya dinding tanah vertikal.

Untuk menghindari keruntuhan pada saat penggalian *basement*, maka sebelum dilakukan penggalian tanah dibuat pengaman galian dengan memasang *retaining wall* (dinding penahan tanah). Pengamanan galian dilakukan dengan beberapa metode seperti menggunakan *contiguous pile* ataupun *diaphragm wall*.

Dalam laporan tugas akhir hanya akan membahas *diaphragm wall* sebagai *retaining wall* yang berfungsi sebagai pengaman galian sehingga ketika penggalian basement dilakukan tidak akan terjadi keruntuhan dimana spesifikasi dari *diaphragm wall* adalah  $fc' 25$  dan BJTD 40.

Hal yang harus diperhatikan dalam pembangunan basement adalah struktur proteksi galian basement yang merupakan *diaphragm wall* yang diperkuat dengan *ground anchor* untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan tanah di samping basement tersebut. *Diaphragm wall* merupakan salah satu jenis dinding penahan tanah yang telah digunakan sebagai elemen struktural utama suatu bangunan. (Nurfrida Nashira R., Indrasurya B. Mochtar, Musta'in Arif, 2012).

*Diaphragm wall* merupakan dinding beton bertulang yang dapat dilaksanakan pada semua jenis dan kondisi tanah, tanpa harus menurunkan muka air tanah. Dalam pelaksanaannya konstruksi *diaphragm wall* ini relatif tidak berisik dan tidak menyebabkan adanya getaran. Oleh karena itu, dinding penahan tanah ini menjadi alternatif pilihan utama di dalam pembangunan konstruksi gedung di pusat kota.

Dalam penelitian ini, penulis akan membahas analisis perencanaan proteksi galian basement yang berupa *diaphragm wall* yang diperkuat dengan *ground*

*anchor* pada proyek Podomoro City Deli Medan. Penulis memilih proyek ini karena data yang sesuai dengan topik dapat ditemukan pada proyek tersebut dan lokasi ini tidak terlalu jauh dengan tempat tinggal penulis, sehingga penulis merasa mampu menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah mengevaluasi perhitungan stabilitas *diaphragm wall* sebagai dinding penahan tanah untuk basement pada proyek Podomoro City Deli Medan.

Adapun tujuannya adalah untuk mengetahui terjadi/tidaknya keruntuhan tanah pada saat penggalian/ekskavasi untuk pembangunan basement.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui stabilitas *diaphragm wall*.
2. Untuk mengetahui terjadi/tidaknya keruntuhan pada saat penggalian/ekskavasi basement dengan mutu beton dan dimensi yang direncanakan pada *diaphragm wall*.
3. Untuk mengetahui besarnya defleksi, momen lentur, dan gaya geser pada *diaphragm wall* dengan dan tanpa instalasi *ground anchor*.
4. Untuk mengetahui besarnya faktor keamanan pada tanah dengan dan tanpa instalasi *ground anchor*.



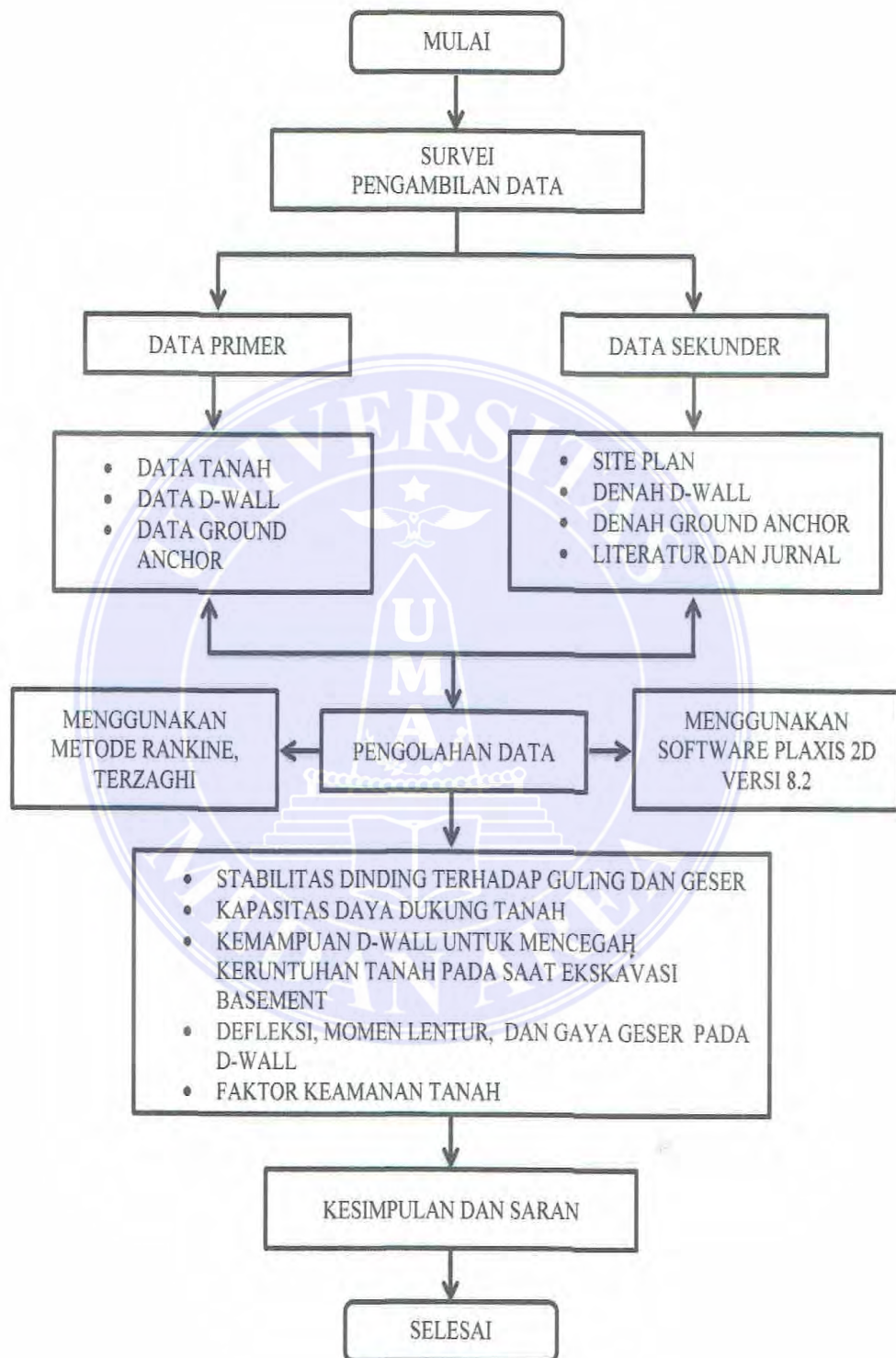
#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, antara lain :

1. Hanya mengevaluasi satu tipe *diaphragm wall* yang berdekatan dengan daerah aliran sungai.
2. Posisi *ground anchor* yang dipakai berdasarkan data lapangan yang tersedia.
3. Evaluasi perhitungan *diaphragm wall* pada penelitian ini menggunakan metode Rankine dan Terzaghi serta berdasarkan metode elemen hingga (*finite element method*) dengan menggunakan PLAXIS.
4. Data yang di-*input* ke PLAXIS maupun analisa dengan metode Rankine berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan.
5. Tidak memperhitungkan waktu pelaksanaan.

#### 1.5 Bagan Alir Analisa

Seluruh data dan informasi primer maupun sekunder yang telah dikumpulkan kemudian diolah atau dianalisa dan disusun untuk mendapatkan hasil akhir yang dapat memberikan solusi dan informasi mengenai “Evaluasi Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Basement Pada Proyek Podomoro City Deli Medan”. Secara garis besar, adapun tahapan analisa dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 1.1** Bagan alir analisa data

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Basement

Basement dewasa ini adalah solusi penambahan lantai kembali pada bagian paling bawah sebuah gedung, yang terletak di bawah permukaan tanah dari desain bangunan gedung yang memiliki tingkat penyediaan ruang yang tinggi namun tidak memiliki cukup lahan kosong baik di sekitar gedung maupun menambah lantai lagi di atas gedung tersebut.

Basement adalah sebuah tingkat atau beberapa tingkat dari bangunan yang keseluruhan atau sebagian terletak di bawah tanah. Adanya basement tentunya akan ada penggalian tanah. Basement merupakan langkah awal berdirinya sebuah gedung tinggi. Kendala yang dihadapi pada pekerjaan basement adalah faktor runtuhnya dinding tanah vertikal dan munculnya air tanah ke permukaan pada galian. Sehingga dalam pelaksanaan konstruksi basement, ada tiga (3) hal penting yang perlu diperhatikan, yakni metode konstruksi, *retaining wall* dan *dewatering*. (Laily, 2013).

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, yang hanya akan penulis bahas dan analisa adalah *retaining wall* yang merupakan struktur *diaphragm wall*.

#### 2.2 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan salah satu struktur yang berfungsi untuk menjaga kestabilan dari suatu timbunan tanah, sehingga timbunan tersebut tidak

bergerak atau longsor. Menurut Suyono dalam Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah material agar tidak longsor menurut kemiringan alamnya dimana kestabilannya dipengaruhi oleh kondisi topografinya.

Tingginya timbunan tanah di belakang dinding penahan cenderung menimbulkan geser dan momen guling pada struktur dinding penahan tanah. Jika dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah, terutama bila jalan atau bangunan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau maka konstruksi penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh. Selain itu, dinding penahan tanah juga digunakan untuk menahan timbunan tanah serta tekanan-tekanan akibat beban-beban lain seperti beban merata, beban garis, tekanan air dan beban gempa.

Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah, sangat bergantung pada gerakan ke arah lateral tanah relatif terhadap dinding (Hardiyatmo, 2006).

Dalam perencanaan dinding penahan tanah, sering didasarkan atas keadaan yang meyakinkan keruntuhan total tidak akan terjadi. Gerakan beberapa centimeter sering tidak penting sepanjang ada jaminan bahwa gerakan-gerakan yang lebih besar lagi tidak akan terjadi dan biasanya dilakukan dengan cara menganalisis kondisi-kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh, kemudian memberikan faktor aman yang cukup yang dipertimbangkan terhadap keruntuhan tersebut (Bowles, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2).

Pada pemilihan awal dimensi dinding penahan, perencana berpedoman pada pengalamannya serta tabel-tabel yang berisikan rasio antara lebar dasar dan tinggi

dari dinding standar. Langkah pertama dalam menganalisis dan mengestimasi besar semua gaya yang bekerja di atas dasar dinding termasuk tekanan yang diakibatkan oleh timbunan tanah serta oleh berat dinding itu sendiri. Perencana kemudian menyelidiki kestabilan dinding terhadap penggulingan. Serta yang terakhir perencana mengestimasi kemampuan tanah dibawah dasar dinding (Terzaghi, Ralph, Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Hal. 296).

Untuk melaksanakan perencanaan dinding penahan tanah, ada beberapa langkah kegiatan yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Memperkirakan ukuran/dimensi yang diperlukan dari dinding penahan tanah.
2. Mencari besarnya tekanan tanah baik secara analitis maupun secara grafis berdasarkan cara yang sesuai dengan tipe dinding penahan tanahnya, apakah dengan cara Coulomb atau cara Rankine.
3. Lebar dasar dinding penahan tanah harus cukup untuk memobilisasi daya dukung tanahnya atau dengan perkataan lain, tegangan yang bekerja akibat konstruksi ditambah dengan gaya-gaya lainnya tidak melebihi daya dukung ijin. Disamping itu diusahakan agar tegangan yang timbul pada dasar dinding penahan tanah adalah tekan.
4. Perhitungan kekuatan struktur dari konstruksi dinding penahan tanah, yaitu dengan memeriksa tegangan geser dan tegangan tekan yang diijinkan dari struktur dinding penahan tanah.
5. Dinding penahan tanah harus aman terhadap stabilitas gesernya (*sliding stability*).

6. Dinding penahan tanah harus aman terhadap stabilitas gulingnya (*overtuning stability*).

7. Tinjauan terhadap lingkungan lokasi dari penempatan dinding penahan tanah.

Dinding penahan tanah harus terletak pada suatu daerah dimana stabilitas dari kemiringan lerengnya memenuhi suatu angka keamanan tertentu yaitu :

$SF > 1,50$  untuk pembebanan tetap

$SF > 1,30$  untuk pembebanan sementara termasuk apabila ada gempa.

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah digolongkan sebagai berikut (Sudarmanto, 1992) :

1. Dinding Gravitasi (*Gravity Wall*)

Dinding ini biasanya terbuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu kali, untuk mencapai stabilitasnya hanya mengandalkan berat sendiri.

2. Dinding Penahan Kantilever (*Cantilever Retaining Wall*)

Dinding ini sering dipakai dan terbuat dari beton bertulang yang memanfaatkan sifat kantilevernya untuk menahan massa tanah yang ada di belakang dinding. Untuk mencapai stabilitas dinding penahan ini mengandalkan berat tanah yang berada di atas tumit (*heel*) . Yang berfungsi disini adalah 3 (tiga) bagian balok konsol yaitu bagian badan (*stem*), tumit (*heel*) dan kaki (*foot*) .

3. Dinding Conterfort (*Counterfort Wall*)

Apabila tekanan pada tumit cukup besar maka bagian badan dan tumit diperlukan *counterfort* yang berfungsi sebagai pengikat dan ditempatkan pada

bagian-bagian interval tertentu, serta berfungsi mengurangi momen lentur dan gaya lintang yang besar di dalam menahan badan dinding.

#### 4. Dinding Butters (*Butters Wall*)

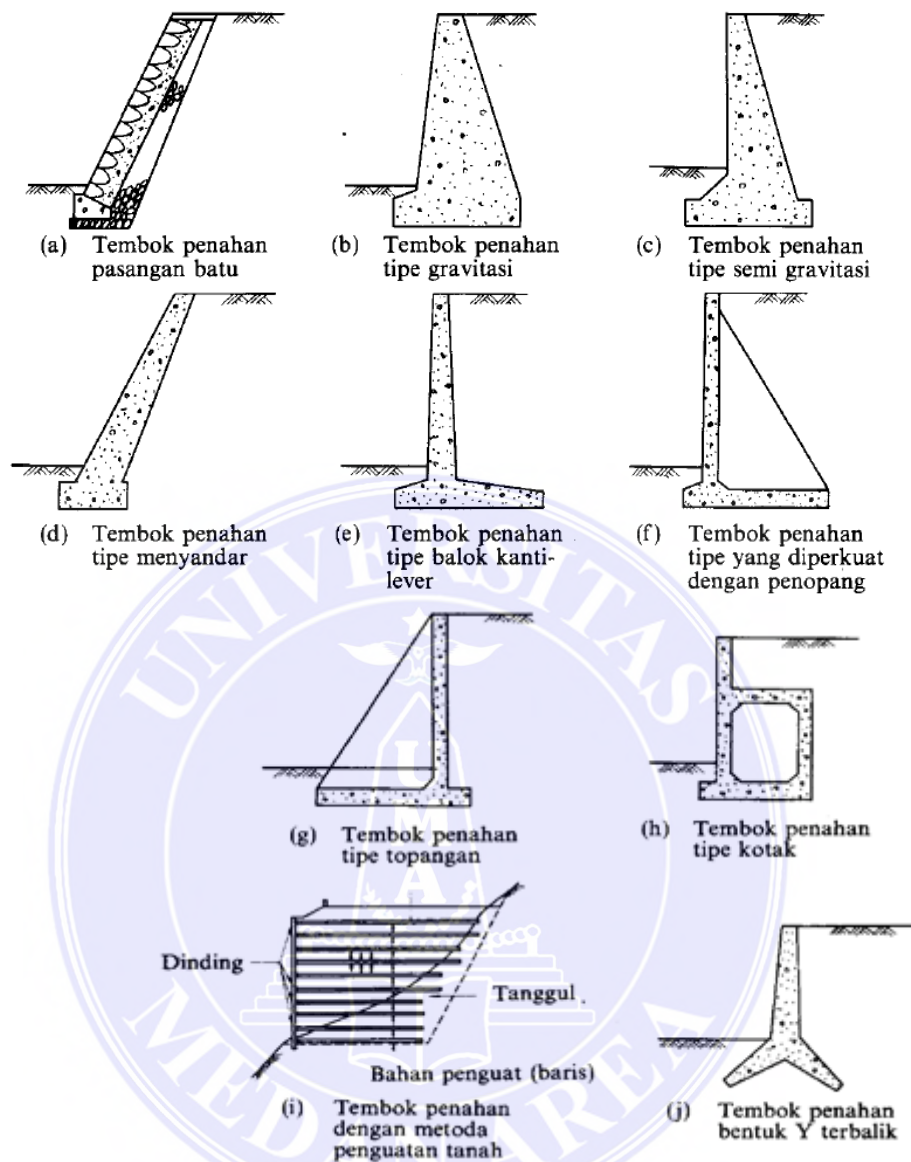
Dinding ini hampir sama dengan dinding *counterfort*, hanya bagian *counterfort* diletakan berlawanan dengan bahan yang disokong sehingga memikul gaya tekan. Yang dimaksud *buffers* adalah bagian di antara *counterfort* dan pada dinding ini bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki, dan bagian ini pula yang menahan tanah untuk mencapai stabilitasnya, dinding ini sebagai element tekan lebih efisien dan ekonomis.

#### 5. Abutment Jembatan (*Bridge Abutment*)

Struktur seperti ini berfungsi sama dengan dinding *cantilever* yang memberikan tahanan horizontal pada badan dinding, sehingga pada bagian perencanaannya dianggap sebagai balok yang dijepit pada dasar dan ditumpu pada bagian atasnya.

Menurut Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuta Nakazawa dalam Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, macam-macam tembok penahan tanah dapat digolongkan berdasarkan bahan-bahan yang dipakai untuk bangunannya.

(Lihat **Gambar 2.1**)



**Gambar 2.1** Macam-macam tembok penahan tanah  
(Sumber : Nazuto Nakazawa, 1980)

Faktor-faktor berikut ini diperhitungkan dalam perencanaan dinding tanah bertulangan (Bowles, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2, Hal. 63).

1. Pengujian dengan dinding percobaan menunjukkan bahwa potongan Rankine cocok dengan yang disebut “potongan tanah”.



2. Dinding harus cukup lentur untuk membentuk tekanan tanah aktif dan bila menurun tidak akan merobek dinding depan dari tulangan.
3. Umumnya hanya diperhitungkan tarikan pada tulangan diluar potongan tanah yang diandaikan.
4. Kelongsoran dinding terjadi karena :
  - a. Tarikan pada tulangan.
  - b. Longsoran daya dukung pada tanah dasar yang menyangga dinding.
  - c. Seluruh dinding tergelincir.
5. Tambahan beban diberikan pada urugan balik. Hal ini meningkatkan tekanan tanah lateral menurut teori elastisitas dan tekanan vertikal pada sebarang kedalaman.
6. Korosi dapat merupakan suatu faktor kritis bila dipakai tulangan logam. Biasanya dilakukan sedikit penambahan tebal penulangan untuk menahan korosi agar bangunan dapat bertahan sampai 50-100 tahun.

Tekanan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah itu sendiri. Secara umum, penempatan atau penggunaan bahan dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar timbunan di belakang dinding penahan tanah. Perkuatan ini juga mengurangi potensi gaya lateral yang menimbulkan perpindahan ke arah horizontal dari pada dinding tersebut sebagai akibat adanya beban vertikal yang dipindahkan menjadi tekanan horizontal yang bekerja di belakang dinding penahan tanah (Suryolelono, 1994).

Agar dinding penahan tanah yang akan kita bangun tidak mengalami *collapse* atau runtuh maka dinding haruslah memiliki kestabilan. Dinding penahan tersebut haruslah stabil terhadap :

1. Geseran dan penurunan badan dinding terhadap tekanan tanah lateral atas badan dinding.
2. Momen geser atau lentur alas pada badan dinding yang disebabkan oleh pembebanan dinding menghasilkan tekanan tanah di atas telapak (atau alas) dinding. Untuk pelenturan tumit maka penampang kritis harus diambil di sekitar pusat penulangan badan dan bukan pada bidang punggung.
3. Kestabilan dinding keseluruhan :
  - a. Gelincir : dihasilkan oleh tekanan tanah atas bidang vertikal
  - b. Penggulingan sekitar jari
  - c. Kestabilan pusar
4. Kestabilan terhadap kerusakan daya dukung

Kestabilan dinding keseluruhan memerlukan keamanan terhadap gelincir, tekanan tanah cenderung menyebabkan dinding bergeser ke depan.

Hal lain yang perlu dipertimbang juga adalah sifat dan jenis tanah di sekitar dinding penahan tanah yang akan dibangun. Perlunya kita mengetahui sifat maupun jenis tanah ialah untuk memudahkan dalam perencanaan dinding penahan tanah.

Sudah terbukti bahwa kita akan memerlukan parameter pengurangan balik  $\gamma$  untuk menghitung tekanan tanah. Adalah mutlak bahwa paling tidak pada daerah yang terbatas di belakang dinding akan dipakai urugan balik yang berbutir.

Sebagaimana sebelumnya kita dapat memakai  $K_0$  untuk semua atau sebagian dinding. Tanah aslinya (dimana akan digali secara vertikal untuk membuat rongga untuk dinding) harus mempunyai nilai-nilai untuk  $\gamma$ , dan kohesi.

### 2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Tekanan tanah lateral merupakan tegangan tanah pada arah horisontal dan fungsi dari tegangan vertikal. Bagian bangunan yang menahan tanah harus direncanakan untuk dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan ketentuan yang ada. Contoh aplikasi dari tekanan tanah lateral adalah desain-desain untuk dinding penahan tanah, dinding basement terowongan dan lain-lain.

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan (*design parameter*) yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan tanah maupun konstruksi-konstruksi lain yang ada dibawah tanah, semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas ( Bowles, Analisa dan Desain Pondasi, Jilid 2, Hal. 1).

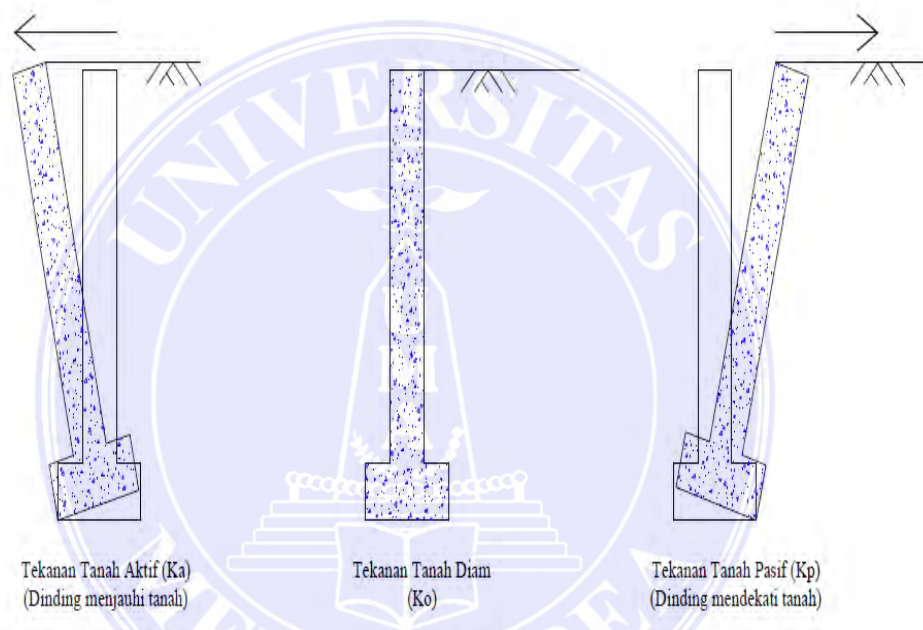
Analisis dan penentuan tekanan tanah lateral sangat penting dalam mendesain dinding penahan tanah. Besar dan distribusi tekanan lateral yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah atau pondasi tergantung pada regangan relatif tanah dibelakang struktur (Bowles, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2, Hal. 1).

Tekanan lateral tanah dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

1. Jika dinding tidak bergerak  $K$  menjadi koefisien tanah diam ( $K_0$ ).

2. Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, maka koefisien  $K$  mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif ( $K_p$ ).
3. Jika dinding menjauhi tanah hingga terjadi keruntuhan, maka nilai  $K$  mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah aktif ( $K_a$ ).

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



**Gambar 2.2** Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding  
(Sumber : Weber, 2010)

Menjelaskan tekanan lateral tanah tidak dapat dilepaskan dari teori yang diberikan oleh Coulomb (1776) dan Rankine (1857). Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis hanya akan membahas teori tekanan lateral tanah berdasarkan teori Rankine.

Teori Rankine berlaku berdasarkan asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Tidak ada adhesi atau friksi antara dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan).

2. Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertikal ( $90^\circ$ ).
3. Kelongsorsan (pada urugan) terjadi sebagai akibat dari pergeseran tanah yang ditentukan oleh sudut geset tanah. Tanah yang longsor (yang berbentuk baji) merupakan satu kesatuan (*rigid body*).
4. Tekanan lateral bervariasi linear terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding.
5. Dinding adalah rigid dan menerus pada kedalam tak terbatas pada suatu massa tanah yang kering, homogen dan isotropik.

Analisa tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat pada saat akan runtuh. Kedudukan keseimbangan plastis hanya dapat dicapai apabila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*). (Hardiyatmo, 2003:184).

Terdapat hal-hal mendasar yang berkaitan dengan tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah, dimana pada umumnya dinding berada di dalam keadaan seperti di bawah ini:

### **2.3.1 Kondisi Tekanan Tanah Pada Keadaan Diam (*Earth Pressure At Rest*)**

Tekanan tanah pada kondisi diam adalah tekanan lateral oleh tanah yang dihindarkan dari pergerakan lateralnya oleh suatu dinding struktur yang tidak memberikan perubahan bentuk posisi (*unyielding wall*). Kondisi ini terjadi jika regangan lateral pada tanah sama dengan nol, yang dapat dijumpai antara lain pada tekanan-tekanan tanah yang bekerja pada dinding-dinding suatu lantai dasar (basement), jembatan beton portal. Pada kondisi ini

besarnya tekanan tanah pada dinding penahan berada di antara tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Untuk melakukan analisis tekanan tanah pada keadaan diam, dilakukan tinjauan kondisi tekanan pada suatu elemen tanah di kedalaman  $h$ .

Pada kondisi awal belum terjadi pergerakan berlaku :

$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

$$\sigma_v = K_0 \cdot \gamma \cdot h$$

Dimana  $K_0$  adalah koefisien tekanan lateral tanah pada kondisi diam (*at rest*) yang besarnya menurut Jacky (1944) dalam Christady (2003) untuk tanah granular adalah :

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \rightarrow \text{pasir, lempung terkonsolidasi normal}$$

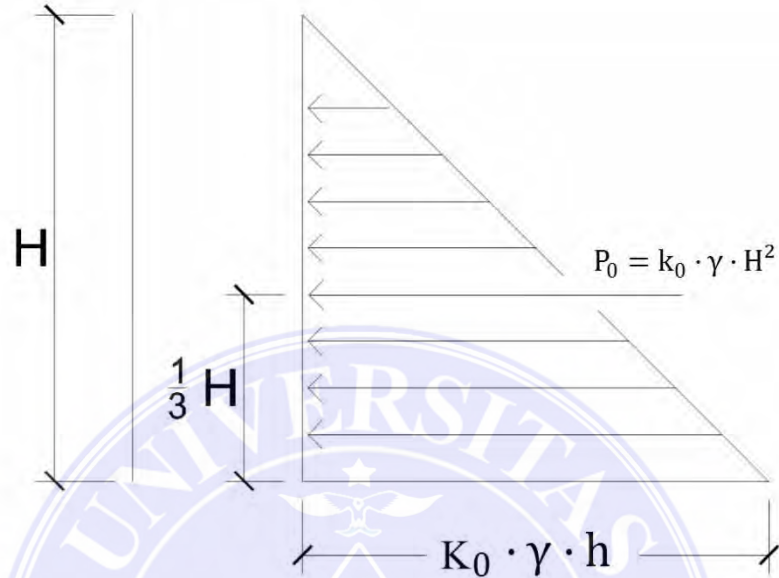
Untuk tanah lempung NC (*normally consolidated*), Brooker dan Ireland (1965) dalam Christady (2003) mengusulkan persamaan :

$$K_0 = 0,95 - \sin \varphi \rightarrow \text{lempung dengan OCR} > 2$$

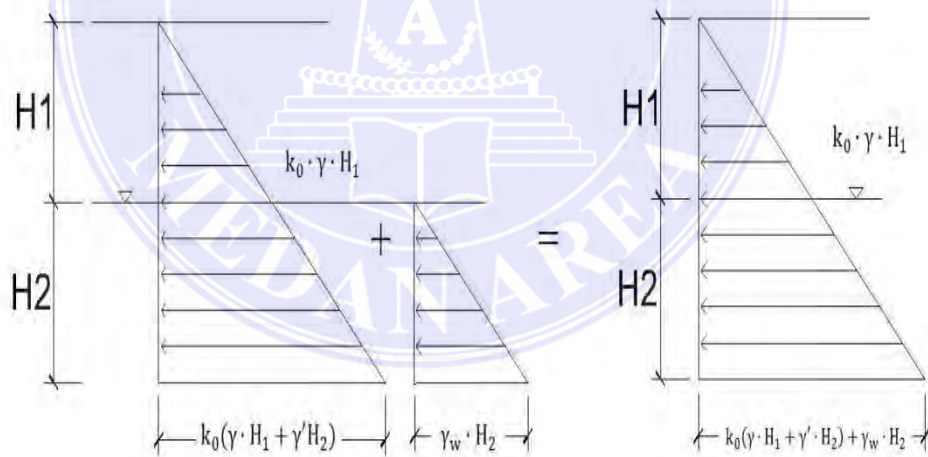
Tekanan tanah timbul selama pergeseran tanah (*soil displacement*) atau selama peregangan tetapi sebelum tanah tersebut mengalami kerutuhan (*on the verge of failure*) seperti yang yang didefinisikan oleh selubung kerutuhan Mohr, maka tegangan-tegangan (*stresses*) tersebut tidak mempunyai harga tertentu (*interminate*). Tegangan-tegangan tersebut juga belum tentu terdapat pada bagian yang runtuh (*rupture*) karena sangat sukar untuk menghasilkan keadaan kesetimbangan plastis secara serempak dimana-mana di dalam massa tanah, hal ini pada prakteknya sudah biasa dianalisis sebagai suatu kejadian keadaan yang ideal, baik untuk mempermudah persoalannya maupun dari

segi pembatasan parameter tanah yang diperlukan dengan tingkat reliabilitas yang tinggi struktur ( Bowles, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2, Hal. 1).

Perhatikan gambar berikut ini :



**Gambar 2.3** Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam  
 Sumber : Buku Ajar Mekanikan Tanah 2, 2010)



**Gambar 2.4** Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam (at rest) untuk tanah yang terendam air sebagian

Sumber : Buku Ajar Mekanika Tanah 2. 2010)

Dimana :

$\gamma$  : berat jenis tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

$\gamma_w$  : berat jenis air ( $\text{kN/m}^3$ )

$$\gamma' = \gamma_1 - \gamma_w$$

$k_0$  : koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam

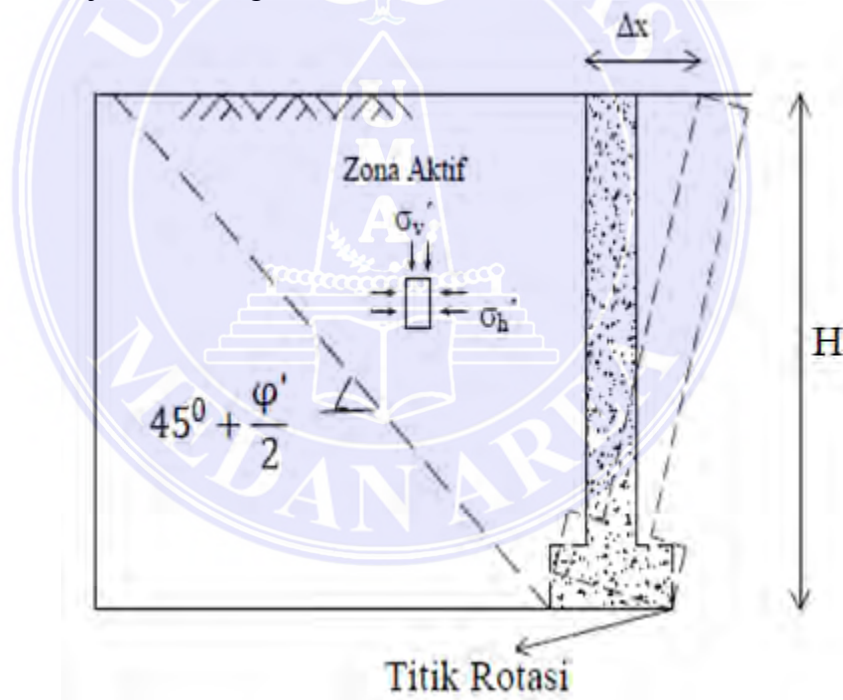
H : kedalaman dinding penahan (m)

### 2.3.2 Tekanan Tanah Aktif & Pasif

Berdasarkan teori Rankine, tekanan tanah terbagi atas :

#### 1. Tekanan Tanah Aktif

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



**Gambar 2.5** Tekanan tanah aktif  
Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Tekanan tanah aktif mengacu pada suatu kesetimbangan plastis yang digambarkan pada lingkaran runtuhan (Bowles, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2, Hal. 1). Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan



menahan tanah horizontal. Tekanan tanah ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah ( $K_a$ ). Pada tekanan tanah aktif besarnya kohesi tanah sangatlah berpengaruh. Kohesi tanah akan menyebabkan terjadinya tekanan tanah yang bernilai negatif.

Menurut Hardiyatmo (2002), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif  $K_a$ . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari 'nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

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

Tahanan geser tanah mengikuti persamaan :

$$\tau_f = c' + \sigma_v' \tan \varphi'$$

dimana :

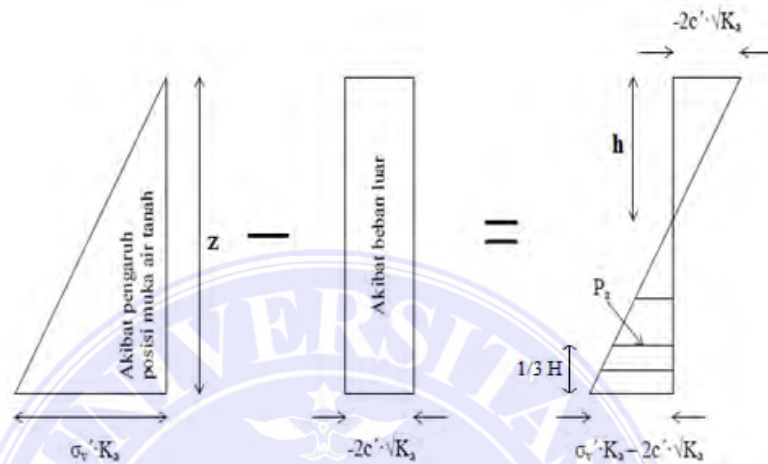
$\tau_f$  : tahanan geser tanah (kN/m)

$\sigma_v'$  : tekanan efektif tanah (kN/m)

$c'$  : kohesi tanah(kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi'$  : sudut geser tanah (°)

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



**Gambar 2.6** Resultan tekanan tanah aktif  
Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti :

$$P_a = 0,5\sigma'_v \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a}$$

dimana :

$P_a$  : total tekanan tanah aktif (kN/m)

$\sigma'_v$  : tekanan efektif tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$c'$  : kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$z$  : tinggi dinding penahan tanah (m)

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

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

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi'}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi'}}$$

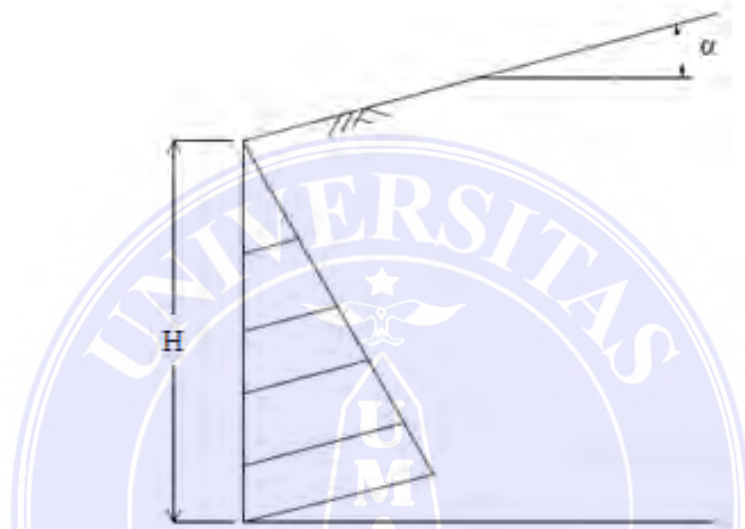
dimana :

$\varphi'$  : sudut geser tanah ( $^{\circ}$ )

$\alpha$  : sudut elevasi tanah di atas permukaan dinding

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

Perhatikan gambar di bawah ini :



**Gambar 2.7** Dinding penahan tanah dengan permukaan atas yang elevasinya meningkat untuk tekanan tanah aktif ( $\alpha \neq 0$ )

Sumber : Buku Ajar Mekanika Tanah 2, 2010)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana :

$P_a$  : total tekanan tanah aktif (kN/m)

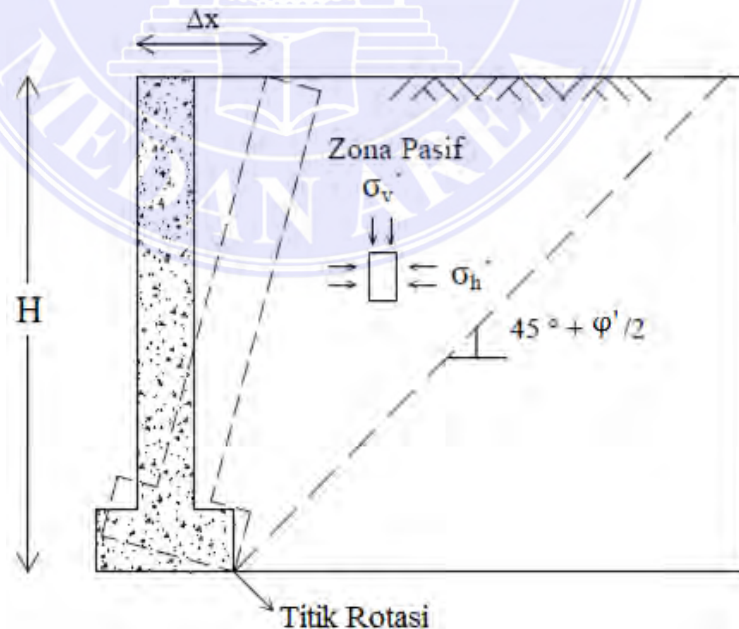
$H$  : tinggi dinding penahan tanah (m)

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

## 2. Tekanan Tanah Pasif

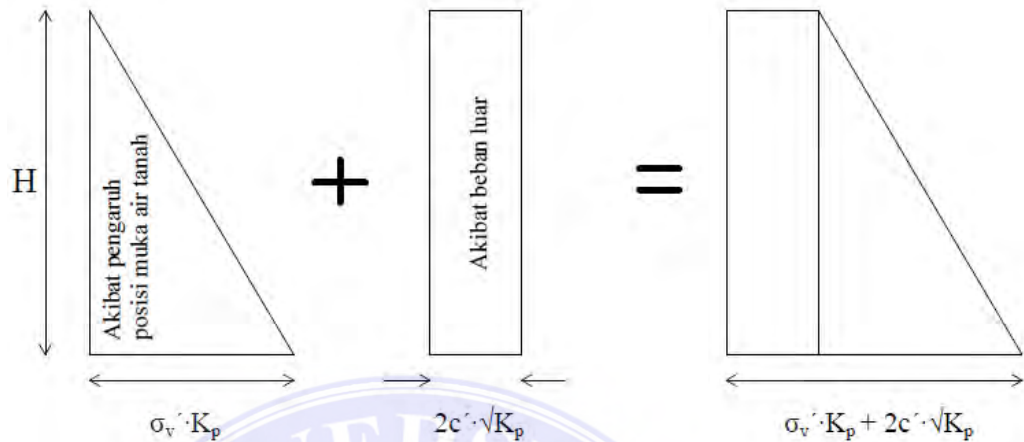
Menurut Hardiyatmo (2003:188), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah tanah pasif atau  $K_p$ . Nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu dimana tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

Disebut tekanan tanah pasif jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding mendekati tanah yang ditahan. Perhatikan gambar berikut ini :



**Gambar 2.8** Tekanan Tanah Pasif  
Sumber : Hardiyatmo, 2002)

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



**Gambar 2.9** Resultan Tekanan Tanah Pasif

Sumber : Hardivatmo, 2002)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut :

$$P_p = 0,5\gamma \cdot H \cdot K_p + 2c \cdot \sqrt{K_p}$$

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

$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi'}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi'}}$$

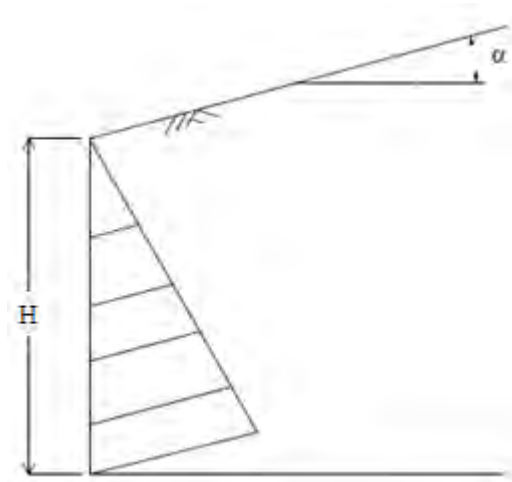
dimana :

$\varphi'$  : sudut geser tanah ( $^\circ$ )

$\alpha$  : sudut elevasi tanah di atas permukaan dinding

$K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif, sehingga :  $K_p = \tan^2(45 + \frac{\varphi'}{2})$

Perhatikan gambar di bawah ini :



**Gambar 2.10** Dinding penahan tanah dengan permukaan atas yang elevasinya meningkat untuk tekanan tanah pasif ( $\alpha \neq 0$ )  
 Sumber : Buku Ajar Mekanika Tanah, 2010)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana :

$P_p$  : total tekanan tanah aktif (kN/m)

$H$  : tinggi dinding penahan tanah (m)

$\alpha$  : sudut elevasi tanah di permukaan atas dinding ( $^\circ$ )

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

Besarnya tekanan tanah dalam arah lateral ditentukan oleh :

1. Besarnya koefisien tekanan tanah aktif, pasif, dan keadaan diam.
2. Besarnya kohesi tanah.
3. Besarnya beban yang bekerja pada permukaan tanah timbunan.

Pada waktu analisis perhitungan, umumnya besarnya tekanan tanah dan gaya-gaya diambil untuk suatu unit panjang potongan (pias) selebar satu meter.

Distribusi tegangan tanah lateral akibat berat sendiri tanah biasanya berbentuk segitiga (hidrostatik), dengan nilai maksimum pada dasar dinding penahan tanah.

## 2.4 Diaphragm Wall

Penggunaan struktur penahan tanah (*retaining wall*) dengan *sheet-piling* merupakan sistem yang biasa dijumpai. Namun sistem itu akan tidak memadai lagi untuk pembuatan dinding basement yang lebih dalam. Alternatifnya adalah menggunakan konstruksi *diaphragm wall*. Teknik *diaphragm wall* telah dikembangkan sejak perang dunia kedua, untuk pembuatan struktur *retaining wall* beton bertulang dari muka tanah yang ada dan sebelum melakukan ekskavasi.

Pembuatan *diaphragm wall* (dinding sekat) dilakukan agar penggunaan lahan yang sempit dapat maksimal galian bawah tanahnya. Pengerjaannya merupakan tahapan pengembangan dari sistem *secant pile* pada konstruksi basement. *Diaphragm wall* dalam dunia konstruksi dikenal sebagai dinding yang mempunyai fungsi ganda yaitu sebagai penahan tanah (*retaining wall*) dan juga berfungsi sebagai dinding pada lantai basement bangunan yang mempunyai lantai bawah tanah. Proses pembuatannya dimulai dengan cara mengebor dan memasang rangka besi. Selanjutnya dilakukan pengecoran sebagai tahap akhir. *Diaphragm wall* dibuat sebelum pengerjaan galian tanah dilakukan. Hal ini bertujuan sebagai upaya agar bangunan lebih kokoh.

Menurut Gambin, pada dasarnya proses pembuatan *diaphragm wall* terdiri dari pembuatan slot (lubang yang memanjang) dalam tanah yang tetap terbuka dan stabil karena didalamnya terisi penuh lumpur bentonit (*bentonite slurry*). Ke dalam slot dimasukkan tulangan, kemudian dilakukan pengecoran dengan sistem tremi mulai dari dasar lubang dan lumpur bentonit secara bertahap juga terdesak keluar hingga habis. Panjang dari slot (atau biasanya disebut sebagai panel)

umumnya sekitar 5 m. Dengan cara konstruksi panel-panel demikian, terbentuk suatu dinding yang continue (Gouw Tjie Liong, 1991).

Mula-mula membuat dinding pengarah (*guide wall*) yang merupakan dua balok paralel yang dipisahkan pada jarak lebih lebar dari pada lebar *diaphragm wall* yang akan dibangun dan dicor secara akurat di lokasi dinding. Bagian atasnya biasanya dekat dengan permukaan tanah asli dengan kedalaman 1 m dan lebar 0,5 m. fungsi utamanya adalah untuk mengarahkan peralatan ekskavasi (*excavation grab*) sehingga menghasilkan panel yang vertikal dan tepat posisinya.

*Diaphragm wall* biasanya didesain sebagai struktur balok atau *slab* yang ditopang oleh *struts* dan dinding atau slab lantai selama ekskavasi. Dalam banyak kasus, penyediaan sistem penguat (*shoring system*) untuk *diaphragm wall*. Di samping dalam bentuk cor setempat, struktur *diaphragm wall* juga bisa dibuat secara *precast*. Sistem *precast* tersebut telah banyak digunakan di seluruh dunia sebagai metode alternatif sistem cor setempat dengan sistem *precast*, memungkinkan dibuat di dinding yang lebih baik permukaannya, sehingga tidak diperlukan *treatment* yang khusus dan bisa merupakan dinding yang selesai. Panel-panel dinding bisa dalam bentuk beton pracetak bertulang biasa atau pratekan.

Tentang seberapa jauh sistem *diaphragm wall* lebih ekonomis dibanding menggunakan sistem konvensional menurut Chiffolleau, untuk kedalaman lebih dari 10 m atau di atas 3 lantai basement sistem *diaphragm wall* mulai lebih ekonomis, dan bahkan merupakan solusi satu-satunya. Khususnya kalau muka air tanah cukup tinggi, karena konstruksi tersebut bisa menahan rembesan (*seepage*) secara efektif. Konstruksi *diaphragm wall* berfungsi ganda, disamping sebagai *retaining*

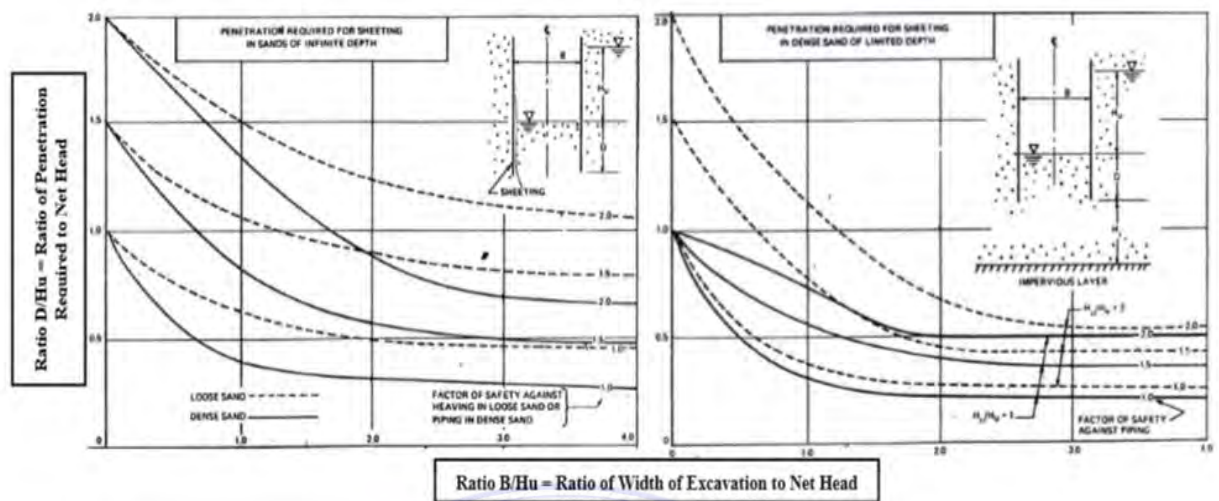


*wall*, juga merupakan dinding basement yang permanen. Sementara *sheet pile* tidak bisa berfungsi sebagai dinding permanen, di samping mengurangi luas areal yang ada, karena dinding basemen harus dibuat di sebelah *sheet pile*, *soldier pile*, dan lain-lain (Gouw Tjie Liong, 1991).

Pada perencanaan *diaphragm wall* ada banyak hal yang harus diperhatikan, mengingat salah satu fungsi dari *diaphragm wall* adalah sebagai pemutusan aliran air tanah. Tapi bagaimana jika *diaphragm wall* berada di dekat aliran air sungai yang cenderung deras seperti kasus pada proyek ini.

Aliran air terjadi akibat perbedaan elevasi/*head*, dimana air cenderung mengalir dari lokasi yang umumnya memiliki *head* lebih tinggi, menuju ke area dalam galian yang umumnya memiliki *head* lebih rendah. Sebagai akibatnya muncul tekanan ke atas pada tanah di dasar galian yang menyebabkan dasar galian mengalami *heave*. Bilamana tekanan air akibat *seepage* (rembesan) lebih besar dari tekanan hidrostatik pada elevasi dasar galian, terjadilah suatu fenomena yang dinamakan *piping/sand boiling* yang akan menyebabkan turunnya tegangan efektif tanah dasar galian. Sebagai akibatnya tahanan pasif tanah pada lokasi dasar galian akan berkurang dan berpotensi menyebabkan sistem dinding penahan mengalami kegagalan (Laporan Pendahuluan *Getechnical Engineering Consultant*).

Untuk mengantisipasi hal ini, panjang pembenaman sistem dinding penahan harus direncanakan cukup dalam agar tekanan air yang terjadi pada dasar galian tereduksi. Untuk menentukan panjang pembenaman minimum yang diperlukan, digunakan *chart* yang dikembangkan oleh Marsland (1953) perhatikan gambar di bawah ini :



Gambar 2.11 Panjang pembenaman dinding penahan untuk mencegah *piping* (Sumber : Marsland, 1953)

Sesuai informasi dari pemberi kerja, akan direncanakan galian sedalam  $\pm 8$  m untuk keperluan konstruksi basement 2 lapis dibawah permukaan tanah eksisting. Tanah pada kedalaman tersebut didominasi oleh tanah permeabel seperti lanau kepasiran dan pasir kelanauan yang berpotensi mengalami *piping* jika tidak direncanakan dengan baik.

Berikut kelebihan dan kekurangan dari penggunaan *diaphragm wall*, antara lain sebagai berikut :

1. Keuntungan Menggunakan *Diaphragm wall*

- a. Biasanya pada lokasi bangunan yang sangat padat (pemukiman atau gedung lainnya), kendala untuk membuat basement adalah pada pekerjaan galiannya. Dengan *diaphragm wall* ini maka hal ini dapat diatasi, karena metode penggalian dengan mesin *grab* ini tidak akan terlalu mengganggu terhadap lingkungan sekitar (dari kebisingan, kerawanan longsor, MAT yang turun dll ). Pekerjaan pemasangan *sheet*

*pile* dari baja yang berisik dan rawan terjadi pergeseran lapisan tanah tidak ada pada pekerjaan *diaphragm wall* ini. Begitu juga *dewatering*, belum diperlukan pada pelaksanaan awal *diaphragm wall* ini. Dengan demikian maka akan “*reliable*” penggunaan konstruksi *diaphragm wall* untuk bangunan basement pada lingkungan yang padat.

- b. Memungkinkan tercapainya penyelesaian yang lebih cepat dibandingkan dengan metoda konvensional karena dapat diterapkan sistem “*top-down construction*”, yaitu pekerjaan struktur ke atas dan ke bawah bisa dilaksanakan secara bersamaan.
- c. Tingkat untuk basement bisa lebih banyak, karena dengan *diaphragm wall* ini kedalaman galian bisa lebih dalam dibandingkan dengan dinding penahan tanah konvensional.

## 2. Kekurangan Menggunakan *Diaphragm wall*

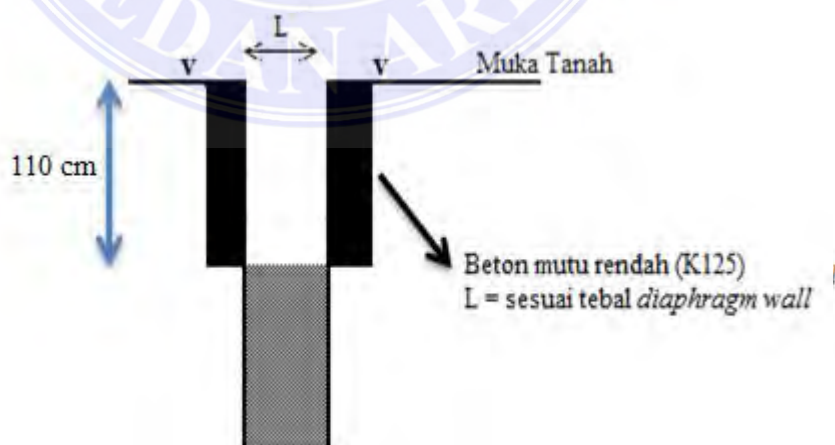
- a. Membutuhkan biaya yang cukup tinggi dari pada menggunakan atau membuat dinding penahan tanah dengan cara konvensional. Hanya saja, biaya yang mahal bisa dimaklumi karena proses pengerjaannya begitu cepat tanpa membutuhkan waktu yang lama.
- b. *Diaphragm wall* dapat menimbulkan struktur dinding dalamnya tidak merata. membutuhkan tahapan penyelesaian tambahan.
- c. Dapat membuat sambungannya riskan terhadap munculnya kebocoran. Untuk mensiasatinya harus dilakukan dengan cara *grouting injection*.
- d. Pembuatan *diaphragm wall* membutuhkan sistem pengelolaan yang teratur supaya tidak muncul benturan lain saat melaksanakan pembangunan, misalnya *bore pile*.

Dalam membuat *diaphragm wall* ada beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dan dilakukan yaitu sebagai berikut:

### 1. Persiapan

Tahap persiapan diperlukan agar pada pelaksanaan utama *diaphragm wall* dapat berjalan dengan baik dan lancar sehingga waktu penyelesaian pekerjaan dapat sesuai jadwal dengan kualitas yang baik. Beberapa hal berikut adalah yang menyangkut pekerjaan persiapan :

1. Melakukan *marking area*/mengukur lahan sesuai dengan tempat dimana akan dibuat *diaphragm wall*.
2. Jika pada proses *marking area* sudah benar dan mendapat persetujuan pihak terkait pada proyek tersebut, maka dilanjutkan dengan membuat *guide wall*, yaitu menggali pada area *marking* dengan kedalaman 110 cm dan memberikan perkuatan dengan beton mutu rendah (K125) dengan tebal 20-30 cm (lihat **Lampiran 1**). *Guide wall* ini diperlukan agar alat penggali (yaitu mesin grab) dapat mudah mengikuti alur galian yang ditentukan. Seperti pada gambar di bawah ini :



**Gambar 2.12** Rencana *guide wall*

3. Menentukan tempat pembuatan tulangan besi (*reinforcement*) jika *diaphragm wall* dilakukan metode *cor in situ*, atau menentukan tempat perletakan untuk pemakain sistem *precast*.
4. Menentukan tempat pencampuran antara air dan *bentonite*. Campuran ini akan dialirkan pada galian *diaphragm wall* untuk menghindari terjadinya keruntuhan galian.
5. Karena pekerjaan *diaphragm wall* ini biasanya diikuti dengan pondasi yang memakai *bore pile* maka harus ditentukan juga urutan kerja antara pekerjaan *diaphragm wall* dan *bore pile* agar selalu simultan.
6. Peralatan terkait harus sudah tersedia di lapangan. Alat tersebut seperti : mobil *crane* minimal 2 buah (1 untuk pengallian *diaphragm wall* dan 1 untuk *bore pile*), mesin grab, mesin bor, *casing bore pile*, pompa air untuk sirkulasi campuran *bentonite*, *ultra sonic sonding* dan peralatan lain yang terkait pekerjaan tulangan besi (*reinforcement*).



**Gambar 2.13** Mesin grab

## 2. Pelaksanaan

Seperti halnya pekerjaan dinding penahan pada umumnya maka langkah pertama adalah melakukan penggalian. Penggalian dengan menggunakan mesin grab. Lebar galian adalah 65 cm sedangkan panjang galian adalah sekitar 6 m. Kedalaman galian disesuaikan dengan kebutuhan kedalaman basement. Misalnya untuk 2 maka kedalaman minimal adalah 10 meter. Bersamaan dengan melakukan penggalian ini harus juga dialirkan campuran air + *bentonite* secara *continue*, agar tidak terjadi keruntuhan. Sebelum rangkain tulangan besi (*reinsforcement*) dimasukkan (untuk *cor in situ*) atau panel precast masuk, harus dicek dulu dengan *ultra sonic sonding* untuk diketahui adanya keruntuhan atau tidak. Sistem penggalian dilakukan secara selang seling, misalnya galian diberi nomor 1, 2, 3 dan seterusnya. Maka penggalian pertama adalah nomor 1, penggalian ke 2 adalah nomor 3 dan seterusnya). Hal ini dilakukan untuk meminimalkan terjadinya keruntuhan pada dinding galian.

Pekerjaan rangkaian pembesian (*reinforcement*) harus disiapkan secara simultan dengan penggalian, sehingga saat galian sudah selesai maka rangkaian pembesian juga harus sudah selesai. (Karena galian hanya boleh dibiarkan maksimal 2 x 24 jam). Model rangkaian adalah *double reinforced* (tulangan rangkap) yang berfungsi menahan gaya geser dan momen lentur pada *diaphragm wall* (lihat **Lampiran 2**). Rangkaian pembesian ini pada sisi-sisi tebalnya diberi *end plate* yang berfungsi untuk penyambung antar *diaphragm wall*.

Setelah pengecekan dengan *ultra sonic sonding* dilakukan dan menunjukkan tidak ada keruntuhan pada dinding galian maka langkah berikutnya yaitu :

1. Memasukkan rangkain tulangan besi (*reinforcement*). Rangkain tulangan besi (*reinforcement*) pada sisi yang nantinya menjadi dinding dalam basement dipasang juga terpal agar tampilan *diaphragm wall* bisa bagus/rata.
2. Melakukan pengecoran dengan *concrete pump* hingga selesai.
3. Untuk pemakaian *diaphragm wall* dengan sistem precast maka setelah galian siap langsung memasukkan panel precast *diaphragm wall*.

Gambar yang di ambil dari Brasfond di bawah ini mungkin dapat menjelaskan uraian di atas :



**Gambar 2.14** Tahapan tahapan pelaksanaan *diaphragm wall*

## 2.5 Stabilitas Dinding Penahan

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Selain itu, hal penting yang harus diperhatikan adalah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung. Sehingga konstruksi dinding penahan menjadi aman, dan tidak terjadi keruntuhan.

### 2.5.1 Stabilitas Terhadap Guling

Menurut Hardiyatmo (2003), stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Penyebab utama bahaya guling ini adalah akibat terjadinya momen, momen ini memiliki kecenderungan menggulingkan dinding penahan tanah dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Gaya yang menahan guling adalah momen gaya yang ditimbulkan karena adanya berat sendiri dinding penahan serta momen akibat berat tanah yang ada di atas pelat pondasi.

Faktor keamanan terhadap bahaya penggulingan ( $F_{gl}$ ), dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}}$$

dimana :

$$\sum M_w = W \cdot b_1$$

$$\sum M_{gl} = \sum P_{ah} \cdot h_1 + \sum P_{av} \cdot B$$



$\Sigma M_w$	= momen yang melawan guling (kN.m)
$\Sigma M_{gl}$	= momen yang mengakibatkan guling (kN.m)
$W$	= berat tanah di atas pelat pondasi + berat sendiri dinding penahan (kN)
$B$	= lebar kaki dinding penahan (m)
$\Sigma P_{ah}$	= jumlah gaya-gaya horisontal (kN)
$\Sigma P_{av}$	= jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

Faktor keamanan minimum terhadap guling tergantung pada jenis tanahnya, pembagian faktor keamanan untuk jenis berbagai jenis tanah adalah sebagai berikut :

$F_{gl} > 1,5$  untuk tanah dasar granular

$F_{gl} > 2$  untuk tanah dasar kohesif

Dalam perhitungan stabilitas, tahanan tanah pasif yang berada di depan kaki dinding depan akan diabaikan, karena faktor-faktor seperti pengaruh erosi, iklim, dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif tidak dipertimbangan dalam perhitungan ini.

### 2.5.2 Stabilitas Terhadap Geser

Menurut Hardiyatmo (2002), stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekan antara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan.

Faktor keamanan terhadap bahaya penggeseran ( $F_{gs}$ ), dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}}$$

Untuk tanah granular ( $c = 0$ )

$$\begin{aligned}\sum R_h &= W \cdot f \\ &= W \cdot \tan \delta_h \quad \rightarrow \text{dengan } \delta_h \leq \varphi\end{aligned}$$

Untuk tanah kohesif ( $\varphi = 0$ )

$$\sum R_h = c_a \cdot B$$

Untuk tanah  $c = \varphi \rightarrow (\varphi > 0 \text{ dan } c = 0)$

$$\sum R_h = c_a \cdot B + W \cdot \tan \delta_h$$

Dimana :

$\sum R_h$  = tahanan dinding penahan tanah terhadap geser

$W$  = berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat pondasi

$\delta_h$  = sudut geser antara tanah dan dasar pondasi, diambil  $\frac{2}{3} - (2/3)\varphi$

$c_a$  =  $a_d \times c$  = adhesi antara tanah dan dasar dinding

$c$  = kohesi tanah dasar

$a_d$  = faktor adhesi

$B$  = lebar kaki dinding enahan (m)

$\sum P_{ah}$  = jumlah gaya horisontal

$f$  =  $\tan \delta_b$  = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi

Faktor keamanan minimum terhadap geser tergantung pada jenis tanahnya, pembagian faktor keamanan untuk jenis berbagai jenis tanah adalah sebagai berikut :

$$F_{gs} > 1,5 \text{ untuk tanah dasar granular}$$

$$F_{gs} > 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

### 2.5.3 Stabilitas Terhadap Kapasitas Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan kapasitas dukung Terzaghi, Mayerhof dan Hansen.

Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan Terzaghi hanya berlaku untuk pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentris. Kapasitas dukung ultimit ( $q_u$ ) untuk pondasi memanjang dirumuskan sebagai berikut :

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 B_\gamma \cdot N_\gamma$$

Dimana :

$c$  = kohesi tanah ( $kN/m^2$ )

$D_f$  = kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah ( $kN/m^3$ )

$B$  = lebar kaki dinding penahan (m)

$N_c, N_q,$  dan  $N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

Hardiyatmo menambahkan persamaan Hansen dan Vesic, kapasitas daya dukung ultimit digunakan untuk menghitung beban miring dan eksentrisitas. Persamaan Hansen dan Vesic dirumuskan sebagai berikut :

$$q_u = d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + d_q \cdot i_q \cdot D_{f\gamma} \cdot N_q + d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 B_\gamma \cdot N_\gamma$$

Dimana :

$d_c, d_q, d_\gamma$  = faktor kedalaman

$i_c, i_q, i_\gamma$  = faktor kemiringan beban

$B$  = lebar kaki dinding penahan (m)

$e$  = eksentrisitas beban (m)

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$N_c, N_q,$  dan  $N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

Faktor keamanan minimum untuk keruntuhan kapasitas daya dukung dirumuskan sebagai berikut :

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

Dimana :

$q$  = tekanan akibar beban struktur

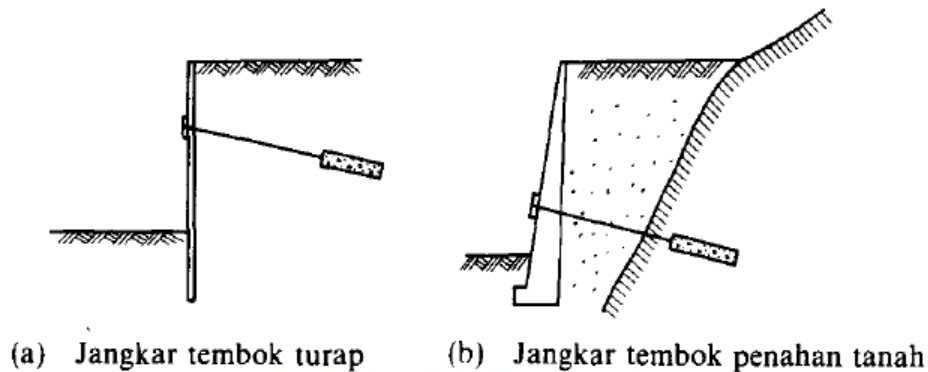
$q_u$  = tekanan tanah ultimit

## 2.6 Ground Anchor

Metode penjangkaran tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor* atau *Tieback Anchor*, suatu yang dikembangkan di Eropa sekitar 20 tahun yang lampau (Suyono :1980).

Dalam metode ini pemboran dilakukan di dalam tanah pondasi yang baik terdiri dari lapisan berpasir, lapisan berkerikil, lapisan berbutir halus ataupun batuan yang lapuk, serta suatu bagian yang menahan gaya tarik seperti campuran semen dengan kabel baja atau semen dengan batang baja dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran tersebut, kemudian disertai suatu gaya tarik setelahnya untuk memperkuat konstruksinya. Dalam banyak hal dipergunakan untuk

melawan tekanan tanah seperti turap ataupun tembok penahan tanah, perhatikan gambar berikut ini :



**Gambar 2.15** Jangkar Tanah  
(Sumber : Suyono dan Nakazawa, 1980)

*Ground anchor* atau jangkar tanah merupakan bagian penting dari struktur yang mengirimkan gaya tarik (*tensile force*) dari struktur utama ke tanah di sekitar jangkar. Kekuatan geser dari tanah disekitarnya digunakan untuk melawan gaya tarik jangkar itu dan untuk mengikat jangkar pada tanah yang cocok. Kebanyakan dari jangkar biasanya terdiri dari baja tendon dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada sudut kemiringan (inklinasi) tertentu dan pada kedalaman yang diperlukan untuk melawan beban yang ada.

Gaya tarik pada jangkar adalah gaya yang penting untuk keseimbangan antara jangkar, struktur yang dijangkar dan pada tanah sehingga pergerakan dari struktur dan tanah disekitarnya tetap dapat diterima. Keistimewaannya adalah selain dapat memindahkan beban permukaan ke jangkar, juga dapat menjawab respon dari struktur berupa gaya interaksi antara tanah/batuan dengan struktur yang dijangkar.

### 2.5.1 Prinsip dan Fungsi Jangkar Tanah

Penggunaan jangkar tanah pada teknik sipil adalah salah satu pengembangan terbaru dalam ilmu sipil yang sangat diperlukan dalam

pembangunan yang berhubungan dengan batuan dan tanah sebagai materi pondasi struktur. Kapasitas menerima beban pada jangkar dihasilkan ketika terjadi gaya tahan pada saat stressing sepanjang zona penjangkaran dibentuk.

Komponen jangkar (*ground anchor*) meliputi *head anchor*, *free length anchor*, *bond length anchor*. *Bond length* untuk membungkus material tanah dalam rangka memindahkan beban dari struktur ke tanah yang dijangkar, dimana *free length* tidak terikat dan bebas bergerak di dalam tanah. Di dalam tendon terdapat bagian yang terbuat dari baja berkekuatan tinggi (*bar*, *wire* atau *strand*) yang dikelilingi *cement grout* (material semen untuk *grouting*). *Fixed length anchor/bond length* adalah bagian dari tendon yang terjauh dari struktur dimana gaya tarik (*tensile force*) dipindahkan ke tanah disekitar jangkar. *Free anchor length* adalah bagian dari tendon antara bagian atas *fixed anchor length* dan struktur dimana tidak ada gaya tarik yang dipindahkan ke tanah di sekitarnya.

*Ground anchor* dapat berfungsi untuk menahan beban lateral dari timbunan tanah di belakang dinding penahan tanah, seperti *abutment* pada jembatan sehingga *abutment* tidak patah. Di daerah lereng, *ground anchor* digunakan untuk membuat kestabilan lereng tetap terjaga dari bahaya pergerakan tanah (misalnya gempa) dan longsoran yang mungkin terjadi. Di dalam penjangkaran, faktor kondisi geologis juga sangat menentukan seperti batuan dan tanah tempat jangkar dipasang. Prinsip penjangkaran pada tanah merupakan proses konstruksi dimana jangkar dimasukkan ke dalam tanah. Jangkar dimasukkan ke dalam lubang hasil pengeboran dan dijepit ujungnya.

Setelah di jepit jangkar biasanya diberi gaya prategang dan bagian atasnya ditahan oleh kepala jangkar.

### 2.5.2 Klasifikasi Jangkar

Dalam hal hubungan antara jangkar dengan pembebanan, metoda penjangkaran merupakan aplikasi khusus dari *prestressing* pada pondasi dan pekerjaan tanah.

Penggunaan jangkar pada struktur yang dijangkar tergantung pada jenis jangkar yang digunakan. Jangkar ada yang harus digunakan permanen atau terus-menerus, dan terdapat juga jangkar yang digunakan sementara.

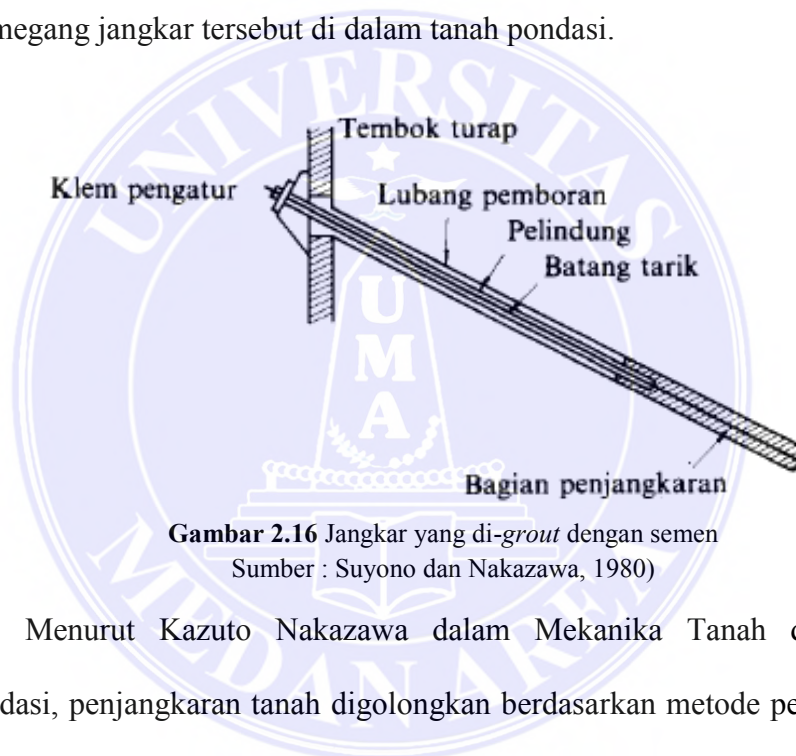
Penjangkaran sementara adalah penjangkaran yang memiliki daya tahan yang terbatas, dan digunakan dalam waktu yang tidak lama. Penjangkaran tetap memiliki daya tahan yang tinggi, direncanakan untuk waktu yang lama, serta dapat mempertahankan stabilitas dari struktur.

Untuk lebih mengetahui perbedaannya, berikut ini merupakan spesifikasi pada jangkar :

1. Penjangkaran sementara : penjangkaran dapat digunakan kurang dari 6 bulan.
2. Penjangkaran semi permanen : penjangkaran dapat digunakan kurang dari 6-18 bulan.
3. Penjangkaran tetap (permanen) : penjangkaran berfungsi lebih lama dari 18 bulan.

Di dalam pelaksanaan pekerjaan penjangkaran tanah yang terutama digarap adalah melubangi tanah pondasi dengan mesin bor lalu dimasukkan

ke dalamnya batang tarik dan kemudian di-*grout* dengan semen (**Gambar 2.16**). Dapat ditambahkan bahwa banyak metode-metode baru yang dipakai dengan menggunakan bentuk baru dari batang tarik ataupun metode-metode pelaksanaannya. *Grouting* dengan semen misalnya dapat diganti dengan suatu *urethan system*, cairan kimia yang bisa mengembang atau suatu *epoxiresin*, ataupun metode mekanis dimana setelah dipasang jangkarnya maka bagian tersebut diputar dari permukaan tanah atau suatu daun pengunci untuk memegang jangkar tersebut di dalam tanah pondasi.



**Gambar 2.16** Jangkar yang di-*grout* dengan semen  
Sumber : Suyono dan Nakazawa, 1980)

Menurut Kazuto Nakazawa dalam Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, penjangkaran tanah digolongkan berdasarkan metode penjangkaran, yaitu :

1. Penjangkaran dengan tahanan geser

Jenis ini memakai batang jangkar yang silindris yang digROUT di dalam lubang bor dan gaya tarik ditimbulkan dari tahanan geser yang bekerja sekelilingnya.

2. Penjangkaran dengan alat pemikul



Jenis ini menggunakan suatu plat massif yang dipasang di dalam tanah sehingga tekanan tanah pasifnya yang bekerja dapat menahan gaya tarik.

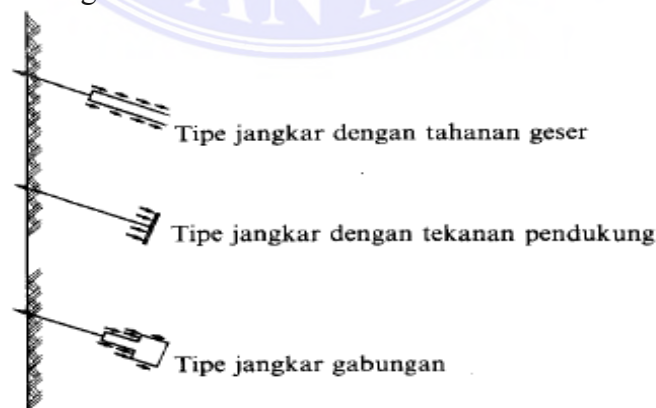
### 3. Penjangkaran gabungan

Dimana ada bagian-bagian yang diperbesar dan tekanan pasif bersama-sama menahan geser bayangnya yang menahan gaya tarik, sehingga dapat disebut sebagai gabungan dari kedua metode terdahulu.

Untuk membuat penjangkaran dengan diameter besar pembuatan lubangnya perlu menggunakan mata bor khusus atau semburan air bertekanan tinggi.

Dewasa ini, jenis penjangkaran dengan tahanan geser yang paling sering digunakan sedangkan jenis penjangkaran dengan alat pemukul maupun penjangkaran gabungan digunakan apabila suatu lapisan tanah mempunyai tahanan geser yang tidak dapat diandalkan pada suatu kedalaman tertentu, atau lapisan yang lebih padat seperti mudstone terdapat pada kedalaman dangkal serta tahanan dapat diperoleh dari pemboran dangkal saja.

Perhatikan gambar berikut ini :



**Gambar 2.17** Tipe-tipe jangkar  
Sumber : Suyono dan Nakazawa, 1980)

### 2.5.3 Pemilihan Jangkar

Pemilihan untuk mencari jangkar yang sesuai bagi kebutuhan suatu proyek memerlukan pengetahuan dan pemahaman berbagai macam sistem jangkar. Jenis baru jangkar terus dikembangkan dan diperkenalkan ke pasar, untuk menghadapi konstruksi yang lebih kompleks dan untuk mencapai hasil yang lebih baik dan mengurangi harga. Beberapa ditemukan cocok untuk aplikasi tertentu, dan beberapa dipertimbangkan praktis dalam batas kondisi tanah tertentu dan kombinasi pembebanan. Berdasarkan lokasi jangkar dan penggunaan dari penjangkaran, masalah dalam pemilihan jangkar tidak semudah itu dan terlalu kompleks dengan banyak faktor yang mempengaruhi hasil penjangkaran. Kegagalan dalam memilih sistem penjangkaran jangkar yang cocok dapat berdampak pada potensi struktur yang didukung jangkar dan kerusakan.

Pertimbangan dalam memilih penjangkaran harus disesuaikan dengan berbagai kondisi yang dapat mempengaruhi pekerjaan di bawah tanah. Faktor penting dari efisiensi desain jangkar dan konstruksi adalah banyak mengetahui tentang kondisi tanah di lapangan. Kekurangan pengetahuan mengenai kondisi tanah dapat menghambat perkiraan perancang proyek dalam menentukan kekuatan jangkar.

### 2.5.4 Sistem Penjangkaran

Pada umumnya, kapasitas jangkar dan bentuk fisik dipengaruhi oleh faktor berikut ini:

1. Karakteristik tanah , terutama kekuatan geser.

2. Teknik instalasi, khususnya adalah metode untuk memperbaiki *bonding zone* (zona dimana terdapat ikatan setelah tendon di-*grouting*).

Pada analisis perencanaan dan studi tentang pemasangan jangkar, faktor pertama yang harus diperhatikan adalah kondisi geologi dan kekuatan dari pondasi struktur. Beberapa jenis tanah tidak digunakan untuk penjangkaran, khususnya tanah lunak (*soft materials*) karena daya penjangkaran melebihi batas kekuatan tanah.

**Tabel 2.1** Perkiraan kasar dari perlawanan geser yang bekerja pada permukaan jangkar (berdasarkan pada Persatatan Jangkar Tanah)

Macam dari tanah pondasi		Perlawan geser (kg/m <sup>2</sup> )	
Batuan dasar	Batuan keras	15-25	
	Batuan lembek	10-15	
	Batuan lapuk	6-10	
	Batuan lumpur	6-12	
Kerikil	Nilai N (SPT)	10	1,0-2,0
		20	1,7-2,5
		30	2,5-3,5
		40	3,5-4,5
		50	4,5-7,0
Pasir	Nilai N (SPT)	10	1,0-1,4
		20	1,8-2,2
		30	2,3-2,7
		40	2,9-3,5
		50	3,0-4,0
Tanah Kohesif		1,0 C	

- Catatan :
1. Karena nilai-nilai diperoleh dari pengujian tarik dari penjangkaran dengan penekanan seperti jangkar PS atau jangkar yang digROUT, maka nilai-nilai di atas harus direduksi untuk jenis penjangkaran yang tanpa penekanan
  2. Bila ketebalan tanah penutup tanah kurang dari 4 m, nilai-nilai tersebut harus direduksi

(Sumber : Suyono dan Nakazawa, 1980)

Pada umumnya, jangkar tanah menawarkan solusi yang baik untuk masalah teknik jika mereka dipasang pada *stiff clay*, atau *dense silts, sands, and gravels* (tanah lempung kaku, atau endapan lumpur padat, dan batu kerikil). Pada banyak hal, pemasangan sudah cukup tanpa merubah karakteristik tanah. Rincian utama untuk setiap tipe ditentukan oleh kebutuhan desain proyek, dan dikembangkan bersama dengan ukuran tendon, pengeboran (*drilling*) dan metoda *grouting*, dan bentuk dari hasil *grouting*.

Untuk tipe-tipe *ground anchor* yang digunakan pada Proyek Podomoro City Deli Medan ini dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

## 2.7 Analisa Elemen Hingga (*Finite Element*) Menggunakan PLAXIS V8.2

Analisa elemen hingga memungkinkan pemodelan perilaku tanah yang non-linear dan rumit melalui sebuah model yang memiliki variasi geometri dengan perbedaan kondisi. Dengan pemodelan ini dapat diprediksi besarnya tegangan, deformasi dan tekanan air pori pada suatu profil tanah.

PLAXIS adalah salah satu program atau aplikasi komputer berdasarkan metode perhitungan elemen hingga yang dimaksudkan untuk analisa deformasi dan stabilitas struktur tanah secara dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D), seperti *groundwater and heat flow*, dalam dunia geoteknik aplikasinya seperti penggalian, pondasi, timbunan dan tunel (PLAXIS, 2012).

PLAXIS biasanya digunakan untuk mensimulasikan perilaku tanah Program PLAXIS dan pemodelannya telah dikembangkan dengan sangat hati-hati. Meskipun telah melewati banyak pengujian dan validasi, tidak dapat menjamin bahwa program PLAXIS bebas dari kesalahan. Selain itu, simulasi masalah

geoteknik dengan menggunakan metode elemen hingga secara implisit melibatkan kesalahan numerik dan pemodelan yang salah. Keakuratan terhadap realita sangat bergantung pada keahlian dari pengguna mengenai pemodelan dari masalah, pemahaman jenis-jenis tanah, pemilihan parameter tanah, dan kemampuan dalam menilai hasil perhitungan. Oleh karena itu, pengguna harus berhati-hati ketika ia menggunakan hasil perhitungannya untuk tujuan desain geoteknik (PLAXIS, 2012).

PLAXIS digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan (*input*), perhitungan (*calculation*), keluaran (*output*), dan kurva (*curve*).

Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program PLAXIS ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan.

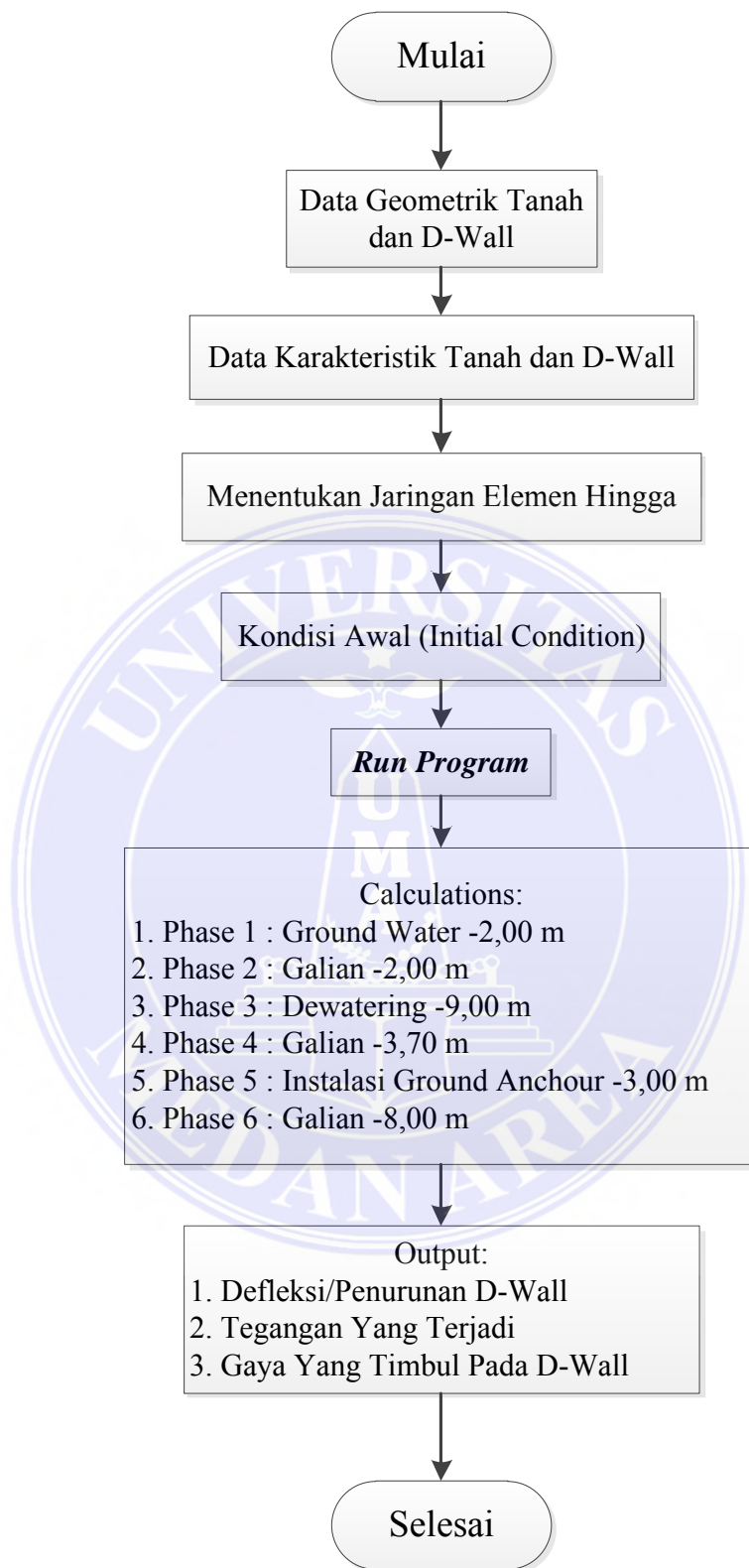
PLAXIS dimaksudkan sebagai alat bantu analisis untuk digunakan ahli geoteknik yang tidak harus menguasai metode numerik. Umumnya para praktisi menganggap bahwa perhitungan dengan metode elemen hingga yang non-linier

adalah sulit dan menghabiskan banyak waktu. Tim riset dan pengembangan PLAXIS menjawab masalah tersebut dengan merancang prosedur-prosedur perhitungan yang handal dan baik secara teoritis, yang kemudian dikemas dalam suatu kerangka yang logis dan mudah digunakan.

PLAXIS dapat digunakan untuk melakukan permodelan dan analisis semua permasalahan geoteknik seperti *slope stability*, *seepage*, dan konsolidasi. Selain itu PLAXIS juga dapat memodelkan dan menganalisis struktur geoteknik dan interaksi tanah dengan struktur seperti pondasi dangkal, pondasi dalam, dinding penahan tanah, angkur (*anchor*), dan sebagainya.

Yang perlu diperhatikan dalam penggunaan PLAXIS adalah pengguna harus menguasai teori dan konsep mengenai mekanika tanah dan rekayasa pondasi. Hal ini sangat penting karena PLAXIS akan tetap melakukan kalkulasi dan keluaran (*output*) meskipun data yang dimasukkan (*input*) tidak benar.

Secara garis besar tahapan permodelan dan analisis menggunakan PLAXIS dapat dilihat pada *flow chart* pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.18** Flow chart tahapan perhitungan PLAXIS

Langkah-langkah dalam menjalankan program PLAXIS adalah sebagai berikut.

### 1. *General Setting*


Pada *general setting* ini pengguna (*user*) diminta untuk :

- a. Pilih *New Project* → *input* judul atau nama proyek yang akan kita kerjakan. (Pastikan Model berada pada set *Plane Strain* dan *Element* berada pada set *15-node*.)
- b. *Input* data *horizontal dimensions*, *vertikal dimension* serta nilai dari *grid spacing* sesuai dengan data perencanaan.


### 2. *Geometry*

Pada tahapan *geometry* ini, *user* diminta untuk melakukan pemodelan struktur berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis.


### 3. *Material Properties*

Pada tahapan ini *user* diminta untuk meng-*input* semua data yang diminta oleh program dengan meng-klik *material sets* . Data-datanya antara lain : data tanah, data dinding, data *anchor* dan lain-lain. (Pastikan data yang dimasukkan sudah benar, karena PLAXIS akan tetap melakukan kalkulasi dan meng-*output* data meskipun data yang dimasukkan salah).





### 4. *Initial Condition*

Sebelum melakukan tahapan *Initial Condition*, hal yang perlu dilakukan adalah: klik *Generate Mesh*  → *Update*.

Hal yang dilakukan pada tahapan *Initial Condition*, sebagai berikut :

- a. Klik *Initial Condition*  pada *toolbar*.



- b. Klik , tentukan muka air tanah berdasarkan data perencanaan.
- c. Klik , pilih Phearatic Level → [OK] → *Update* (hasil menjadi mode *Groundwater Condition*).
- d. Klik , untuk mengganti mode pada *Geometry Configuration*
- e. Klik  → [OK] → *Update*.

Note : Pada saat melakukan perintah *generate mesh* apabila material setiap komponen (lapisan tanah, *diaphragm wall*, *anchor*) belum dimasukkan maka PLAXIS tidak akan dapat memprosesnya. Karena tujuan dari *generate mesh* adalah untuk membagi-bagi geometri menjadi elemen-elemen untuk perhitungan elemen hingga, sehingga terbentuk geometrik dan jaringan elemen-elemen hingga telah selesai disusun.

#### 5. Calculation

Untuk memulai perhitungan analisis konstruksi klik *Calculation* pada *toolbar* lalu pilih [Yes], untuk menyimpan data. Pada tahapan ini yang diminta adalah meng-*input* setiap fase tahapan pekerjaan konstruksi sesuai dengan perencanaan.


Tahapan Konstruksi *Diaphragm wall* adalah sebagai berikut :

- a. Fase 1 ; instalasi *diphragm wall* -5,30 m.
- b. Fase 2 ; penggalian hingga elevasi -7,30 m.
- c. Fase 3 ; proses *dewatering* (penurunan muka air tanah) hingga elevasi - 14,30 m.
- d. Fase 4 ; pengalian hingga elevasi -9,00 m.
- e. Fase 5 ; instalasi ground *anchor* pada elevasi -8,80 m.

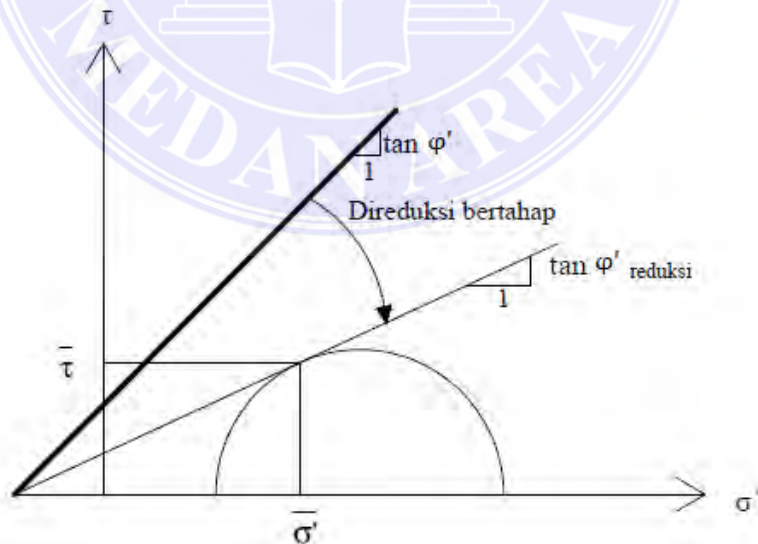
f. Fase 6 ; penggalian hingga elevasi -13,30 m.

*(Pastikan setiap fase dilakukan dengan benar, sehingga kesalahan pada keluaran data (output) yang dihasilkan juga tidak terjadi kesalahan. Biasanya apabila terjadi kesalahan dalam input data proses calculation akan terhenti).*

Tahapan memulai perhitungan analisis kontruksi sebagai berikut :

- a. Setelah meng-input tahapan pekerjaan konstruksi, maka sebelum meng-output data klik , untuk menentukan titik kurva lalu klik *Update*.
- b. Run program PLAXIS dengan mengaktifkan setiap fase yang telah di-input, lalu klik *calculate* pada *toolbar*.
- c. Untuk melihat hasilnya klik *Output* pada *toolbar*, lalu pilih data *output* yang diperlukan pada menu yang tersedia di *toolbar*.

Adapun cara mencari faktor keamanan menggunakan PLAXIS adalah dengan mereduksi sudut geser tanah ( $\phi'$ ) dan kohesi ( $c'$ ) hingga terjadi keruntuhan seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut ini :



**Gambar 2.19** Konsep pereduksian  $\phi'$   
(Sumber : Joseph E. Bowles, 1997)

Oleh karena itu, faktor keamanannya didapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\sum M_{sf} = \frac{c'}{c'_{\text{reduksi}}} = \frac{\tan \varphi'}{\tan \varphi'_{\text{reduksi}}}$$

Untuk mengasumsikan nilai kekakuan tanah (E) di PLAXIS, referensi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Nilai rasio E (kekakuan) berdasarkan jenis tanah

Jenis Tanah	E (Mpa)
<b>Lempung</b>	
Sangat lunak	2 - 15
Lunak	5 - 25
Sedang	15 - 50
Keras	50 - 100
Berpasir	25 - 250
<b>Tanah Glasial</b>	
Lepas	10 - 150
Padat	150 - 720
Sangat padat	500 - 1.440
<i>Loess</i>	15 - 60
<b>Pasir</b>	
Lantau	5 - 20
Lepas	10 - 25
Padat	50 - 81
<b>Pasir dan Gravel</b>	
Lepas	50 - 150
Padat	100 - 200
Sejenis batu	150 - 5.000
Pasir dan Gravel	2 - 20

(Sumber : Joseph E. Bowles, 1997)

Sedangkan untuk mengasumsikan angka Poisson, dapat menggunakan tabel berikut ini :

**Tabel 2.3** Jenis tanah dan angka Poissonnya

Jenis Tanah	$\mu$
Lempung, jenuh	0,4 - 0,5
Lempung, tidak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir, pasir berkerikil	-0,1 - 1
nilai umum	0,3 - 0,4
Batu	0,1 - 0,4 (tergantung jenis batu)
Loess	0,1 - 0,3
Es	0,36
Beton	0,15
Baja	0,33

(Sumber : Joseph E. Bowles, 1997)

**Tabel 2.4** Jenis lempung dan angka Poissonnya

$\mu$	Jenis Lempung
0,4 - 0,5	Lempung murni
0,45 - 0,50	Lempung jenuh air
0,3 - 0,4	kohesi rendah - sedang dan padat
0,2 - 0,35	kohesi rendah - lepas hingga padat

(Sumber : Joseph E. Bowles, 1997)

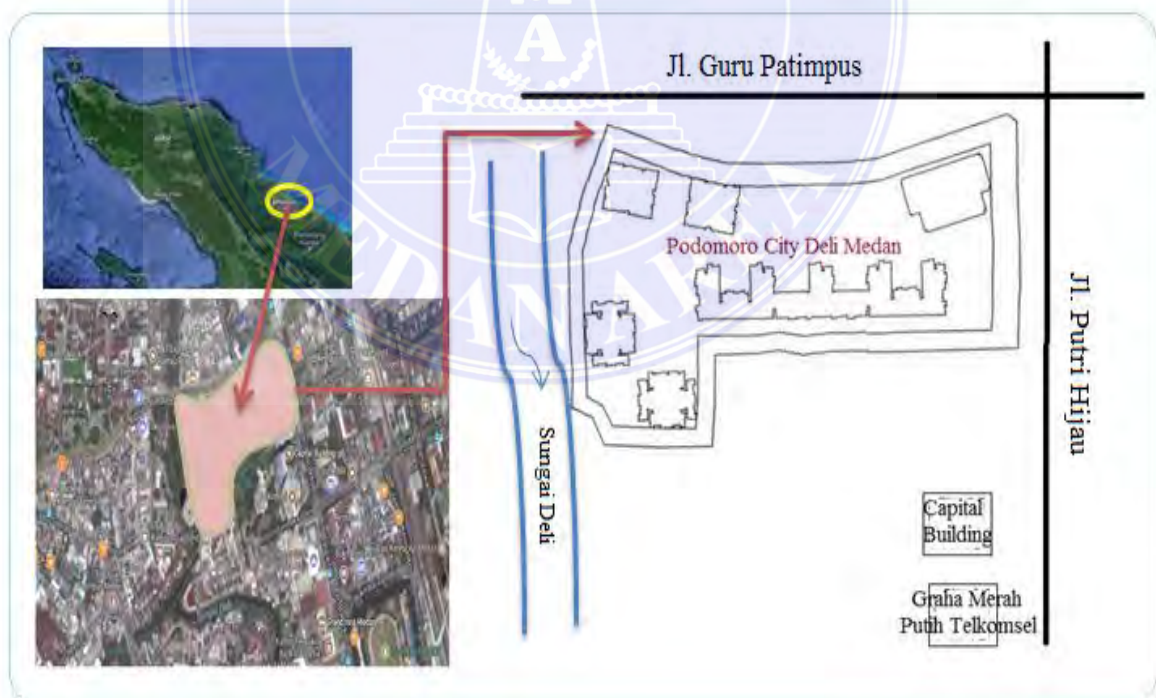
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk penelitian yaitu pada Proyek Podomoro City Deli Medan. Lokasi pekerjaan proyek tersebut terletak di Jl. Putri Hijau/Guru Patimpus No. 1 Blok OPQ, Kesawan, Medan, Kota Medan, Sumatera Utara 20111. Proyek Podomoro City Deli Medan ini berada di bawah pengelolaan manajemen PT. Agung Podomoro Land, Tbk.

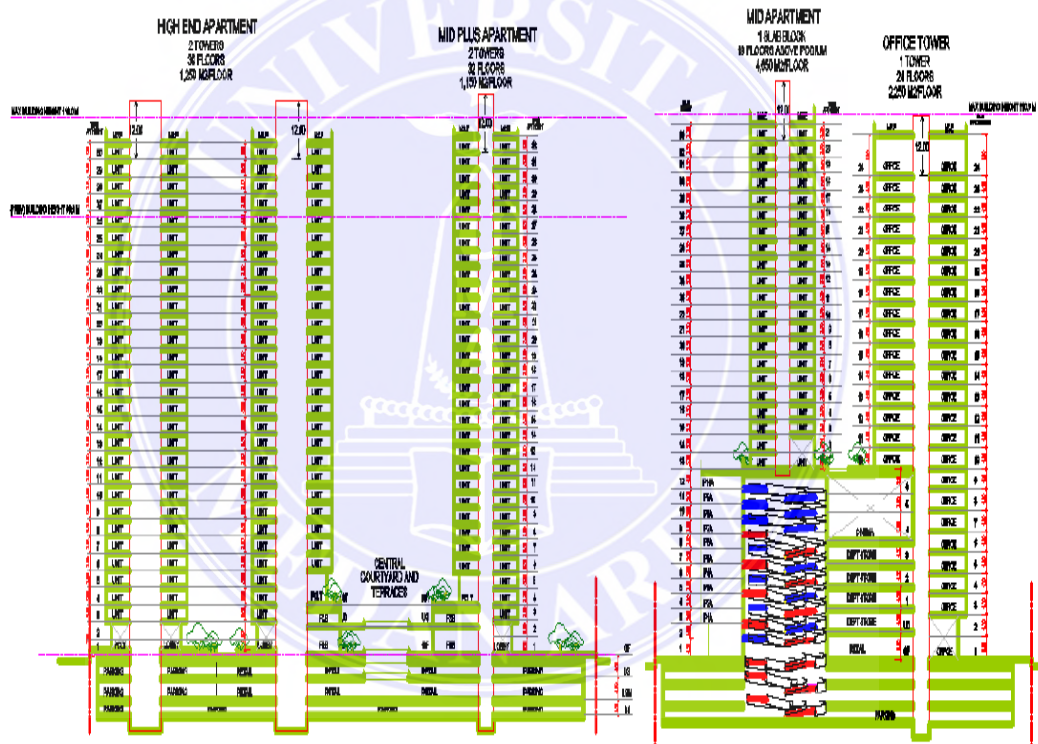
Untuk lebih menjelaskan lokasi penelitian laporan tugas akhir ini, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.1** Peta lokasi proyek pembangunan Podomoro City Deli Medan  
Sumber : Googlemaps.com

Berdasarkan Laporan Pendahuluan Geotechnical Engineering Consultan, proyek pembangunan Podomoro City Deli Medan ini merupakan proyek yang terdiri dari (lihat **Lampiran 4**):

1. 2 tower High End Apartemen 30 lantai dan 3 lapis basement.
2. 2 tower Mid Plus Apartemen 32 lantai dan 3 lapis basement.
3. 1 block Mid Apartemen dengan 2 tower 33 lantai, 8 lantai podium, dan 3 lapis basement.
4. 1 Office tower 23 lantai dengan 3 lapis basement.



**Gambar 3.2** Denah perencanaan bangunan proyek Podomoro City Deli Medan  
Sumber : Laporan Pendahuluan GEC

Pada penelitian ini, penulis hanya berfokus pada struktur *diaphragm wall* sebagai proteksi galian yang menahan tekanan tanah agar tidak terjadi keruntuhan, sekaligus sebagai dinding basement nantinya. Pada proyek pembangunan Podomoro City Deli Medan ini, terdapat beberapa tipe *diaphragm wall*,

diantaranya adalah tipe 1, tipe 1A, tipe 2, dan tipe 2A. Masing-masing dari tipe *diaphragm wall* ini memiliki panjang/kedalaman yg berbeda-beda. Dalam laporan tugas akhir ini, penulis hanya akan meneliti *diaphragm wall* tipe 1 yang berdekatan dengan posisi aliran sungai.

Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 3 bulan, mulai dari bulan April hingga Juni 2017. Waktu penelitian ini disesuaikan dengan alokasi waktu yang tersedia untuk melaksanakan penyusunan laporan tugas akhir ini.

### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data di lapangan harus dilakukan dengan seteliti mungkin agar kebutuhan data dalam penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terpenuhi serta data yang diperoleh merupakan data yang akurat sehingga hasil dari penelitian pun akan akurat.

Data-data yang akan dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari data primer, data skunder dan data pendukung lainnya.

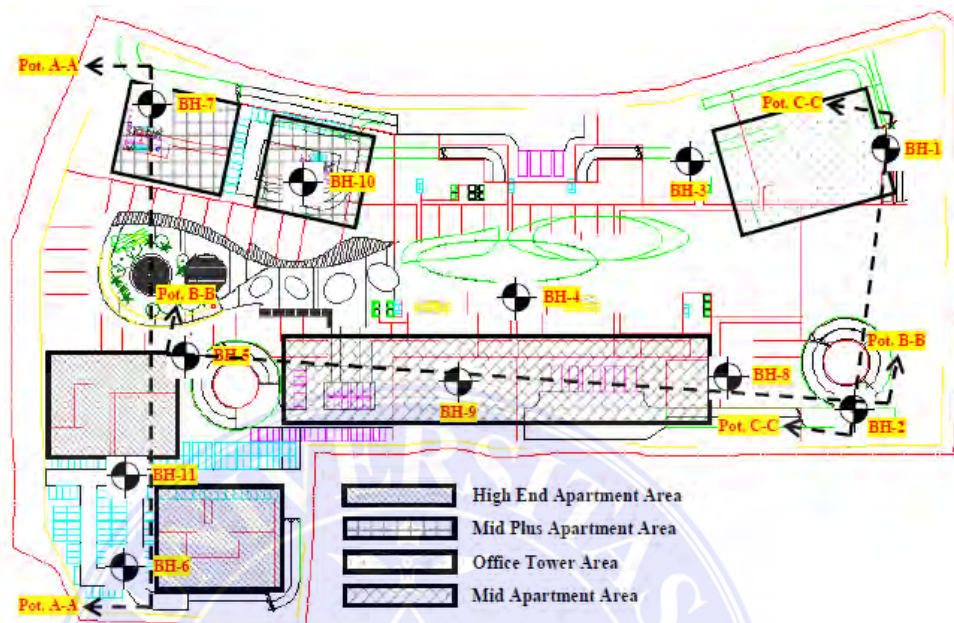
#### **3.2.1 Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan, yang diperoleh antara lain :

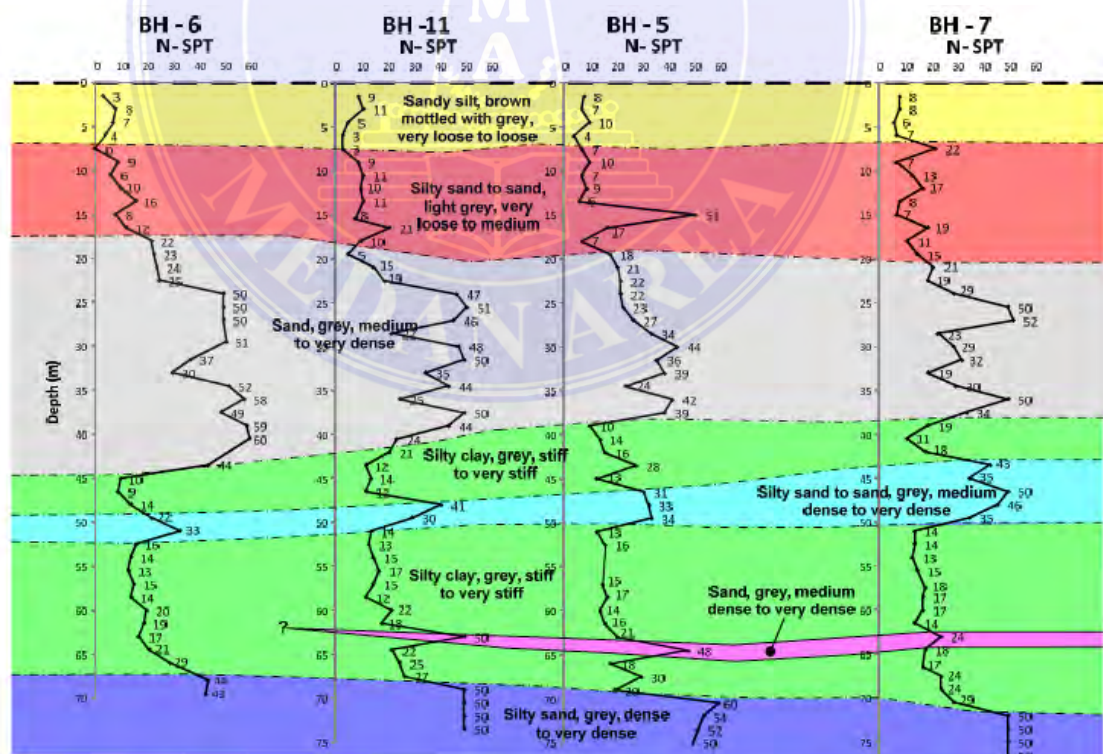
##### **1. Pengujian Lapangan (*Deep Boring*)**

Penyelidikan tanah telah dilakukan oleh PT. Golder Associates, berupa 11 titik pemboran yang berlangsung pada 12 Juni s/d 26 Juli 2007 dengan kedalaman pemboran berkisar antara 33 - 80 m. Lokasi titik penyelidikan tanah ini disajikan pada

Gambar 3.3 dan masing-masing potongan profil pelapisan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.4 s/d Gambar 3.6 berikut ini.



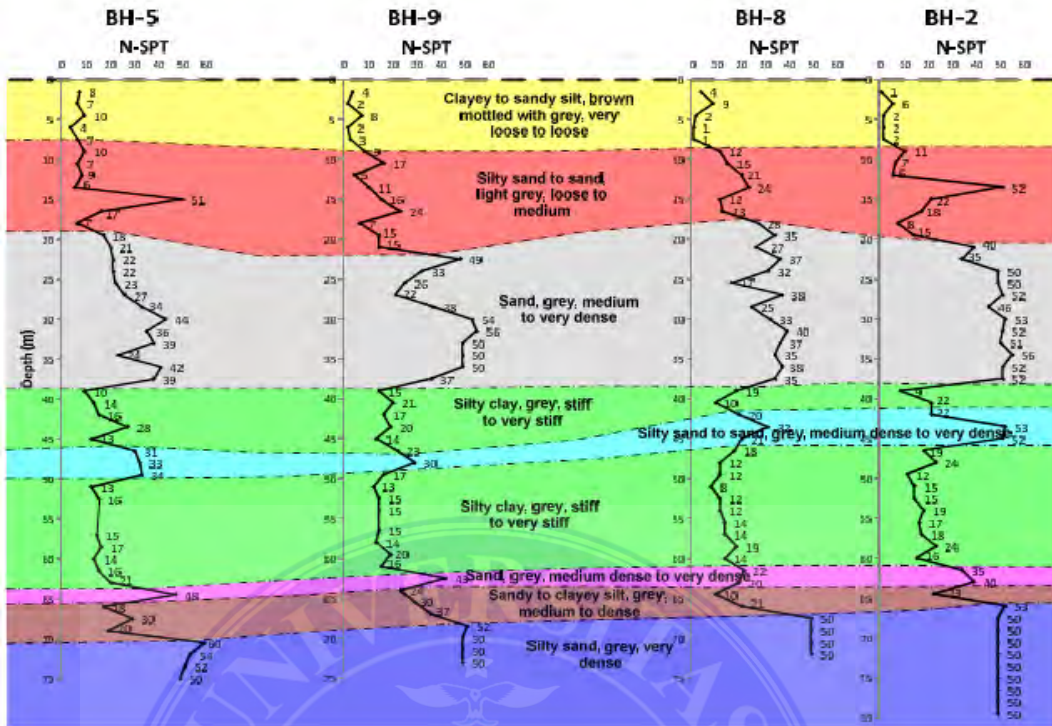
Gambar 3.3 Lokasi titik uji penyelidikan tanah  
Sumber : Laporan Pendahuluan GEC



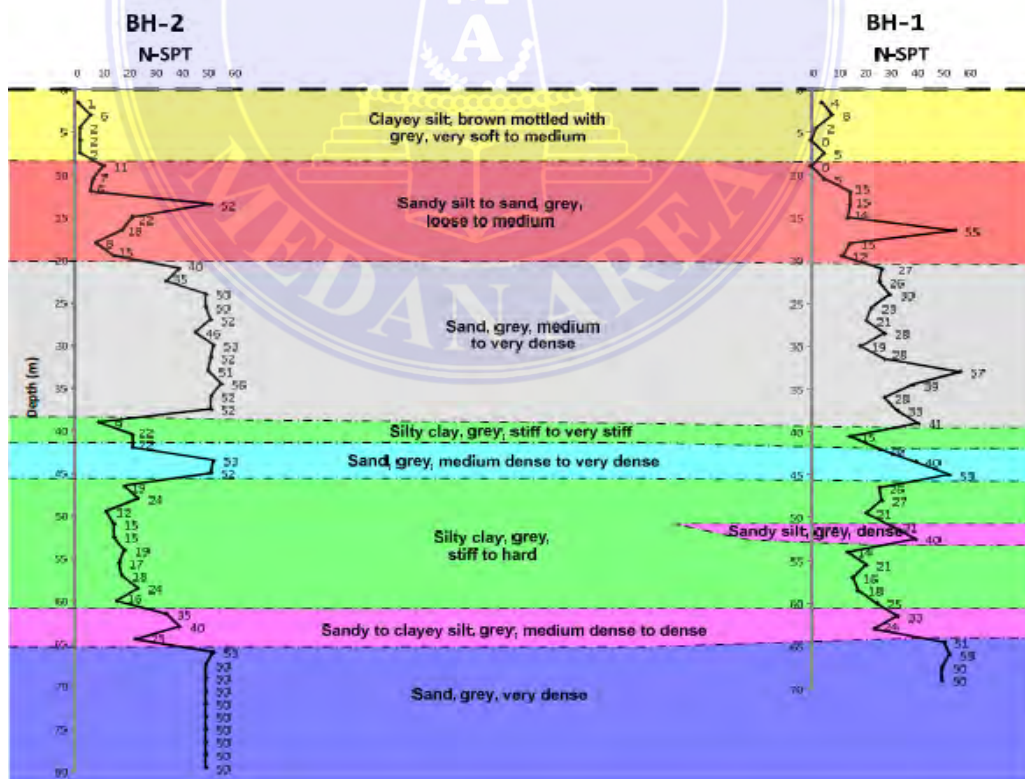
Gambar 3.4 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. A-A  
(lihat Gambar 3.3)

Sumber : Laporan Pendahuluan GEC





Gambar 3.5 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. B-B  
(lihat Gambar 3.3)  
Sumber : Laporan Pendahuluan GEC



Gambar 3.6 Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. C-C  
(lihat Gambar 3.3)

Berdasarkan hubungan antara nilai N-SPT terhadap kedalaman, stratifikasi tanah bawah pada lokasi proyek tersusun oleh :

- a. Lapisan pertama merupakan lanau berpasir berkonsistensi sangat lepas s/d lepas, kepadatan hingga kedalaman  $\pm 7$  m.
- b. Lapisan tanah berikutnya tersusun oleh pasir berlanau/pasir dengan variasi konsistensi sangat lepas s/d sangat padat, tersusun hingga kedalaman  $\pm 39$  m.
- c. Lapisan selanjutnya didominasi oleh lempung berlanau berkonsistensi kaku s/d sangat kaku yang terdapat hingga kedalaman  $\pm 60$  m.
- d. Selanjutnya hingga akhir kedalaman pemboran, per lapisan tanah tersusun oleh pasir dengan konsistensi sangat padat.

Apabila ditinjau berdasarkan SNI-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (Tabel 4), tanah dibagi menjadi tiga (3) jenis utama yang didasarkan kepada nilai pendekatan kecepatan rambat gelombang geser, N-SPT, dan kuat geser *undrained*. Nilai-nilai tersebut merupakan nilai rata-rata berbobot yang diambil untuk lapisan setebal 30,0 m diukur dari permukaan tanah. Jenis yang dimaksud adalah tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras.

Klasifikasi jenis tanah tersebut akan diuraikan dalam tabel berikut ini :

**Tabel 3.1** Klasifikasi jenis tanah

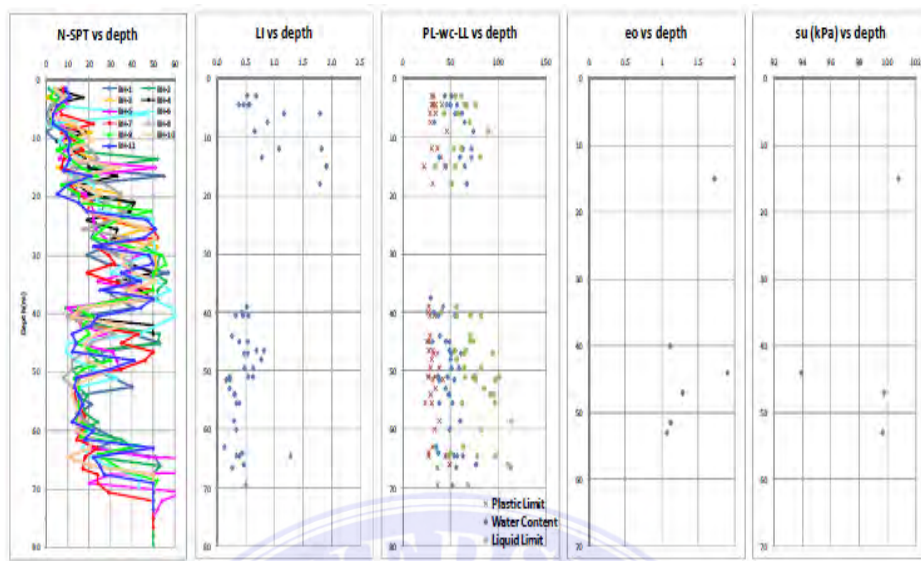
Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, $\bar{v}_s$ (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata $\bar{N}$	Kuat geser niralir rata-rata $\bar{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$ , $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Catatan : PI = Indeks Plastis,  $w_n$  = kadar air alamai,  $S_u$  = kuat geser *undrained*  
 Sumber : SNI-1726-2002

## 2. Pengujian Laboratorium

Secara umum telah diketahui bahwa parameter tanah yang ditentukan dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium juga dapat menggunakan korelasi-korelasi empiris yang ada. Pada proyek Podomoro City Deli Medan, penentuan parameter tanah ditentukan melalui uji lapangan (*deep boring*) dan uji laboratorium (UCT, TX-UU, TX-CI, dan konsolidasi).

**Gambar 3.7** memperlihatkan profil nilai N-SPT dan beberapa parameter dari hasil uji laboratorium. Akibat minimnya jumlah *strength test* (dalam hal uji TX-UU dan TX-CU), tidak didapatkan gambaran umum mengenai kekuatan geser tanah disepanjang kedalaman pengujian pemboran. Namun berdasarkan uji N-SPT lapisan tanah keras mulai didapati di kedalaman  $\pm 20 - 22$  m yang memiliki interval N-SPT mulai dari 15 hingga  $>50$ .

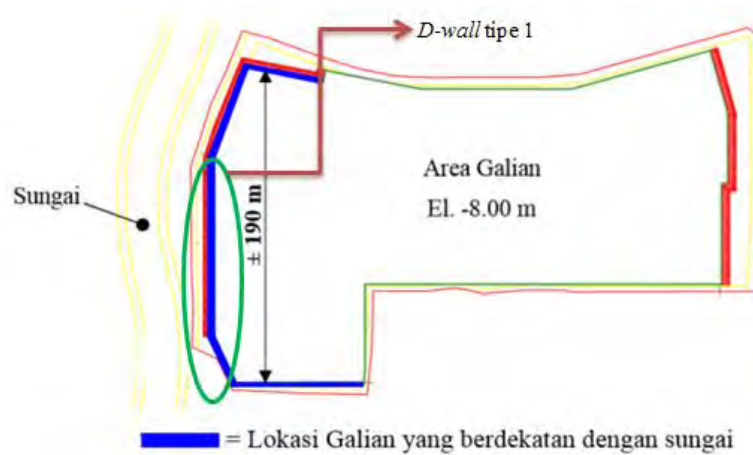


**Gambar 3.7** Profil nilai N-SPT dan beberapa parameter dari uji laboratorium  
 Sumber : Laporan Pendahuluan GEC

### 3. Data *Diaphragm Wall* dan *Groun Anchor*

Struktur *diaphragm wall* yang akan ditinjau merupakan struktur beton bertulang dengan model rangkaian pembesianya merupakan *double reinforced* (tulangan rangkap). Dimana fungsinya untuk menahan gaya geser dan momen lentur pada *diaphragm wall*.

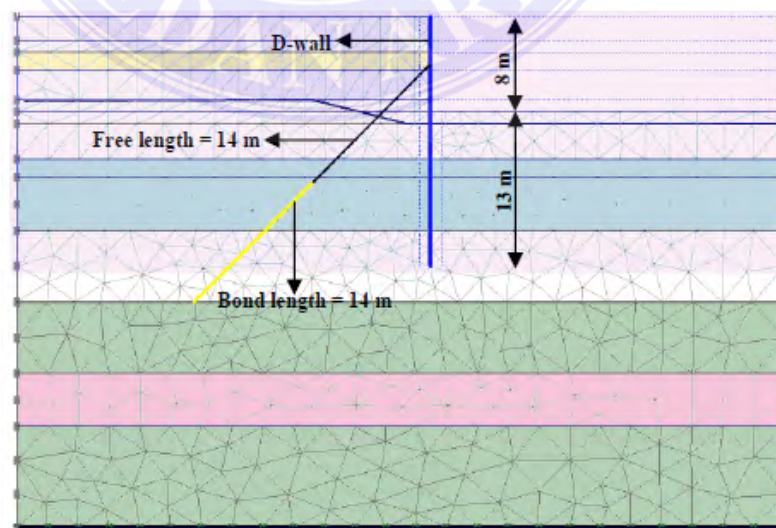
*Diaphragm wall* yang akan ditinjau merupakan tipe 1, yang berdekatan dengan aliran sungai (**Gambar 3.8** dan **Lampiran 2**). Dimensi dari *diaphragm wall* tipe 1 ini memiliki tebal 60 cm yang direncanakan terinstal hingga elevasi -21 m.



**Gambar 3.8** Denah *diaphragm wall* tipe 1  
Sumber : Laporan Pendahuluan GEC

Untuk mengontrol deformasi *diaphragm wall*, direncanakan 1 lapis *ground anchor* berkapasitas 70 ton yang akan dikonstruksikan pada elevasi - 4,0 m. *Ground anchor* direncanakan memiliki *bond length* sebesar 14 & 14 m dengan jarak c/c 3.0 m. Gaya *prestressing* yang akan diberikan dalam analisa ini adalah sebesar 50% dari kapasitas tarik *ground anchor*.

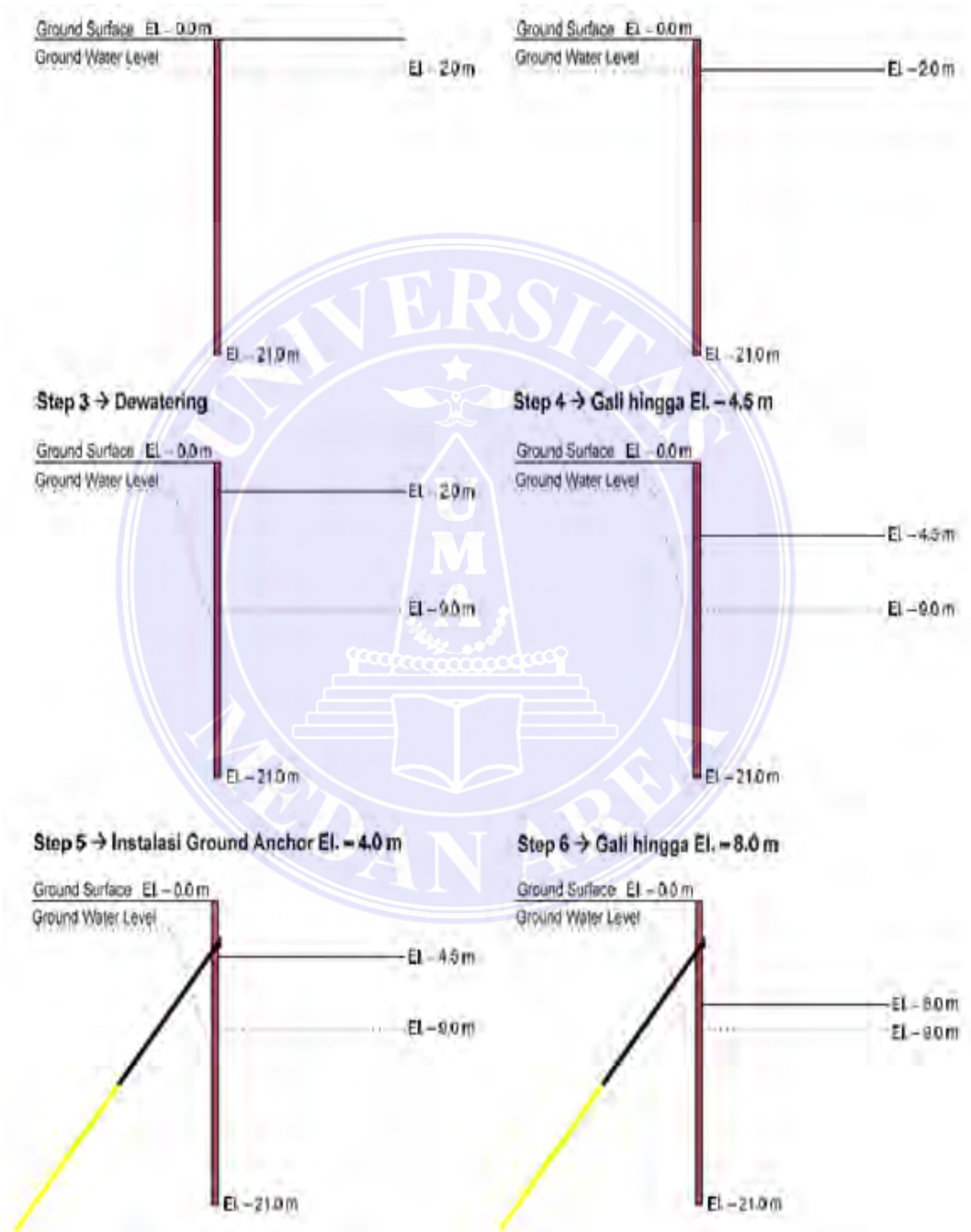
Perhatikan gambar berikut ini :



**Gambar 3.9** Pemodelan dalam PLAXIS  
Sumber : Laporan Pendahuluan GEC

#### 4. Tahapan Konstruksi

Adapun tahapan konstruksi galian diuraikan pada gambar berikut ini (lihat **Lampran 5**):



**Gambar 3.10** Tahapan konstruksi galian

Sumber : Laporan Pendahuluan GEC

### 3.2.2 Data Skunder

Pengumpulan data skunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan dokumentasi. Dalam penelitian ini yang termasuk data skunder antara lain sebagai berikut :

1. *Site plan* dari proyek pembangunan Podomoro City Deli Medan.
2. Denah *diaphragm wall* dan *groun anchor*.
3. Pendekatan-pendekatan berdasarkan literatur yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

### 3.3 Instrumen Penelitian

Untuk memudahkan perhitungan dalam penelitian laporan tugas akhir ini, maka analisa data yang diperoleh akan dianalisa dengan menggunakan perangkat komputer dan perangkat lunak (*software*) seperti PLAXIS V8.2, Autocad 2017, dan *software office* lainnya.

Selain kebutuhan analisa data, juga dibutuhkan beberapa alat laboratorium untuk menguji dan menganalisa indeks *properties* tanah pada lokasi proyek yang tinjau. Namun karena data *properties* tanah dari lapangan yang diterima merupakan data yang sudah lengkap yang melalui proses pengujian, maka peralatan laboratorium tersebut tidak perlu digunakan.

Untuk kelengkapan tinjauan pustaka maupun untuk analisa perhitungan yang dillakukan secara manual dengan menggunakan pendekatan-pendekatan empiris, maka akan digunakan beberapa literatur berupa buku-buku mekanika tanah

maupun teknik pondasi serta jurnal-jurnal ilmiah yang berkaitan dengan penelitian laporan tugas akhir ini.

### 3.4 Metode Analisa Data

Adapun uraian dari tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tahap Pertama : pengumpulan data indeks *properties* tanah, stratifikasi dan data mengenai struktur *diaphragm wall* dan *ground anchor* yang akan ditinjau dalam penelitian.

Tahap Kedua : perhitungan stabilitas dinding penahan tanah yaitu *diaphragm wall* (stabilitas terhadap geser dan stabilitas terhadap guling) dengan menggunakan teori Rankine. Perhitungan daya dukung *diaphragm wall* dengan pendekatan Terzaghi serta perhitungan perkuatan *diaphragm wall* dengan *ground anchor* menggunakan analisa elemen hingga dengan bantuan *software* yaitu PLAXIS V.82.

Tahap Ketiga : perhitungan defleksi, momen lentur, dan gaya geser pada *diaphragm wall* serta faktor keamanan tanah dengan menggunakan PLAXIS V8.2. Hasil ini merupakan hasil akhir dari penelitian ini.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan metode Rankine dan Terzaghi, *diaphragm wall* aman terhadap guling dan geser disebabkan adanya faktor kohesi tanah, serta diperoleh nilai kapasitas daya dukung tanah yang tinggi dan diharapkan mampu menerima beban atau gaya luar.
2. Dimensi *diaphragm wall* tidak perlu diperbesar, karena stabilitas terhadap geser (*sliding*) sudah memenuhi atau aman.
3. Analisis *diaphragm wall* dengan menggunakan PLAXIS diasumsikan menjadi 2 kondisi, dimana ;
  - a. Kondisi 1 : *diaphragm wall* merupakan material elastis (beton utuh) tanpa memperhitungkan tulangan.
  - b. Kondisi 2 : *diaphragm wall* memperhitungkan tulangan dengan mentransformasikan tulangan menjadi beton tarik (beton transformasi).
4. Berdasarkan data teknis lapangan, analisa *diaphragm wall* menggunakan PLAXIS, kedua kondisi *diaphragm wall* tidak mengalami keruntuhan pada saat dilakukan proses kalkulasi.
5. Berdasarkan hasil kalkulasi PLAXIS, bahwa *ground anchor* tidak mempengaruhi nilai faktor keamanan tanah. *Ground anchor* lebih berperan terhadap gaya-gaya yang terjadi pada *diaphragm wall*, yaitu memperkecil nilai dari defleksi (*horizontal displacement*), momen lentur (*bending moment*), gaya horizontal (*shear force*). (Lihat **hlm. 112-113**)

## 5.2 Saran

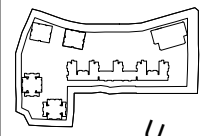
1. Sebelum menggunakan *software* PLAXIS V8.2, disarankan untuk menguasai terlebih dahulu konsep perhitungan manual dari dinding penahan tanah.
2. Dalam merencanakan ataupun menganalisa dinding penahan tanah, perlu mengetahui dan memahami lokasi yang akan dibangun dinding penahan tanah. Sehingga perencanaan dinding penahan dapat diperhitungkan secara tepat menurut kondisi lapangan.
3. Berdasarkan batasan masalah, penulis hanya membandingkan hasil *output* PLAXIS terhadap *diaphragm wall* dengan dan tanpa instalasi *ground anchor* dengan memakai data lapangan. Disarankan untuk mendesain ulang posisi *ground anchor* untuk memperoleh nilai minimum dari gaya-gaya yang bekerja pada *diaphragm wall*.
4. Dimensi dari *diaphragm wall* dapat didesain untuk mendapatkan *diaphragm wall* yang lebih ekonomis tanpa mengalami keruntuhan pada saat *excavation*.
5. Dari data yang tersedia baik data lapangan maupun hasil *output* PLAXIS sudah mencukupi untuk melanjutkan analisa terhadap beton dan tulangnya dengan menggunakan SAP 2000 maupun ETABS. Namun penulis tidak melanjutkan analisa sampai tahap tersebut, dikarenakan batasan masalah dalam tugas akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1988. *Foundation Analysis And Design*, 4<sup>th</sup> ed, diterjemahkan oleh: Silaban, Pantur. Jakarta: Erlangga.
- Craig, R.F., Budi Susilo. 1989. *Mekanika Tanah*. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M., Endah Noor, dan Mochtar I.B. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo, Istimawan. 1993. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Gouw Tjie Liong. Desember 1991. *Dinding Diafragma Untuk Ekskavasi basement*. Majalah Konstruksi, No. 164.
- Hardiyatmo, H. C, 1996, *Teknik Pondasi I*. Yogyakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Mekanika Tanah I*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gajah Mada Universitas Press
- Indogeotek.com/2011/10/25/dinding-diafragma-untuk excavation basement
- K, Suryolelono. 1993. *Teknik Pondasi dan Dinding Penahan Tanah*. Yogyakarta: NAPIRI
- Mosley, W.H, dan J.H. Bungey. 1982. *Reinforced Concrete Design*, 2<sup>nd</sup> ed, diterjemahkan oleh: Madyayanti, Elly. Jakarta: Erlangga.
- Nakazawa, Nazuto dkk.1980. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, diterjemahkan oleh: Sosrodarson, Suryono. Jakarta. PT. Pradnya Paramita
- R, NurfridaNashira, Indra Surya, B. Mochtar, dan Muta'in Arif. 2012. *Perencanaan Diaphragm Wall untuk Basement Apartemen The East Tower Essence on Darmawangsa*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Vol. 1 No. 1, hal. 1-6
- Sudarmanto. 1996. *Konstruksi Beton 2*. Jakarta: Pusat Pengembangan Politeknik.
- Terzaghi, Karl, dan Ralph B. Peck. 1967. *Soil Mechanics In Engineering Practice*, 2<sup>nd</sup> ed, diterjemahkan oleh : Witjaksono, Bagus dan Benny Krisna R. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L.D. 1988. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- www. Plaxis.nl

SHOP DRAWING

CATATAN / KEY PLAN :



NOTES : CATATAN :

PROJECT :  
PODOMORO CITY  
DELI MEDAN

OWNER :  
PT. SINAR MENARA DELI  
MEMBER OF AGING PODOMORO GROUP

ARSITEK KONSEP :  
DP ARCHITECTS PTE LTD  
4 Raffles Boulevard  
#04-102 Raffles Square, Singapore 039504  
Tel : +65 6336 3688  
Fax : +65 6337 9888  
website : www.dp.com.sg

KONSULTAN ARSITEK :  
PTI ARCHITECTS  
Level 5, 8/F, Building  
2, Jln. Sudirman, Blok. 29-31, Jakarta 15201  
Telp : (62-21) 510 7102  
Fax : (62-21) 510 4401  
Email : pti@pti.com

KONSULTAN STRUKTUR :  
PT. HRT WIDYA KONSULTAN  
Jl. Tugu Pahlawan, Medan, Sumatera Utara, Block E1 No. 50-B  
Medan 20153 - Indonesia  
Tel : +62 61 2010000-04  
Fax : +62 61 2010000-05  
Email : hrt@hrt.com

KONSULTAN MECHANICAL & ELECTRICAL :  
PT. METAKOM C PRANATA  
Jl. Jend. Sudirman No. 100, Medan, Sumatera Utara  
Tel : +62 61 2010000-06  
Fax : +62 61 2010000-07  
Email : metakom@metakom.com

KONTRAKTOR :  
PT. INDONESIA PONDASI RAYA  
Jl. Jend. Sudirman No. 100, Medan, Sumatera Utara  
Tel : +62 61 2010000-08  
Fax : +62 61 2010000-09  
Email : indonesia@ipr.com

JUDUL GAMBAR :  
DENAH GUIDE WALL

DICAMBAR	NAMA	PARAF & TGL
	JUAN	19/09/14

DIPERIKSA	MFP ENG	SIKOH ENG

DISETUIH	RINALDO	19/09/14
----------	---------	----------

PT. SINAR MENARA DELI

DIPERIKSA	DISETUIH	DIKETAMH

ENG	CM	PM
DATE :	DATE :	DATE :

REVISI		
NO	REVISI	DATE
1	REVISION GUIDE WALL TERHADAP KABEL TELKOM	19/09/14
2	ISSUED FOR SHOP DRAWING	03/07/14
3	ISSUED FOR SHOP DRAWING	02/07/14
4	ISSUED FOR SHOP DRAWING	28/06/14
5	ISSUED FOR SHOP DRAWING	21/06/14
6	ISSUED FOR SHOP DRAWING	16/06/14
7	FIRST ISSUED	13/06/14

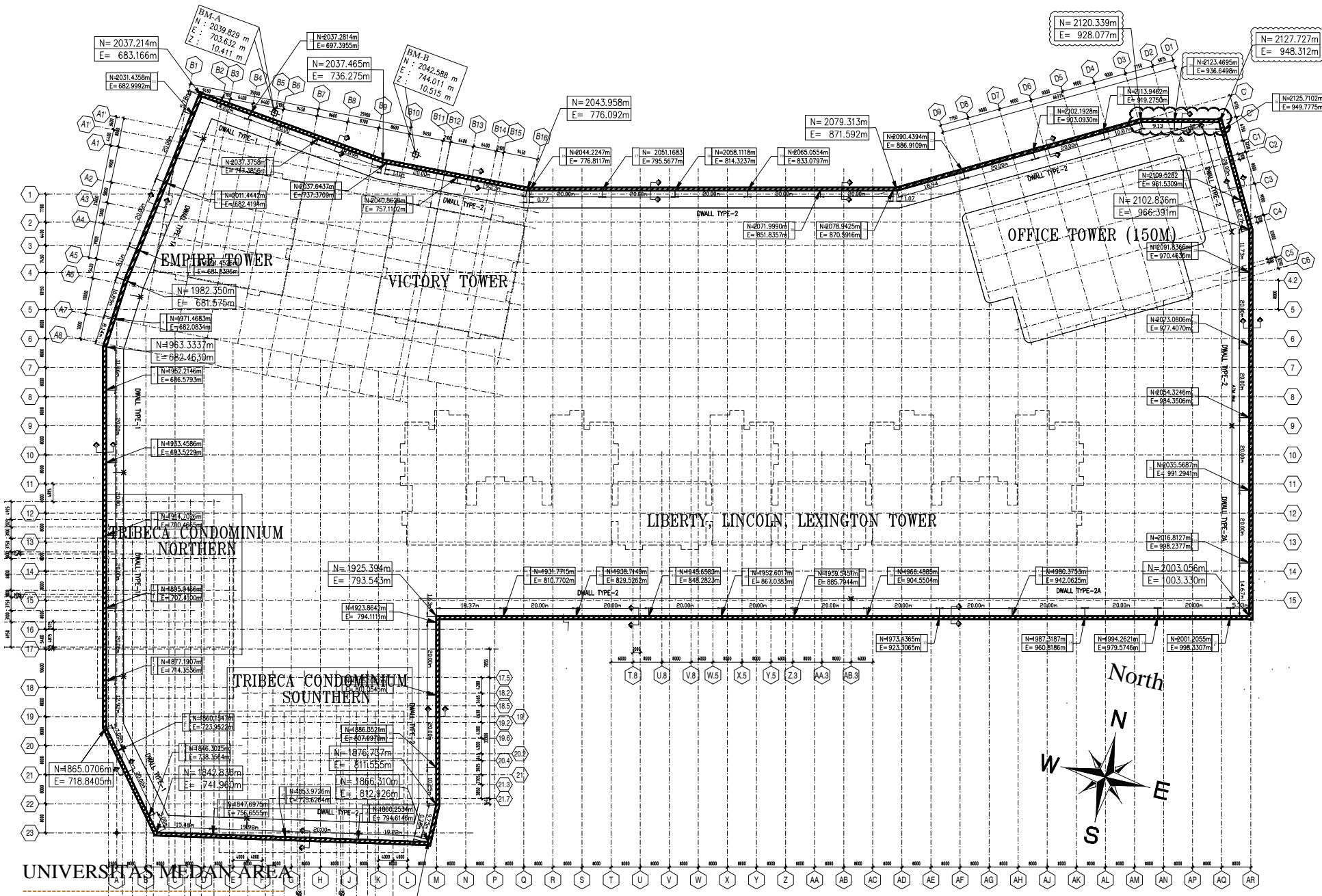
REV	DATE	REVISION STATUS	SIGN

PAKET PEKERJAAN :

SKALA : 2/113,500

REFERENSI GAMBAR :  
SE-0-01 0

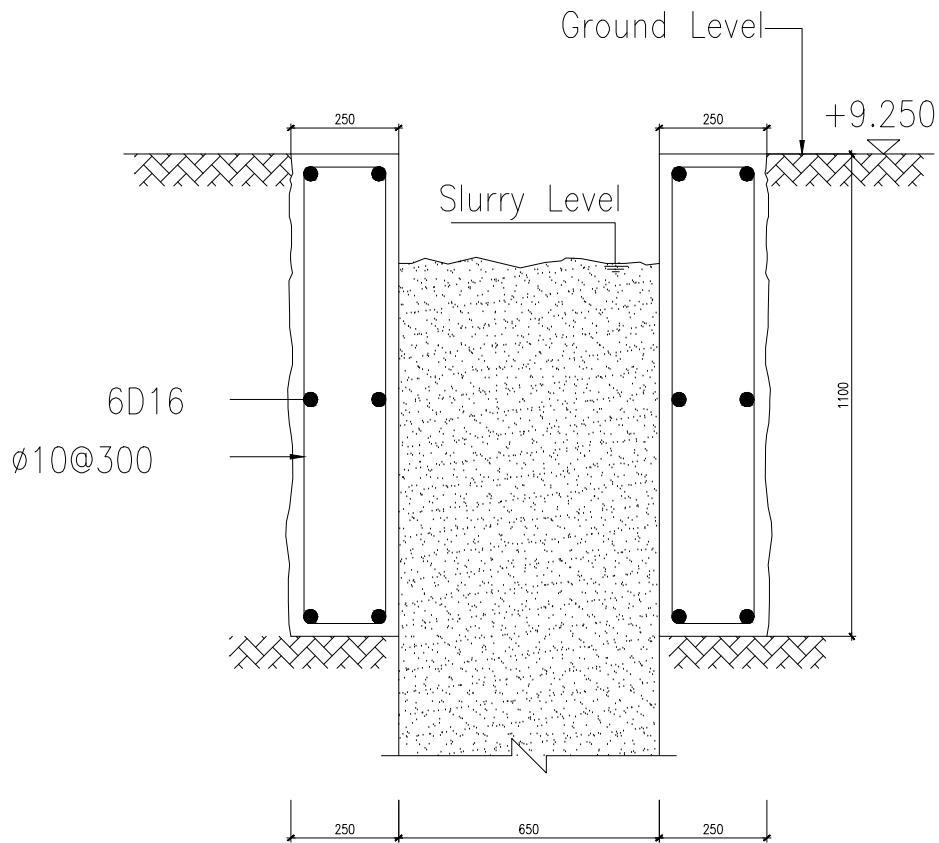
REVISI :  
6



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dituntut Orang Lain

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA



TYPICAL SECTION OF GUIDE WALL  
POTONGAN A-A

NTS

POTONGAN A-A

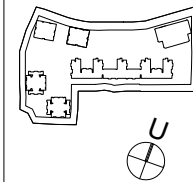
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

SHOP DRAWING

CATATAN / KEY PLAN :



NOTES : CATATAN :

PROJECT :  
PODOMORO CITY  
DELI MEDAN

OWNER :  
PT. SINAR MENARA DELI  
MEMBER OF ASING PODOMORO GROUP

ARSITEK KONSEP :  
DP ARCHITECTS PTE LTD  
4 Raffles Boulevard  
#04-102 Raffles Square, Singapore 039594  
Tel: +65 6330 3888  
Fax: +65 6337 0969  
Website: www.dp.com.sg

KONSULTAN ARSITEK :  
PTI ARCHITECTS  
Level 5, WTC Building  
C. Jln. Sudirman, P.O. Box 29-31, Jakarta 13020  
Phone : (62-21) 570 5702  
Fax : (62-21) 570 4401  
E-mail : pti@pti-architects.com

KONSULTAN STRUKTUR :  
PT. HRT WIDYA KONSULTAN  
P. Tumbuh Arah, Sektor Grand Area, Block E1, No. 5A-B  
Jakarta 11620 - Indonesia  
Tel : +62-21-2817054-5-64  
Fax : +62-21-2817055  
E-mail : hrt@hrt-wk.com

KONSULTAN MECHANICAL & ELECTRICAL :  
PT. METAKOM C PRANATA  
Jl. Raya Cendekia, Blok C, No. 10  
Jakarta 13130 - Indonesia  
Tel : +62-21-5511111  
E-mail : metakom@metakom.com

KONTRAKTOR :  
PT. INDONESIA PONDASI RAYA  
Jl. Raya Cendekia, Blok C, No. 10  
Jakarta 13130 - Indonesia  
Tel : +62-21-5511111  
E-mail : indonesia.pondasi.raya@ipr.com

JUDUL GAMBAR :  
TYPICAL SECTION OF GUIDE WALL  
POTONGAN A-A

TYPICAL SECTION OF GUIDE WALL  
POTONGAN A-A

	NAMA	PARAF & TGL
DIGAMBAR	JUAN	19/09/14
STR. ENG :		
DIPERIKSA MEP ENG :		
ARCH ENG :		
DISETUIH	RINALDO	19/09/14

PT. SINAR MENARA DELI

DIPERIKSA DISETUIH DIKETARHIR

ENG : CM : PM :  
DATE : DATE : DATE :

REVISI

NO	REVISION STATUS	SIGN
1	REVISI	
2	REVISI	
3	REVISI	
4	REVISI	
5	REVISI	
6	REVISI	
7	REVISI	
8	REVISI	
9	REVISI	
10	REVISI	

PAKET PEKERJAAN :

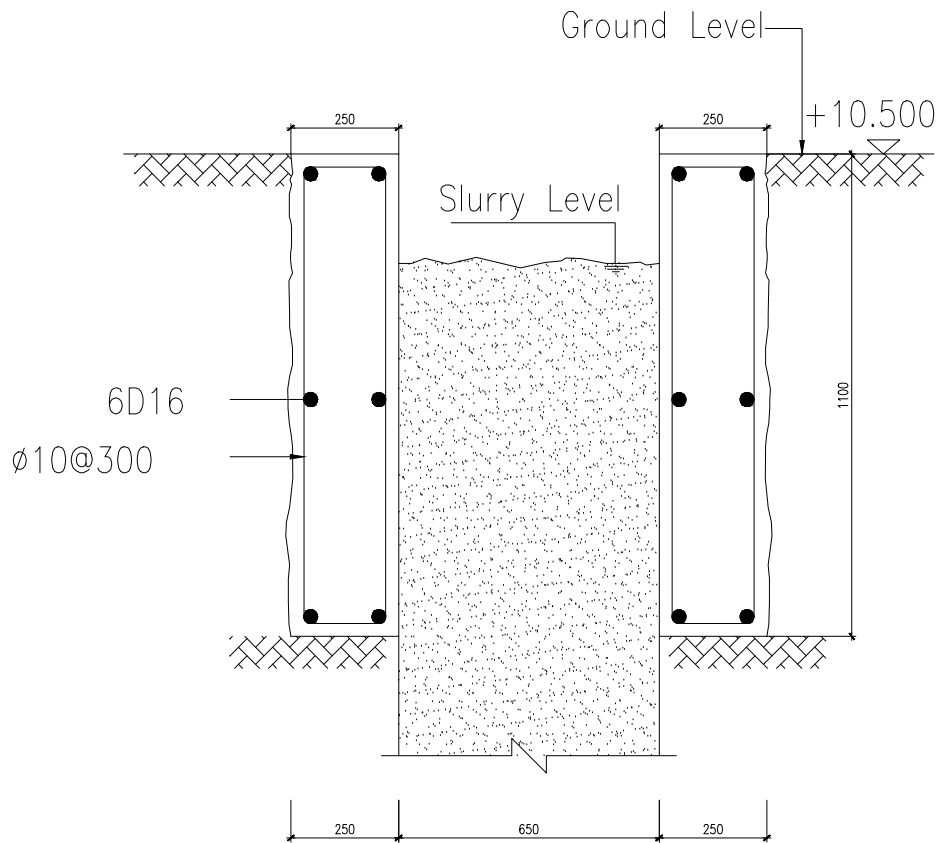
SKALA : 2/11/2009

REFERENSI GAMBAR :

SE-0-01 1

NOMOR GAMBAR :

PCIM-S0-03-200-SHT-003 CONT ON ODA 6



TYPICAL SECTION OF GUIDE WALL  
POTONGAN B-B

NTS

POTONGAN B-B

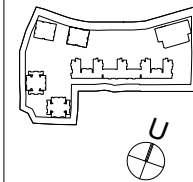
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

SHOP DRAWING

CATATAN / KEY PLAN :



NOTES : CATATAN :

PROJECT :  
PODOMORO CITY  
DELI MEDAN

OWNER :  
PT. SINAR MENARA DELI  
MEMBER OF ASING PODOMORO GROUP

ARSITEK KONSEP :  
DP ARCHITECTS PTE LTD  
4 Raffles Boulevard  
#04-102 Raffles Square, Singapore 039594  
Tel: +65 6330 3888  
Fax: +65 6337 0868  
Website: www.dp.com.sg

KONSULTAN ARSITEK :  
PTI ARCHITECTS  
Level 5, WTC Building  
C. Jend. Sudirman Hwy. 29-31, Jakarta 13220  
Phone : (62-21) 510 5102  
Fax : (62-21) 510 4401  
E-mail : pti@pti-architects.com

KONSULTAN STRUKTUR :  
PT. HRT WIDYA KONSULTAN  
P. Tumbuh Arah, Jalan Garuda Area, Block E1, No. 5A-B  
Jakarta 11620 - Indonesia  
Tel : +62-21-2811954-5-64  
Fax : +62-21-28119265  
E-mail : hrt@hrt-wk.com

KONSULTAN MECHANICAL & ELECTRICAL :  
PT. METAKOM C PRANATA  
Jalan Raya Cendek, No. 100, Cendek  
Kecamatan Cendek, Kabupaten Aceh Besar  
Aceh 21111 - Indonesia  
E-mail : metakom@metakom.com

KONTRAKTOR :  
PT. INDONESIA PONDASI RAYA  
Jalan Raya Cendek, No. 100, Cendek  
Kecamatan Cendek, Kabupaten Aceh Besar  
Aceh 21111 - Indonesia  
E-mail : indonesia.pondasi.raya@ipr.com

JUDUL GAMBAR :

TYPICAL SECTION OF GUIDE WALL  
POTONGAN B-B

	NAMA	PARAF & TGL
DIGAMBAR	JUAN	19/09/14
STR. ENG :		
DIPERIKSA MEP ENG :		
ARCH ENG :		
DISETUIH	RINALDO	19/09/14

PT. SINAR MENARA DELI		
DIPERIKSA	DISETUIH	DIKETARHIL
ENG :	CM :	PM :
DATE :	DATE :	DATE :

REVISI

NO	REVISI	STATUS	SIGN
1	19/09/14	REVISI	
2	03/07/14	ISSUED FOR SHOP DRAWING	
3	02/07/14	ISSUED FOR SHOP DRAWING	
4	28/06/14	ISSUED FOR SHOP DRAWING	
5	21/06/14	ISSUED FOR SHOP DRAWING	
6	16/06/14	ISSUED FOR SHOP DRAWING	
7	13/06/14	FIRST ISSUED	

PAKET PEKERJAAN :

SKALA : 2/113/200

REFERENSI GAMBAR :	REVISI :
SE-0-01	1
NOMOR GAMBAR :	REVISI :
PCOM-SD-03-201 SHIT 001 CONT ON 011	6

AS BUILT DRAWING

CATATAN / LEGEND


A. MATERIAL QUALITY  
 Diaphragm wall  
 Concrete : FC 25  
 Rebar : BJT40

PROJECT :  
**PODOMORO CITY  
 DELI MEDAN**

OWNER :  
 **PT. SINAR MENARA DELI**  
 MEMBER OF ASING PODOMORO GROUP

DESIGNER :  
 **PT. JAYA CM**  
 Komplek Bina Jaya Terpadu Pabrik  
 C. C. Medan, Jl. Medan - Sibolga, No. 23 - 010101, Sibolga  
 Telp : (011) 7338332, 7330290, 7330284  
 Fax : (011) 7338333

CONCEPT ARCHITECT :  
 **DP ARCHITECTS PTE LTD**  
 6 Raffles Boulevard  
 #02-01, Singapore 039594  
 Telp : +65 4334 3000  
 Fax : +65 4337 7999  
 website : www.dpa.com.sg

CONCEPT LANDSCAPE :  
 **PERLINDUNG**  
 5 Pura Street, Tall Court #02-01  
 Singapore 122504  
 Telp : (65) 62277998  
 Email: perlind@perlind.com

ARCHITECT :  
 **PTI ARCHITECTS**  
 Megastore Tower II, Level 17  
 Jl. Jend. Sudirman Kav. 22 Jakarta 12920  
 Phone : (62-21) 2900 975  
 Fax : (62-21) 2900 565  
 E-mail : ptip@pti-architects.com

ENGINEERING STRUCTURE :  
 **PT. HRT WIDYA KONSULTAN**  
 Jl. Tanihan Arah, Rukan Grand Arah, Block E1 No. 5A-B  
 Jakarta 11620 - Indonesia  
 Telp : +62 21 29191005 483-64  
 Fax : +62 21 29191006  
 Email : p@hrtwidya.com

ENGINEERING MECHANICAL & ELECTRICAL :  
 **PT. METAKOM C PRANATA**  
 Gedung M & B Electrical Engineering  
 Blok 0202 Gedung Sate Blok 02 No. 26  
 Jalan Sekeloa Selatan 1, Jakarta 15129  
 Phone : (021) 5211 5211  
 Fax : (021) 52114487  
 Email : mcp@metakomc.com

LANDSCAPE :  
 **PT. LANGRANG CONSULTING ENGINEERING**  
 Office: Bala Kuli Building No. 8  
 Jl. Jendral Kili Building Terpadu Barat  
 Puncak Jaya  
 Jakarta Timur 13430  
 Indonesia  
 Telp: +62 21 88605609  
 info@langrang.com  
 www.langrang.com

ENGINEERING LITING :  
 **LITAC**  
 PT. LITAC  
 Jl. Cempaka No. 13  
 Blok. Raya Sekeloa Selatan 2210  
 Jakarta 15129  
 Telp: +62 21 52115200  
 120271231009  
 info@litac.com  
 www.litac.com

INFRASTRUCTURE DESIGNER :  
 **LISAKONSULINDO**  
 QUALITY SERVICES, CONSULTING, CIVIL ENGINEERING  
 Jl. Diponegoro No. 108 No. 10, Medan, Sumatera Utara 20132  
 Phone : 011-73666000 Fax : 011-73666000 Email : info@lisakonsulindo.com

QUALITY SERVICES :  
 **QUANTASCO SOSTINDO**  
 QUALITY SERVICES, CONSULTING, CIVIL ENGINEERING  
 Jl. Diponegoro No. 108 No. 10, Medan, Sumatera Utara 20132  
 Phone : 011-73666000 Fax : 011-73666000 Email : info@quantasco.com

GEOTECHNICAL :  
 **PT. INDONESIA PONDASI RAYA**  
 Gedung Sate Blok 02 No. 26  
 Jalan Sekeloa Selatan 1, Jakarta 15129  
 Telp: +62 21 52115200  
 120271231009  
 info@ipr.com  
 www.ipr.com

DRAWN BY	NAME	DATE	SIGN
CHECK BY ARCHITECT			
CHECK BY STRUCTURE			
CHECK BY M.E.			

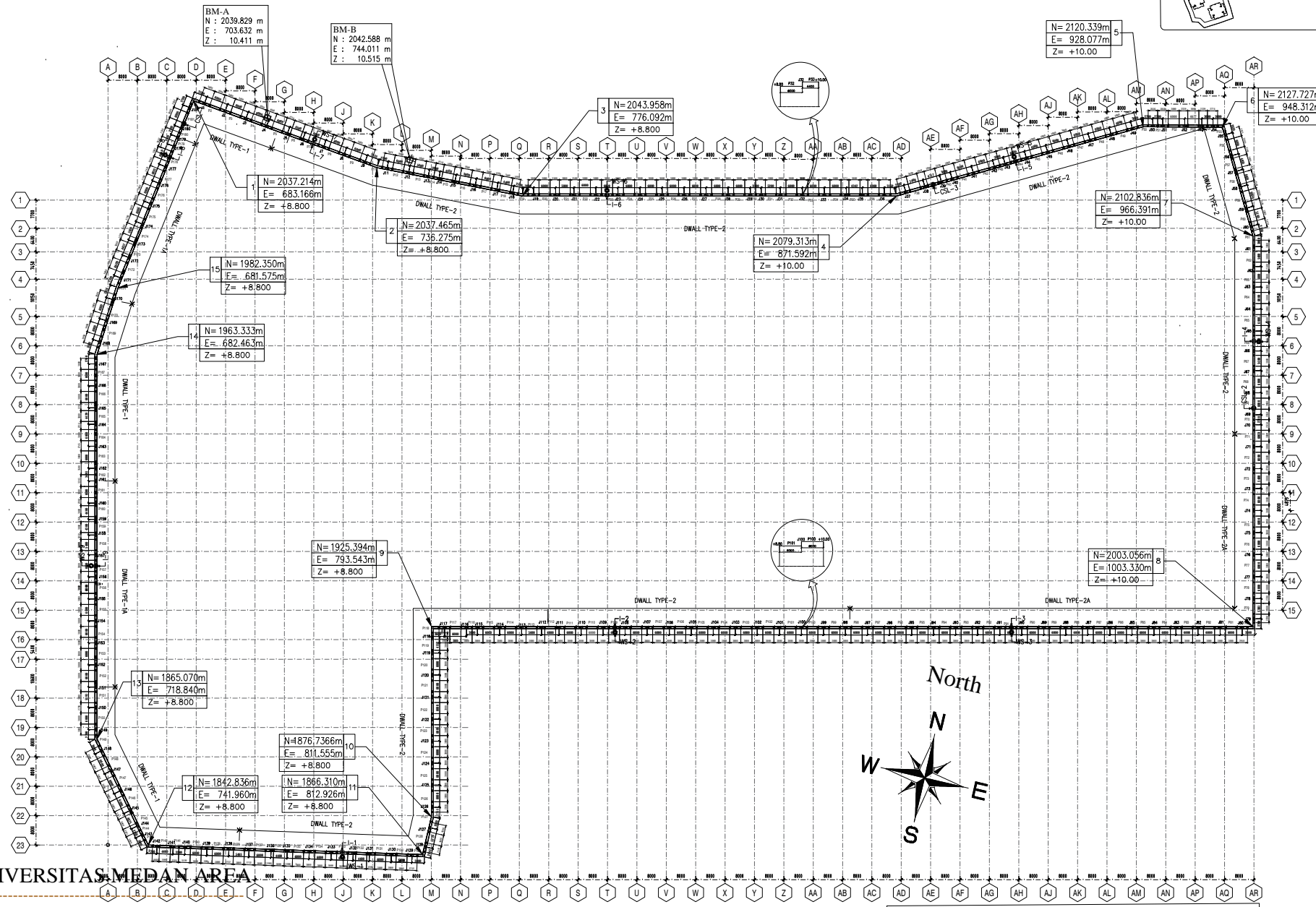
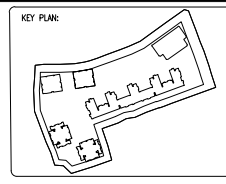
DRAWING TITLE			
NO	REVISION	DATE	SIGN

DESIGNER	MENGUNTAH
PT. JAYA CM	PT. SINAR MENARA DELI
U. ZAHRI	OCTAVIANO EDWIBORO

JUDUL GAMBAR : **2/10/19**  
**Denah Diaphragm Wall**

SKALA : NTS  
 REFERENSI GAMBAR :

INFORMASI GAMBAR :  
 PDM-AB-03-2001 SHT 001 CONT ON 002



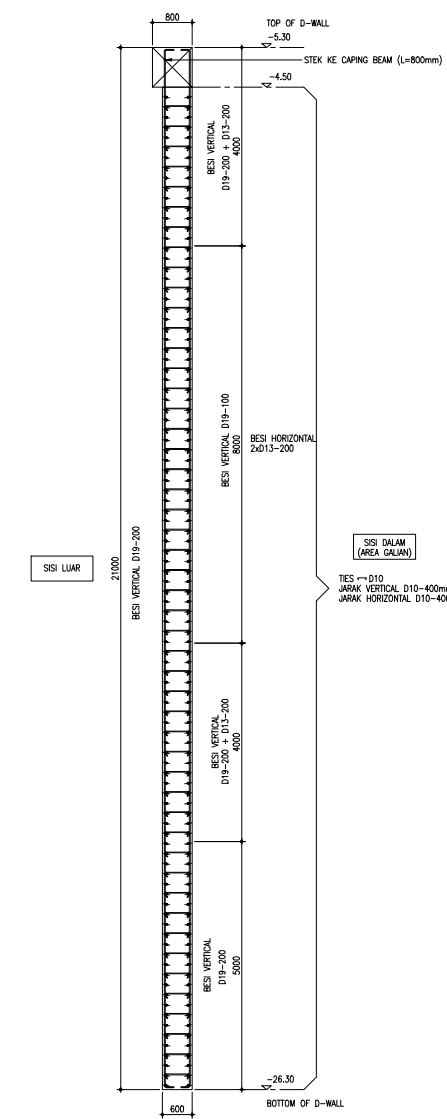
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

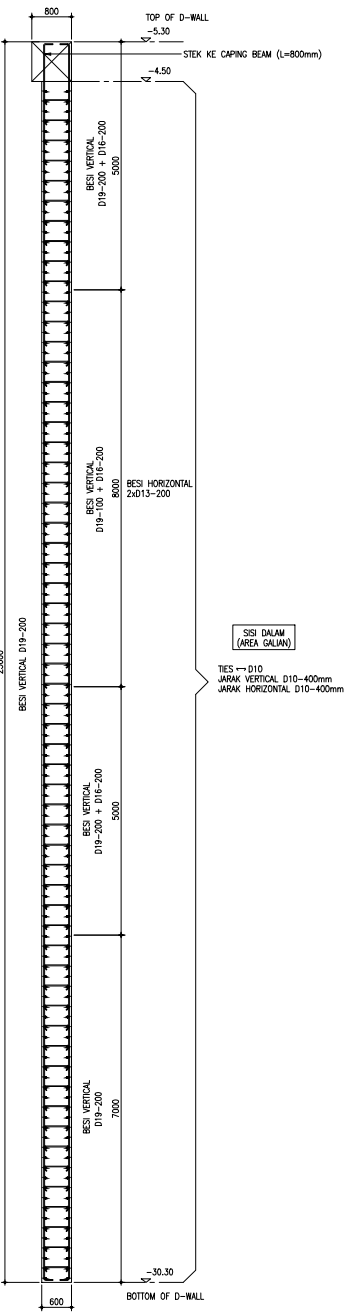
- Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
- Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

Catatan :

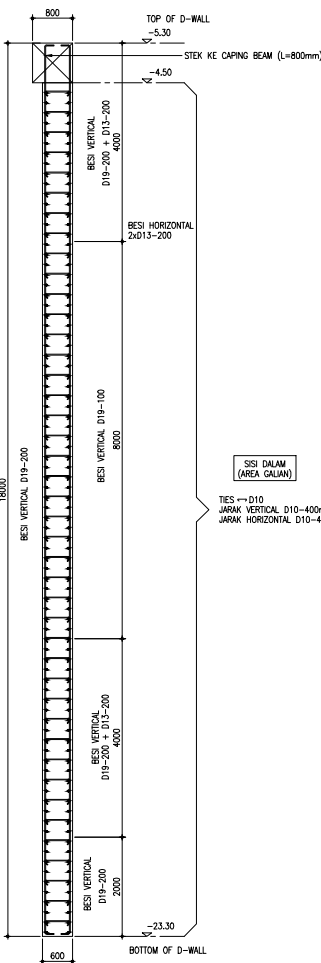
	= Panel		= WATER STAND PIPE (9 BUAH)
	= Sleeve		= CROSSHOLE SONIC LOGGING (P181,P69,P39)
	= Inclinator		
	Pada D-WALL (9 BUAH)		Z=+8.80 --6.80 Pada bangunan
			Z=+10.00 --5.60 Pada bangunan



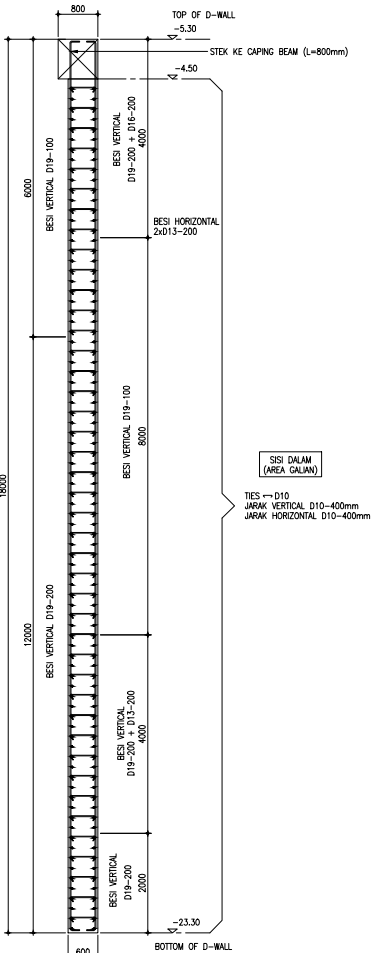
DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-1 (fc=25 Mpa)  
SCALE 1:50



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-1A (fc=25 Mpa)  
SCALE 1:50



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-2 (fc=25 Mpa)  
SCALE 1:50



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-2A (fc=25 Mpa)  
SCALE 1:50

KEY PLAN		DENAH JUCI																																																															
NOTES		CATATAN																																																															
APPROVAL		PERSETUJUAN																																																															
<table border="1"> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	△				△				△				△				△				△				△				△				△				△				△				△				△				△				<table border="1"> <tr> <th>REV</th> <th>DATE</th> <th>REVISION STATUS</th> <th>SION</th> </tr> <tr> <td>26/05/14</td> <td></td> <td>FOR CONSTRUCTION</td> <td></td> </tr> </table>	REV	DATE	REVISION STATUS	SION	26/05/14		FOR CONSTRUCTION	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
△																																																																	
REV	DATE	REVISION STATUS	SION																																																														
26/05/14		FOR CONSTRUCTION																																																															
<p>PROJECT</p> <p><b>PODOMORO CITY DELI MEDAN</b></p> <p>CLIENT: PT. SINAR MEMARA DELI MEMBER OF AGUNG PODOMORO GROUP</p> <p>CONCEPT ARCHITECT: DP ARCHITECTS PTE LTD 4 North Bridge Road, #04-100 Marina Square, Singapore 038994 Phone : +65 6338 2888 Fax : +65 6337 8988 website : www.dparch.com.sg</p> <p>ARCHITECTURAL: PTI ARCHITECTS ARCHITUR Level 5, WTC Building J. Jend. Sudirman, Blok 29-31, Jakarta 12920 Phone : +62-21 575 2700 E-mail : pti@pti-architects.com</p> <p>STRUCTURE: PT. HRT WIDYA KONSULTAN STRUKTUR J. Tarmo Aripa, Rukan Grand Asia, Block E1 No. 5A-B Jakarta 15221-Indonesia Tel : +62 021-5919128-83-64 Fax : +62 021-5919128-5 Email : pti@hrtwidya.com</p> <p>MEP ENGINEERS: PT. METAKOM C PRANATA MEKANIKAL &amp; ELEKTIRAL Jl. Jend. Sudirman Blok 29-31, Jakarta 12920 Phone : +62-21 575 2700 E-mail : metakom@metakom.com</p>																																																																	
DRAWING TITLE		JUDUL GAMBAR																																																															
DETAIL DWALL (1)																																																																	
DRAWING BY		GAMBAR OLER																																																															
STATUS		-																																																															
SCALE	1 : 50	FILE NO.																																																															
SKALA		FILE NO.																																																															
DRAWN BY		NAME	SIGN.																																																														
CHECKED BY																																																																	
DESIGNED BY																																																																	
Reviewed & Approved by																																																																	
DRAWING NO.	HRTS 0	NO. GAMBAR	SE-0-03																																																														
COMPANY TRADE PROJECT TYPE		NUMBER	R. E. Y.																																																														

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah  
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA



AS BUILT DRAWING

CATATAN / LEGEND


- A. MATERIAL QUALITY  
 Diaphragm wall  
 Concrete : FC 25  
 Rebar : BJT40


PROJECT :  
**PODOMORO CITY  
 DELI MEDAN**

OWNER :  
  
**PT. SINAR MENARA DELI**  
 MEMBER OF AGUNG PODOMORO GROUP

CONSULTING ENGINEER :  
  
**PT. JAYA CM**  
 Konsultan Struktur, Geoteknik, Hidrologi, Hidraulika, Lingkungan, Sipil, dan Perencanaan  
 Jl. Merdeka Raya No. 83 & 82 - 01065, Medan  
 Telp : (011) 7338332, 7340266, 7340264  
 Fax : (011) 7338333

DESIGN ARCHITECT :  
  
**DP ARCHITECTS PTE LTD**  
 5 Raffles Boulevard,  
 #02-02, Singapore  
 Tel: (65) 6339 3088  
 Fax: +65 6337 7905  
 website : www.dpas.com.sg

CONCEPT LANDSCAPE :  
  
**PERLINDUNG**  
 5 Purda Street, Tall Court #02-01  
 Singapore 116054  
 Tel: (65) 62277908  
 Email: perlindung@perlindung.com

ARCHITECT :  
  
**PTI ARCHITECTS**  
 Menara Tower II, Level 17  
 22, Jalan Sudirman, No. 22, Jakarta 12920  
 Phone : (62-21) 2500 975  
 Fax : (62-21) 2500 565  
 E-mail : ptipri@pti-architects.com

ENGINEERING STRUCTURE :  
  
**PT. HRT WIDYA KONSULTAN**  
 Jl. Tamiar Aek, Rukan Girand Aek, Block E1 No. 5A-B  
 Medan 21022, Indonesia  
 Telp : +62 011 2501950 48-64  
 Fax : +62 011 2501950 65  
 Email : phtw@hrt-widyakonsult.com

CONSULTING MECHANICAL & ELECTRICAL :  
  
**PT. METAKOM C PRANATA**  
 MECHANICAL & ELECTRICAL ENGINEERING  
 Gedung Metro Bank Bldg 21 No. 21  
 Jl. Jendral Sudirman No. 21, Jakarta 10132  
 Phone : (021) 2511 8700  
 Fax : (021) 25118467  
 E-mail : metakom@metakom.com

LANDSCAPE :  
  
 Gedung: Balaikumbung No. 8  
 Jl. Pangkajene Kallimadung Teras Barat  
 Pangkajene, Indragiri  
 Jakarta Timur 13430  
 Indonesia  
 Telp: +62 021 186065 09  
 Email: pt.sinar@pt.sinar.com  
 www.pt.sinar.com

ENGINEERING LIGHTING :  
  
**LITAC**  
 PT. LITAC  
 Jl. Cempaka No. 13  
 Blok. B-10, Gedung Selatan 2210  
 Jakarta Timur 13130  
 Indonesia  
 Telp: +62 021 2511 8700  
 Fax: +62 021 2511 8700  
 www.litac.com

MANUFACTURE DESIGNER :  
  
**LISAKONSULINDO**  
 PABRIK RUMAH KAYU BERKUALITAS  
 Jl. Raya Medan - Palembang No. 10, MEDAN 21066  
 Phone : 011-7584815 Fax : 011-7584816 E-mail : lisakonsulindo.com

QUALITY SURVEYORS :  
  
**QUANTASCOSTINDO**  
 QUALITY SURVEYORS, CONSULTANTS, CIVIL ENGINEERS  
 Jl. Diponegoro No. 18 No. 18, Medan  
 Phone : 011-25118700 Fax : 011-25118700 E-mail : qcstindo.com

ENGINEER :  
  
**PT. INDONESIA PONDASI RAYA**  
 Gedung: Balaikumbung No. 8  
 Blok. B-10, Gedung Selatan 2210  
 Jakarta Timur 13130  
 Indonesia  
 Telp: +62 021 2511 8700  
 Fax: +62 021 2511 8700  
 www.ipr.com

NAME	DATE	SIGN
DRAWN BY <b>JUN</b>		
CHECK BY ARCHITECT		
CHECK BY STRUCTURE		
CHECK BY M.E.		

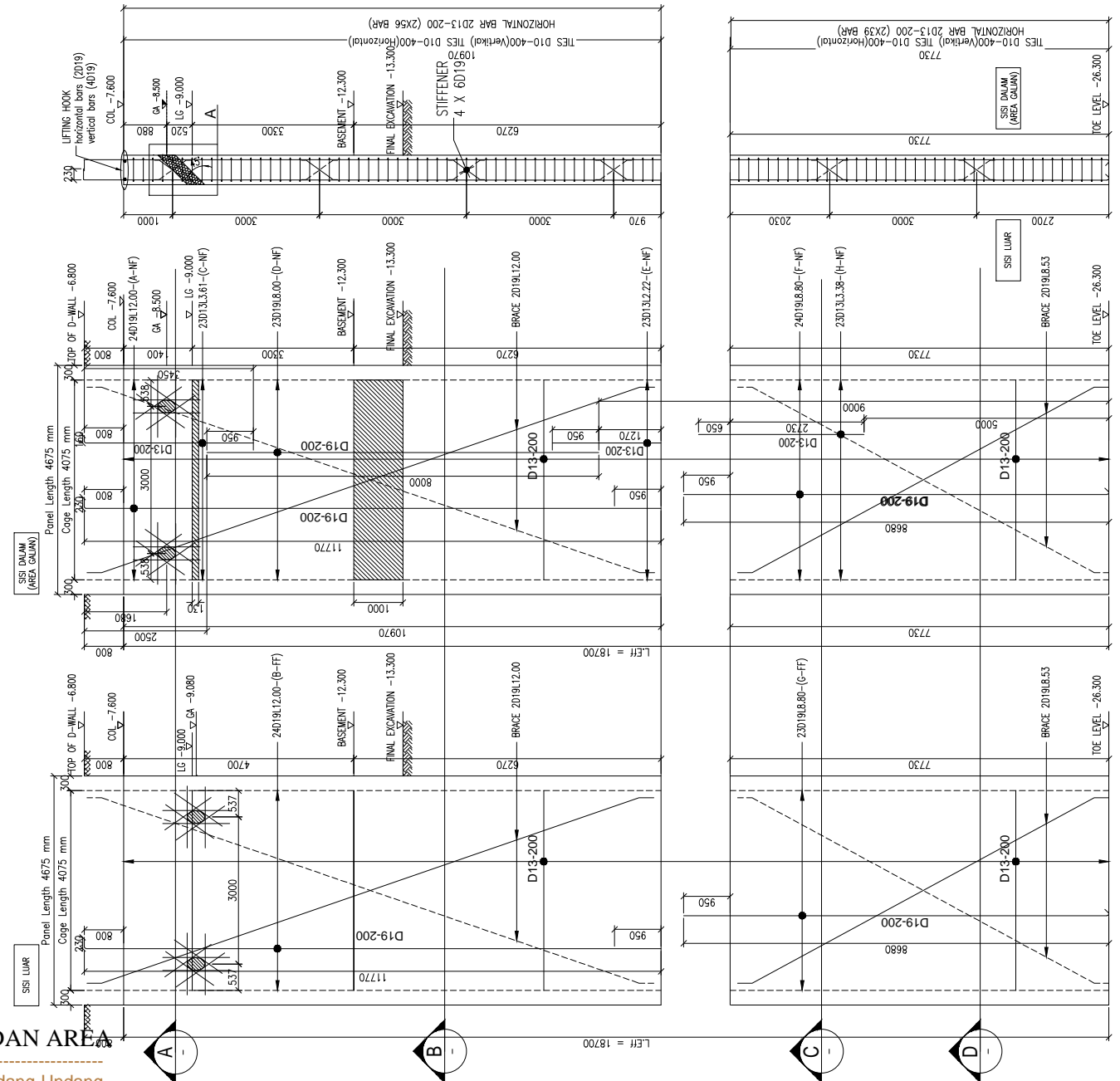
DRAWING TITLE :			
NO	REVISION	DATE	SIGN

DESIGNER	MENGUJAH
PT. JAYA CM	PT. SINAR MENARA DELI
U. ZAHRI	OCTAVIANO EDWIBRO

JUDUL GAMBAR :  
**DETAIL DIAPHRAGM WALL**  
 PANEL TYPE 1 , WIDTH=4675 T.O.D - -6.800  
 PANEL 145

SKALA	NTS
REFERENS GAMBAR	
NOMOR GAMBAR	

PCDM-AB-43-2145 SHT 001 CONT ON 002



SECTION 1  
 SECTION

REINFORCEMENT EXCAVATION SIDE  
 SCALE 1:50

REINFORCEMENT EARTH SIDE  
 SCALE 1:50

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

# AS BUILT DRAWING

## CATATAN / LEGEND

A. MATERIAL QUALITY  
 Diaphragm wall  
 Concrete : FC 25  
 Rebar : BJT40


PROJEK :  
**PODOMORO CITY  
 DELI MEDAN**

CONTRAKTOR :  
  
**PT. SINAR MENARA DELI**  
 MEMBER OF AGUNG PODOMORO GROUP

MANAJEMEN KONSTRUKSI :  
  
**PT. JAYA CM**  
 Konsultan Struktur dan Teknik Perencanaan  
 Jl. Pemuda, Blok B No. 12 - Medan 20132  
 Telp : (011) 7338322, 7340290, 7340284  
 Fax : (011) 7340600

CONSEPT ARCHITECT :  
  
**DP ARCHITECTS PTE LTD**  
 6 Raffles Boulevard  
 #04-121 Singapore Singapore 039594  
 Tel : +65 6339 3069  
 Fax : +65 6337 7969  
 website : www.dpa.com.sg

CONSEPT LANDSCAPE :  
  
**PERLINDUNG**  
 5 Purda Street, Tall Court #02-01  
 Singapore 118254  
 Tel: 62277998  
 Email: perlindung@perlindung.com

ARCHITECT :  
  
**PTI ARCHITECTS**  
 Menara Tower II, Level 17  
 22, Jalan Sudirman No. 22 Jakarta 12920  
 Phone : (62-21) 2500 975  
 Fax : (62-21) 2500 565  
 E-mail : pti@pti-architects.com

INSPEKSI STRUKTUR :  
  
**PT. HRT WIDYA KONSULTAN**  
 Jl. Tanihan Arah, Rukan Grand Arah, Blok E1 No. 5A-B  
 Jakarta 11620 - Indonesia  
 Telp : +62 021 2919120/63-64  
 Fax : +62 021 29191205  
 Email : phtw@hrtwidya.net.id

INSPEKSI MEKANIKA & ELEKTRIKAL :  
  
**PT. METAKOM C PRANATA**  
 MEKANIKA & ELEKTRIKAL ENGINEER  
 MAJALAH ANGKAS BANGS Blok G2 No. 24  
 Jakarta 10110 - Indonesia  
 Telp : +62 21 2511 217  
 Fax : +62 21 2511 217  
 E-mail : mcp@metakomc.com

LANDSCAPE :  
  
**PT. LANGR APP ARCHITECTS**  
 Jl. Impekah Kallimantang Terasa Barat  
 Pengalihan Jati  
 Jakarta Timur 13430  
 Indonesia  
 Telp: +62 21 2180054/09  
 Email: langrapp@langrapp.com  
 www.langrapp.com

INSPEKSI LINDING :  
  
**PT. LITAC**  
 Jl. Cempaka No. 13  
 Blok. Bina, Jakarta Selatan 12210  
 Telp: +62 21 21313030  
 123077233069  
 Fax: +62 21 21313030  
 www.litac.com

MANUFACTURE DRAWER:  
  
**LISAKONSULINDO**  
 PABRIK BANGUNAN BANGUNAN RUMAH KUNYU  
 Jl. Pemuda No. 10 Medan 20132  
 Phone : 011-7338322 / 011-7340290 / 011-7340284  
 Email : lisakonsulindo@gmail.com

QUALITY SURVEYORS :  
  
**QUANTAS COSTINDO**  
 QUALITY SURVEYORS - CONSTRUCTION COST CONSULTANTS  
 Jl. Pemuda Lantai 10 No. 10 Medan 20132  
 Phone : 011-7338322 / 011-7340290 / 011-7340284  
 Email : quantascostindo@gmail.com

INSPEKSI :  
  
**PT. INDONESIA PONDASI RAYA**  
 Jl. Pemuda No. 10  
 Medan 20132  
 Phone : 011-7338322 / 011-7340290 / 011-7340284  
 Email : indonesia.pondasi.raya@gmail.com

NAME	DATE	SIGN
JUAN		

NO	REVISION	DATE	SIGN

DISEKSI :  
 PT. JAYA CM

MENGESTAFI :  
 PT. SINAR MENARA DELI

U. ZAHRI OCTAVIANO EDWARD

JUDUL GAMBAR :  
**DETAIL DIAPHRAGM WALL**

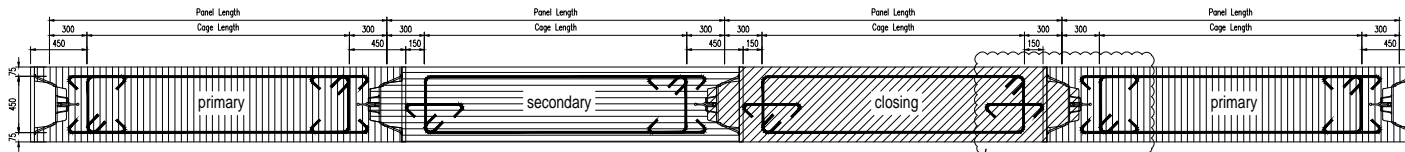
PANEL TYPE 1 , WIDTH=4675 T.O.D= -6.800

SKALA :  
 NTS

REFERENSI GAMBAR

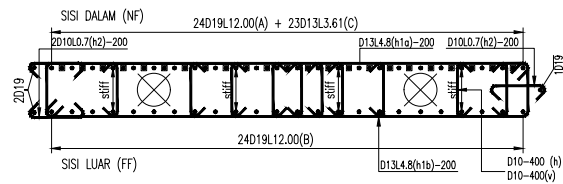
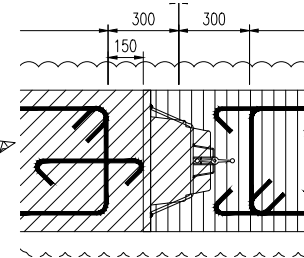
NOMOR GAMBAR

PCDM-AB-03-2145 SH1 002 CONT ON END

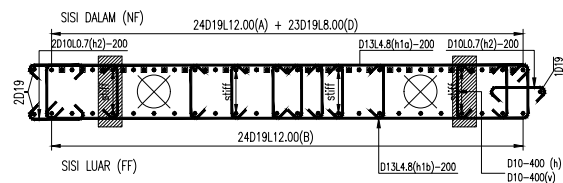


**JOINT PANEL**  
 NTS

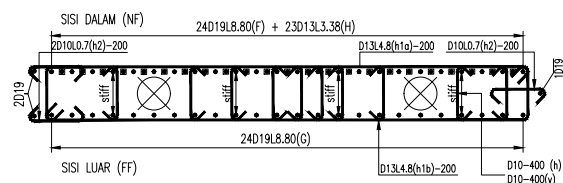
posisi besi tambahan  
 sesuaikan dengan kondisi lapangan



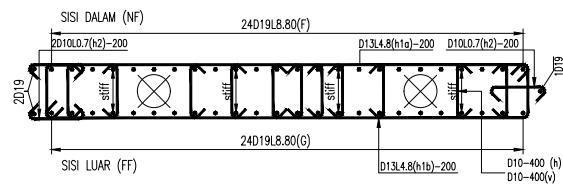
**SECTION A-A**  
 SCALE NTS



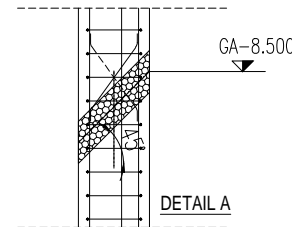
**SECTION B-B**  
 SCALE NTS



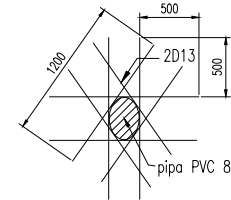
**SECTION C-C**  
 SCALE NTS



**SECTION D-D**  
 SCALE NTS

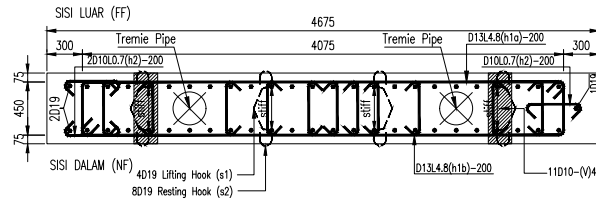


**DETAIL A**



**DETAIL SLEEVE GA**

Note:  
 The interrupted rebar should be replaced  
 by additional rebar with the same area  
 at the side/boundary of opening.

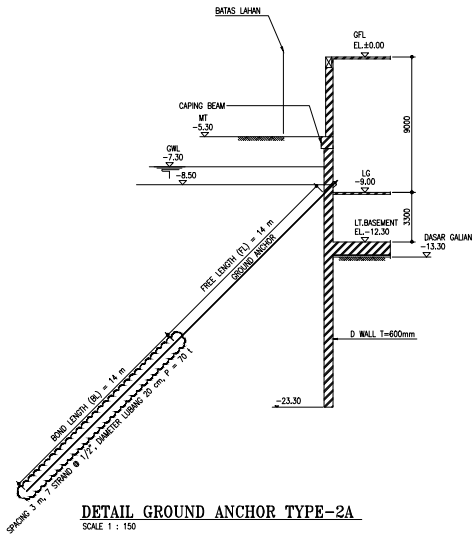


**PANEL REINFORCEMENT**  
 SCALE NTS

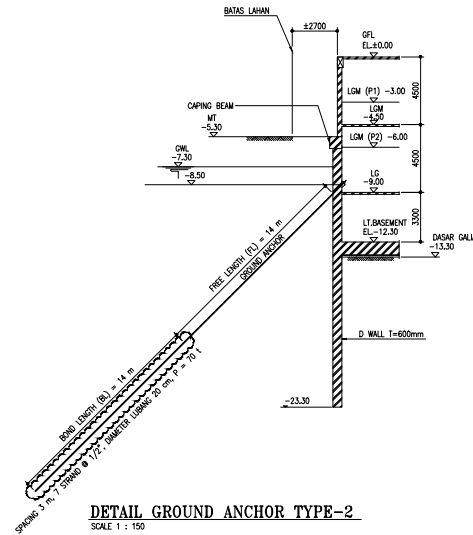
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

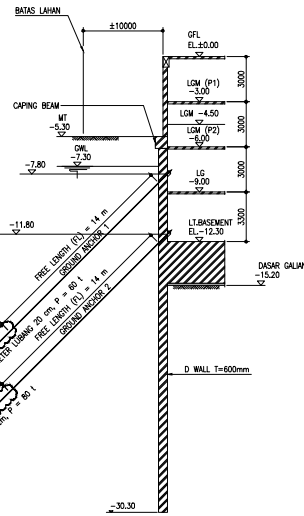
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA



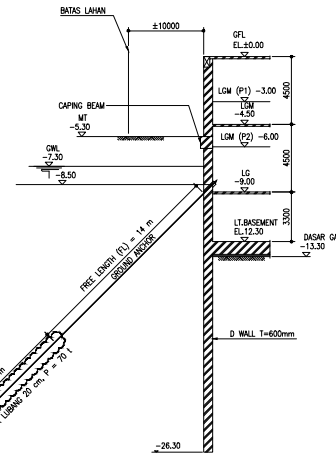
DETAIL GROUND ANCHOR TYPE-2A  
SCALE 1 : 150



DETAIL GROUND ANCHOR TYPE-2  
SCALE 1 : 150



DETAIL GROUND ANCHOR TYPE-1A (SISI SUNGAI)  
SCALE 1 : 150



DETAIL GROUND ANCHOR TYPE-1 (SISI SUNGAI)  
SCALE 1 : 150

KEY PLAN	DENAH KUNCI																																																																								
NOTES	CATATAN																																																																								
APPROVAL	PERSETUJUAN																																																																								
<table border="1"> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>△</td><td></td><td></td></tr> </table>		△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△			△		
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
△																																																																									
26/05/14	FOR CONSTRUCTION																																																																								
REV	DATE	REVISION STATUS	SION																																																																						
PROJECT																																																																									
<b>PODOMORO CITY</b> <b>DELI MEDAN</b>																																																																									
CLIENT	PEMBERI TUGAS																																																																								
	PT. SINAR MEMARA DELI MEMBER OF ASIAN FOODGROUP GROUP																																																																								
CONCEPT ARCHITECT	ARSITEK KONSEP																																																																								
	DP ARCHITECTS PTE LTD 4 North Buona Vista Drive, #04-102 Marina Square, Singapore 039064 Phone : +65 6353 3888 Fax : +65 6357 8888 Website : www.dparchitects.com																																																																								
ARCHITECTURAL	ARCHITECTUR																																																																								
	PTI ARCHITECTS Level 5, WTC Building A. Vond. Sundaresh 19a 29-31 Jorjaria 12920 Phone : (65-2) 375 4001 E-mail : pti@pti-architect.com																																																																								
STRUCTURE	STRUKTUR																																																																								
	PT. HRT WIDYA KONSULTAN Jl. Tamaris Airyati, Roban Grand Anas, Block D1 No. 5A-B Jakarta 11622-116308888 Tel : +62 021 99193888-63-64 Fax : +62 021 99193888 E-mail : pht@hrtid.com																																																																								
MEP ENGINEERS	MEKANIKAL & ELEKTIRKAL																																																																								
	PT. METAKOM C PRANATA Jl. Raya Medan - Pekanbaru Medan, Riau 20124 Phone : +62 61 2092220 Fax : +62 61 2092220 E-mail : metakom@metakom.com																																																																								
DRAWING TITLE	JUDUL GAMBAR																																																																								
<b>DETAIL GROUND ANCHOR</b>																																																																									
DRAWING BY																																																																									
GAMBAR OLER																																																																									
STATUS																																																																									
STATUS																																																																									
SCALE	1 : 150	FILE NO.																																																																							
SKALA		FILE NO.																																																																							
DRAWN BY	NAME	SIGN.	DATE																																																																						
CHECKED BY	-																																																																								
ENDORSED BY	2/10/19																																																																								
Reviewed & Approved by																																																																									
DRAWING NO.		NO. GAMBAR																																																																							
HRT/S	0	SE-0-02																																																																							
COMPANY	TRADE	PROJECT	TYPE																																																																						
			NUMBER																																																																						
			R. E. V.																																																																						

### UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
- Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA

# Desain Pondasi & Galian

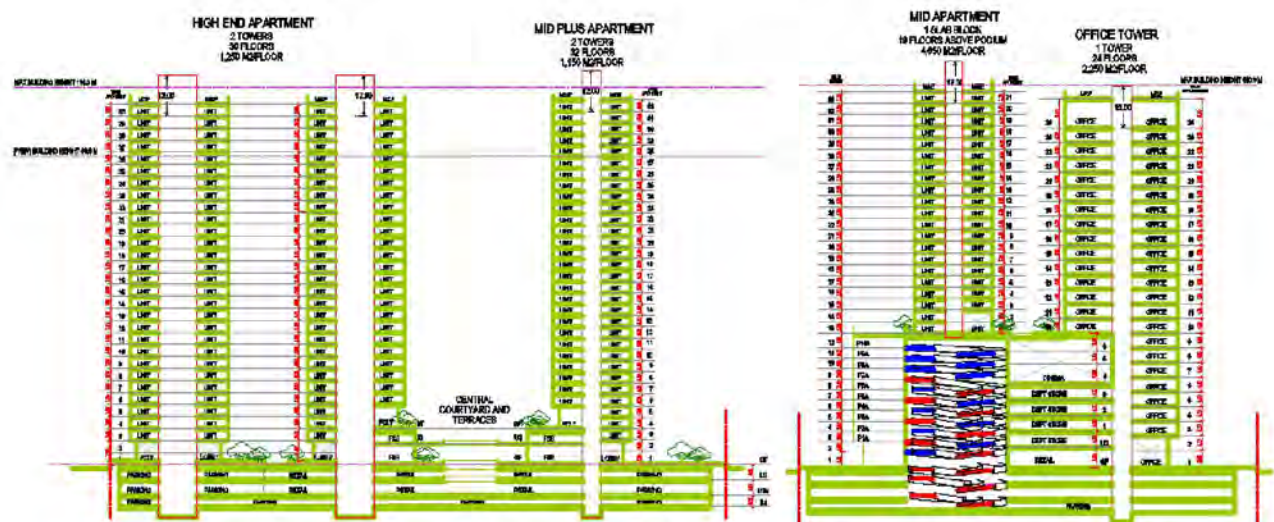
## MEDAN DELI

### MEDAN, SUMATERA UTARA

## 1. Pendahuluan

Proyek Medan Deli yang terletak di Jl. Guru Patimus, Medan merupakan proyek bangunan tinggi yang terdiri dari :

- 2 tower High End Apartment 30 lantai dan 3 lapis basement,
- 2 tower Mid Plus Apartment 32 lantai dan 3 lapis basement,
- 1 block Mid Apartment dengan 2 tower 33 lantai, 8 lantai podium, dan 3 lapis basement,
- 1 Office tower 23 lantai dengan 3 lapis basement.



Gambar 1. Denah perencanaan bangunan lokasi proyek Medan Deli

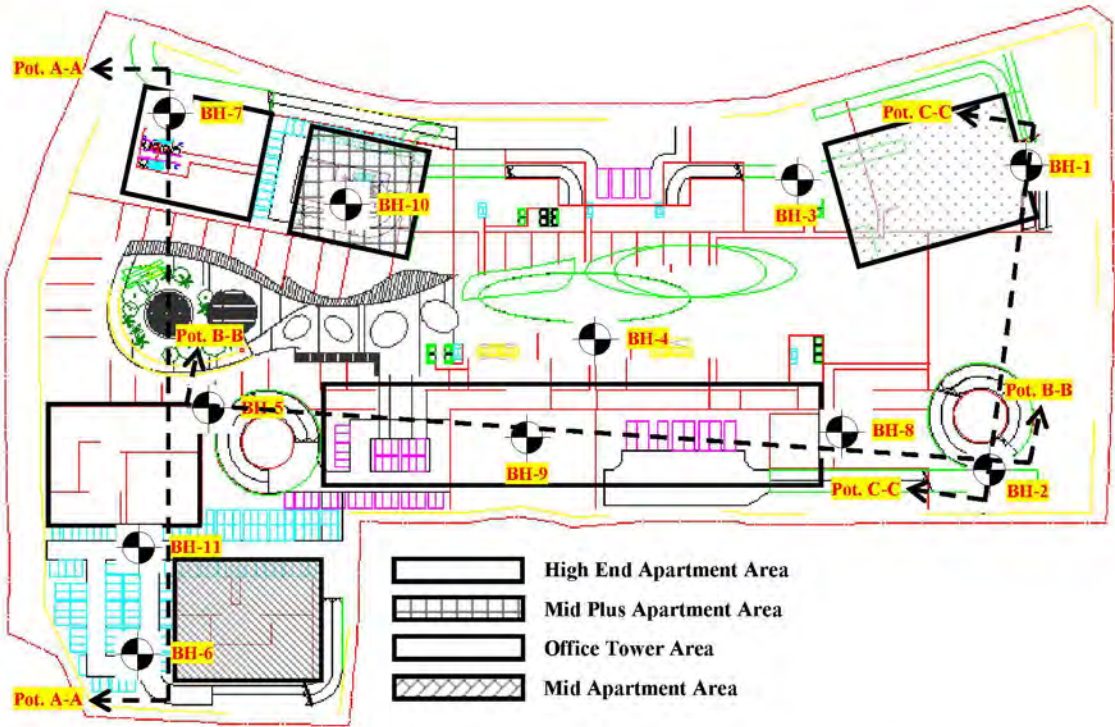
Laporan pendahuluan ini dibuat berdasarkan data penyelidikan geoteknik terdahulu yang dilakukan oleh PT. Golder Associates. Data konfirmatori telah dikerjakan oleh PT. SOFOCO dan akan dianalisa pada laporan berikutnya.

## 2. Review Hasil Penyelidikan Tanah

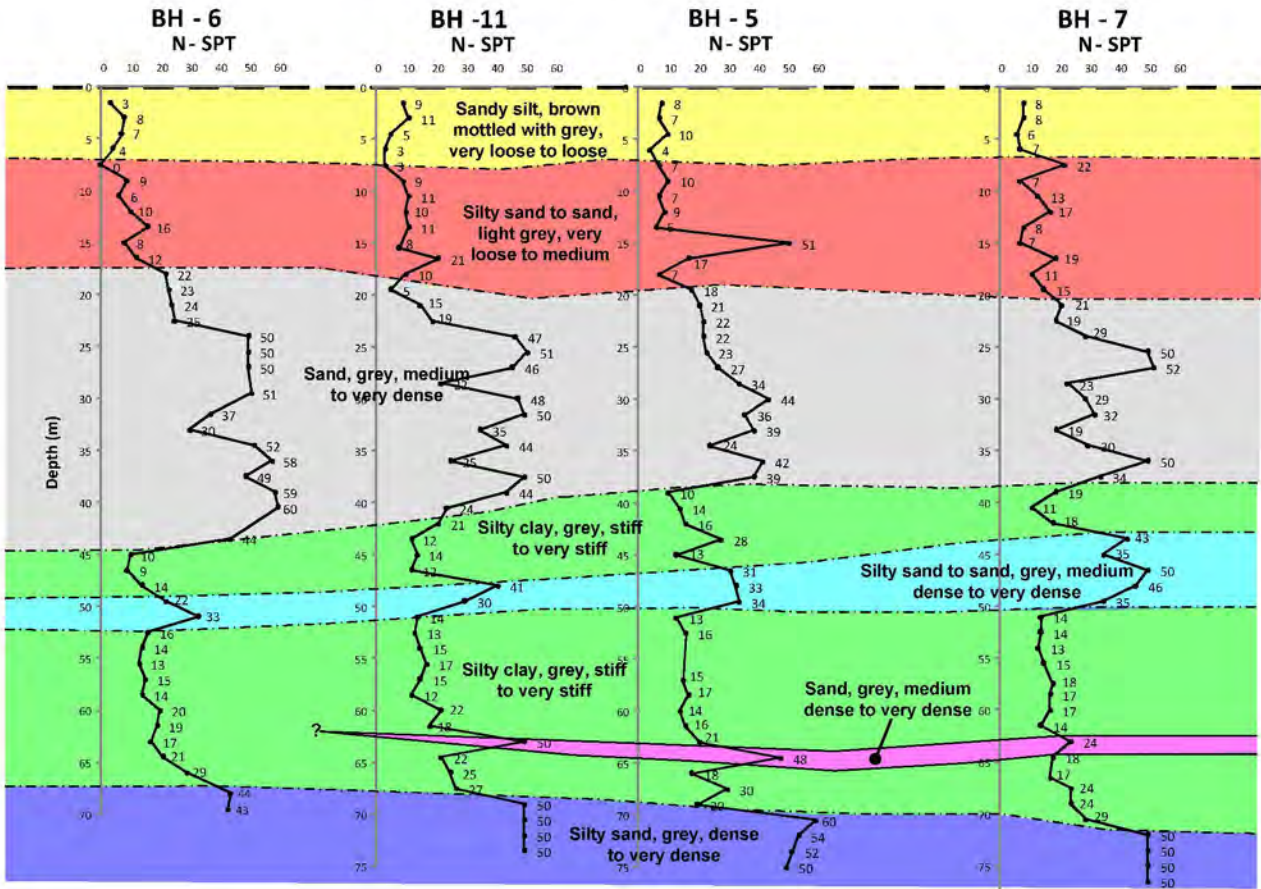
### 2.1. Pengujian Lapangan

Telah terlaksana pekerjaan penyelidikan tanah berupa 11 titik pemboran oleh PT. Golder Associates, kegiatan pemboran tersebut berlangsung pada tanggal 12 Juni s/d 26 Juli 2007 dengan kedalaman pemboran yang berkisar antara 33 - 80 m. Lokasi titik penyelidikan tanah disajikan pada **Gambar 2** dan masing-masing potongan profil pelapisan tanah dapat dilihat pada **Gambar 3**

s/d **Gambar 5**

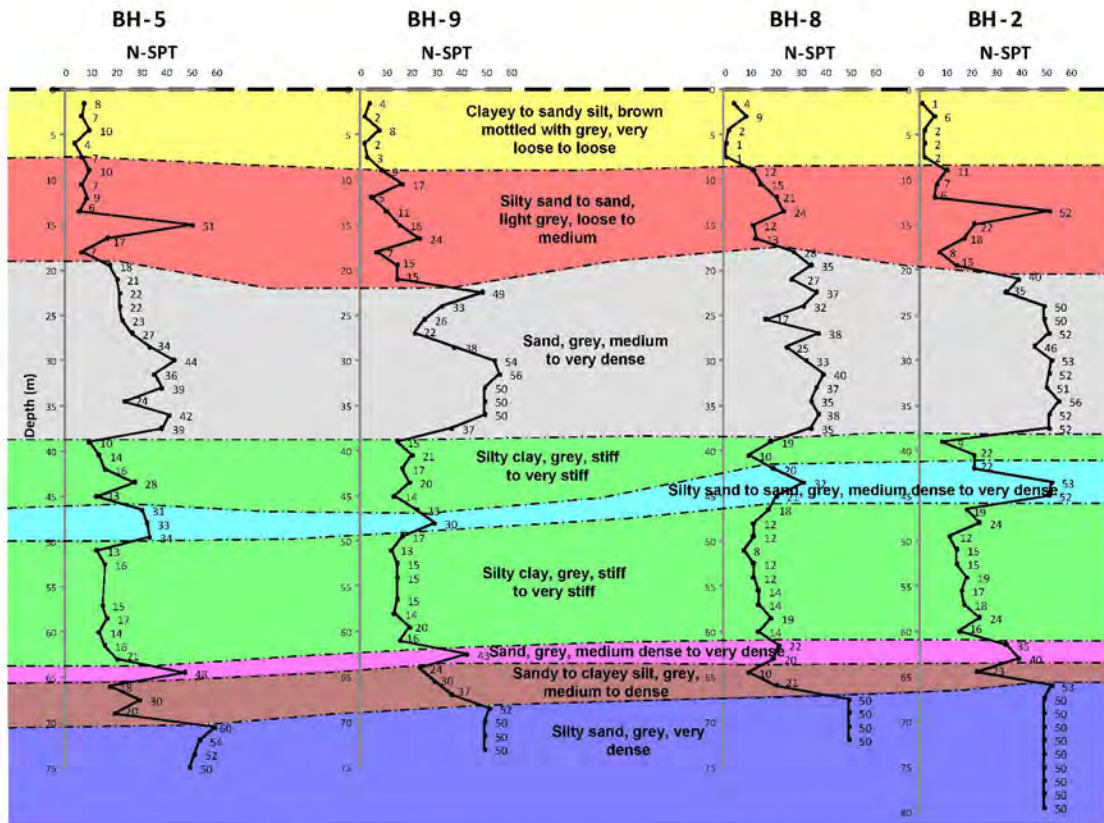


Gambar 2. Lokasi titik-titik uji penyelidikan tanah

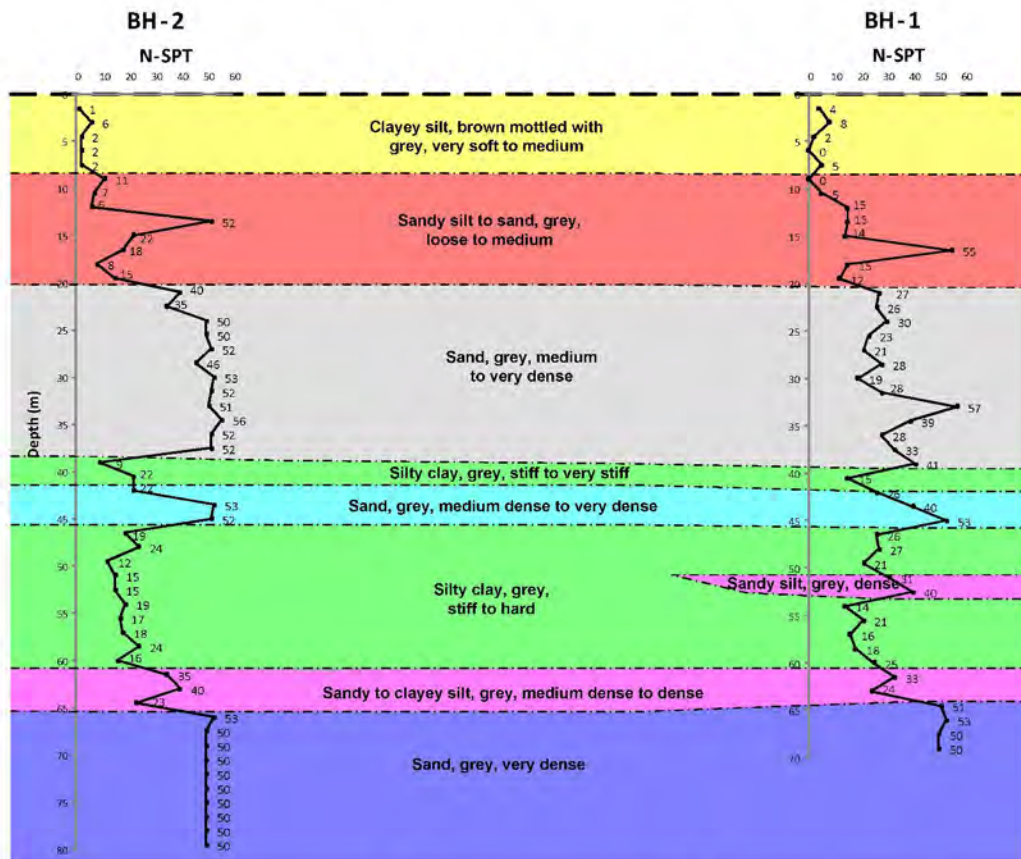


Gambar 3. Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. A-A (lihat Gambar 2)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah  
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA



Gambar 4. Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. B-B (lihat Gambar 2)



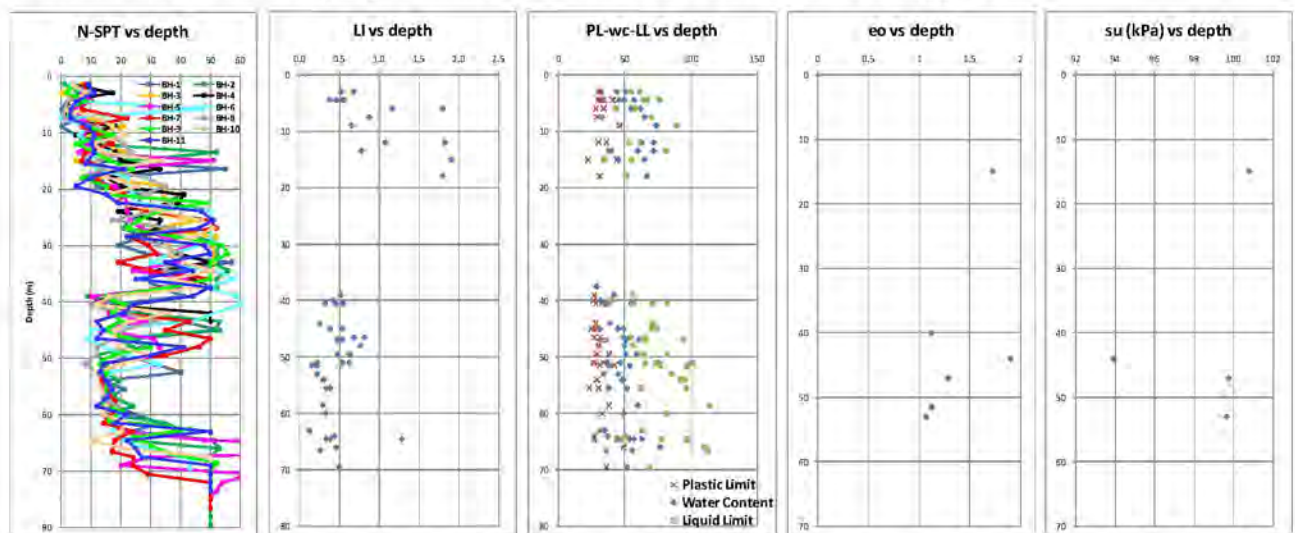
Gambar 5. Perkiraan profil tanah berdasarkan Pot. C-C (lihat Gambar 2)

Berdasarkan hubungan antara nilai NSPT terhadap kedalaman, stratifikasi tanah bawah pada lokasi proyek tersusun oleh lanau berpasir berkonsistensi sangat lepas s/d lepas, kepadatan hingga kedalaman  $\pm 7$  m. Lapisan tanah berikutnya tersusun oleh pasir berlanau/ pasir dengan variasi konsistensi mulai dari lepas s/d sangat padat, tersusun hingga kedalaman  $\pm 39$  m. Lapisan selanjutnya didominasi oleh lempung berlanau berkonsistensi kaku s/d sangat kaku yang terdapat hingga kedalaman  $\pm 60$  m. Selanjutnya hingga akhir kedalaman pemboran, per lapisan tanah tersusun oleh pasir dengan konsistensi sangat padat.

## 2.2. Pengujian Laboratorium

Secara umum telah diketahui bahwa parameter tanah yang ditentukan dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium juga dapat menggunakan korelasi-korelasi empirik yang ada. Pada proyek Medan Deli, penentuan parameter tanah ditentukan melalui uji lapangan (*deep boring*) dan uji laboratorium (UCT, TX-UU, TX-CU, dan konsolidasi) yang telah dilakukan oleh PT. Golder Associates.

**Gambar 6** memperlihatkan profil nilai N-SPT dan beberapa parameter dari hasil uji laboratorium. Akibat minimnya jumlah *strength test* (dalam hal ini uji TX-UU ataupun TX-CU), tidak didapatkan gambaran umum mengenai kekuatan geser tanah disepanjang kedalaman pengujian pemboran. Namun berdasarkan uji N-SPT lapisan tanah keras mulai didapati dikedalaman  $\pm 20-22$  m yang memiliki interval NSPT mulai dari 15 hingga  $>50$ .



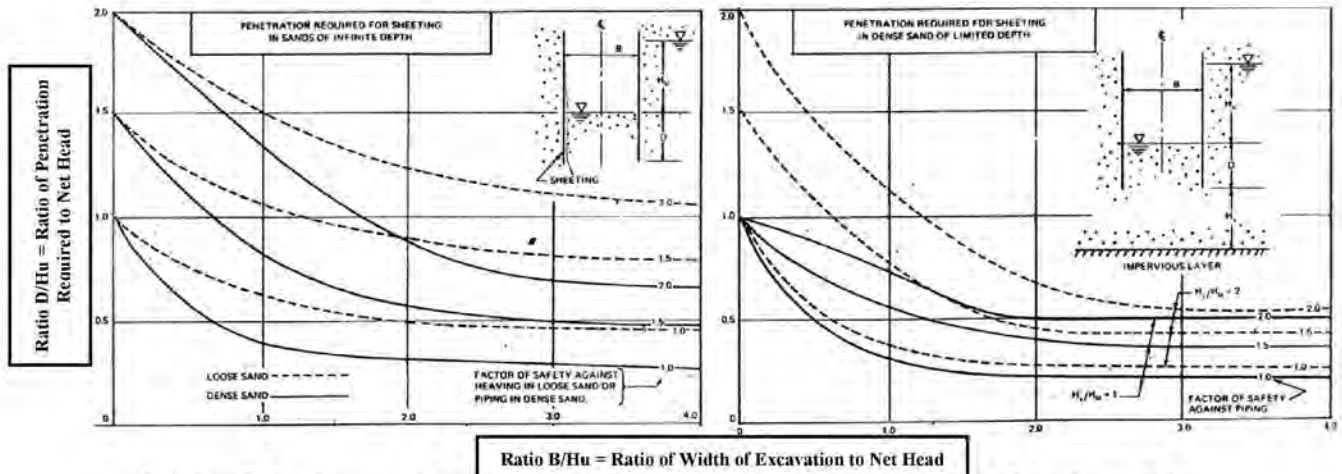
**Gambar 6.** Profil nilai N-SPT dan beberapa parameter dari uji laboratorium

## 3. Antisipasi Masalah Geoteknik

### 3.1. Sand Boiling (Piping)

Aliran air terjadi akibat perbedaan elevasi head, dimana air cenderung mengalir dari lokasi yang umumnya memiliki head lebih tinggi, menuju ke area dalam galian yang umumnya memiliki head lebih rendah. Sebagai akibatnya muncul tekanan keatas pada tanah didasar galian yang menyebabkan dasar galian mengalami heave. Bilamana tekanan air akibat seepage lebih besar dari tekanan hidrostatis pada elevasi dasar galian, terjadilah suatu fenomena yang dinamakan piping/ sand boiling yang akan menyebabkan turunnya tegangan efektif tanah dasar galian. Sebagai akibatnya tahanan pasif tanah pada lokasi dasar galian akan berkurang dan berpotensi

Untuk mengantisipasi hal ini, panjang pembenaman sistem dinding penahan harus direncanakan cukup dalam agar tekanan air yang terjadi pada dasar galian tereduksi. Untuk menentukan panjang pembenaman minimum yang diperlukan, digunakan chart yang dikembangkan oleh **Marsland (1953)** yang selanjutnya diberikan pada **Gambar 7** dibawah ini :



**Gambar 7. Panjang pembenaman dinding penahan untuk mencegah piping (Marsland, 1953)**

Sesuai informasi dari pemberi kerja, akan direncanakan galian sedalam ± 8 m untuk keperluan konstruksi basement 2 lapis dibawah permukaan tanah eksisting. Tanah pada kedalaman tersebut didominasi oleh tanah permeabel seperti lanau kepasiran dan pasir kelanauan yang berpotensi mengalami piping jika tidak direncanakan dengan baik.

### 3.2. Likuifaksi

Likuifaksi umumnya terjadi pada tanah pasir saat kejadian gempa yang mengakibatkan penurunan kuat geser tanah akibat peningkatan tegangan air pori. Berdasarkan SNI-1726-2002 Medan terletak di wilayah gempa 3 dengan percepatan gempa sebesar 0.3 g (untuk kondisi tanah lunak). Data pemboran mengungkapkan keberadaan lapisan pasir kelanauan dan lanau kepasiran yang terdapat hingga kedalaman 18-20 m yang perlu dianalisa terhadap bahaya likuifaksi. Bilamana persyaratan likuifaksi tidak terpenuhi, dapat dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu sebelum konstruksi dilaksanakan.

## 4. Perencanaan Sistem Pondasi

Berdasarkan stratifikasi tanah bawah sistem pondasi diusulkan penggunaan tiang pancang berukuran 45x45 cm dan 50x50 cm. Mengingat areal sekitar proyek merupakan lokasi yang padat bangunan, penggunaan sistem jack-in dikedepankan, karena pelaksanaannya yang cenderung tidak menimbulkan getaran ataupun kebisingan pada lingkungan sekitar dibandingkan dengan penggunaan alat pancang hammer. Keuntungan lain yang tidak kalah penting adalah daya dukung tiang dapat terukur dengan lebih pasti.

### 4.1. Analisis Daya Dukung Aksial

Secara umum sistem pondasi dirancang terhadap beban gravitasi berupa beban mati (dead load) dan beban hidup (live load) serta kombinasi dengan beban gempa. Kriteria pembebanan dilakukan pada kondisi beban kerja (working load) dan beban gempa (nominal dan kuat). Pada kondisi-kondisi pembebanan tersebut, pondasi harus cukup kuat, dalam arti beban yang terjadi didukung rencana (design capacity) untuk working load dan tidak melampaui



## 5. Alternatif Sistem Proteksi Galian

Desain proteksi galian akan dibedakan pada lokasi yang berdekatan dengan sungai dan pada lokasi lain yang tidak berdekatan dengan sungai seperti terlihat pada **Gambar 15** sebagai berikut :



**Gambar 15. Kondisi area galian**

Kajian mengenai stabilitas galian didasarkan pada data pemboran BH-6 dan dianalisa menggunakan program PLAXIS dengan parameter input sebagai berikut :

**Tabel 3. Parameter input PLAXIS**

Layer	Type of Soil	Depth [m]	NSPT	gama	E ref	c ref	phi
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[ ° ]
1	Clayey Silt	3	3	15	6300	37,5	10
2	Sandy Silt	4,5	8	18	16800	15	34
3	Silty Clay	7	5	17	10500	60	12
4	Silty Sand	9	<1	17	1000	1	28
5	Sand	12	7	19	14700	1	33
6	Clayey Silt	13,5	7	17,5	14700	120	12
7	Sand	18	12	19	25200	5	32
8	Sand	24	23	18,5	48300	5	37
9	Sand	30	50	22	105000	5	46
10	Sand	34,5	33	21	69300	5	41
11	Sand	43	50	22	105000	5	46

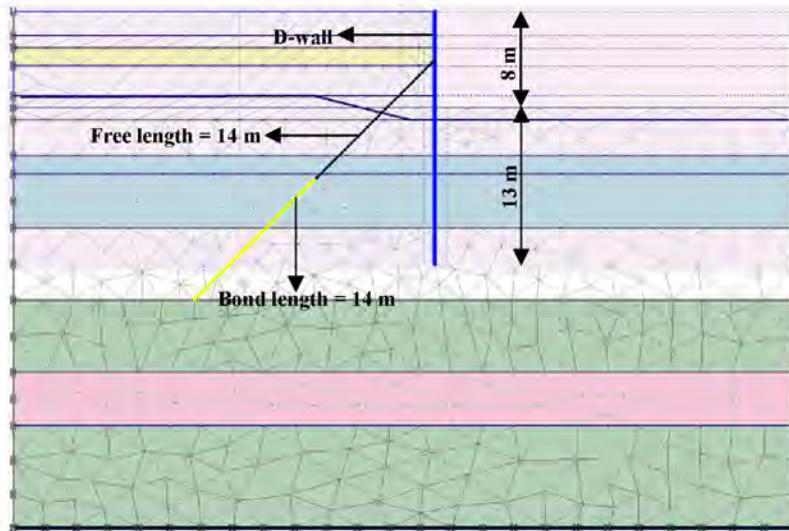
Berdasarkan chart usulan **Marsland** (Lihat **Gambar 7**) setidaknya diperlukan panjang pembenaman minimum sepanjang 10 m untuk mencegah terjadinya sand boiling (piping). Perkiraan panjang pembenaman tersebut mengasumsikan muka air tanah yang terletak pada elevasi - 2 m pada lokasi luar galian dan dengan menggunakan angka keamanan sebesar 2.0.

### 5.1. Desain Proteksi Galian Area Dekat Sungai

#### 5.1.1. Perencanaan & Pemodelan

Untuk memproteksi galian sedalam 8 m pada daerah galian sisi barat yang berdekatan langsung dengan sungai, dikajikan penggunaan D-wall setebal 60 cm yang direncanakan terinstal hingga elevasi - 21 m. Keberadaan sungai yang terletak dekat pada lokasi galian amat berpotensi menyebabkan aliran air sungai menuju lokasi galian, terlebih bila mempertimbangkan perlapisan tanah bawah lokasi galian yang didominasi oleh keberadaan tanah pasir yang umumnya memiliki permeabilitas tinggi. Perencanaan D-wall dengan panjang pembenaman 13 m dimaksudkan untuk

memperpanjang jarak tempuh air sebelum mencapai lokasi galian sehingga kecepatan dan debit air dapat tereduksi. Disamping itu terjepitnya kaki D-wall pada lapisan tanah yang relatif keras (medium dense sand) akan memberikan kestabilan tersendiri terhadap pembebanan yang ada.

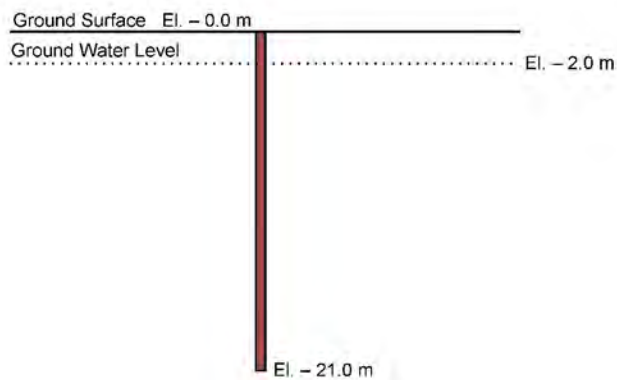


Gambar 16. Pemodelan dalam PLAXIS

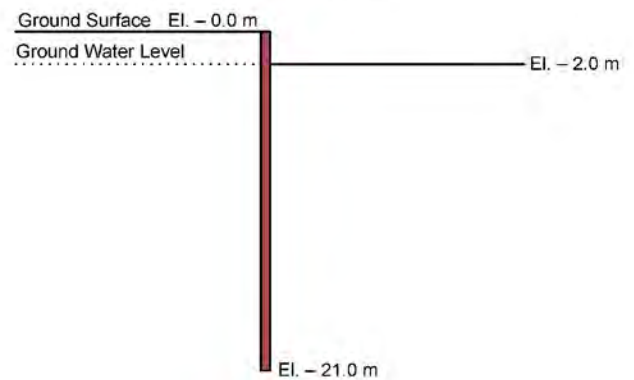
Untuk mengontrol deformasi D-wall, direncanakan 1 lapis ground anchor berkapasitas 70 ton yang akan dikonstruksikan pada elevasi - 4.0 m. Ground anchor direncanakan memiliki bond length dan free length sebesar 14 & 14 m dengan jarak c/c 3.0 m. Gaya prestressing yang diberikan dalam analisis ini adalah sebesar 50% dari kapasitas tarik ground anchor.

### 5.1.2. Tahapan Konstruksi

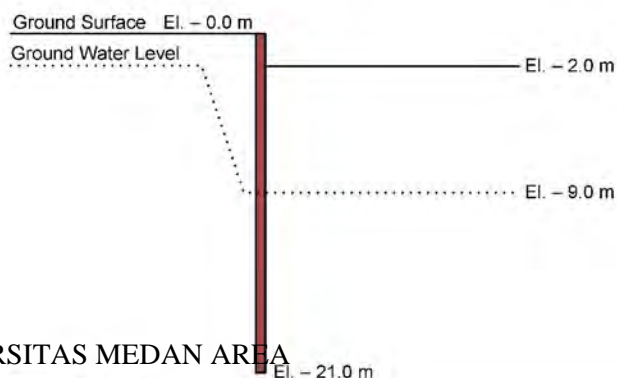
#### Step 1 → Instalasi D-wall



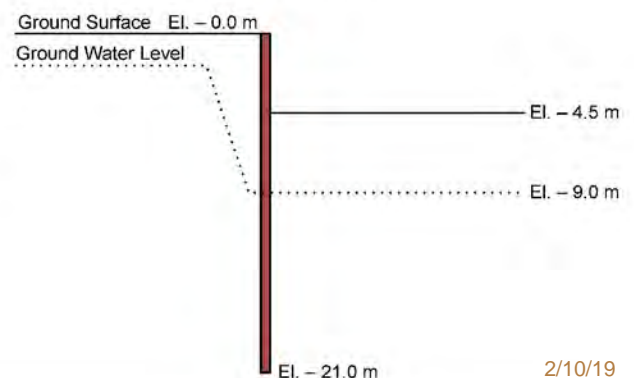
#### Step 2 → Gali hingga El. - 2.0 m

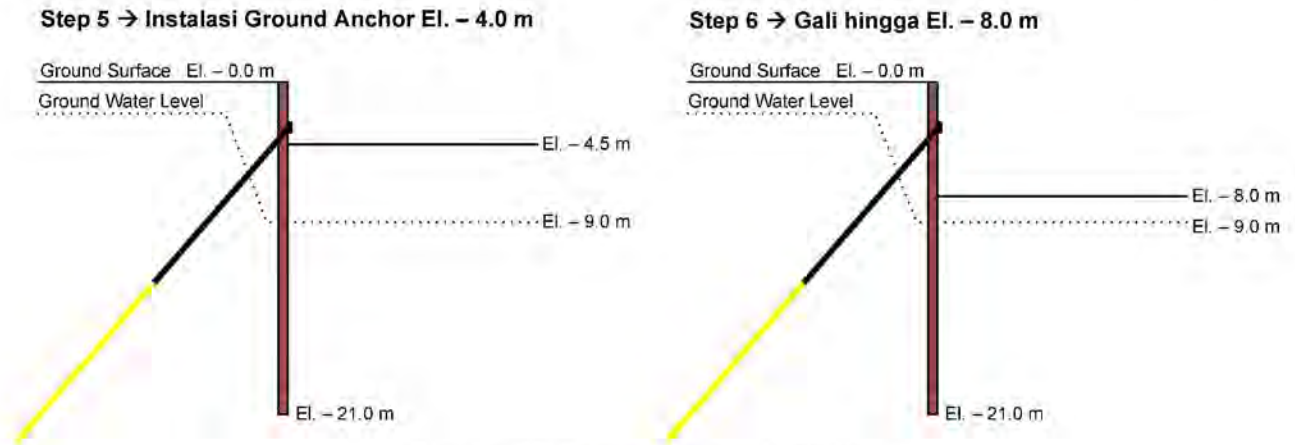


#### Step 3 → Dewatering



#### Step 4 → Gali hingga El. - 4.5 m



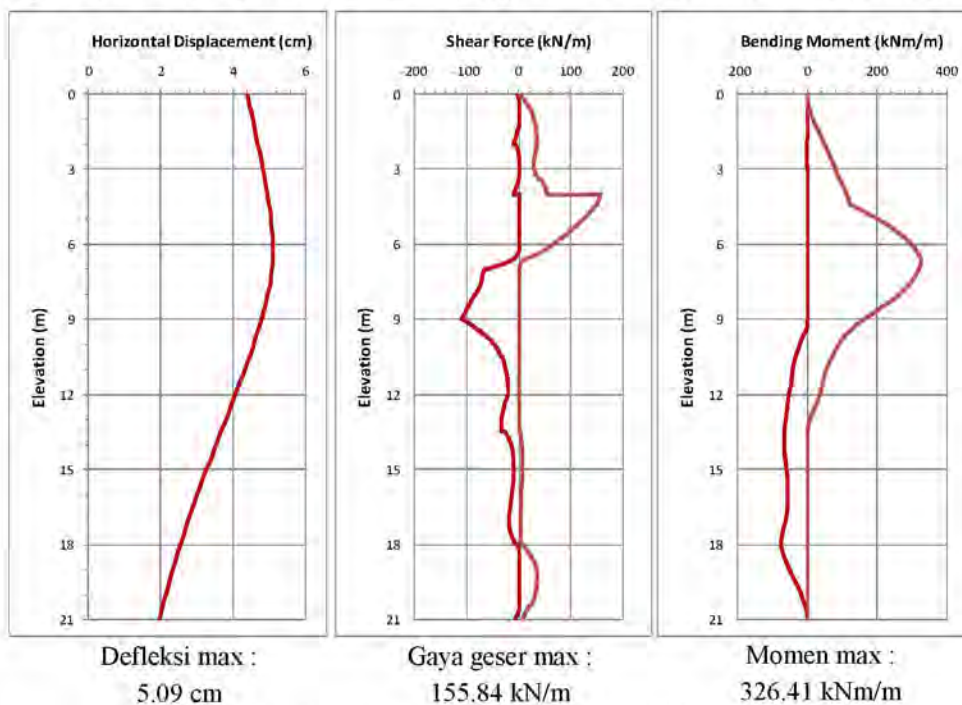


Gambar 17. Tahapan Konstruksi Galian

### 5.1.3. Hasil Analisis

- Gaya Dalam D-wall dan Ground Anchor

Hasil analisis menunjukkan faktor keamanan yang dicapai pada saat galian final sebesar 3.10, dimana gaya-gaya dalam yang dialami D-wall disajikan melalui Gambar 18 berikut ini :

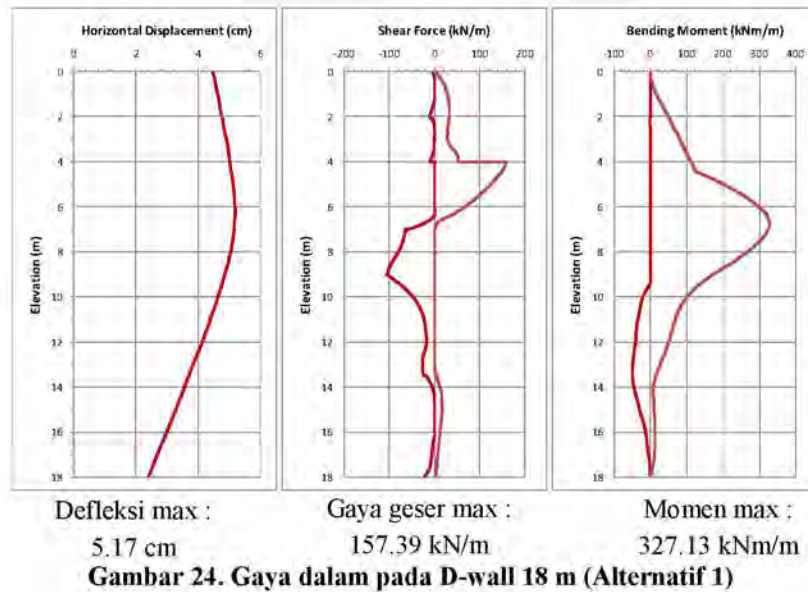


Gambar 18. Gaya dalam pada D-wall 21 m

Adapun gaya ground anchor yang termobilisasi pada setiap tahapan konstruksi diberikan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Gaya termobilisasi ground anchor pada setiap tahapan pekerjaan area dekat sungai

Tahap Konstruksi	Gaya termobilisasi (ton)	
	Batang Angkur	Bond Length
Instalasi & Prestressing	35.10	29.88
Gali hingga El. - 8 m	63.57	56.21



Gambar 24. Gaya dalam pada D-wall 18 m (Alternatif 1)

Adapun gaya ground anchor yang termobilisasi pada setiap tahapan konstruksi diberikan pada tabel berikut ini :

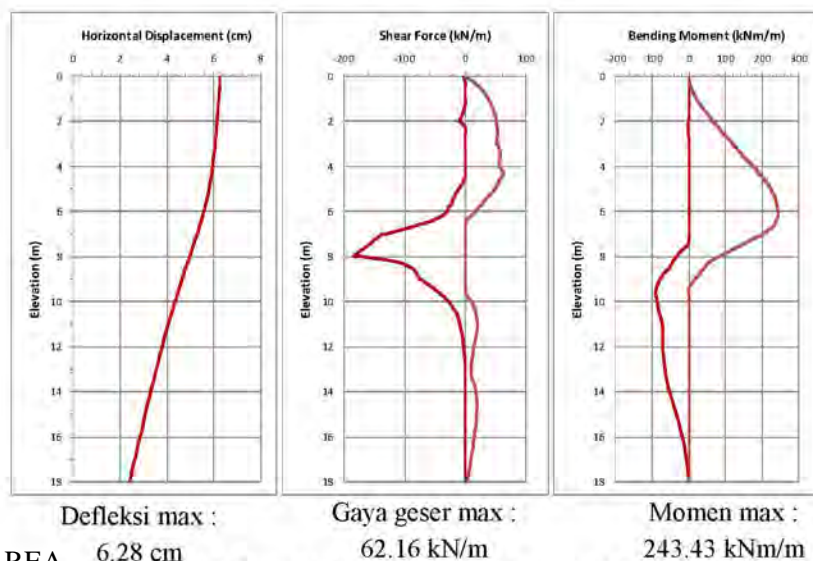
Tabel 5. Gaya termobilisasi ground anchor pada setiap tahapan pekerjaan pada area lain

Tahap Konstruksi	Gaya termobilisasi (ton)	
	Batang Angkur	Bond Length
Instalasi & Prestressing	35.10	29.81
Gali hingga El. - 8 m	64.14	56.60

Penggunaan alternatif pertama bisa saja berpotensi menimbulkan permasalahan mengingat penggunaan ground anchor akan menggunakan lahan tetangga disekitar lokasi galian. Oleh karena itu untuk mengantisipasi potensi permasalahan yang akan terjadi kedepan, perlu mempertimbangkan ketersediaan lahan disekitar areal galian.

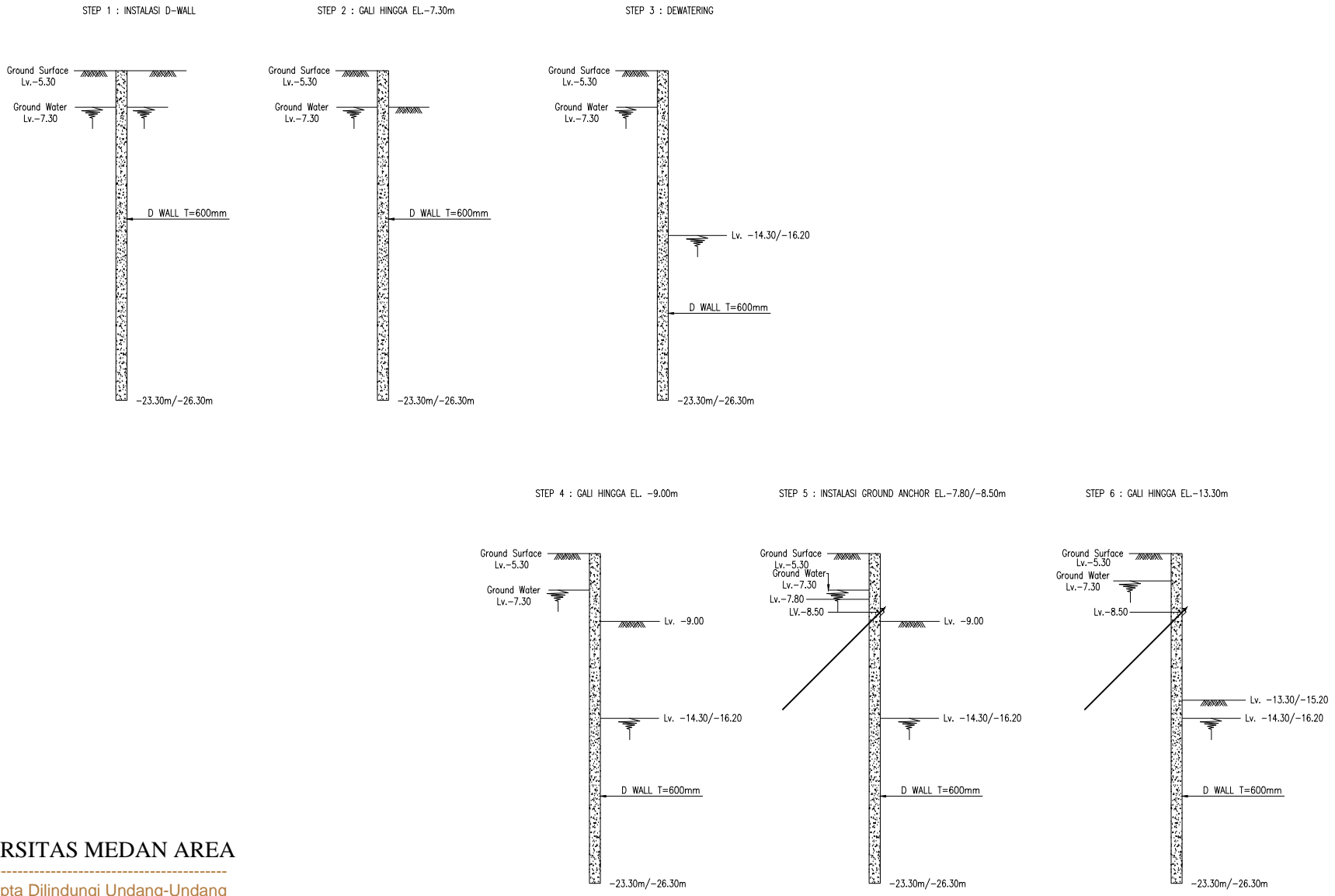
• Alternatif 2

Hasil analisis menunjukkan faktor keamanan yang dicapai pada akhir masa galian sebesar 3.43, dimana distribusi gaya-gaya dalam yang terjadi pada D-wall disajikan melalui Gambar 25 berikut ini :



Gambar 25. Gaya dalam pada D-wall 18 m (Alternatif 2)

**TAHAP PELAKSANAAN DINDING PENAHAN TANAH  
DENGAN SISTEM GROUND ANCHOR :**



KEY PLAN		DENAH KUNCI			
NOTES				CATATAN	
APPROVAL		PERSETUJUAN			
26/05/14 FOR CONSTRUCTION REV DATE REVISION STATUS SIGN					
PROJECT					
<b>PODOMORO CITY DELI MEDAN</b>					
CLIENT					
PT. SINAR MEMARA DELI MEMBER OF ASJANG PODOMORO GROUP					
CONCEPT ARCHITECT					
DP ARCHITECTS PTE LTD 4, Archer Road #04-102 Marine Square, Singapore 039594 Phone : (65-6) 532 3080 Fax : 645 8337 9888 website : www.dpas.com.sg					
ARCHITECTURAL					
PT. ARCHITECTS Level 5, WTC Building Jl. Jend. Sudirman No. 29-31 Jakarta 12920 Phone : (62-21) 576 4001 Fax : 59995-4352463.com					
STRUCTURE					
PT. HRT HIDYA KONSULTAN J. Tamen Arip, Bagan Ombak, Block E1 No. 5A-B Jakarta 11225-Indonesia Tel : +62 021-9911208-83-64 Fax : +62 021-9911208 Email : pdr@hidya.com.id					
MEP ENGINEERS					
MEKANIKAL & ELEKTIRKAL PT. METAKOM C PRANATA KAPALBARU, KOTA SERDANG, SUMATERA BARU Jalan Hutan Kelapa No. 22 No. 26 Palembang, 30132 Sumatera Selatan, 30132 Phone : 081-731-20012 E-mail : pt.metakom@ptc.com					
DRAWING TITLE					
<b>JUDUL GAMBAR</b>					
<b>TAHAPAN KONSTRUKSI GALIAN BASEMENT</b>					
DRAWING BY					
GAMBAR OLER					
STATUS					
STATUS					
SCALE		FILE NO.		FILE NO.	
SKALA		1 : 150			
DRAWN BY					
CHECKED BY					
DESIGNED BY					
Reviewed & Approved By					
DRAWING NO.					
NO. GAMBAR					
HRTS		0		SE-0-02	
COMPANY TRADE PROJECT TYPE		NUMBER		R E V	

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan Penulisan Karya Ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA