



TUGAS AKHIR – RC18 – 4803

**ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAH  
TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5  
LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA  
SELATAN**

DAMANG GALUH WAHYUDIANTO  
NRP. 03111640000022

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD

Dosen Pembimbing II  
Dr. Yudhi Lastasih, ST., MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020



TUGAS AKHIR – RC18 – 4803

**ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN  
TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5  
LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA  
SELATAN**

DAMANG GALUH WAHYUDIANTO  
NRP. 0311164000022

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD

Dosen Pembimbing II  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC18 – 4803

**ALTERNATIVE PLANNING ON SOIL RETAINING  
WALL IN 5 LEVELS BASEMENT CONSTRUCTION  
PROJECT OF BRI GATSU TOWER JAKARTA SELATAN**

DAMANG GALUH WAHYUDIANTO  
NRP. 03111640000022

Academic Supervisor I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD

Academic Supervisor II  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMEN  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

“This page is intentionally left blank”

**ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN  
TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI  
PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**DAMANG GALUH WAHYUDIANTO**  
NRP. 03111640000022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD (.....)  
*Indrasurya B. Mochtar*
2. Dr. Yudhi Lastiastin, ST, MT (.....)  
*M. Yudhi Lastiastin*



**SURABAYA  
AGUSTUS, 2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAH TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN**

**Nama Mahasiswa** : Damang Galuh Wahyudianto  
**NRP** : 03111640000022  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Konsultasi** : 1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,  
M.Sc., Ph.D  
2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

## **ABSTRAK**

*Luas wilayah yang tersedia dan jumlah penduduk yang semakin hari semakin meningkat tentunya akan menimbulkan berbagai masalah baru khususnya dikota-kota besar yaitu kebutuhan akan tempat tinggal maupun apartement dan kebutuhan akan lapangan pekerjaan seperti perkantoran. Bank Rakyat Indonesia (BRI) (Persero) Tbk.) memberikan solusi dengan merencanakan pembangunan menara BRI sebagai kantor cabang ketiga yang berlokasi di jalan Jendral Gatot Subroto, Jakarta Selatan. Menara BRI ini direncanakan akan dibangun dengan satu tower utama yaitu 37 lantai dan satu podium dengan 5 lantai pada lahan seluas 8400,48 meter persegi. Dengan pertimbangan luas lahan pembangunan yang tidak bisa dikatakan sedikit dan kebutuhan lahan parkir juga menjadi kebutuhan akan suatu gedung perkantoran maka perlu perencanaan yang matang dengan memanfaatkan lahan semaksimal mungkin. Salah satu solusinya yaitu membangun basement 5 lantai dengan kedalaman kurang lebih 18 meter. Dengan demikian menimbulkan masalah baru dibidang geoteknik, yaitu dengan kedalaman galian yang direncanakan tentunya akan menimbulkan perbedaan elevasi yang cukup tinggi sehingga berpengaruh terhadap stabilitas galian dan struktur basement. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, didapatkan hasil bahwa jenis tanah didominasi oleh lempung dan lanau hingga kedalaman -20 m dan tanah pasir hingga kedalaman -40 m serta muka air tanah yang cukup tinggi, yaitu pada*

*kedalaman -5,00 m. Oleh karena itu diperlukan struktur Dinding Penahan Tanah untuk menjaga kestabilan struktur basement dan mencegah keruntuhan tanah disekelilingnya.*

*Perencanaan dinding penahan tanah akan dilaksanakan dengan membandingkan tiga jenis dinding penahan tanah, yaitu diaphragm wall, secant pile dan soldier pile. Perencanaannya meliputi kedalaman tertanam yang dibutuhkan, penentuan dimensi, penulangan struktur yang di desain berdasarkan gaya – gaya luar yang terjadi. Setelah itu direncanakan struktur yang dapat menahan gaya angkat atau uplift. Dengan ini akan diperoleh solusi paling efektif dan efisien dari segi biaya dan metode pelaksanaannya.*

*Hasil yang diperoleh berdasarkan analisa dan perhitungan pada Diaphragm Wall didapatkan tebal 1.0 meter dengan kedalaman dinding 40 meter dan deformasi maksimal 3.35 centimeter. Pada perhitungan secant pile didapatkan diameter sebesar 1.2 meter untuk primary pile dan 1,0 meter untuk secondary pile dengan kedalaman dinding 40 meter dan deformasi maksimal 3.13 centimeter. Pada perhitungan soldier pile dengan profil baja H Beam 900x300x16x28 ditanam dengan jarak 2,0 meter sedalam 40 meter dan diperoleh deformasi maksimal 3.86 centimeter. Berdasarkan hasil deformasi, estimasi biaya dari segi material, dan metode pelaksanaannya, dipilih perencanaan dengan menggunakan Diaphragm Wall sebagai dinding penahan pada pembangunan basement 5 lantai proyek Menara BRI GATSU, Jakarta Selatan.*

***Kata kunci : Dinding Penahan Tanah, Diaphragm Wall, Secant Pile, Soldier Pile, Uplift Pressure***

# **ALTERNATIVE PLANNING ON SOIL RETAINING WALL IN 5 LEVELS BASEMENT CONSTRUCTION PROJECT OF BRI GATSU TOWER JAKARTA SELATAN**

**Student's Name : Damang Galuh Wahyudianto**  
**NRP : 03111640000022**  
**Departement : Civil Engineering FTSLK – ITS**  
**Academic Supervisor : 1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,  
M.Sc., Ph.D**  
**2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.**

## **ABSTRACT**

*The available area and the number of population that increased, the emergence of the new problem in a big city such as the need of living space, apartment and the working space such as the office area. Bank Rakyat Indonesia (BRI (Persero) Tbk.) is proposing the solution by planning to build BRI tower as the third branch office that located in Jendral Gatot Subroto, South Jakarta. This BRI tower will be built with 37 levels in the main tower and 1 podium with 5 levels in an area with 8400,48 m<sup>2</sup> wide. Considering the wide of the area that is not enough and the need for the parking area as one of the necessities of office buildings, it needs excellent planning by utilizing the area as efficient as possible. One of the solutions is to build a 5 levels basement. The basement is planned to build within 18 meters deep inside the ground. Therefore, the emergence of the geotechnical problem cannot be avoided, the depth of the excavation that planned will evoke the significant difference of elevation. The soil investigation, it is revealed that the soil is mostly clay and silt within -20 meters deep and sand soil within -40 meters and the surface of soil water that high enough in -5,00 meters deep. Hence, the structure of Soil Retaining Wall is needed to stabilize the basement structure and prevent the collapse.*

*The planning of using soil retaining wall will be executed by comparing three kinds of soil retaining wall; Diaphragm wall, Secant pile, and Soldier pile. The planning revolve on the depth of the planted retaining wall that needed, determining the dimention,*

*frame structure that designed based on the forces. After that, the planning continue on the structure that able to retain the uplift pressure. Consequently, the most effective and efficient choice from the cost aspect and execution method can be obtained.*

*The results based on the analysis and calculation of Diaphragm wall is 1.0 meter thick, planted in a 40-meter depth, and has 3.35-centimeter maximum deformation. The calculation of Secant pile is 1,2 m diameter for primary pile and 1,0 meter for secondary pile planted in a 40-meter depth and has maximum deformation 3.13 centimetre. The calculation of the Soldier pile with steel profile H Beam 900x300x16x28 that planted with the 2,0-meter gap and planted in a 40-meter depth and has 3,86-centimeter maximum deformation. Based on the result of the deformation, the cost estimated from the needed material, and execution method, the planning selects Diaphragm Wall as the soil retaining wall for the 5 levels basement construction project of BRI GATSU Tower in South Jakarta.*

***Key word : Retaining Wall, Diaphragm Wall, Soldier Pile, Secant Pile, Uplift Pressure***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang memberikan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Pembangunan Basement 5 Lantai Proyek Menara BRI GATSU Jakarta Selatan”** dengan baik dan tepat pada waktunya.

Adapun tulisan ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir dan juga sebagai evaluasi penulis selama menempuh Pendidikan S1 di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D dan Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, ilmu dan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu Dosen Geoteknik Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Orang tua ( Bpk. Imam Subekti dan Ibu Suprihatin Giati) serta saudara ( Mas Gilang, Mas Ichang dan Mbak Astri) dan juga keluarga besar Atmosajio juga keluarga besar Harisuki yang selalu memberikan dukungan, semangat dan juga doa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

4. Teman-teman S-59 serta AHMS yang senantiasa menemani dan juga sebagai teman sharing ilmu selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS.
5. Teman-teman Departemen Sosial Masyarakat LE HMS FTSP ITS (Mbak Rima, Kak Ros, Mbak Isna, Mas Aming, Mas Basysyar, Mas Dino, Avi, Diaz, Rida, Wongsko, Ois juga teman-teman sosmas S-60, Aril, Syamsu, Alby, Kautsar, Mela dan Dwi) yang telah menemani dan memberikan semangat juga dukungannya selalu sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat kedepannya dan dapat dijadikan bahan pembelajaran khususnya civitas akademika Teknik Sipil ITS.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

## **DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABLE .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	6
1.3    Batasan Masalah.....	7
1.4    Tujuan.....	7
1.5    Manfaat.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1    Dinding Penahan Tanah .....	9
2.1.1    Definisi Dinding Penahan Tanah ( <i>Retaining Wall</i> )	10
2.1.2    Fungsi Dinding Penahan Tanah ( <i>Retaining Wall</i> ) ..	10
2.1.3    Kegunaan Dinding Penahan Tanah ( <i>Retaining Wall</i> ) .....	11
2.1.4    Klasifikasi Dinding Penahan Tanah ( <i>Retaining Wall</i> ) .....	12
2.2    Koreksi Nilai SPT .....	15
2.2.1    Koreksi Terhadap Muka Air Tanah .....	15

2.2.2	Koreksi Terhadap <i>Overburden Pressure</i> Tanah .....	16
2.3	Analisa Parameter Tanah.....	16
2.4	Tekanan Lateral Tanah.....	19
2.5	Kontrol Heave (Hidrodynamic).....	22
2.6	Kontrol <i>Uplift Pressure</i> .....	24
2.7	Desain <i>Diaphragm Wall</i> .....	25
2.8	Desain <i>Secant Pile</i> .....	31
2.8.1	Diameter <i>Bored Pile</i> .....	32
2.8.2	Penulangan <i>Bored Pile</i> .....	33
2.9	Desain <i>Soldier Pile</i> .....	34
	<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>37</b>
3.1	Kerangka Perencanaan .....	37
3.2	Rangkaian Kegiatan Perencanaan .....	38
3.2.1	Identifikasi Masalah.....	39
3.2.2	Studi Literatur .....	39
3.2.3	Pengumpulan Data.....	39
3.2.4	Analisa Data.....	39
3.2.5	Perencanaan <i>Diaphragm Wall</i> .....	40
3.2.6	Perencanaan <i>Bore Pile</i> dengan <i>Secant Pile</i> .....	40
3.2.7	Perencanaan <i>Steel Pile</i> dan dinding <i>lagging</i> dengan <i>soldierpile</i> .....	41
3.2.8	Kontrol <i>Displacement</i> dan <i>Uplift Pressure</i> .....	41
3.2.9	Metode Pelaksanaan, Analisis Estimasi Biaya Material Dan Pemilihan Alternatif .....	42
3.2.10	Kesimpulan .....	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1    Analisa Data Tanah .....	43
4.1.1    Koreksi Nilai N-SPT.....	47
4.1.2    Korelasi Data Tanah .....	49
4.2    Perencanaan Kedalaman Dinding.....	52
4.3    Perencanaan Dinding Penahan Tanah .....	65
4.3.1    Perencanaan Diaphragm Wall .....	65
4.3.2    Perencanaan <i>Secant Pile</i> .....	93
4.3.3    Perencanaan <i>Soldier Pile</i> .....	114
4.4    Keputusan Akhir Perencana .....	132
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
5.1    Kesimpulan.....	133
5.2    Saran.....	135
DAFTAR PUSTAKA.....	137
LAMPIRAN .....	139
BIODATA PENULIS.....	157

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Lokasi Menara BRI GATSU Jl. Jendral Gatot Subroto Kav.64 No.177A,.....	3
<b>Gambar 1. 2</b> Proyek Menara BRI GATSU .....	3
<b>Gambar 1. 3</b> Perencanaan Deep Boring Proyek Menara BRI GATSU.....	5
<b>Gambar 2. 1</b> Kegunaan Dinding Penahan Tanah.....	12
<b>Gambar 2. 2</b> Klasifikasi Dinding Penahan Tanah.....	12
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Gravity Walls</i> .....	13
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Sheet Pile Walls</i> .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Mechanically Stabilized Earth .....	14
<b>Gambar 2. 6</b> Ilustrasi Beban-Beban yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah .....	19
<b>Gambar 2. 7</b> Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Pergerakan Dinding (Sumber : Bowles J.E., 1997).....	20
<b>Gambar 2. 8</b> Hidrodynamic Pada Galian Tanah .....	23
<b>Gambar 2. 9</b> Metode Konstruksi Diaphragm Wall : (a) Pembuatan Guide Wall, (b) Penggalian Diaphragm Wall, (c) Pemasangan Tulangan Diaphragm Wall, (d) Pengecoran Diaphragm Wall (Sumber : Chang Yu-Ou,2006).....	26
<b>Gambar 2. 10</b> Rencana Penulangan Diaphragm Wall (Sumber : Chang Yu-Ou,2006) .....	27
<b>Gambar 2. 11</b> Tegangan Ultimate Pada Balok Beton Bertulang (Sumber : Chang Yu-Ou, 2006) .....	28
<b>Gambar 2. 12</b> Desain Secant Pile (Sumber : Chang Yu-Ou, 2006).....	31
<b>Gambar 2. 13</b> Konstruksi Soldier Pile, (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas (Sumber : Chang Yu-Ou, 2006) .....	35
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Metodologi.....	37
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Metodologi (Lanjutan).....	38

<b>Gambar 4. 1</b> Titik Penyelidikan Data Tanah (Sumber : PT. TARUMANEGARA bumiyasa , 2012) .....	44
<b>Gambar 4. 2</b> Data SPT pada Lokasi Proyek Menara BRI Gatsu Jakarta Selatan (Sumber : PT. TARUMANEGARA bumiyasa , 2012).....	44
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik N-SPT vs Kedalaman (Sumber : Penulis , 2020).....	45
<b>Gambar 4. 4</b> Ilustrasi Rencana Pemasangan Dinding (Sumber : Penulis , 2020).....	53
<b>Gambar 4. 5</b> Diagram Tegangan Tanah Aktif (Sumber : Penulis , 2020).....	61
<b>Gambar 4. 6</b> Diagram Tegangan Tanah Pasif (Sumber : Penulis , 2020).....	61
<b>Gambar 4. 7</b> Diagram Tegangan Air (Sumber : Penulis , 2020) .....	62
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Perbandingan Bending Moment pada Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020).....	63
<b>Gambar 4. 9</b> Standard Fixities Pada Program Plaxis V.8.6 .....	72
<b>Gambar 4. 10</b> Generate Mesh Pada Program Plaxis V.8.6 .....	73
<b>Gambar 4. 11</b> Generate Water Pressure Pada Program Plaxis V.8.6.....	74
<b>Gambar 4. 12</b> Initial Stress Generation Pada Program Plaxis V.8.6 .....	74
<b>Gambar 4. 13</b> Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.6 .....	76
<b>Gambar 4. 14</b> Total Displacement Diaphragm Wall .....	77
<b>Gambar 4. 15</b> Horizontal Displacement pada Diaphragm Wall (Sumber : Penulis , 2020) .....	77
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik Perbandingan Displacement pada Diaphragm Wall untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020).....	78

<b>Gambar 4. 17</b> Grafik Perbandingan Moment pada Diaphragm Wall untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020) .....	79
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik Perbandingan Shear pada Diaphragm Wall untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020).....	80
<b>Gambar 4. 19</b> Moment Ultimate pada Diaphragm Wall (Sumber : Penulis , 2020).....	83
<b>Gambar 4. 20</b> Shear Ultimate pada Diaphragm Wall (Sumber : Penulis , 2020).....	85
<b>Gambar 4. 21</b> Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi Diaphragm Wall .....	89
<b>Gambar 4. 22</b> Pekerjaan Guide Wall Diaphragm Wall.....	90
<b>Gambar 4. 23</b> Penggalian Diaphragm Wall dengan Menggunakan Hydraulic Excavation Grab / Clamshell .....	91
<b>Gambar 4. 24</b> Pemasangan Tulangan dan Pengecoran diaphragm wall .....	92
<b>Gambar 4. 25</b> Detail Ilustrasi Stop Panel dan Water Stop .....	92
<b>Gambar 4. 26</b> Total Displacement Secant Pile .....	96
<b>Gambar 4. 27</b> Horizontal Displacement pada Secant Pile (Sumber : Penulis , 2020) .....	96
<b>Gambar 4. 28</b> Grafik Perbandingan Displacement pada Secant Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020) .....	97
<b>Gambar 4. 29</b> Grafik Perbandingan Moment pada Secant Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020).....	98
<b>Gambar 4. 30</b> Grafik Perbandingan Shear pada Secant Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020).....	99
<b>Gambar 4. 31</b> Mmax dan Pmax pada Secant Pile.....	101
<b>Gambar 4. 32</b> General Information.....	102
<b>Gambar 4. 33</b> Material Properties.....	102
<b>Gambar 4. 34</b> Input Penampang .....	103
<b>Gambar 4. 35</b> Size Code Of Reinforcement .....	103
<b>Gambar 4. 36</b> Kriteria Tulangan .....	104

<b>Gambar 4. 37</b> Desain Kriteria Tulangan .....	104
<b>Gambar 4. 38</b> Input Beban .....	105
<b>Gambar 4. 39</b> Penampang Primary Pile dan Tulangannya .....	105
<b>Gambar 4. 40</b> Detail Hasil Perhitungan SPColumn .....	106
<b>Gambar 4. 41</b> Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi Secant Pile .....	109
<b>Gambar 4. 42</b> Pekerjaan Guide Wall Secant Pile .....	110
<b>Gambar 4. 43</b> Pengeboran Secodary pile dan Pemasangan Casing .....	111
<b>Gambar 4. 44</b> Perencanaan Titik Pengeboran Secondary Pile .....	111
<b>Gambar 4. 45</b> Pengcoran Secondary Pile .....	112
<b>Gambar 4. 46</b> Pengeboran Primary Pile .....	112
<b>Gambar 4. 47</b> Pemasangan Tulangan Primary Pile .....	113
<b>Gambar 4. 48</b> Pengcoran Primary Pile .....	113
<b>Gambar 4. 49</b> Total Displacement Soldier Pile .....	117
<b>Gambar 4. 50</b> Horizontal Displacement pada Soldier Pile (Sumber : Penulis , 2020) .....	118
<b>Gambar 4. 51</b> Grafik Perbandingan Displacement pada Soldier Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020) .....	119
<b>Gambar 4. 52</b> Grafik Perbandingan Moment pada Soldier Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020)....	120
<b>Gambar 4. 53</b> Grafik Perbandingan Shear pada Soldier Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian (Sumber : Penulis , 2020)....	121
<b>Gambar 4. 54</b> Moment Ultimate pada Soldier Pile wall (Sumber : Penulis , 2020).....	124
<b>Gambar 4. 55</b> Shear Ultimate pada Soldier Pile Wall (Sumber : Penulis , 2020).....	126
<b>Gambar 4. 56</b> Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi Soldier Pile .....	129
<b>Gambar 4. 57</b> Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Dinding Lagging Soldier Pile Wall .....	130
<b>Gambar 4. 58</b> Soldier Pile Wall .....	131

## DAFTAR TABLE

<b>Tabel 2. 1</b> Konsistensi tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung).....	17
<b>Tabel 2. 2</b> Pedoman Memperkirakan Harga $\Phi$ dari Harga N-SPT untuk Tanah Dominan Pasir (Teng, 1962) .....	17
<b>Tabel 2. 3</b> Hubungan NSPT dengan $\gamma$ , $\emptyset$ . Dr, qu, dan Jenis Tanah .....	18
<b>Tabel 2. 4</b> Korelasi Modulus Elastisitas Tanah (Braja M.Das, 1984).....	18
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Penyelidikan Lapangan Data Tanah DB 1 .....	46
<b>Tabel 4. 2</b> Rekapitulasi Koreksi $N_{SPT}$ .....	48
<b>Tabel 4. 3</b> Korelasi Antara Nilai $N_{SPT}$ dengan $\gamma_{sat}$ .....	49
<b>Tabel 4. 4</b> Modulus Elastisitas Berdasarkan Tipe Tanah.....	50
<b>Tabel 4. 5</b> Rekapitulasi Parameter Tanah .....	51
<b>Tabel 4. 6</b> Rekapitulasi Data Tanah Hasil Penggabungan Lapisan untuk Perhitungan Kedalaman Dinding .....	54
<b>Tabel 4. 7</b> Rekapitulasi Perhitungan $\sigma_h$ Tanah Aktif Akibat Beban Tambahan (Surcharge) dan Akibat Tanah (Overburden Pressure) .....	57
<b>Tabel 4. 8</b> Rekapitulasi Perhitungan $\sigma_h$ Tanah Pasif Akibat Beban Tambahan (Surcharge) dan Akibat Tanah (Overburden Pressure) .....	57
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Perhitungan Tegangan Horizontal dan Tegangan Akibat Air.....	59
<b>Tabel 4. 10</b> Batas Maksimum Deformasi Lateral Dinding .....	68
<b>Tabel 4. 11</b> Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada Diaphragm Wall untuk Setiap Tahapan Penggalian .....	81
<b>Tabel 4. 12</b> Rencana Anggaran Biaya Diaphragm Wall.....	93
<b>Tabel 4. 13</b> Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada Secant Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian .....	100
<b>Tabel 4. 14</b> Rencana Anggaran Biaya Secant Pile.....	114

<b>Tabel 4. 15</b> Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada Soldier Pile untuk Setiap Tahapan Penggalian .....	122
<b>Tabel 4. 16</b> Rencana Anggaran Biaya Soldier Pile.....	131
<b>Tabel 5. 1</b> Rekapitulasi Estimasi Biaya Alternative Perencanaan Dinding Penahan Tanah .....	135

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

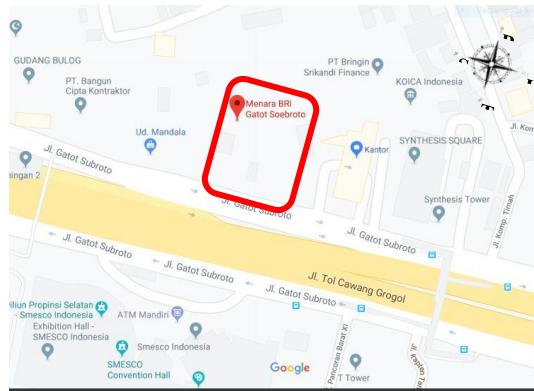
#### **1.1 Latar Belakang**

Gedung-gedung pencakar langit semakin kian mendominasi pemandangan di kota-kota besar. Pembangunan akan gedung-gedung tinggi dan infrastruktur semakin menjamur di era sekarang. Hal ini tentunya diimbangi dengan semakin meningkatnya populasi penduduk di dunia. Hal itu terjadi hampir diseluruh negara-negara besar di dunia, pertumbuhan penduduk yang paling terlihat adalah yang terjadi di kota-kota besar salah satunya DKI Jakarta. Jakarta, kota megapolitan menjadi salah satu kota besar di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 10,5 juta jiwa dan luas wilayah hanya 662,3 km<sup>2</sup>. Dengan luas wilayah yang tersedia dan jumlah penduduk yang semakin hari semakin meningkat tentunya akan menimbulkan berbagai masalah baru khususnya dikota-kota besar yaitu salah satunya adalah kebutuhan akan tempat tinggal maupun apartement dan kebutuhan akan lapangan pekerjaan seperti perkantoran.. Permasalahan inilah yang perlu diperhatikan karena bertambahnya populasi penduduk saat ini tidak diimbangi dengan luas lahan yang tersedia.

Berkurangnya ketersediaan lahan menuntut manusia untuk berpikir kritis dan efisien. Dengan lahan yang tersedia saat ini harus mampu menampung jumlah kebutuhan baik tempat tinggal ataupun lapangan pekerjaan dengan gedung-gedung perkantoran sebagai salah satu fasilitasnya. Salah satunya, saat ini Bank Rakyat Indonesia (BRI (Persero) Tbk.) sedang merencanakan pembangunan menara BRI sebagai kantor cabang ketiga yang berlokasi di jalan Jendral Gatot Subroto, Jakarta Selatan. Menara BRI ini direncanakan akan dibangun dengan satu tower utama yaitu 37 lantai dan satu podium dengan 5 lantai pada lahan seluas

8400,48 meter persegi. Dengan pertimbangan luas lahan pembangunan yang tidak bisa dikatakan sedikit dan kebutuhan lahan parkir juga menjadi kebutuhan akan suatu gedung perkantoran maka perlu perencanaan yang matang dengan memanfaatkan lahan semaksimal mungkin. Salah satu solusinya yaitu dengan dibangun basement dengan 5 lantai. Basement akan direncanakan sedalam kurang lebih 18 meter dimana setiap lantainya memiliki ketinggian 3 meter. Perencanaan basement dengan 5 lantai ini di harap mampu menampung kapasitas pengunjung maupun pegawai dari menara BRI.

Proyek pembangunan menara BRI secara geografis berlokasi didaerah padat penduduk dan daerah pusat perkantoran di Jakarta. Seperti pada **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2** dapat dilihat proyek ini berdampingan langsung dengan proyek Samara Suites dan gedung parkir Synthesis Square disebelah utara dan jalan Jendral Gatot Subroto disebelah timur. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan dalam proses pembangunan menara BRI khususnya pada tahap pekerjaan pembangunan basement karena dalam tahap ini tanah perlu dilakukan penggalian yang akan menyebabkan perbedaan elevasi. Sedangkan di sebelah timur merupakan jalan protokol utama yang selalu padat akan kendaraan sehingga akan menjadi beban pada tanah yang ada di bawahnya. Oleh karena itu pada tahapan awal pembangunan basement, penggalian tanah menjadi point penting yang harus diperhatikan.



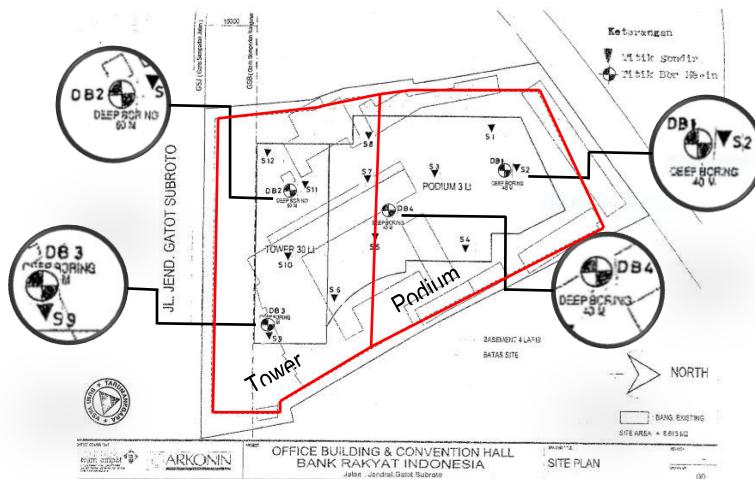
**Gambar 1. 1 Lokasi Menara BRI GATSU Jl. Jendral Gatot Subroto Kav.64 No.177A, Jakarta Selatan**  
**( Sumber Google Maps )**



**Gambar 1. 2 Proyek Menara BRI GATSU**  
**(Sumber : Dok.Pribadi PT.PP (Persero) Tbk., 2019)**

Ditinjau dari aspek geoteknik, proses penggalian tanah harus memperhatikan beberapa hal seperti GWT (*Ground Water Table*) sebagai indikasi ketinggian air tanah, kedalaman galian dan juga beban-beban yang ada diatas permukaan tanah juga diperhitungkan

sebagai beban merata. Sehingga dalam tahap pembangunan basement dengan 5 lantai dengan galian tanah direncanakan sedalam 18 meter, perlu memperhatikan aspek geoteknik mengenai kondisi setiap lapisan tanahnya. Pembangunan basement proyek menara BRI memiliki 4 titik *deep boring* (DB) dimana DB1 dan DB4 berada pada area podium, sedangkan untuk DB2 dan DB3 berada pada area tower seperti yang terlihat pada **Gambar 1.3**. Hasil dari ke empat titik penyelidikan tanah tersebut menghasilkan lapisan tanah dari permukaan hingga kedalaman -15,00 meter tanah terdiri dari lapisan lempung dengan konsistensi lunak hingga sedikit kaku, sedangkan pada lapisan selanjutnya hingga kedalaman -40,00 meter terdiri dari lapisan lanau kepasiran dan lanau tersementasi dengan konsistensi keras dan juga terdapat lapisan pasir sedikit padat pada -20,00 meter sampai -23,00 meter. Lalu pada kedalaman -30,00 meter sampai -36,00 meter terdapat lapisan pasir sangat padat. Dengan mengetahui kondisi profil setiap lapisan tanah diharap menjadi pertimbangan dalam merencanakan pembangunan basement khususnya pada perencanaan konstruksi dinding penahan tanah pada proyek menara BRI yang digunakan untuk menjaga kestabilan dan mencegah keruntuhan tanah di sekitar lokasi proyek menara BRI GATSU. Dalam perencanaan pembangunan menara BRI GATSU khususnya pada perencanaan dinding penahan tanah basement didesain beberapa alternatif perencanaan seperti *diaphragm wall*, *secant pile*, dan *soldier pile* yang diharapkan dapat menjadi jawaban atas kebutuhan konstruksi dinding penahan tanah.



**Gambar 1. 3 Perencanaan Deep Boring Proyek Menara BRI GATSU**

Konstruksi dinding penahan tanah pada proyek menara BRI memerlukan kriteria tersendiri baik terhadap desain maupun tahapan pelaksanaan konstruksi karena metode pekerjaan dinding penahan tanah akan menentukan ketepatan pelaksanaan proyek. Dari aspek metode konstruksi, pembangunan basement menara BRI menggunakan metode *top-down*. Metode ini tidak direncanakan semata-mata hanya karena kecepatan pelaksanaan konstruksi melainkan ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan salah satunya yaitu galian basement yang cukup dalam hingga 18 meter. Hal ini berpotensi bagi dinding penahan tanah untuk mengalami deformasi hingga kelongsoran jika galian 18 meter ini dibiarkan terbuka atau direncanakan dengan metode *bottom-up*. Metode *top-down* sangat membantu dan digunakan jika kondisi di sekitar proyek terdapat bangunan yang berdekatan, sehingga kelongsoran tanah dari bangunan sekitar dapat dicegah. Hal ini sesuai dengan kondisi disekitar proyek menara BRI Gatot

Subroto sehingga metode konstruksi *top-down* bisa menjadi salah satu alternatifnya.

Dari beberapa penjelasan diatas baik dari aspek geoteknik maupun aspek metode konstruksinya. Alternatif pemilihan metode dan juga pemilihan dinding penahan tanah dalam pelaksanaan basement menara BRI tersebut dipilih berdasarkan kemudahan pelaksanaan dilapangan. Alternatif-alternatif tersebut selanjutnya akan dikontrol dengan program bantu *Plaxis* sehingga diperoleh angka keamanan yang terjadi saat proses penggalian dan setelah proses penggalian selesai. Sehingga diperoleh desain alternatif dinding penahan tanah yang aman. Setelah dari segi stabilitas aman maka akan ditinjau dari segi biaya material dinding penahan tanah tersebut. Oleh karena itu tugas akhir ini dilakukan untuk memberikan alternatif perencanaan dinding penahan tanah pada proyek menara BRI GATSU Jakarta Selatan yang aman dan efisien.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dan juga identifikasi masalah yang ada, maka permasalahan yang dibahas adalah :

1. Bagaimana beban – beban yang bekerja pada dinding penahan tanah.
2. Bagaimana merencanakan dimensi dan stabilitas dinding penahan tanah yang efektif dengan *diaphragm wall* ?
3. Bagaimana merencanakan dimensi dan stabilitas *bore pile* yang efektif dengan *secant pile* ?
4. Bagaimana merencanakan dimensi dan stabilitas *Steel Pile* dan dinding *lagging* yang efektif dengan *soldierpile* ?

5. Bagaimana metode pelaksanaan konstruksi ketiga alternatif perencanaan dinding penahan tanah yang tepat, efektif dan efisien untuk kondisi lahan yang sempit dan banyak bangunan disekitarnya?
6. Bagaimana analisa estimasi biaya dari segi material untuk ketiga alternatif perencanaan dinding penahan tanah tersebut dan manakah yang lebih ekonomis ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang ditentukan oleh perencanaan agar perencanaan ini tidak meluas. Batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Masalah yang ditinjau hanya perencanaan dinding penahan tanah pada proyek menara BRI GATSU, Jakarta Selatan.
2. Tidak merencanakan pondasi basement.
3. Perencanaan dinding penahan tanah hanya dilaksanakan pada sisi podium karena kondisi dinding pada sisi podium berdampingan langsung dengan bangunan sekitar.
4. Tidak merencanakan elemen struktur basement seperti kolom, balok dan pelat lantai.
5. Manajemen konstruksi yang dibahas hanya sebatas metode pelaksanaan dinding penahan tanah.
6. Tidak membahas RAB melainkan hanya biaya material.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan perencanaan yang ingin dicapai adalah mendapatkan alternatif desain struktur dinding penahan tanah yang tepat sehingga mampu menjaga kestabilan, kekuatan, deformasi dan juga tingkat ekonomisnya. Dimana pada tugas akhir ini direncanakan tiga solusi atau alternatif pilihan dinding penahan tanah pada pembangunan basement proyek menara BRI GATSU Jakarta Selatan.

## 1.5 Manfaat

Manfaat perencanaan adalah untuk mengetahui beberapa alternatif desain dinding penahan tanah seperti *diaphragm wall*, *secant pile*, dan *soldier pile* dengan metode *top-down* yang mampu menahan tekanan tanah disekitar proyek menara BRI GATSU baik dari segi kestabilannya, kekuatannya, dan deformasinya juga efisiensi metode pelaksanaanya. Sehingga hasil yang didapatkan akan menambah wawasan juga pemahaman penulis mengenai perencanaan dinding penahan tanah khususnya ke tiga jenis diatas dan juga dapat dijadikan sumbangan ilmu dibidang ketekniksipilan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa teori mengenai acuan perhitungan perencanaan dinding penahan tanah. Teori – teori ini nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir perencanaan dinding penahan tanah pada Menara BRI Gatot Subroto Jakarta Selatan. Adapun teori yang menjadi acuan adalah sebagai berikut :

- Dinding penahan tanah secara umum
- Koreksi nilai SPT
- Analisa parameter tanah
- Tekanan tanah lateral
- Kontrol *Heave / Hidrodynamic*
- Kontrol *uplift pressure*
- Desain *diaphragm wall*
- Desain *secant pile*
- Desain *soldier pile*

#### **2.1 Dinding Penahan Tanah**

Asal mula dibuatnya konstruksi dinding penahan tanah adalah akibat bertambah luasnya kebutuhan kontruksi penahan yang digunakan untuk mencegah agar tidak terjadi kelongsoran menurut kemiringan alaminya. Sebagian besar bentuk dinding penahan tanah adalah tegak (vertikal) atau hampir tegak kecuali pada keadaan tertentu yang dinding penahan tanah dibuat condong ke arah urugan.

### 2.1.1 Definisi Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Retaining Wall merupakan istilah di bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Dinding penahan merupakan struktur bangunan yang digunakan untuk menahan tanah atau memberikan kestabilan terhadap tanah. Berdasarkan buku Sudarmanto, Ir., Msc., 1996, Konstruksi Beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Bangunan ini lebih banyak digunakan pada proyek-proyek: irigasi, jalan raya, pelabuhan, dan lain-lainnya. Elemen-elemen pondasi, seperti bangunan ruang bawah tanah (*basement*), pangkal jembatan (*abutment*), selain berfungsi sebagai bagian bawah dari struktur, berfungsi juga sebagai penahan tanah di sekitarnya. (Hardiyatmo, 2002)

### 2.1.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Dinding penahan tanah atau *retaining wall* seperti namanya tentunya memiliki fungsi untuk menyokong atau menahan tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah (*Retaining Wall*) adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

- a. Benda – benda yang ada diatas tanah ( perkerasan & konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dll )
- b. Berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya
- c. Berat air ( tanah )

### 2.1.3 Kegunaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

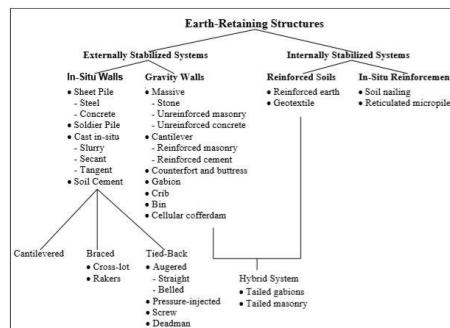
- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut flood walls, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut approach fill dan dinding penahan disebut abutments.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan atau gedung-gedung.
- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain. Seperti pada **Gambar 2.1** dapat dilihat beberapa kegunaan lainnya dari dinding penahan tanah.



**Gambar 2. 1 Kegunaan Dinding Penahan Tanah**

#### 2.1.4 Klasifikasi Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Jenis-jenis dinding penahan tanah beraneka ragam, disesuaikan dengan keadaan lapangan dan aplikasi yang akan digunakan. O'Rourke dan Jones (1990) mengklasifikasikan dinding penahan tanah menjadi dua kategori yaitu sistem stabilisasi eksternal dan sistem stabilisasi internal serta sistem hybrid yang merupakan kombinasi kedua metode tersebut yang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

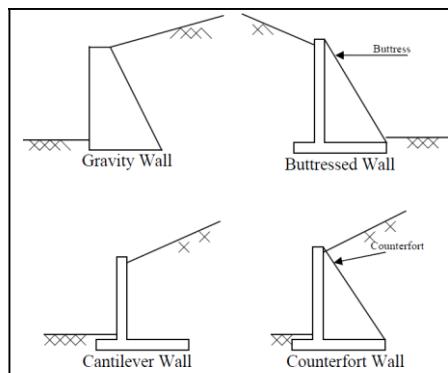


**Gambar 2. 2 Klasifikasi Dinding Penahan Tanah**

Sistem stabilisasi eksternal merupakan sistem yang memanfaatkan berat juga kekakuan struktur dan sistem stabilisasi internal yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan.

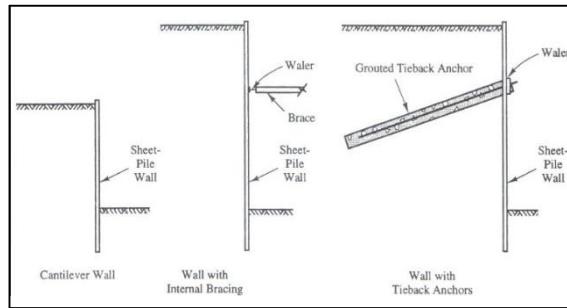
#### a. Sistem Stabilisasi Eksternal

Sistem stabilisasi eksternal adalah sistem dinding penahan tanah yang menahan beban lateral dengan menggunakan berat dan kekakuan struktur. Sistem ini merupakan sistem satu-satunya yang ada sebelum tahun 1960 dan sampai saat ini masih umum digunakan. Sistem ini terbagi menjadi dua kategori yaitu dinding gravitasi yang memanfaatkan massa yang besar sebagai dinding penahan tanah seperti yang terlihat pada **Gambar 2.3** dan *In-situ wall* yang mengandalkan kekuatan lentur sebagai dinding penahan tanah misalnya *sheet pile wall* yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.3 Gravity Walls**

(Sumber: *Earth Retaining Structures Manual, 2010*)

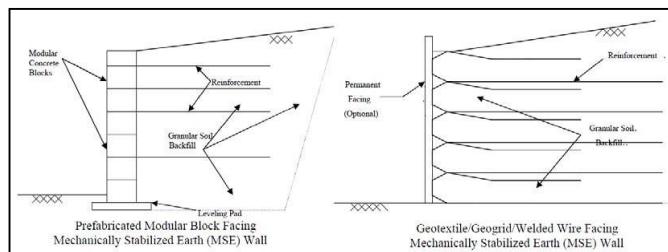


**Gambar 2. 4 Sheet Pile Walls**

(Sumber: Coduto, 2001)

b. Sistem Stabilisasi Internal

Sistem stabilisasi internal merupakan sistem yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Sistem ini berkembang sejak tahun 1960 dan dibagi menjadi dua kategori yaitu *reinforced soils* dan *in-situ reinforcement*. *Reinforced soils* merupakan sistem yang menambah material perkuatan saat tanah diurug, sedangkan *in-situ reinforcement* merupakan sistem yang menambah material perkuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2. 5 Mechanically Stabilized Earth**

(Sumber: Earth Retaining Structures Manual, 2010)

(Sumber: Coduto, 2001)

## 2.2 Koreksi Nilai SPT

*Standard Penetrarion Test* adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan (SNI 4153-2008). Data hasil test SPT (*Standard Penetration Test*) yang didapat dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan. Perlu dilakukan koreksi terlebih dahulu terutama untuk beberapa jenis tanah.

### 2.2.1 Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Koreksi ini dilakukan khusus untuk jenis tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir lempung yang berada dibawah muka air tanah serta hanya bila  $N_{SPT} > 15$ . Koreksi dilakukan dengan memilih harga terkecil dari nilai  $N_1$  dari dua rumus berikut.

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.1)$$

$$N_1 = 0,6 N \quad (\text{Bazaraa, 1967}) \quad (2.2)$$

Dimana :

$N_1$  = Hasil koreksi harga SPT lapangan

$N$  = Harga SPT lapangan

Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai  $N_{SPT} \leq 15$ , tidak dilakukan koreksi, sehingga nilai  $N_1 = N_{SPT}$ . Sedangkan apabila nilai  $N_{SPT} \geq 15$ , tidak dilakukan koreksi terhadap muka air tanah.

### 2.2.2 Koreksi Terhadap *Overburden Pressure* Tanah

Hasil koreksi terhadap muka air tanah ( $N_1$ ) dikoreksi lagi untuk pengaruh terhadap tekanan tanah vertikal efektif (*overburden pressure*) pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan. Bazara (1967) memberikan perumusan koreksi terhadap *overburden pressure* sebagai berikut.

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4 p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.3)$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1 p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o > 7,5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.4)$$

Di mana :

$p'_o$  = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan/kedalaman yang ditinjau

Catatan : Bila nilai  $p'_o$  dalam kPa (kN/m<sup>2</sup>), maka besarnya syarat untuk  $p'_o$  dikali 10

Setelah didapatkan nilai  $N_2$ , disarankan untuk mengecek kembali apakah nilai  $N_2$  tersebut  $\leq 2 N_1$ . Apabila didapatkan nilai  $N_2 > 2 N_1$ , maka dibuat nilai  $N_2 = 2N_1$ .

### 2.3 Analisa Parameter Tanah

Pada perencanaan ini, analisa parameter tanah dilakukan dengan melakukan korelasi data tanah untuk data yang belum didapatkan. Pada perencanaan tugas akhir ini, analisa parameter tanah dimaksudkan untuk mendapatkan nilai parameter tanah yang digunakan dalam desain seperti  $Dr$ ,  $v$ ,  $\gamma$ ,  $\phi$ . Untuk mendapatkan nilai parameter tanah dilakukan *Standard Penetration Test* (SPT) pada setiap interval tertentu pada saat penyelidikan tanah lapangan. Selanjutnya, dengan menggunakan **Tabel 2.1**, **Tabel 2.2**, **Tabel 2.3** dilakukan korelasi nilai N-SPT untuk memperoleh parameter dan konsistensi tanah setiap lapisan.

**Tabel 2. 1** Konsistensi tanah  
 (untuk tanah dominan lanau dan lempung)  
 (Mochtar, 2006), direvisi (2012)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, Cu		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, qc (dari Sondir)	
	kPa	ton/m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0-12.5	0-1.25	0-2.5	0-10	0-1000
Lunak (soft)	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5	10-20	1000-2000
Menengah (medium)	25-50	2.5-5	5-10	20-40	2000-4000
Kaku (stiff)	50-100	5-10	10-20	40-75	4000-7500
Sangat kaku (very stiff)	100-200	1-2	20-40	75-150	7500-15000
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40	> 150	> 15000

**Tabel 2. 2** Pedoman Memperkirakan Harga  $\Phi$  dari Harga N-SPT untuk Tanah Dominan Pasir (Teng, 1962)

Konsistensi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) $R_d$	Perkiraan harga N- SPT	Perkiraan harga $\phi$ ( $^{\circ}$ )	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ (ton/m <sup>3</sup> )
Very loose (sangat renggang)	0% s/d 15%	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
Loose (renggang)	15% s/d 35%	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
Medium (menegah)	35% s/d 65%	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
Dense (rapat)	65% s/d 85%	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
Very dense (sangat rapat)	85% s/d 100%	> 50	41*	

\* perkiraan oleh Mochtar (2009)

**Tabel 2. 3** Hubungan NSPT dengan  $\gamma$ ,  $\phi$ , Dr, qu, dan Jenis Tanah  
(J.E. Bowles, 1984)

Cohesionless Soil					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	> 50
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil					
N (blows)	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	> 20
qu (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	> 200
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Penentuan Modulus Elastisitas untuk beberapa jenis tanah ditentukan berdasarkan data tekan, water content, kepadatan, dsb sedangkan untuk posisson's ratio disefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan longitudinal. Penentuan kedua aspek diatas dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut.

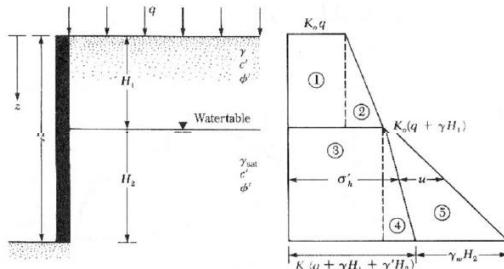
**Tabel 2. 4** Korelasi Modulus Elastisitas Tanah  
(Braja M.Das, 1984)

Type of soil	Young's modulus, $E_s$		Poisson's ratio, $\mu_s$
	MN/m <sup>2</sup>	lb/in. <sup>2</sup>	
Loose sand	10.35– 24.15	1,500– 3,500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25– 27.60	2,500– 4,000	0.25–0.40
Dense sand	34.50– 55.20	5,000– 8,000	0.30–0.45
Silty sand	10.35– 17.25	1,500– 2,500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	2.07– 5.18	300– 750	
Medium clay	5.18– 10.35	750– 1,500	0.20–0.50
Stiff clay	10.35– 24.15	1,500– 3,500	

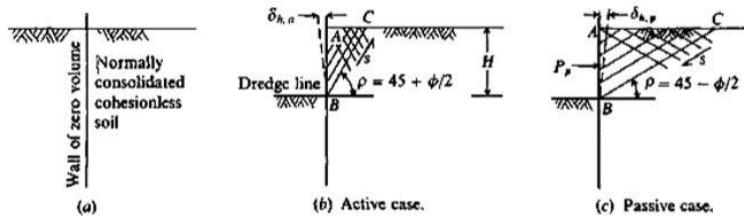
## 2.4 Tekanan Lateral Tanah

Dalam perencanaan dinding penahan tanah, tekanan lateral tanah merupakan hal yang perlu diperhatikan karena perhitungan tekanan lateral tanah digunakan sebagai beban yang bekerja pada dinding penahan tanah tersebut. Tekanan lateral tanah terjadi akibat adanya beban luar dan beban vertikal yang bekerja pada titik tersebut. Sedangkan besar tekanan lateral tanah dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja, kedalaman titik yang ditinjau, kondisi fisik tanah, kohesi, sudut geser tanah, friksi tanah, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur tanah seperti yang terlihat pada ilustrasi **Gambar 2.6**.

Menurut Rankine (1857) mengembangkan teori tekanan lateral tanah dari kondisi keruntuhan tanah di depan dan di belakang dinding penahan tanah yang berdasarkan pada konsep kesetimbangan plastis. Oleh karena itu, saat dinding diijinkan bergerak menyebabkan tekanan horizontal berkurang terus menerus hingga keadaan setimbang dan ini dinamakan tekanan tanah aktif. Sedangkan tekanan tanah horizontal yang bertambah karena dinding ter dorong ke dalam dinamakan tekanan tanah pasif seperti yang terlihat pada ilustrasi **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.6** Ilustrasi Beban-Beban yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah



**Gambar 2. 7 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan**

Pergerakan Dinding

(Sumber : Bowles J.E., 1997)

Tekanan tanah menurut teori Rankine :

1. Tekanan tanah aktif ( $K_a$ )

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

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan menahan tekanan tanah horizontal, tekanan tanah dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tekanan tanah  $K_a$ . Untuk mendapatkan tekanan tanah horizontal dilakukan dengan cara mengalikan parameter tanah dengan  $K_a$  seperti pada Persamaan (2.5).

$$\begin{aligned}\sigma'a &= \sigma v \cdot K_a \\ \sigma'a &= \gamma' \cdot H \cdot K_a\end{aligned}\quad (2.5)$$

Dimana harga  $K_a$  untuk tanah datar adalah seperti pada Persamaan (2.6).

$$K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \quad (2.6)$$

- Tekanan tanah aktif berkohesi ( $C \neq 0$ )

Kohesi (kelekatan tanah) mempunyai pengaruh mengurangi tekanan tanah aktif sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ .

Sebagai akibatnya, Persamaan tekanan tanah aktif menjadi seperti pada Persamaan (2.7).

$$\begin{aligned}\sigma' a &= \sigma v \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} \\ \sigma' a &= \gamma' \cdot H \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a}\end{aligned}\quad (2.7)$$

Dimana :

$K_a$	= koefisien tekanan tanah aktif
$\phi$	= sudut geser tanah
$c$	= nilai kohesivitas tanah
$\gamma'$	= berat volume efektif tanah
$H$	= kedalaman tanah yang ditinjau
$\sigma v$	= tegangan vertical tanah
$\sigma' a$	= tekanan tanah aktif efektif (horizontal) pada dinding

## 2. Tekanan tanah pasif ( $K_p$ )

Dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang dapat menahan tekanan tanah aktif. Tekanan tanah pasif ( $K_p$ ) yang besarnya seperti pada Persamaan (2.8).

$$K_p = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \quad (2.8)$$

- Tekanan tanah pasif datar tanpa kohesi ( $C = 0$ ) seperti pada Persamaan (2.9).

$$\begin{aligned}\sigma p &= \sigma v \cdot K_p \\ \sigma p &= \gamma' \cdot H \cdot K_p\end{aligned}\quad (2.9)$$

- Tekanan tanah pasif datar berkohesi ( $C \neq 0$ ) seperti pada Persamaan (2.10).

$$\begin{aligned}\sigma' p &= \sigma v \cdot K_a + 2c\sqrt{K_p} \\ \sigma' p &= \gamma' \cdot H \cdot K_a + 2c\sqrt{K_p}\end{aligned}\quad (2.10)$$

Dimana :

$K_p$	= koefisien tekanan tanah pasif
$\phi$	= sudut geser tanah
$c$	= nilai kohesivitas tanah
$\gamma'$	= berat volume efektif tanah
$H$	= kedalaman tanah yang ditinjau
$\sigma_v$	= tegangan vertical tanah
$\sigma'_p$	= tekanan tanah pasif efektif (horizontal) pada dinding

### 3. Tekanan tanah diam ( $K_0$ )

Tekanan tanah diam atau biasa disebut tekanan tanah *at-rest*. Tekanan tanah lateral *at-rest* terjadi bila tidak ada pergerakan dinding penahan tanah. Pergerakan dinding penahan tanah disebabkan oleh kegiatan penggalian pada salah satu sisi dinding. Koefisien tekanan tanah *at-rest* ( $K_0$ ) yang besarnya seperti pada Persamaan (2.11).

$$K_0 = 1 - \sin\phi \quad (2.11)$$

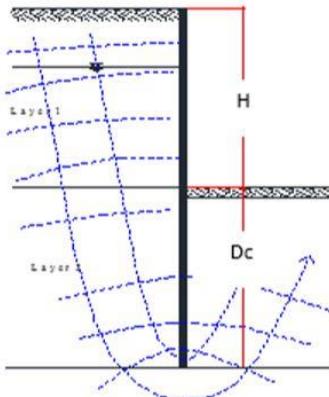
Tekanan tanah *at-rest* ( $K_0$ ) seperti pada Persamaan (2.12).

$$\begin{aligned} \sigma_o &= \sigma_v \cdot K_0 \\ \sigma_o &= \gamma' \cdot H \cdot K_0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

## 2.5 Kontrol Heave (Hidrodynamic)

Setelah memperoleh kedalaman dinding penahan tanah berdasarkan hasil perhitungan kesetimbangan gaya, kemudian perlu dilakukan peninjauan kedalaman dinding penahan tanah berdasarkan keamanan terhadap aliran air yang lebih dikenal dengan *hidrodynamic*. Perbedaan ketinggian hidrolis air antar daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian seperti terlihat pada **Gambar 2.8**. Kedalaman yang aman terhadap *hidrodynamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah,

sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan pekerjaan dewatering.



**Gambar 2. 8 Hidrodynamic Pada Galian Tanah**

Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) harus cukup untuk mengatasi gejala *hidrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) dapat dihitung dengan mengkontrol rasio antara nilai gradien hidrolis  $i$  dengan gradien hidro kritis dengan menggunakan persamaan (2.13).

$$\frac{i(\text{gradien hidrolis}) \times SF}{\Delta h / D_c} < \frac{i_w (\text{gradien hidrolis})}{\gamma' / \gamma_w} \quad (2.13)$$

dimana,

$\Delta h$  = Selisih antara dasar galian dengan kedalaman muka air tanah (m)

$D_c$  = Kedalaman penurapan (m)

$\gamma'$  = Berat jenis efektif tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  = Berat jenis air (kN/m<sup>3</sup>)

## 2.6 Kontrol *Uplift Pressure*

Pada suatu perencanaan bangunan khususnya pada struktur bangunan bawah tanah diperlukan kontrol terhadap gaya angkat ke atas akibat tekanan air tanah. Kontrol *uplift pressure* ini dilakukan karena struktur atau dalam bahasan ini yaitu dinding penahan tanah dapat terangkat ke atas akibat adanya *uplift force*. Kontrol *uplift pressure* dilakukan terutama pada bagian pelat atau struktur dinding paling bawah yang menyentuh tanah pada lapisan terdalam galian struktur bawah tanah. Lapisan tanah kedap air seperti lempung dibawah pelat sepanjang dinding yang tertanam akan ikut sebagai penahan gaya angkat ini. Persmaannya dapat dilihat pada persamaan (2.14) berikut.

$$F_b = \frac{w_{\text{struktur}} + \sum_i \gamma_{ti} \cdot h_i + Q_s}{H_w \cdot \gamma_w \cdot A} \quad (2.14)$$

Dimana,

$F_b$  = faktor keamanan terhadap gaya angkat  $\geq 1,2$

$w_{\text{struktur}}$  = berat struktur diatas tanah galian

$\gamma_{ti}$  = berat jenis tanah kedap air

$h_i$  = tebal lapisan tanah kedap air

$Q_s$  = *skin friction* dinding

$$= qsi \cdot Asi = \sum_{i=0}^{i=1} \left( \frac{Nsi}{3} + 1 \right) \cdot Asi$$

(Luciano De Court, 1982)

$H_w$  = tinggi muka air tanah

$\gamma_w$  = berat jenis air tanah

$A$  = luasan pelat paling bawah

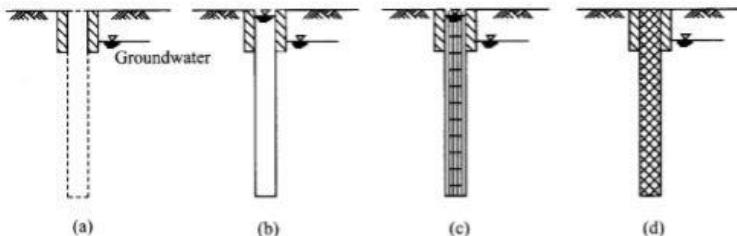
## 2.7 Desain *Diaphragm Wall*

Sejarahnya *diaphragm wall* pertama kali digunakan di Italia oleh Impresa Costruzioni Opere Specializzate (ICOS) pada tahun 1948 dan pada 1950 *diaphragm wall* pertama dilakukan di Fedaia Power Plant (Gazzarrini dan Eng 1950). Dari segi metode pelaksanaannya, pembangunan *diaphragm wall* diawali dengan menggali panel dinding menggunakan *excavation grab* yang dibantu dengan *guide wall* sambil dialiri *bentonite* untuk stabilisasi tanah. Sedangkan tulangan yang sudah dirakit lalu dimasukkan ke dalam galian dinding kemudian dicor menggunakan pipa *Tremie*, untuk ilustrasi metode pelaksanaannya dapat dilihat pada **Gambar 2.9**. Adapun keuntungan penggunaan *diaphragm wall* sebagai dinding penahan tanah diantaranya yaitu:

1. Rendah getaran, rendah kebisingan, kekakuan tinggi dan deformasi dinding relatif kecil.
2. Ketebalan dan kedalaman dinding yang dapat disesuaikan.
3. Kerapatan yang baik.
4. Dapat digunakan sebagai struktur permanen.
5. *Diaphragm wall* dan pelat lantai terbawah dapat menyatu sebagai pondasi.

Namun, ada beberapa kekurangan yang dihasilkan dalam penggunaan *diaphragm wall* diantaranya sebagai berikut :

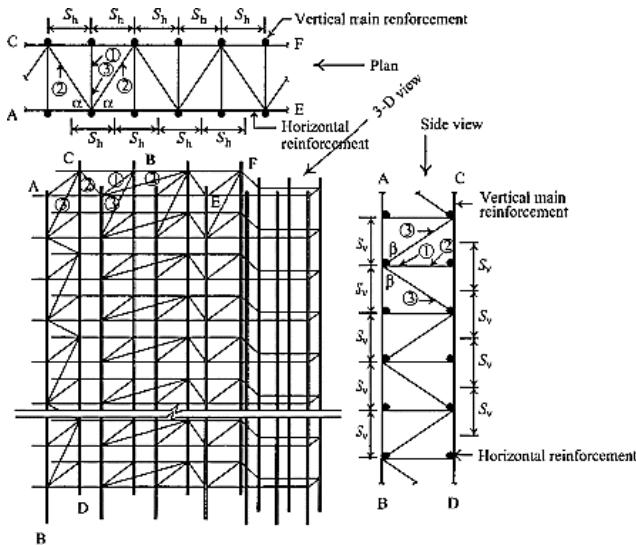
1. Perlengkapan alat berat yang besar dan cukup banyak.
2. Konstruksi sulit pada pasir berkerapatan renggang.
3. Tidak aplikatif pada tanah yang memiliki lapisan batuan keras.



**Gambar 2.9 Metode Konstruksi *Diaphragm Wall* :** (a) Pembuatan *Guide Wall*, (b) Penggalian *Diaphragm Wall*, (c) Pemasangan Tulangan *Diaphragm Wall*, (d) Pengecoran *Diaphragm Wall*

(Sumber : Chang Yu-Ou,2006)

Dalam perencanaannya, aspek perencanaan *diaphragm wall* meliputi perencanaan ketebalan dinding serta penulungan pada dinding. Menurut Chang-Yu Ou (2006), ketebalan *diaphragm wall* dapat diasumsikan sebesar 3-5%  $H_e$  (kedalaman dinding) pada saat *pre eliminary design*. Setelah penentuan ketebalan dinding, maka dilakukan perhitungan penulungan menggunakan metode LRFD. Dimana perencanaan tulangan utama meliputi tulangan vertical, tulangan horizontal, dan tulangan geser. Oleh karena itu perhitungan penulungan dilakukan berdasarkan *bending moment* dan *shear envelope* yang dididapat dari analisa tegangan menggunakan program bantu SAP2000. Rencana penulungan *diaphragm wall* dapat dilihat padat **Gambar 2.10**.



**Gambar 2. 10 Rencana Penulangan Diaphragm Wall**  
 (Sumber : Chang Yu-Ou,2006)

Berikut adalah dasar teori yang digunakan dalam perencanaan penulangan utama *diaphragm wall*.

### 1. Tulangan Vertikal

Momen penahan nominal dicari melalui perumusan seperti pada Persamaan (2.15).

$$M_R = \frac{1}{\phi} \left[ \rho_{max} \cdot f_y \cdot \left( 1 - 0,59 \frac{\rho_{max}}{f'_c} \right) \right] b \cdot d^2 \quad (2.15)$$

Dimana :

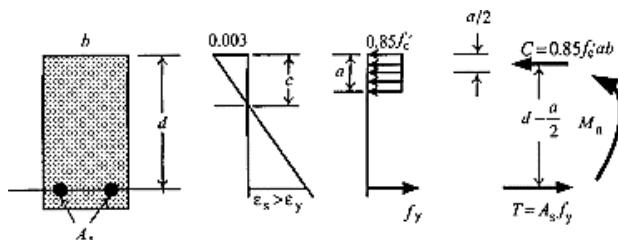
$d$  = jarak dari serat kompresi ekstrem ke pusat tulangan

$\rho_{max}$  = rasio penulangan maksimum =  $0,75 \cdot \rho_b$

$\phi$  = faktor reduksi untuk *bending moment*

=  $0,9 f'_c$  (mutu beton)

$f_y$  = mutu tulangan



**Gambar 2. 11** Tegangan Ultimate Pada Balok Beton Bertulang  
(Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Rasio tulangan saat keadaan *balanced* dapat dihitung melalui perumusan seperti pada Persamaan (2.16).

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left( \frac{6120}{6120 + f_y} \right) \quad (2.16)$$

Dimana :

$$\beta_1 = \begin{cases} 0,85 \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,85 - 0,05 \left( \frac{f'_c - 280}{70} \right) \geq 0,65 \cdot f'_c > 280 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \quad (2.17)$$

Saat  $M_u \leq \phi M_R$ ,

Desain penulangan yang perlu direncanakan hanyalah tulangan lentur saat kondisi sebagai berikut

- Tentukan rasio kekuatan material

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (2.18)$$

- Tentukan rasio penulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot M_n}{f_y \cdot b \cdot d^2}} \right) \quad (2.19)$$

- Tentukan luasan tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (2.20)$$

**Saat  $M_u > \phi M_R$ ,**

Kondisi ini menjelaskan bahwa tulangan tarik sudah mencapai tegangan maksimumnya, dimana momen penahanan nominal masih lebih kecil daripada *bending momentnya*. Kondisi ini mengakibatkan perlu penulangan tekan sebagai berikut.

- Mencari nilai a

$$a = \frac{T1}{0,85 \cdot f'c} = \frac{\rho_1 \cdot b \cdot d \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (2.21)$$

- Menghitung *bending moment* tulangan tekan

$$M2 = Mn - M1 = Mn - T1 \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.22)$$

- Menentukan luasan tulangan tarik yang diperlukan

$$As = As1 - As2 = \rho_1 \cdot b \cdot d + \left( \frac{M2}{fy(d' - d)} \right) \quad (2.23)$$

- Menentukan luasan tulangan tekan yang diperlukan

$$As' = As2 \left( \frac{fy}{fs'} \right) \quad (2.24)$$

$$fs' = Es \cdot \varepsilon' s \leq fy \quad (2.25)$$

Dimana  $E_s$  = Modulus Young tulangan dan  $\varepsilon'_s$  = regangan tulangan tarik, yang mana dapat dihitung seperti pada Persamaan (2.26).

$$\varepsilon' s = \left( \frac{c - d'}{c} \right) \times 0,003 \quad (2.26)$$

Dimana :

$$c = a/\beta_I$$

## 2. Tulangan Horizontal

Dinding penahan dengan deformasi satu dimensi tidak perlu tulangan horizontal. Namun tetap direncanakan tulangan horizontal dengan  $A_s$  perlu 50% dari tulangan lentur. Jika mempertimbangkan efek penyusutan dan suhu, maka tulangan horizontal diperlukan. Berdasarkan ACI perhitungan tulangan susut menggunakan Persamaan seperti pada Persamaan (2.27).

$$A_s = \left\{ \begin{array}{l} 0,002 Ag \quad (f_y \leq 420 \text{ MPa}) \\ 0,0018 Ag \quad (f_y = 420 \text{ MPa}) \\ 0,0018 \left( \frac{4200}{f_y} \right) Ag \geq 0,0014 Ag \quad (f_y > 420 \text{ MPa}) \end{array} \right\} \quad (2.27)$$

Dimana :

$Ag$  = tebal dinding x lebar unit.

## 3. Tulangan Geser

Tulangan geser direncanakan apabila  $V_u \geq \phi V_c = 1/6 f'_c b d$  dimana  $\phi = 0,85$ . Apabila jarak horizontal antar dua tulangan geser sama dengan 100 cm, maka luas total tulangan geser seperti pada Persamaan (2.28).

$$Av = \frac{100 \cdot Ab}{Sh} \quad (2.28)$$

Dimana :

$Av$  = luasan total seluruh tulangan geser pada jarak horizontal

$Ab$  = luasan bagian dari sebuah tulangan geser

$Sh$  = jarak horizontal antar tulangan geser

## 2.8 Desain Secant Pile

*Secant pile* atau bisa juga dikenal dengan istilah *retaining wall pile* beruntun adalah jenis dinding penahan tanah yang jarak antar-pilenya berdempatan dan saling bersinggungan satu sama lain yang berguna untuk mendapatkan daya tanah terhadap tekanan tanah (gaya lateral). Dari segi metode pelaksanaannya, desain *secant pile* merupakan metode tiang bor yang dibuat berbaris secara tumpang tindih sebagai dinding penahan tanah dengan cara di cor di tempat. Prosedur konstruksi tiang bor dengan cara di cor di tempat dilakukan dengan mengebor lubang terlebih dahulu, kemudian memasukan tulangan kedalamnya dan diakhiri dengan pengecoran memakai pipa *Tremi*.



**Gambar 2.12** Desain Secant Pile

(Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Pada **Gambar 2.12** menjelaskan urutan penggerjaan *secant pile* dimana setelah *pile* nomor 1, 2, dan 3 selesai dikerjakan, sebelum mengental, *pile* nomor 4, 5, dan 6 dibuat dengan cara memotong tiang bor yang sebelumnya telah ada.

Dalam perencanaan *secant pile* ada dua jenis *pile* yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini disebabkan karena kedua fungsi *pile* tidak sama. Salah satu *pile* menggunakan tulangan (*secondary pile*) dan yang satunya tanpa menggunakan tulangan (*primary pile*). *Secondary pile* berfungsi sebagai elemen struktural yang memberikan kapasitas lentur sistem secant pile. Sedangkan *primary pile* berfungsi sebagai penutup galian dan pengendap. Adapun keuntungan penggunaan *secant pile* sebagai dinding penahan tanah diantaranya yaitu :

1. Penggunaan *secant pile* tidak membutuhkan area yang luas untuk membuat konstruksi dan menahan rembesan air
2. Tidak terlalu bising/bergetar dibandingkan dengan konstruksi *soldier pile*.
3. Kedalaman *pile* dapat disesuaikan.
4. Lebih kaku daripada *soldier pile*.
5. Dapat diterapkan pada tanah dengan kondisi sulit atau level muka air yang tinggi.

Namun, ada beberapa kekurangan yang dihasilkan dalam penggunaan *secant pile* diantaranya sebagai berikut :

1. Waktu penggerjaan lebih lama karena pengecoran dinding banyak.
2. Pelaksanaan pemasangan yang tidak presisi akan membuat bentuk *secant pile* tidak rata
3. Kekakuan lebih rendah dari pada *diaphragm wall*.

### 2.8.1 Diameter *Bored Pile*

Perhitungan diameter *bored pile* dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$Ds = \sqrt{\frac{Qw}{\frac{\pi}{4}(0,25)f'c}} = 2,257 \sqrt{\frac{Qw}{f'c}} \quad (2.29)$$

Dimana,

$Ds$  = diameter dari tiang bor

$f'c$  = kekuatan beton setelah 28 hari

$Qw$  = beban kerja dari tiang pondasi

$As$  = luasan tulangan pada tiang bor

$\sigma_{all}$  = kekuatan yang diijinkan pada baja

### 2.8.2 Penulangan *Bored Pile*

Acuan penulangan utama pada *bored pile* menggunakan SNI 2847-2013.

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.30)$$

Dimana,

$\rho_b$  = rasio tulangan berimbang

$f'c$  = kuat tekan beton yang diisyaratkan

$f_y$  = tegangan leleh baja

Berdasarkan (SNI 2847-2013) faktor harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan  $f'c$  lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 MPa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan diatas 30 MPa harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

- Rasio tulangan maksimum dibatasi sebesar :

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b \quad (2.31)$$

- Rasio tulangan minimum dibatasi sebesar :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y} \quad (2.32)$$

Dengan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \quad (2.33)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,5 \times \rho_b \quad (2.34)$$

$$Rn = \rho_{\text{perlu}} \times f_y \left( 1 - \frac{0,588 \cdot \rho_{\text{perlu}} \cdot f_y}{f'c} \right) \quad (2.35)$$

Jika  $b = \frac{Ag}{0,8D}$  dan  $d = 0,8D$ , maka luas tulangan ( $As$ ) dari  $\rho$  yang didapatkan adalah:

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d \quad (2.36)$$

- Penulangan geser direncanakan dengan kriteria perencanaan lentur adalah SNI 2847-2013, pasal 11.1.1.

$$\emptyset Vn \geq Vu \quad (2.37)$$

Dimana,

$\emptyset Vn$  = kuat geser penampang

$Vu$  = geser ultimate yang ditahan oleh penampang

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton ( $Vc$ ) dan tulangan ( $Vs$ ).

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times bw \times d \quad (2.38)$$

$$Vs = \sqrt{\frac{f'c}{3}} \times bw \times d \quad (2.39)$$

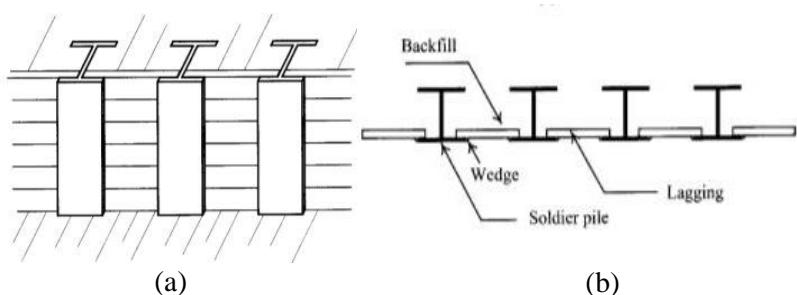
Menurut SNI 2847-2013, pasal 11.5.6.2 jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak boleh melebihi :

$$s = d/2 \leq 300 \text{ mm} \quad (2.40)$$

## 2.9 Desain *Soldier Pile*

Konstruksi *soldier pile* adalah konstruksi dinding penahan tanah yang menggunakan profil baja yang disambung dengan dinding *lagging*. *Soldier pile* dibangun dengan cara menanamkan profil baja terlebih dahulu secara berbaris dan berjarak, kemudian

dipasang dinding *lagging* bersamaan dengan proses penggalian. Konstruksi ini biasanya dibantu dengan penggunaan strut saat penggalian dengan bertumpu pada profil baja. Setelah penggalian selesai, konstruksi dilanjutkan dengan membuat dinding untuk struktur yang dibuat, sehingga *soldier pile* hanyalah menjadi dinding penahan tanah sementara. Perencanaan mengenai konstruksi *soldier pile* akan dijelaskan pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2. 13** Konstruksi Soldier Pile, (a) Tampak Depan,  
 (b) Tampak Atas  
 (Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Adapun keuntungan penggunaan *soldier pile* sebagai dinding penahan tanah diantaranya yaitu:

1. Mudah dan cepat dalam proses konstruksi.
2. Profil baja dapat dicabut kembali dengan mudah.
3. Dapat digunakan kembali.

Namun, ada beberapa kekurangan yang dihasilkan dalam penggunaan *soldier pile* diantaranya sebagai berikut :

1. Sulit untuk membuat dinding yang cukup rapat.
2. Metode konstruksi yang dapat menghasilkan kebisingan apabila ditanam dengan cara dipancang.

3. Diperlukan penimbunan apabila baja menghasilkan efek buruk pada lingkungan sekitar.
4. Pemindahan profil baja dapat mengganggu keadaan tanah sekitar.

Dalam perencanaannya, dimensi profil baja yang dipakai dalam konstruksi *soldier pile* berdasarkan pada analisa tegangan, *bending moment* maksimal yang didapat dari analisa pemodelan dinding penahan tanah dapat dipakai untuk mencari modulus penampang profil baja melalui persamaan berikut.

$$S = \frac{M_{max}}{\emptyset \sigma a} \quad (2.41)$$

Dimana,

$\sigma a$  = tegangan ijin baja

$\emptyset$  = faktor pembesar tegangan baja = 0,9

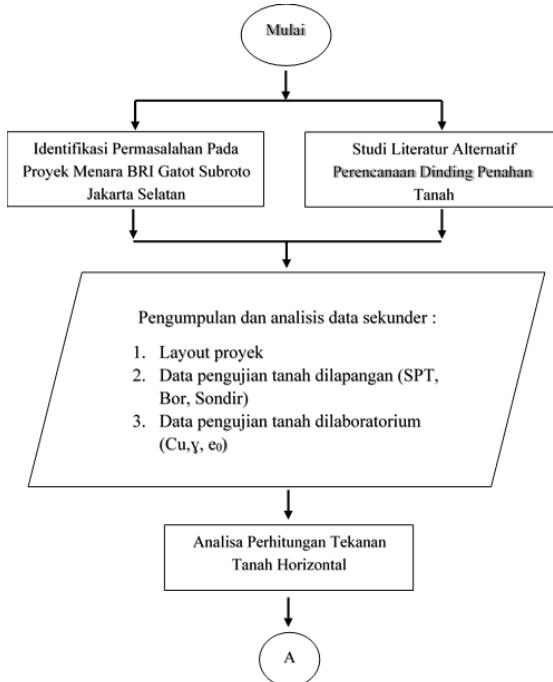
Jarak pemasangan profil baja biasanya berkisar antara 1-1,5 meter, sedangkan tebal dinding *lagging* dapat berkisar antara 5-10 centimeter.

## BAB III

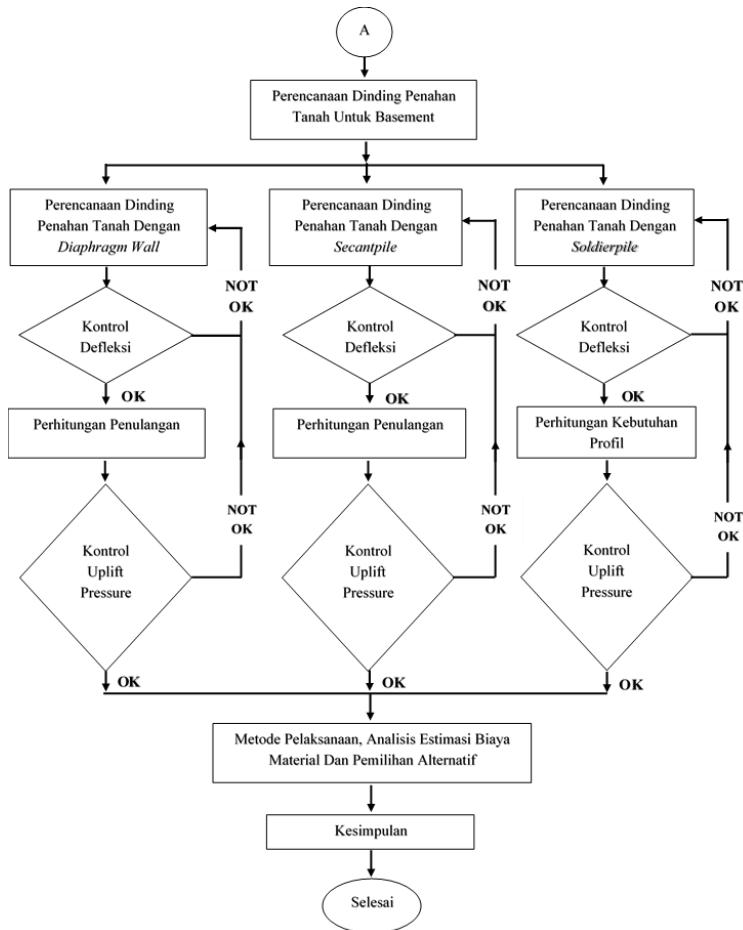
### METODOLOGI

#### 3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan dasar pemikiran seluruh tahapan penyelesaian tugas akhir secara umum yang disusun sedemikian hingga tahapan penyelesaian tersusun secara sistematis dan terencana. **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2** merupakan diagram alir dalam penulisan dan penggerjaan tugas akhir Alternatif perencanaan dinding penahan tanah pada pembangunan basement 5 lantai pada proyek Menara BRI GATSU Jakarta Selatan dengan *Diaphragm Wall, Secant pile, dan Soldier Pile*.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Metodologi



**Gambar 3.2** Diagram Alir Metodologi (Lanjutan)

### 3.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

Berikut adalah rangkaian kegiatan atau tahapan perencanaaan dinding penahan tanah untuk pembuatan basement pada proyek menara BRI GATSU yang dilakukan dalam tugas akhir ini :

### **3.2.1 Identifikasi Masalah**

Mengetahui dan memahami masalah-masalah apa saja yang terjadi dilapangan yang berkaitan dengan perencanaan dinding penahan tanah untuk basement dan juga penunjang penentuan metode pelaksanaan konstruksi.

### **3.2.2 Studi Literatur**

Studi literature dilakukan untuk mendapatkan tata cara perencanaan dari tugas akhir ini. Studi literature ini berkaitan dengan mencari informasi melalui jurnal, peraturan, *website* dan juga penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan tugas akhir ini.

### **3.2.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data ini bertujuan untuk penunjang dalam penyelesaian permasalahan khususnya dalam tugas akhir ini. Data ini diperoleh secara langsung dari pihak pelaksana (kontraktor), owner, dan konsultan. Data ini dikatakan sebagai data sekunder yang meliputi data tanah.

Data tanah ini merupakan data pengujian tanah meliputi pengujian SPT diagram. Data ini digunakan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi studi, dimana nantinya akan menjadi faktor pengaruh dari perencanaan basement dan pondasi.

### **3.2.4 Analisa Data**

Melakukan analisa data berupa data tanah dasar. Data tanah dasar dianalisa sehingga mendapatkan korelasi nilai data tanah untuk parameter tanah, yaitu  $C_u$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ , *poisson's ratio*, dan *Modulus Young*.

### 3.2.5 Perencanaan Diaphragm Wall

Alternatif yang digunakan dalam perencanaan ini adalah menggunakan *diaphragm wall* yang direncanakan dapat menahan tekanan tanah diwaktu pelaksanaan maupun setelah selesai pelaksanaan. Dalam perencanaannya perlu memperhatikan beberapa hal berikut :

1. Menentukan kedalaman jepit dinding.
2. Menentukan dimensi *diaphragm wall* dan melakukan permodelan untuk mendapatkan hasil analisa struktur menggunakan program bantu.
3. Kontrol defleksi penampang *diaphragm wall*
4. Setelah didapatkan hasil deformasi berdasarkan hasil analisa struktur melalui program bantu, dilakukan perencanaan penulangan *diaphragm wall*.
5. Setelah itu lakukan kontrol terhadap *uplift pressure*.

### 3.2.6 Perencanaan Bore Pile dengan Secant Pile

Alternatif yang digunakan dalam perencanaan ini adalah menggunakan *secant pile* yang direncanakan dapat menahan tekanan tanah diwaktu pelaksanaan maupun setelah selesai pelaksanaan. Dalam perencanaannya perlu memperhatikan beberapa hal berikut :

1. Menentukan kedalaman jepit dinding.
2. Menentukan dimensi *secant pile* dan melakukan permodelan untuk mendapatkan hasil analisa struktur menggunakan program bantu.
3. Kontrol defleksi penampang *secant pile*.

4. Setelah didapatkan hasil deformasi berdasarkan hasil analisa struktur melalui program bantu, dilakukan perencanaan penulangan *secant pile*.
5. Setelah itu lakukan kontrol terhadap *uplift pressure*.

### **3.2.7 Perencanaan Steel Pile dan dinding lagging dengan soldierpile**

Alternatif yang digunakan dalam perencanaan ini adalah menggunakan *soldier pile* yang direncanakan dapat menahan tekanan tanah diwaktu pelaksanaan maupun setelah selesai pelaksanaan. Dalam perencanaannya perlu memperhatikan beberapa hal berikut :

1. Menentukan kedalaman jepit dinding.
2. Menentukan profil baja H berdasarkan profil yang beredar dipasaran dengan mempertimbangkan nilai EI agar dapat dilakukan permodelan untuk mendapatkan hasil analisa struktur menggunakan program bantu.
3. Kontrol profil H dengan mengecek besar lendutan (defleksi), kuat nominal lentur, serta kuat gesernya. Profil baja H diasumsikan sebagai struktur lentur yang menerima beban merata dari tanah.
4. Setelah itu lakukan kontrol terhadap *uplift pressure*.

### **3.2.8 Kontrol Displacement dan Uplift Pressure**

Masing-masing alternatif dikontrol terhadap *displacement* akibat beban lateral tanah dan juga *uplift pressure*. Bila syarat *displacement* dan *uplift pressure* tidak dipenuhi maka akan direncanakan dimensi dan kedalaman dari ketiga alternatif sehingga memenuhi faktor keamanan yang diisyaratkan.

### **3.2.9 Metode Pelaksanaan, Analisis Estimasi Biaya Material Dan Pemilihan Alternatif**

Dalam perencanaan ketiga alternatif tersebut perlu direncanakan pula metode pelaksanaan konstruksinya serta melakukan estimasi biaya dari segi material untuk setiap alternatif perencanaan dinding penahan tanah yang direncanakan.

### **3.2.10 Kesimpulan**

Pada kesimpulan ini merupakan tahap dimana diambilah suatu keputusan akhir mengenai perencanaan dinding penahan tanah yang telah dihitung sebelumnya melalui perbandingan daari segi deformasi struktur, metode pelaksanaan, dan estimasi biaya dari segi material tiap alternatif.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini akan dibandingkan 3 (tiga) tipe dinding penahan tanah untuk menahan tekanan lateral tanah yang terjadi pada dinding *basement* proyek menara BRI Gatsu, Jakarta Selatan. Jenis dinding penahan tanah yang akan dibandingkan adalah *Diaphragm Wall, Secant Pile, dan Soldier Pile*.

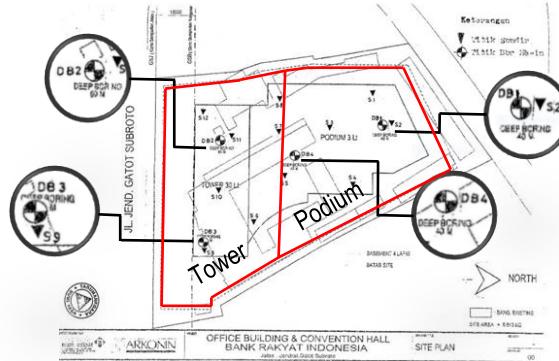
Dalam perencanaannya, terlebih dahulu akan dilakukan analisa data tanah dan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah. Setelah itu akan dilakukan perencanaan mendetail dengan masing – masing jenis dinding penahan tanah. Perencanaan yang dimaksud adalah perencanaan secara rinci untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan, yang terdiri dari *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan penulangan, kontrol terhadap *uplift pressure*, metode pelaksanaan dan biaya material.

Setelah dilakukan perencanaan terhadap masing – masing jenis dinding penahan tanah, kemudian dilakukan pemilihan dinding penahan tanah yang akan digunakan sebagai hasil perencanaan. Kriteria dalam pemilihan dinding penahan tanah tersebut antara lain dari segi stabilitas struktur, efektifitas metode pelaksanaan dan biaya material yang ekonomis dari tiap alternatif dinding penahan tanah.

#### 4.1 Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan berasal dari penyelidikan geoteknik yang telah dilakukan oleh PT. TARUMANEGARA bumiyasa pada tahun 2012 dengan pengeboran dalam sebanyak 4 titik seperti pada **Gambar 4.1** dengan kondisi muka air tanah pada elevasi -5,00 meter dikarenakan data tanah diambil pada kondisi bulan kemarau. Namun pada perencanaan kali ini muka air direncanakan pada elevasi -1,00 meter dengan mempertimbangkan kondisi Jakarta yang memiliki intensitas curah hujan cukup tinggi dan kondisi Jakarta yang senantiasa banjir saat musim penghujan.

Penyelidikan data tanah dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran.

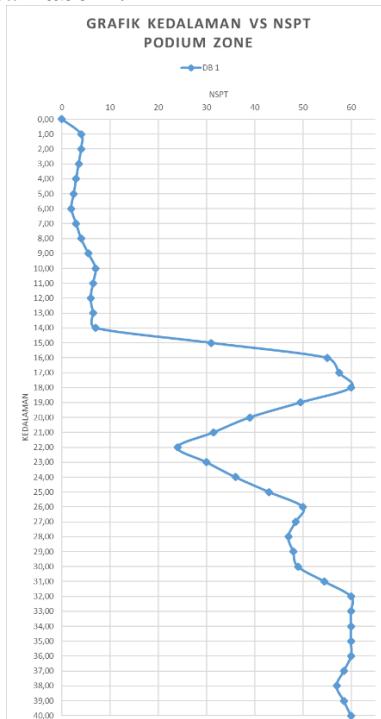


**Gambar 4. 1 Titik Penyelidikan Data Tanah**  
(Sumber : PT. TARUMANEGARA bumiyasa , 2012)

L Depth m W Water Level m	Borehole (No) No	Description	SPT (Blow/15 cm)												DBI
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
0.00	DB1	CH - Clay Red brown, soft, high plasticity DBI = UD1 : 1.00 - 1.50 m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.00		CH - Clay Reddish white, moist, soft, high plasticity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.00		CH - Clay reddish white, moist, soft, high plasticity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6.00		MH - Clayey Silt brownish olive, moist, soft, containing a few of coarse sand, high plasticity UD1 = UD2 : 1.00 - 1.50 m / 1.50 - 2.00 m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8.00		CH - Clay blueish brown, moist, soft to medium stiff, high plasticity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
36.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
42.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
44.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
48.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
52.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
54.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
56.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
58.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
62.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
64.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
66.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
68.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
70.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
72.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
74.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
76.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
78.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
80.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
82.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
84.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
86.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
88.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
90.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
92.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
94.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
96.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
98.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
102.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
104.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
106.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
108.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
110.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
112.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
114.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
116.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
118.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
120.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
122.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
124.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
126.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
128.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
130.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
132.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
134.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
136.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
138.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
140.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
142.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
144.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
146.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
148.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
150.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
152.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
154.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
156.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
158.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
160.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
162.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
164.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
166.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
168.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
170.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
172.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
174.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
176.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
178.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
180.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
182.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
184.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
186.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
188.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
190.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
192.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
194.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
196.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
198.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
200.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
202.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
204.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
206.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
208.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
210.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
212.00			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
214.00			1	2	3	4	5	6	7	8					

Dalam tugas akhir ini perencanaan dilakukan pada sisi podium sehingga data yang digunakan mengacu pada DB1 dan DB4, Pengambilan data tanah pada studi kali ini mempertimbangkan lokasi dan membandingkan antara titik *deep boring* yang berdekatan pada satu lokasi. Sehingga dilakukan analisa data tanah manakah yang kondisinya lebih kritis juga dilihat dari keberaganan jenis tanah dan konsistensi tanahnya.

Sehingga dipilihlah DB1 dikarenakan kondisi tanah lebih jelek dibanding dengan DB4 dan didominasi tanah lempung, pasir. Sedangkan grafik N-SPT vs kedalaman dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Data ini nantinya akan dipakai untuk menganalisa kondisi lapisan tanah dan parameternya. Hasil penyelidikan data tanah DB1 dapat dilihat pada **Tabel 4.1**



**Gambar 4.3** Grafik N-SPT vs Kedalaman  
(Sumber : Penulis , 2020)

**Tabel 4. 1** Hasil Penyelidikan Lapangan Data Tanah DB 1

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah (Spesifik)	Konsistensi Tanah
Depth	N SPT		
0,00	0,00	Clay	very soft
1,00	4,00		soft
2,00	4,00		soft
3,00	3,50		soft
4,00	3,00		soft
5,00	2,50		very soft
6,00	2,00	Clayey Silt	very soft
7,00	3,00		soft
8,00	4,00		soft
9,00	5,50		medium
10,00	7,00		medium
11,00	6,50		medium
12,00	6,00	Clay	medium
13,00	6,50		medium
14,00	7,00		medium
15,00	31,00		hard
16,00	55,00		hard
17,00	57,50		hard
18,00	60,00	Sandy Silt	hard
19,00	49,50		hard
20,00	39,00		hard
21,00	31,50		dense
22,00	24,00	Fine Sand	medium
23,00	30,00		medium
24,00	36,00		hard
25,00	43,00		hard
26,00	50,00		hard
27,00	48,50	Sandy Silt	hard
28,00	47,00		hard
29,00	48,00		hard
30,00	49,00		hard
31,00	54,50	Sand	very dense
32,00	60,00		very dense
33,00	60,00		very dense
34,00	60,00		very dense
35,00	60,00		very dense
36,00	60,00		very dense
37,00	58,50	Cemented Silt	hard
38,00	57,00		hard
39,00	58,50		hard
40,00	60,00		hard

#### 4.1.1 Koreksi Nilai N-SPT

Hasil penyelidikan data tanah (**Tabel 4.1**) menunjukan bahwa jenis tanah terdiri dari lempung, lanau dan pasir. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai  $N_{SPT} < 15$  tidak dilakukan koreksi sehingga nilai  $N_1 = N_{SPT}$ . Apabila nilai  $N_{SPT} > 15$ , maka tidak dilakukan koreksi terhadap muka air tanah. Berikut adalah contoh perhitungan koreksi  $N_{SPT}$  pada kedalaman 22 m.

Jenis tanah = Medium Fine Sand

$N_{SPT}$  = 24

M.A.T = - 1 m

Koreksi terhadap muka air tanah seperti pada Persamaan (2.1) dan Persamaan (2.2).

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960})$$

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2} (24 - 15)$$

$$N_1 = 19,5$$

$$N_1 = 0,6 N \quad (\text{Bazaraa, 1967})$$

$$N_1 = 0,6 \times 24$$

$$N_1 = 14,4$$

Dipilih nilai  $N_1$  terkecil yaitu  $N_1 = 14,4$  untuk dikoreksi terhadap *overburden pressure*.

$P_o = 13,766 \text{ t/m}^2 > 7,5 \text{ t/m}^2$ , sehingga digunakan Persamaan (2.4).

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1 p'_o}$$

$$N_2 = \frac{4 \times 14,4}{3,25 + 0,1 \times 13,766}$$

$$N_2 = 12,45$$

Apabila nilai  $N_2$  lebih besar dari  $2N_1$ , maka yang menjadi  $N_2$  pakai adalah nilai  $2N_1$ . Dalam hal ini  $N_2 < 2N_1$  maka  $N_2$  pakai = 12,45. Rekapitulasi koreksi nilai  $N_{SPT}$  seperti pada **Tabel 4.2**. Untuk rekapitulasi koreksi nilai  $N_{SPT}$  DB1 secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

**Tabel 4. 2** Rekapitulasi Koreksi N<sub>SPT</sub>

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah (Spesifik)	Konsistensi Tanah	N1 Terzaghi	N1 Bazaar	N1 Pakai	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po	N2	N2 Pakai
Depth	N1 Lap			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>2</sup>					
0,00	<b>0,00</b>	Clay	very soft	0,00	0,00	0,00	1,40	0,40	0	0,00	0,00
0,50	<b>2,00</b>		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	0,224	7,34	4,00
1,00	<b>2,00</b>		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	0,448	6,78	4,00
1,50	<b>4,00</b>		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	0,696	12,52	8,00
2,00	<b>4,00</b>		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	0,944	11,61	8,00
2,50	<b>4,00</b>		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	1,192	10,83	8,00
3,00	<b>3,50</b>		soft	3,50	3,50	3,50	1,48	0,48	1,434	8,90	7,00
3,50	<b>3,50</b>		soft	3,50	3,50	3,50	1,48	0,48	1,676	8,38	7,00
4,00	<b>3,00</b>		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	1,912	6,80	6,00
4,50	<b>3,00</b>		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	2,148	6,45	6,00
5,00	<b>2,50</b>	Clayey Silt	very soft	2,50	2,50	2,50	1,46	0,46	2,378	5,13	5,00
5,50	<b>2,50</b>		very soft	2,50	2,50	2,50	1,46	0,46	2,608	4,89	4,89
6,00	<b>2,00</b>		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	2,832	3,75	3,75
6,50	<b>2,00</b>		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	3,056	3,60	3,60
7,00	<b>3,00</b>		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	3,292	5,18	5,18

#### 4.1.2 Korelasi Data Tanah

Pada tugas akhir ini data tanah yang diperoleh hanya sebatas nilai  $N_{SPT}$  oleh karena itu dalam menunjang perencanaan, maka dilakukan pendekatan – pendekatan untuk mendapat parameter tanah yang dibutuhkan. Salah satu cara pendekatan untuk mendapatkan parameter tanah adalah dengan cara mengkorelasikan data tanah yang ada dengan tabel korelasi yang diperoleh dari perencanaan sebelumnya atau hasil penelitian para ahli. Rekapitulasi dari hasil analisa parameter tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.5**. Berikut adalah contoh penentuan korelasi tanah untuk setiap parameter tanah.

##### A. Penentuan nilai $\gamma_{sat}$

Untuk menentukan nilai  $\gamma_{sat}$  dari setiap lapisan tanah caranya adalah dengan mengorelasikan antara nilai  $N_{SPT}$  dengan **Tabel 4.3**.

**Tabel 4. 3** Korelasi Antara Nilai  $N_{SPT}$  dengan  $\gamma_{sat}$

<b>Cohesionless Soil</b>					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	> 50
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<b>Cohesive Soil</b>					
N (blows)	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	> 20
$q_u$ (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	> 200
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Sumber : J.E. Bowles (1984)

Berikut adalah contoh perhitungan korelasi  $N_{SPT}$  dengan  $\gamma_{sat}$ . Lapisan 1 (kedalaman 0 s.d -2 m) berjenis lempung, konsistensi medium dan mempunyai nilai  $N_{SPT} = 6$ . Dengan menggunakan interpolasi dengan melihat batas bawah  $N_{SPT} < 4$  dengan nilai  $\gamma_{sat} = 14 \text{ kN/m}^3$  dan batas atas  $N_{SPT} = 25$  dengan  $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$  maka diperoleh hasil  $\gamma_{sat} = 15,44 \text{ kN/m}^3$ .

### B. Penentuan nilai $C_u$ dan $C'$

Dalam menentukan nilai *Undrained Shear Strength* ( $C_u$ ) dan *Effective Shear Strength* ( $C'$ ), dapat diperoleh menggunakan korelasi nilai  $N_{SPT}$  sama halnya dengan penentuan  $\gamma_{sat}$  yaitu dengan melakukan interpolasi dengan **Tabel 4.3**. Dimana nilai dari  $C' = 2/3 C_u$ .

### C. Penentuan nilai $\phi$ dan $\phi'$

Besaran nilai *Internal Friction Angle* ( $\phi$ ) untuk tanah *cohesionless* dapat diperkirakan dengan melakukan interpolasi pada **Tabel 4.3**. Perlu diperhatikan bahwa untuk nilai  $\phi' = \tan^{-1}(2/3 \tan \phi)$

### D. Penentuan nilai $E_s$ dan $\mu$

Dalam menentukan nilai Modulus Elastisitas Tanah ( $E_s$ ) dan *Poisson's Ratio* ( $\mu$ ), dapat diperoleh menggunakan korelasi antara jenis tanah dengan **Tabel 4.4** berikut

**Tabel 4.4** Modulus Elastisitas Berdasarkan Tipe Tanah

Type of soil	Young's modulus, $E_s$		Poisson's ratio, $\mu_s$
	MN/m <sup>2</sup>	lb/in. <sup>2</sup>	
Loose sand	10.35– 24.15	1,500– 3,500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25– 27.60	2,500– 4,000	0.25–0.40
Dense sand	34.50– 55.20	5,000– 8,000	0.30–0.45
Silty sand	10.35– 17.25	1,500– 2,500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	2.07– 5.18	300– 750	
Medium clay	5.18– 10.35	750– 1,500	0.20–0.50
Stiff clay	10.35– 24.15	1,500– 3,500	

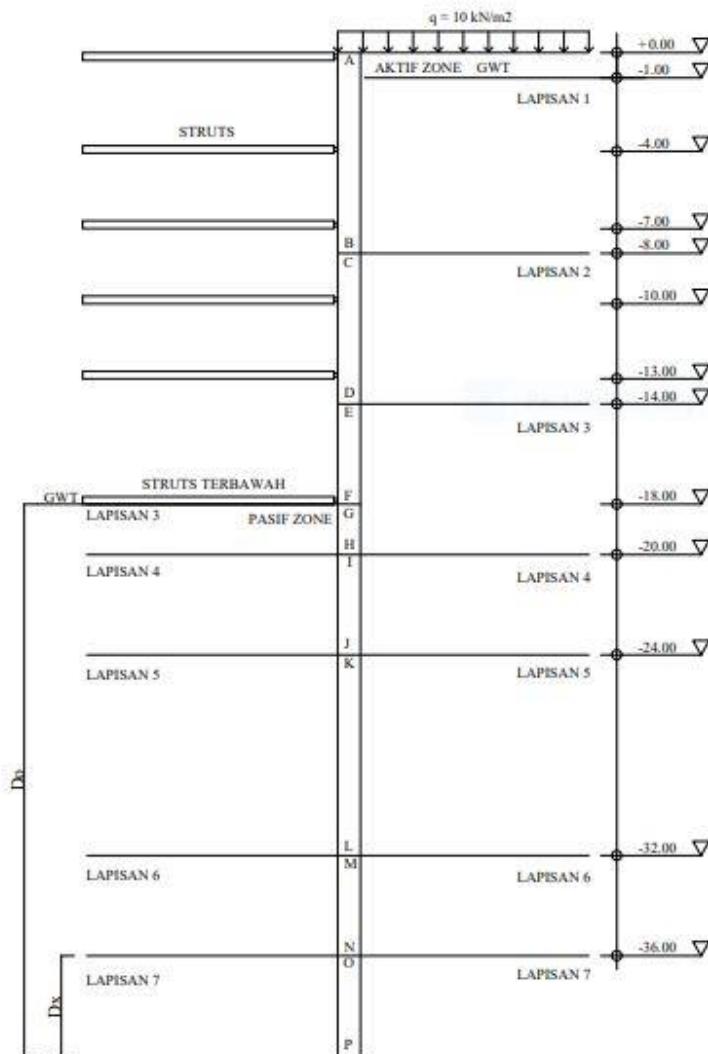
**Tabel 4. 5 Rekapitulasi Parameter Tanah**

DATA TANAH DB1				Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	$\gamma_{sat}$	$\phi' (\circ)$	$\phi (\circ)$	C	C'	Poisson Ratio (v)	Modulus Young	
Lapisan	Z(m)	Tebal (m)	N SPT rata2			kN/m <sup>3</sup>			kPa	kPa		kN/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	0-2	2	6	clay	medium	15,44	0,00	0,00	30,00	20,00	0,25	3450	34,50
2	2-4	2	7		medium	15,68	0,00	0,00	31,11	20,74	0,25	3450	34,50
3	4-6	2	5	clayey silt	soft	15,20	0,00	0,00	25,00	16,67	0,2	2415	24,15
4	6-8	2	6		medium	15,44	0,00	0,00	30,00	20,00	0,25	3450	34,50
5	8-10	2	8	clay	medium	15,92	0,00	0,00	32,22	21,48	0,25	3450	34,50
6	10-12	2	9		medium	16,16	0,00	0,00	33,33	22,22	0,25	3450	34,50
7	12-14	2	8		medium	15,92	0,00	0,00	32,22	21,48	0,25	3450	34,50
8	14-16	2	19	sandy silt	stiff	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
9	16-18	2	33		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
10	18-20	2	27		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
11	20-22	2	17	fine sand	medium	14,26	29,24	20,46	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
12	22-24	2	16		medium	14,09	28,91	20,21	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
13	24-26	2	22	sandy silt	hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
14	26-28	2	23		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
15	28-30	2	22		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
16	30-32	2	25		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
17	32-34	2	26	sand	medium	23,00	43,00	31,87	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
18	34-36	2	26		medium	23,00	43,00	31,87	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
19	36-38	2	40	cemented silt	hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	-	13800	138,00
20	38-40	2	39		hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	-	13800	138,00

## 4.2 Perencanaan Kedalaman Dinding

Dinding penahan tanah yang direncanakan berupa *diaphragm wall*, *secant pile wall* dan *soldier pile wall*. Perhitungan dilakukan menggunakan metode kesetimbangan gaya, dimana dalam perencanaan kali ini, tegangan tanah, air dan beban tambahan menjadi momen yang akan bernilai nol pada titik tertentu. Titik tersebutlah yang akan menjadi kedalaman penanaman dari dinding penahan tanah.

Sebelum melakukan analisa perhitungan kedalaman dinding perlu dilakukan penyederhanaan atas rekap data tanah sebelumnya dikarenakan data tanah diambil langsung dari data *deep boring* lapangan dimana nilai  $N_{SPT}$  diambil tiap 2 meter kedalaman lapisan hingga ke kedalaman 40 meter sehingga dilakukan penggabungan lapisan dengan pertimbangan keseragaman nilai  $N_{SPT}$ , jenis tanah dan konsistensi tanah. Rekapitulasi data tanah hasil penggabungan lapisan yang digunakan dalam perhitungan kedalaman dinding dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan untuk ilustrasi rencana pemasangan dinding dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4. 4** Ilustrasi Rencana Pemasangan Dinding  
(Sumber : Penulis , 2020)

**Tabel 4. 6** Rekapitulasi Data Tanah Hasil Penggabungan Lapisan untuk Perhitungan Kedalaman Dinding

Lapisan	DATA TANAH DB1			Jenis Tanah (Spesifik)	Konsistensi Tanah	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi$ (°)	$\phi'$ (°)	C	C'	Poisson Ratio (v)	Modulus Young	
	Z(m)	Tebal (m)	N SPT rata2						kPa	kPa		kN/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	0-8	8	6	Clay	medium	15,44	0,00	0,00	30,00	20,00	0,25	3450	34,50
2	8-14	6	9	Clay	medium	16,16	0,00	0,00	33,33	22,22	0,25	3450	34,50
3	14-20	6	27	sandy silt	hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	0,3	51750	517,50
4	20-24	4	17	fine sand	medium	14,26	29,24	20,46	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
5	24-32	8	23	sandy silt	hard	19,52	0,00	0,00	168,00	112,00	0,3	51750	517,50
6	32-36	4	26	sand	medium	15,83	32,17	22,75	0,00	0,00	0,33	27600	276,00
7	36-40	4	40	cemented silt	hard	20,00	0,00	0,00	220,00	146,67	-	13800	138,00

#### 4.2.1 Perhitungan $K_a$ dan $K_p$

Koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ) dan pasif ( $K_p$ ) untuk tanah datar dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.6.) dan (2.8) yaitu:

- Lapisan 1,

Tanah Aktif,  $\phi' = 0^\circ$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45^\circ - \phi'/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 0^\circ/2) \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

- Lapisan 4,

Tanah Pasif,  $\phi' = 20,46^\circ$

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2(45^\circ + \phi'/2) \\ &= \tan^2(45^\circ + 20,46^\circ/2) \\ &= 2,075 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ )

Perhitungan tekanan tanah dilakukan dengan menghitung luasan tegangan tanah lateral. Selanjutnya untuk perhitungan tegangan tanah horizontal dilakukan analisa per titik seperti pada ilustrasi rencana pemasangan dinding seperti pada **Gambar 4.4**. Asumsi atau perkiraan nilai  $Dx$  berada pada kedalaman lebih dari -36,00 meter. Dalam melakukan analisa tegangan akan diperhitungkan berdasarkan beban tambahan diatas tanah (*surcharge*), tegangan akibat beban tanah (*overburden pressure*), dan akibat beban air tanah (*water pressure*).

##### A. Tegangan akibat beban tambahan (*surcharge*) dan akibat tanah (*overburden pressure*)

Pada perencanaan kali ini beban tambahan yang berada di atas tanah diambil dari SNI 8460:2017 tentang persyaratan perencanaan geoteknik yaitu pada pasal 10.3.5.4.1 beban tambahan minimum sebesar  $1 \text{ t/m}^2$  atau  $10 \text{ kN/m}^2$ . Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari nilai tegangan horizontal ( $\sigma_h$ ) dan rekап hasil perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**.

a. Tekanan Tanah Aktif

Titik A :

$$\begin{aligned}\sigma_{vA} &= \text{Surcharge} \\ &= 10,00 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{hA} &= \sigma_{vA} \times K_a - 2 C' \sqrt{K_a} \\ &= 10,00 \times 1,00 - 2 \times 20,00 \times \sqrt{1,00} \\ &= -30,00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Titik B :

$$\begin{aligned}\sigma_{vB} &= \sigma_{vA} + (\gamma' \times h) \\ &= 10,00 + (15,44 - 10) \times 8 \\ &= 53,52 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{hB} &= \sigma_{vB} \times K_a - 2 C' \sqrt{K_a} \\ &= 53,52 \times 1,00 - 2 \times 20,00 \times \sqrt{1,00} \\ &= 13,52 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

b. Tekanan Tanah Pasif

Titik G :

$$\begin{aligned}\sigma_{vG} &= 0,00 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{hG} &= \sigma_{vG} \times K_p + 2 C' \sqrt{K_p} \\ &= 0,00 \times 1,00 + 2 \times 146,67 \times \sqrt{1,00} \\ &= 293,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Titik H :

$$\begin{aligned}\sigma_{vH} &= \sigma_{vG} + (\gamma' \times h) \\ &= 0,00 + (20,00 - 10) \times 2 \\ &= 20,00 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{hH} &= \sigma_{vH} \times K_p + 2 C' \sqrt{K_p} \\ &= 20,00 \times 1,00 + 2 \times 146,67 \times \sqrt{1,00} \\ &= 313,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4. 7** Rekapitulasi Perhitungan  $\sigma_h$  Tanah Aktif Akibat Beban Tambahan (Surcharge) dan Akibat Tanah (Overburden Pressure)

REKAPITULASI TEGANGAN TANAH AKTIF									
Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	K <sub>a</sub>	2C	$\sqrt{K_a}$	$\sigma'h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'h$ real (kN/m <sup>2</sup> )
1	0	0	A	10,000	1,000	40,000	1,000	-30,000	0,000
	8	8	B	53,520	1,000	40,000	1,000	13,520	13,520
2	8	0	C	53,520	1,000	44,444	1,000	9,076	9,076
	14	6	D	90,480	1,000	44,444	1,000	46,036	46,036
3	14	0	E	90,480	1,000	293,333	1,000	-202,853	0,000
	18	4		130,480	1,000	293,333	1,000	-162,853	0,000
	20	2	H	150,480	1,000	293,333	1,000	-142,853	0,000
4	20	0	I	150,480	0,482	0,000	0,694	72,514	72,514
	24	4	J	167,523	0,482	0,000	0,694	80,727	80,727
5	24	0	K	167,523	1,000	224,000	1,000	-56,477	0,000
	32	8	L	243,683	1,000	224,000	1,000	19,683	19,683
6	32	0	M	243,683	0,442	0,000	0,665	107,759	107,759
	36	4	N	266,988	0,442	0,000	0,665	118,065	118,065
7	36	0	O	266,988	1,000	293,333	1,000	-26,346	0,000
	40	4	P	306,988	1,000	293,333	1,000	13,654	13,654

**Tabel 4. 8** Rekapitulasi Perhitungan  $\sigma_h$  Tanah Pasif Akibat Beban Tambahan (Surcharge) dan Akibat Tanah (Overburden Pressure)

REKAPITULASI TEGANGAN TANAH PASIF								
Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	K <sub>p</sub>	2C	$\sqrt{K_p}$	$\sigma'h$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	18	0	G	0,000	1,000	293,333	1,000	293,333
	20	2	H	20,000	1,000	293,333	1,000	313,333
4	20	0	I	20,000	2,075	0,000	1,441	41,504
	24	4	J	37,043	2,075	0,000	1,441	76,872
5	24	0	K	37,043	1,000	224,000	1,000	261,043
	32	8	L	113,203	1,000	224,000	1,000	337,203
6	32	0	M	113,203	2,261	0,000	1,504	255,995
	36	4	N	153,203	2,261	0,000	1,504	346,450
7	36	0	O	153,203	1,000	293,333	1,000	446,537
	40	4	P	193,203	1,000	293,333	1,000	486,537

## B. Tegangan akibat air (*water pressure*)

Dalam perhitungan tegangan akibat air perlu memperhatikan muka air tanah, dimana pada studi kasus kali ini letak GWL (*Ground Water Level*) berada pada permukaan tanah dikarenakan fluktuasi air pada daerah ibu kota jakarta yang cukup tinggi. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari nilai σh akibat beban air tanah.

### a. Tekanan Air Aktif

Titik B :

$$\begin{aligned}\sigma_{hwB} &= \sigma_{hwA} + \gamma_w \times h \\ &= 0 + 10 \times 8 \\ &= 80 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### b. Tekanan Air Pasif

Titik H :

$$\begin{aligned}\sigma_{hwH} &= \sigma_{hwG} + \gamma_w \times h \\ &= 0 + 10 \times 2 \\ &= 20 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Setelah mempertimbangkan dan menghitung beban-beban akibat tanah, beban tambahan dan beban air tanah. Sehingga didapatkan nilai tegangan horizontal dn tegangan akibat air. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

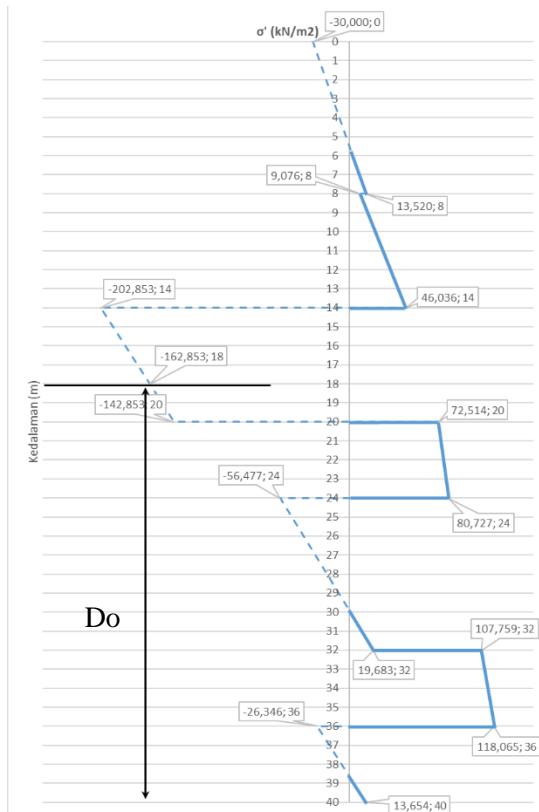
**Tabel 4. 9** Hasil Perhitungan Tegangan Horizontal dan Tegangan Akibat Air

REKAPITULASI TEGANGAN TANAH AKTIF						
Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m)	$\sigma'h$ real (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'w$ kN/m <sup>2</sup>
1	0	0	A	10,000	0,000	0,000
	8	8	B	53,520	13,520	80,000
2	8	0	C	53,520	9,076	80,000
	14	6	D	90,480	46,036	140,000
3	14	0	E	90,480	0,000	140,000
	18	4		130,480	0,000	180,000
	20	2	H	150,480	0,000	200,000
4	20	0	I	150,480	72,514	200,000
	24	4	J	167,523	80,727	240,000
5	24	0	K	167,523	0,000	240,000
	32	8	L	243,683	19,683	320,000
6	32	0	M	243,683	107,759	320,000
	36	4	N	266,988	118,065	360,000
7	36	0	O	266,988	0,000	360,000
	40	4	P	306,988	13,654	400,000

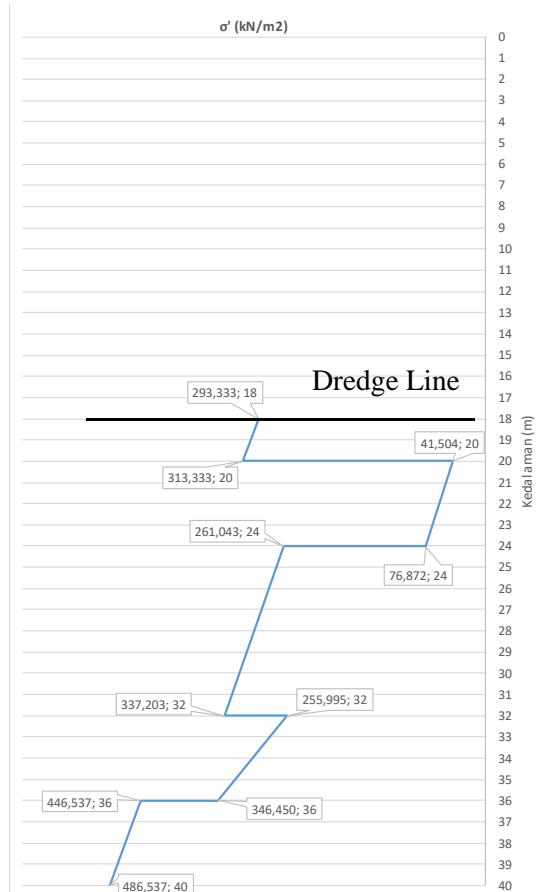
REKAPITULASI TEGANGAN TANAH PASIF						
Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'w$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	18	0	G	0,000	293,333	0,000
	20	2	H	20,000	313,333	36,364
4	20	0	I	20,000	41,504	36,364
	24	4	J	37,043	76,872	109,091
5	24	0	K	37,043	261,043	109,091
	32	8	L	113,203	337,203	254,545
6	32	0	M	113,203	255,995	254,545
	36	4	N	153,203	346,450	327,273
7	36	0	O	153,203	446,537	327,273
	40	4	P	193,203	486,537	400,000

### 4.2.3 Analisa Kesetimbangan Gaya

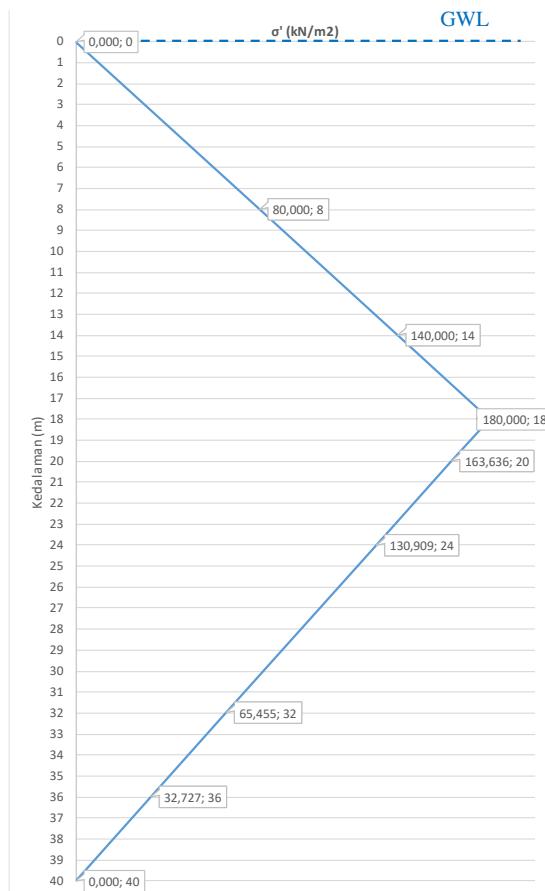
Setelah memperoleh hasil perhitungan tegangan horizontal tanah. Perhitungan dilanjutkan dengan mengitung gaya-gaya horizontalnya yang nantinya menjadi momen yang akan bernilai nol pada titik tertentu, namun sebelum itu untuk mempermudah dalam menghitung gaya horizontal dibuatlah diagram tegangannya. Diagram tegangan horizontal dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6** untuk diagram tegangan tanah aktif, pasif dan **Gambar 4.7** untuk diagram tegangan air.



**Gambar 4.5** Diagram Tegangan Tanah Aktif  
(Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4.6** Diagram Tegangan Tanah Pasif  
(Sumber : Penulis , 2020)

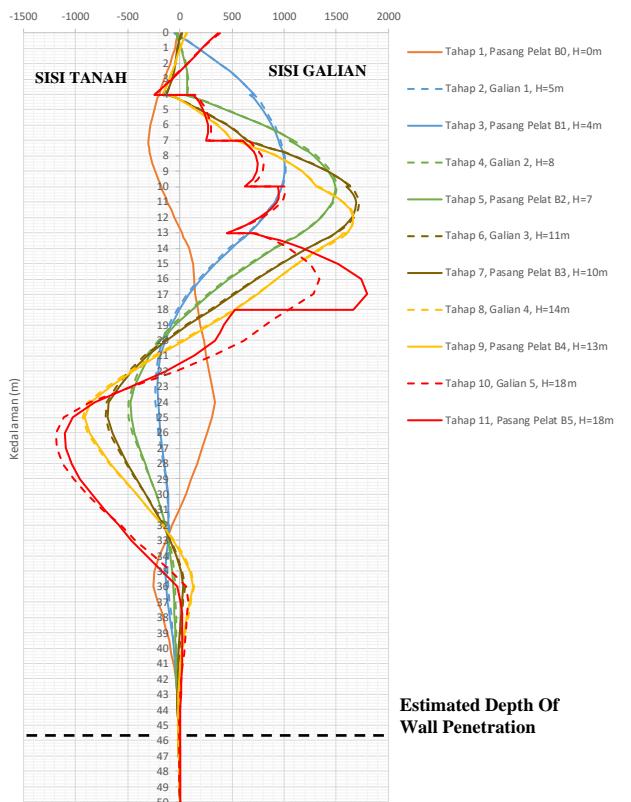


**Gambar 4. 7** Diagram Tegangan Air  
(Sumber : Penulis , 2020)

Gaya horizontal dapat dicari dengan cara menghitung luasan pada diagram tegangan dan selanjutnya dilakukan analisa kesetimbangan pada gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah.

Pada perencanaan kali ini gaya-gaya yang terjadi dihitung dengan menggunakan program bantu PLAXIS V8.6 dimana dinding didesain dengan 6 buah lantai penompang (pengaku

lateral) mulai dari lantai basement ke-0 (B0) hingga basement ke-5 (B5) sehingga menggunakan konsep struktur statis tak tentu. Sehingga kedalaman dinding dicari dengan cara asumsi turap panjang tak hingga ( $\geq 50$  meter) dan konsep penggalian bertahap. Hasil analisa stabilitas berupa defleksi dinding dan gaya dalam berupa *moment*, *shear* dan *axial load*. Berikut **Gambar 4.8** merupakan hasil *output* proses analisa stabilitas dinding dengan program bantu PLAXIS V8.6 berupa diagram *moment* yang terjadi.



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan *Bending Moment* pada Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)

#### 4.2.4 Penentuan Kedalaman Dinding

Setelah didapatkan *output* berupa perbandingan momen pada tahapan tahapan penggalian, maka penentuan kedalaman turap/dinding penahan tanah dapat dilihat pada **Gambar 4.8** dimana posisi kedalaman yang dicari yaitu ketika  $\sum M = 0$  (mendekati nol). Sehingga panjang total dinding adalah jumlah dari kedalaman galian ( $H$ ) dengan kedalaman penetrasi dinding ( $Do$ ).

$$H + Do = 46 \text{ meter}$$

Dimana,

$$H = 18 \text{ meter}$$

$$Do = 28 \text{ meter}$$

#### 4.2.5 Kontrol Heaving / Hidrodynamic

Dalam mengatasi adanya kemungkinan merembesnya air kedalam area kerja saat dilakukan pengeringan/dewatering, maka dibutuhkan kedalaman penurapan ( $Dc$ ) yang cukup. Dalam hal ini dilakukan dengan cara mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis ( $i$ ) dengan gradien hidro kritis ( $iw$ ). Berikut adalah perhitungan kontrol terhadap *heave / hydrodynamic*.

Diketahui :

$$\Delta h = H \text{ galian} - H \text{ muka air tanah}$$

$$= 18 - 1$$

$$= 17 \text{ m}$$

$$Dc = \text{Kedalaman penurapan}$$

$$= 28 \text{ m}$$

$$\gamma' = \text{Berat jenis efektif tanah}$$

$$= 7,32 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = \text{Berat jenis air}$$

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

Dengan persamaan

$$i \times SF < iw$$

$$\frac{\Delta h}{Dc} \times 1,2 < \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

$$\frac{17}{28} \times 1,2 < \frac{7,32}{10}$$

$$27,89 < D_c$$

Jadi kedalaman penurapan ( $D_c$ ) > 27,89 meter

$$D (28 \text{ m}) > D_c (27,89 \text{ m}) \quad (\text{OKE})$$

Maka disimpulkan bahwa panjang dinding penahan tanah sudah cukup untuk menahan rembesan (*heaving*) yang terjadi.

### 4.3 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Pada perencanaan dinding penahan tanah kali ini akan dilakukan perencanaan secara detail mulai dari *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan kebutuhan tulangan, kontrol terhadap *uplift pressure*, metode pelaksanaannya dan biaya bahan dan material. Pada perencanaan dinding penahan tanah ini nantinya akan dibandingkan antara ketiga alternatif dinding penahan tanah baik *diaphragm wall*, *secant pile*, maupun *soldier pile* dari segi kestabilannya, kekuatannya, deformasinya juga efisiensi metode pelaksanaannya dan juga dari segi biaya bahan dan materialnya.

#### 4.3.1 Perencanaan Diaphragm Wall

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Diaphragm Wall*. *Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan, metode pelaksanaan dan biaya bahan juga materialnya. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

##### A. Preliminary Design

Sebelum melakukan perhitungan diperlukan data - data penunjang yang akan digunakan seperti data tanah dan parameter tanah. Selanjutnya dilakukan *preliminary design* untuk mempermudah perencanaan.

##### a. Data tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan *diaphragm wall* kali ini menggunakan data tanah pada titik DB 1 seperti pada **Tabel 4.6.**

**b. *Diaphragm wall***

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah didapatkan panjang dinding penahan tanah sedalam 46 meter. Kemudian dilakukan perencanaan awal / *preliminary design* untuk parameter - parameter lainnya sebagai berikut :

Tebal <i>Diaphragm Wall</i>	= 1,0	m
Luas Penampang (A)	= 1,0	$\text{m}^2$
Inersia Penampang (I)	= 0,083	$\text{m}^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 25742960,203	$\text{kN}/\text{m}^2$
EA	= 25742960,203	kN
EI	= 2145246,684	$\text{kNm}^2$
Berat Dinding (W)	= 24,0	$\text{kN}/\text{m}$

**c. Pengaku lateral**

Perencanaan kali ini, pengaku lateral yang dimaksud adalah pelat lantai basement dan *raft foundation* yang berfungsi sebagai lantai gedung dan juga sebagai penahan tekanan lateral tanah yang terjadi pada dinding basement. Berikut adalah *preliminary design* nya :

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 0,25	m
Luas Penampang (A)	= 0,25	$\text{m}^2$
Inersia Penampang (I)	= 0,0013	$\text{m}^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 35	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 27805574,981	$\text{kN}/\text{m}^2$
EA	= 6951393,745	kN
EI	= 36205,176	$\text{kNm}^2$
Berat Pelat (W)	= 6,0	$\text{kN}/\text{m}$

- *Raft Foundation :*

Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 2,0	m
Luas Penampang (A)	= 2,0	$m^2$
Inersia Penampang (I)	= 0,667	$m^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 50	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 33234018,716 kN/m <sup>2</sup>	
EA	= 66468037,432 kN	
EI	= 22156012,477 kNm <sup>2</sup>	
Berat Pelat (W)	= 48,0	kN/m

## B. Analisa Stabilitas Dinding

Analisa stabilitas dinding merupakan tahapan untuk mengetahui apakah desain struktur yang telah direncanakan telah memenuhi syarat atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V8.6. Hasil analisa stabilitas dinding berupa nilai defleksi dinding, gaya-gaya dalam yang terjadi pada dinding dan *safety factor* secara keseluruhan.

Pada perencanaan kali ini, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisa stabilitas dinding penahan tanah, yaitu:

➤ Metode analisa stabilitas dinding

Metode analisa stabilitas menggunakan *undrained analysis with effective parameters*. Perilaku tak terdrainase tanah dapat dilakukan dengan analisa tegangan efektif yang menggunakan parameter efektif dari konstitutive model tanah. Ada tiga metode yang dapat dipakai dalam perhitungan, yaitu:

- Method A (Analysis in terms of effective stresses) :
  - Type of material behavior : undrained
  - Effective strength parameters  $c'$ ,  $\phi'$ ,  $\psi'$
  - Effective stiffness parameters  $E_{50}'$ ,  $\mu'$
- Method B (analysis in terms of effective stresses) :
  - Type of material behavior : undrained
  - Undrained strength parameters  $c = cu$ ,  $\phi = 0$ ,  $\psi = 0$ .

Effective stiffness parameters E50',  $\mu'$

- Method C (analysis in terms of total stresses) :
- Type of material behavior : nonporous or drained
- Total strength parameters  $c = cu$ ,  $\phi = 0$ ,  $\psi = 0$
- Undrained stiffness parameters  $E_u$ ,  $\mu_u = 0.495$

Pada permodelan PLAXIS kali ini, dipakailah **Metode A** sebagai analisa stabilitas dinding penahan tanah.

➤ Kriteria desain

Pada analisa stabilitas dinding penahan tanah diperlukan batasan atau kriteria desain yang nantinya digunakan sebagai acuan khususnya pada nilai defleksi dinding *diaphragm wall* dan berlaku juga pada *secant pile* dan *soldier pile wall*. Batas maksimum deformasi lateral dinding dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4. 10** Batas Maksimum Deformasi Lateral Dinding

Batas maksimum deformasi lateral pada dinding	Lokasi gedung dan infrastruktur eksisting terdekat			
	Zona 1 ( $x/H < 1$ )	Zona 2 ( $1 \leq x/H \leq 2$ )	Zona 3( $x/H > 2$ )	
			Tanah Tipe A	Tanah Tipe B
Keterangan: $x$ = jarak dari batas galian, $H$ = Kedalaman galian, $\delta_w$ = defleksi dinding	0,5%	0,7%	0,7%	1,0%
Batas izin maksimum deformasi ( $\delta_w/H$ )				

Dikarenakan proyek berada pada lokasi yang terdapat banyak bangunan disekitar dan berdekatan, direncanakan untuk batas deformasi dinding sebesar 0,5%  $H$ . Maka, batas deformasi dinding penahan tanah *Diaphragm Wall* ini adalah 0,5 %  $\times 18$  m = 0,09 m = **90 mm**.

➤ Tahapan galian basement

- Tahap 0 : *Initial Condition*, muka tanah @ Elev. 0,0 m dan MAT @ Elev. -1,0 m
- Tahap 1 : Pengaktifan beban *surcharge* = 10 kPa dan pemasangan dinding
- Tahap 2 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_0$  @ Elev. 0,0 m
- Tahap 3 : Penggalian ke-1 s/d Elev. -4,0 m dan muka air diturunkan s/d 1 m dibawah galian (Elev. -5,0 m)
- Tahap 4 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_1$  @ Elev. -3,0 m
- Tahap 5 : Penggalian ke-2 s/d Elev. -8,0 m dan muka air diturunkan s/d 1 m dibawah galian (Elev. -9,0 m)
- Tahap 6 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_2$  @ Elev. -7,0 m
- Tahap 7 : Penggalian ke-3 s/d Elev. -11,0 m dan muka air diturunkan s/d 1 m dibawah galian (Elev. -12,0 m)
- Tahap 8 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_3$  @ Elev. -10,0 m
- Tahap 9 : Penggalian ke-4 s/d Elev. -14,0 m dan muka air diturunkan s/d 1 m dibawah galian (Elev. -15,0 m)
- Tahap 10 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_4$  @ Elev. -13,0 m
- Tahap 11 : Galian final / Penggalian ke-5 s/d Elev. -18,0 m dan muka air diturunkan s/d 1 m dibawah galian (Elev. -19,0 m)
- Tahap 12 : Pemasangan (cor) pelat lantai  $B_5$  @ Elev. -18,0 m
- Tahap 13 : Pengecekan *Global Stability*

- Pemodelan analisa stabilitas dengan menggunakan program bantu PLAXIS V8.6

Berikut merupakan langkah - langkah proses analisa stabilitas dinding dengan program bantu PLAXIS V.8.6 :

a. ***Input atau masukan***

Pada umumnya Plaxis merupakan sebuah program bantu 2D dengan metode analisa berdasarkan FEM (*Finite Element Method*). Oleh karena itu, dalam melakukan input material tanah maupun model struktur dilakukan dengan membuat garis – garis geometri. Selanjutnya langkah – langkah dalam memodelkan geometri tanah dan strukturnya adalah sebagai berikut :

- Buka program Plaxis Input V8.6.
- Pilih *New Project* maka akan muncul jendela *General Setting*
- Pada tab *Project* bagian *General options*, pilih *Model Plane Strain* dan *Element 15 Node*.
- Pada tab *Dimensions* bagian *Units* atur satuan yang akan digunakan dalam hal ini digunakan satuan meter (m) untuk *length*, kilonewton (kN) untuk *force* dan *day* untuk *time*.
- Pada tab *Dimensions* bagian *Geometry Dimensions* masukan ukuran ruang kerja yang dibutuhkan. Pada tugas akhir ini menggunakan ukuran batas kiri, kanan, bawah dan atas secara berurutan yaitu 0,00 , 75,00 m, 20,00 m, dan 70,00 m. Sedangkan pada bagian *Grid* digunakan jarak antara titik sebesar 1,00 m. kemudian klik OK.
- Setelah selesai mengatur *workspace*, Selanjutnya adalah membuat geometri tanah dengan menggunakan alat *Geometry Line / Garis Geometri*  dengan cara menarik garis dari titik – titik koordinat yang membentuk lapisan tanah sesuai kondisi di lapangan.
- Langkah berikutnya adalah membuat konstruksi yang ingin ditinjau menggunakan alat *Plate*  dengan cara menarik garis dari titik – titik koordinat sesuai dengan kondisi konstruksi desain rencana.
- Setelah semua bentuk geometri tergambar, selanjutnya memasukkan beban luar menggunakan alat *Distributed Load*

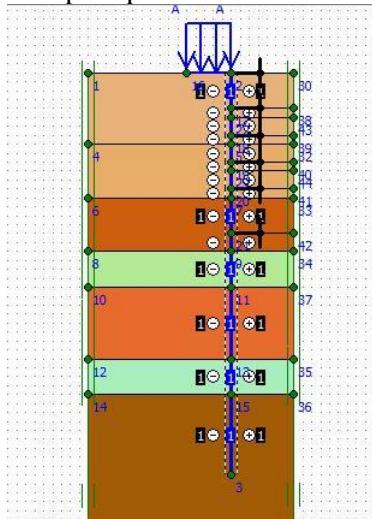


, tarik garis sebesar lebar beban hidup yang terjadi, berdasarkan SNI 8460:2017 beban yang diberikan sebesar 10 kN/m<sup>2</sup> dengan cara klik dua kali pada bagian bawah gambar beban dan masukan beban berdasarkan arah gravitasi.

- Selanjutnya dengan menambahkan interaksi antara dinding penahan tanah dan tanah menggunakan alat *Interfaces* . Dalam hal ini tarik garis *interfaces* dari ujung atas dinding menuju ujung bawah dan sebaliknya.
- Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter tanah tiap lapis kedalam program Plaxis V.8.6. yaitu terdapat pada tab *Materials* bagian *Soil & Interfaces*. Pada bagian *Soil & Interfaces* klik *New*, kemudian masukkan parameter pada tab *General*. Untuk bagian *Material Set* ada tiga kriteria diantaranya *Material Model* yang dapat diisi dengan *Mohr-Coulomb*. Pada bagian *General Properties* terdapat parameter *ysat* dan *yunsat* dapat diisi sesuai dengan data tanah pada **Tabel 4.6**.
- Selanjutnya klik pada tab *Parameters* dan isi pada bagian *Stiffness* dengan parameter *Modulus Elastisitas (E)* dan *Poisson Rasio (v)* sesuai dengan **Tabel 4.6**. Selain itu, pada bagian *Strength* diisi dengan parameter C dan  $\phi$  sesuai **Tabel 4.6**. Sedangkan bagian *Alternatives* akan terisi secara otomatis setelah input semua parameter tanah sebelumnya.
- Pada tab *Interfaces* bagian *Strength* masukan nilai *Real Interface (Rinter)* sebesar 0,9 untuk interaksi antara *clay/concrete* dan untuk *sand/concrete*, sementara untuk bagian *Real Interface Thickness* dibiarkan default saja.
- Ulangi langkah – langkah diatas untuk setiap input lapisan tanah yang akan digunakan dalam perencanaan.
- Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter untuk material dinding penahan tanah serta pengaku lateral tambahan. Terdapat pada tab *material* bagian *Plates*.
- Klik *New* untuk memulai, pada bagian material set masukan nama dan tipe material yang ingin didefinisikan. Selanjutnya pada bagian *Properties* masukan nilai EA, EI, w, dan untuk

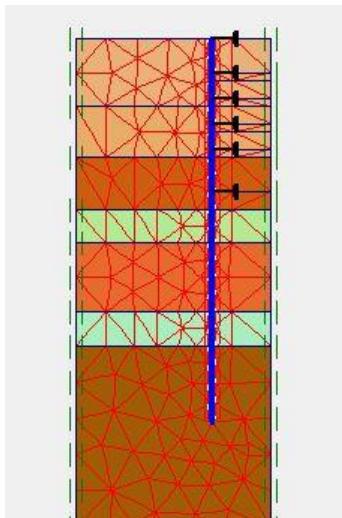
material beton nilai  $v = 0,2$  sedangkan untuk material baja digunakan nilai  $v = 0,3$ . Selebihnya sesuai dengan data perencanaan pada sub bab sebelumnya. Sedangkan untuk nilai *Rayleigh* dibiarkan *default* saja.

- Ulangi langkah diatas untuk setiap jenis struktur yang akan didefinisikan.
- Setelah semua material didefinisikan, tekan dan tahan tiap jenis material kemudian tarik ke geometri pada ruang kerja sesuai dengan jenis material yang dipilih tadi. Jika berhasil maka bidang yang didefinisikan akan berkedip warna merah
- Setelah selesai mendefinisikan material, langkah selanjutnya yaitu dengan memberikan batas kekakuan pada *workspace* dengan cara klik pada *Standard Fixities/Jepit standar*  hingga terlihat seperti pada **Gambar 4.9**.

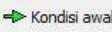


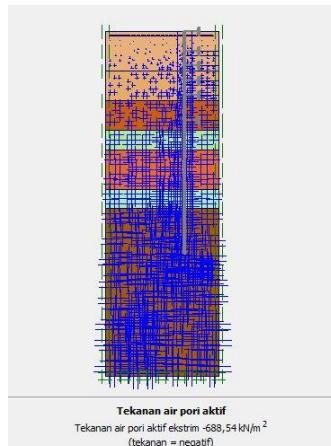
**Gambar 4.9** Standard Fixities Pada Program Plaxis V.8.6

- Tahapan selanjutnya adalah melakukan *Generate Mesh* dengan menggunakan alat  Kemudian klik OK untuk melanjutkan sehingga muncul jendela seperti **Gambar 4.10**. Lalu klik *Update/Perbarui* untuk kembali ke *workspace*.



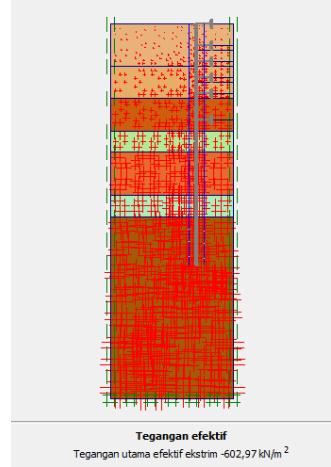
**Gambar 4. 10 Generate Mesh Pada Program Plaxis V.8.6**

- Langkah selanjutnya yaitu mendefinisikan air tanah dengan cara klik *Initial Condition/Kondisi Awal*  , lalu klik *Phreatic Level*  untuk memasukkan elevasi muka air tanah. Pada tugas akhir ini elevasi muka air tanah berada pada kedalaman -1,00 meter. Selanjutnya, tarik garis dari ujung kiri ke ujung kanan geometri. Setelah selesai klik *Generate water pressure*  dan pilih *Generate by phreatic level* hingga muncul gambar tegangan air pori seperti pada **Gambar 4.11**



**Gambar 4.11** Generate Water Pressure Pada Program Plaxis V.8.6

- Selanjutnya klik *Initial Pore Pressures* lalu klik *Generate Initial Stresses*. Kemudian atur  $\sum M$ -weight sebesar 1,00, lalu klik OK, kemudian klik *Update* untuk kembali ke *workspace*. Seperti terlihat pada **Gambar 4.12**



**Gambar 4.12** Initial Stress Generation Pada Program Plaxis V.8.6

- Setelah semua *pressures* ter-*generate*, selanjutnya klik *Calculate / Hitung*  untuk masuk ke tahap kalkulasi. Setelah ini program akan meminta untuk *save file*, klik yes, lalu simpan pada *folder* yang diinginkan.

### b. *Calculation* atau kalkulasi

Pada tugas akhir ini metode konstruksi yang digunakan adalah *Top Down Construction* sehingga urutan pekerjaannya dimulai dari pengecoran pelat lantai kemudian dilanjut oleh pekerjaan galian bertahap hingga pengecoran *raft foundation*. Sehingga pada pada tahap kalkulasi ini pendefiniasian pekerjaan sesuai urutan pekerjaan konstruksi *top down* dan untuk memodelkan fase kalkulasinya akan dijelaskan pada langkah – langkah dibawah ini :

- Pada jendela *Calculation* klik *Next*  untuk menambahkan fase baru. Pada fase pertama ini dimaksudkan untuk dimulainya instalasi alat berat yang dimodelkan beban tambahan 10 kN/m<sup>2</sup> dan dinding penahan tanahnya. Pada tab *General bagian Phase* diisi dengan nama fase. Sedangkan pada tab *Calculation type* diisi dengan *Plastic*.
- Kemudian pada tab *Parameters* bagian loading input pilih alat *define / tentukan*   untuk masuk kedalam ruang kerja.
- Pada ruang kerja pilih beban hidup, dinding penahan tanah, sampai warnanya berubah dari abu-abu menjadi biru. Klik *Update / Perbarui* untuk kembali ke jendela *Calculation*.
- Setelah itu, Klik *Next*   untuk melanjutkan ke fase selanjutnya yaitu galian bertahap.
- Selanjutnya lakukan *define* kembali untuk masuk kedalam ruang kerja. Pilih lapisan tanah yang akan digali hingga warnanya berubah menjadi putih. Klik alat *Water Pressure*                 <img alt="Black circle icon" data-bbox="225 8

- Setelah semua tahapan terdefinisikan, langkah selanjutnya yaitu mencari nilai *Safety Factor* (SF). Cara yang dilakukan yaitu dengan Klik *Next Berikutnya* lalu mengubah *Calculation type* menjadi *Phi/c reduction*.
- Setelah itu klik *Select point for curves / Titik tinjau*  , lalu tentukan titik tinjau. Setelah itu klik *Update* untuk kembali ke jendela *Calculation*.
- Kemudian Klik alat *Calculate*   , untuk memulai proses kalkulasi. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.13**.

Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pemberaban	Waktu	Air	Perta...	^
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0	
→ install dinding	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	1		
→ Pelat B0	3	1	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	3		
→ Galian 1	4	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	4		
→ Pelat B1	5	4	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	5		
→ Galian 2	6	5	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	6		
→ Pelat B2	7	6	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	7		
→ Galian 3	8	7	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	8		

Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pemberaban	Waktu	Air	Perta...	^
→ Galian 3	8	7	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	8		
→ Pelat B3	9	8	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	9		
→ Galian 4	10	9	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	10		
→ Pelat B4	11	10	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	11		
→ Galian 5	12	11	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	12		
→ Pelat B5	13	12	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	13		
→ SF	14	13	Reducuk phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	13		

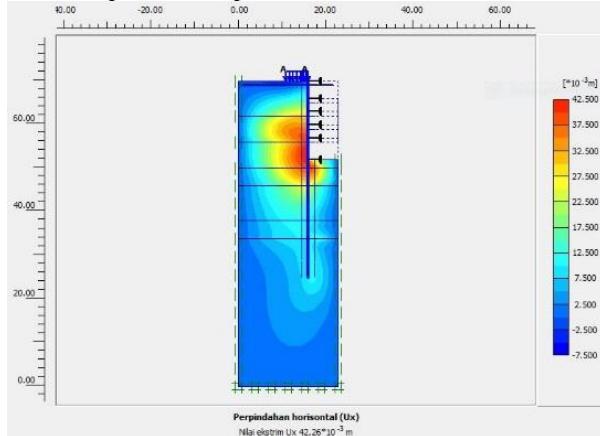
**Gambar 4. 13** Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.6

### c. Output atau keluaran

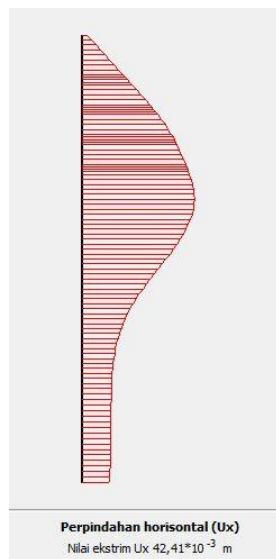
*Output* dalam analisa program Plaxis ini menampilkan semua hasil perhitungan yang telah didefinisikan dalam *input*. Untuk nilai *Safety Factor* (SF) terdapat pada tab *Multipliers* bagian *Total Multipliers*. Disana terdapat nilai  $\sum \text{Msf}$  yang merupakan nilai *Safety Factor* (SF) dari keseluruhan konstruksi *basement*.

Kemudian untuk melihat deformasi/defleksi/ dan juga gaya yang terjadi pada dinding penahan tanah secara detail, dapat di klik dua kali pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau dan jika ingin melihat deformasi/defleksi/gaya per kedalaman dapat diakses menggunakan alat *Table* .

Hasil *Output* untuk analisa stabilitas *diaphragm wall* seperti yang terlihat pada **Gambar 4.14** dan untuk diagram *horizontal displacement* dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



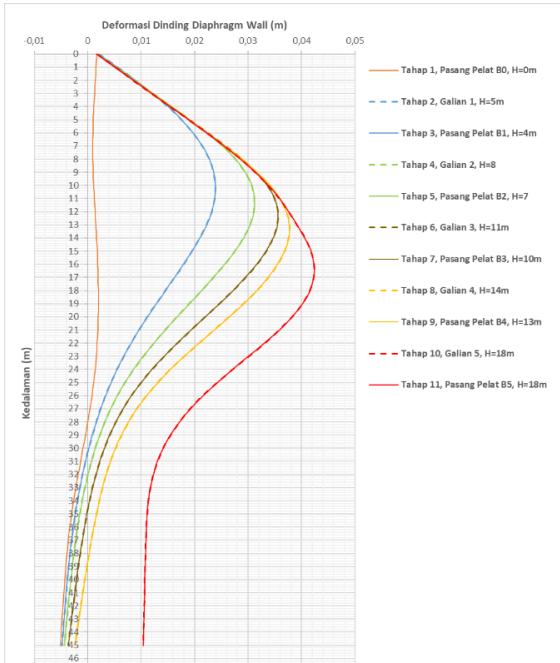
**Gambar 4. 14 Total Displacement Diaphragm Wall**



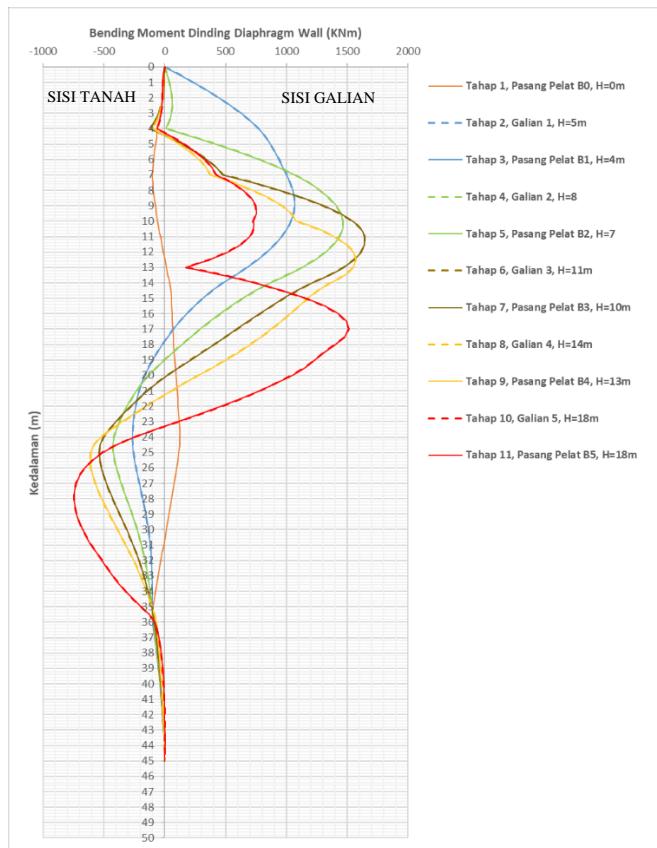
**Gambar 4. 15 Horizontal Displacement pada Diaphragm Wall**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Berdasarkan hasil permodelan pada Plaxis V8.6 didapatkan defleksi horizontal maksimal yang terjadi pada dinding penahan tanah *Diaphragm Wall* sebesar **42,41 mm** atau **4,241 cm** pada galian ke lima dengan *Safety Factor* (SF) sebesar **3,705**. Berdasarkan SNI 8460-2017 Pasal 10.3.8.2 dan berdasarkan **Tabel 4.10** defleksi maksimum untuk dinding penahan tanah *Diaphragm Wall* ini adalah **90 mm**. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa desain dari *Diaphragm Wall* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.

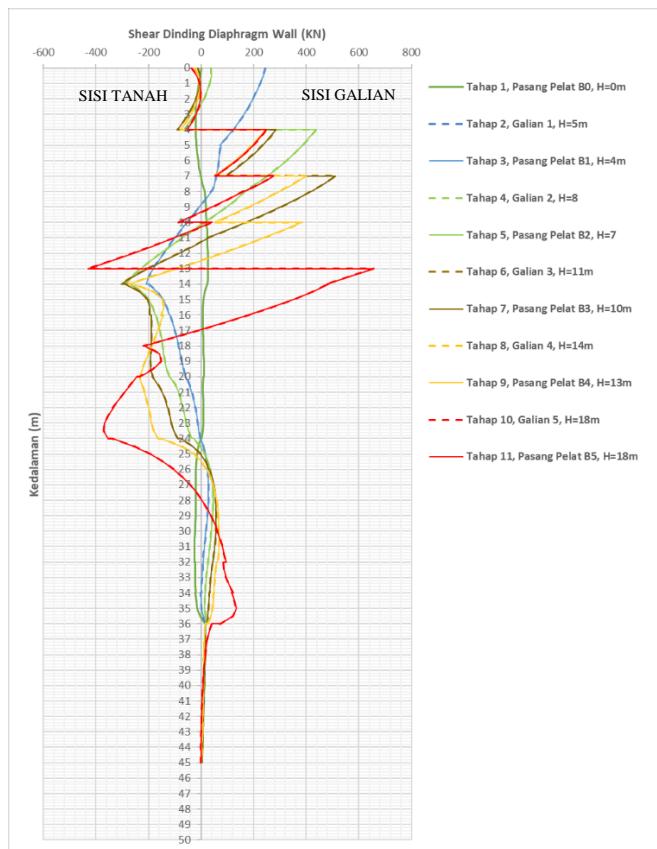
Hasil perbandingan deformasi, momen dan juga gaya geser tiap tahapan konstruksi dapat dilihat pada **Gambar 4.16**, **Gambar 4.17** dan **Gambar 4.18**. Sedangkan untuk rekapitulasinya dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.



**Gambar 4. 16** Grafik Perbandingan *Displacement* pada *Diaphragm Wall* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
 (Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4. 17** Grafik Perbandingan *Moment* pada *Diaphragm Wall* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
 (Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4. 18** Grafik Perbandingan *Shear* pada *Diaphragm Wall* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)

**Tabel 4. 11** Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada *Diaphragm Wall* untuk Setiap Tahapan Penggalian

Tahap	Defleksi	Momen	Geser
	mm	kNm	kN
0 Instal dinding + beban	5,11	125,55	25,86
1 Pelat B0	5,11	125,55	25,86
2 Galian 1	23,90	1068,97	245,26
3 Pelat B1	23,90	1069,05	245,19
4 Galian 2	31,22	1467,27	437,45
5 Pelat B2	31,22	1467,25	437,43
6 Galian 3	35,63	1644,14	511,69
7 Pelat B3	35,63	1644,15	511,70
8 Galian 4	37,76	1574,03	398,25
9 Pelat B4	37,76	1573,91	398,25
10 Galian 5	42,41	1513,33	655,43
11 Pelat B5	42,41	1512,74	655,26

### C. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{wall}} &= 5\% H_{\text{galian}} \\
 &= 5\% (18) \\
 &= 0,9 && \text{m} \\
 &= 1,0 && \text{m} && \text{(pakai)} \\
 \text{Dia. Tulangan} &= 25 && \text{mm} \\
 \text{Ag} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 490,874 && \text{mm}^2 \\
 \text{Selimut beton} &= 75 && \text{mm} \\
 d &= H_{\text{wall}} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} D_{\text{tulangan}} \\
 &= 1000 - 75 - 25/2 \\
 &= 912,5 && \text{mm}
 \end{aligned}$$

### a. Perhitungan nilai $M_R$

Diketahui :

$$\text{Mutu Beton } (f'c) = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Baja } (fy) = 410 \text{ MPa}$$

- o Mencari nilai  $\beta_1$

Untuk  $f'c \geq 28 \text{ MPa}$  digunakan persamaan dibawah ini :

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 ( f'c - 280 / 70 ) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,835714286 \geq 0,65$$

- o Mencari batasan rasio tulangan :

$\rho$  balance :

$$\rho_b = 0,85 \beta_1 (f'c / fy) (600 / (600 + fy))$$

$$\rho_b = 0,030877635$$

$\rho$  maximum :

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,02315823$$

$\rho$  minimum :

$$\rho_{\min} = 1,4/fy$$

$$= 0,00341463$$

$$\rho_{\min} = 0,25\sqrt{f'c} / fy$$

$$= 0,003339772$$

( $\rho_{\min}$  pakai)

- o Menghitung nilai  $M_R$

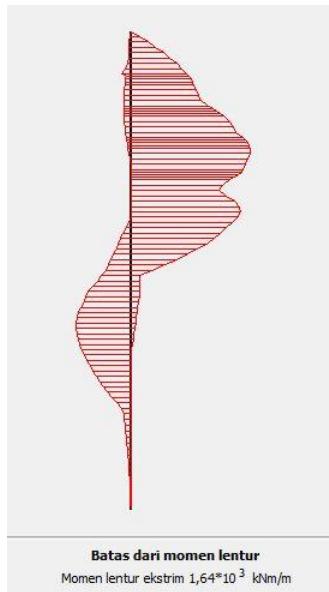
$$M_R = (1/\phi) \rho_{\max} fy (1 - 0,59 (\rho_{\max} fy/f'c)) bd^2$$

$$M_R = 7144071665 \text{ Nmm}$$

$$= 7144,072 \text{ kNm}$$

### b. Perhitungan tulangan vertikal

Penulangan vertikal direncanakan untuk menahan *bending moment* yang terjadi pada dinding. Oleh karena itu diperlukan nilai  $M_u$  (*Momen Ultimate*) yang terjadi pada dinding. Nilai  $M_u$  didapat menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.6. Nilai Momen Maksimum pada *Diaphragm Wall* dapat dilihat pada **Gambar 4.19**. berikut dan detail gambar hasil penulangan dapat dilihat pada lampiran.



**Gambar 4. 19 Moment Ultimate pada Diaphragm Wall**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Diketahui :

$$Mu = 1644,153 \text{ kNm}$$

$$= 1644153000 \text{ Nmm}$$

$$M_R = 7191123601 \text{ Nmm}$$

Didapatkan bahwa  $Mu \leq \phi M_R$ , sehingga tidak diperlukan tulangan tekan.

- Menentukan rasio kekuatan material (m)

$$\begin{aligned} m &= fy / 0,85 f'c \\ &= 16,0784 \end{aligned}$$

- Menentukan faktor tahanan lentur (Rn)

$$\begin{aligned} Rn &= Mu / \phi b d^2 \\ &= 2,19398608 \end{aligned}$$

- Menentukan rasio penulangan ( $\rho$  pakai)

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,02315823 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 0,003339772 \\ \rho &= 1/m (1 - \sqrt{(1 - (2 m Rn / fy b d^2)))}) \\ &= 6,42664E-12\end{aligned}$$

Karena nilai  $\rho \leq \rho_{\min}$  maka digunakan  $\rho$  pakai  $= \rho_{\min} = 0,003339772$

- Menentukan kebutuhan luas tulangan

$$\begin{aligned}As \text{ perlu} &= \rho b d \\ &= 0,003339772 \cdot 1000 \cdot 912,5 \\ &= 3047,542 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n. \text{ tulangan} &= As \text{ perlu} / Ag \\ &= 6,20840 \text{ buah/m} \\ &= 7 \text{ buah/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S. \text{ tulangan} &= bw / n-1 \\ &= 1000 / (7-1) \\ &= 166,67 \text{ mm} \geq S.\text{min} = 25 \text{ mm (OKE)}\end{aligned}$$

$$S. \text{ tulangan} = 150 \text{ mm (pakai)}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka digunakan tulangan vertikal pada *diaphragm wall* dengan konfigurasi **D25-150 mm**.

### c. Tulangan horizontal

Tulangan horisontal diperlukan karena efek susut beton oleh temperatur. Pada mutu tulangan  $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$  berdasarkan persamaan (2.27), maka perhitungannya sebagai berikut :

- Menentukan luasan yang dibutuhkan (As)

$$\begin{aligned}Ag &= 1000 \times 1000 \\ &= 1000000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= 0,002 \times Ag \\ &= 2000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Menentukan jumlah kebutuhan tulangan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$\begin{aligned}As \text{ tul.D19} &= 1/4 \pi d^2 \\ &= 283,529 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n. \text{ tulangan} &= As / As \text{ tul.D19} \\ &= 7,0540 \text{ buah/m} \\ &= 8 \text{ buah/m}\end{aligned}$$

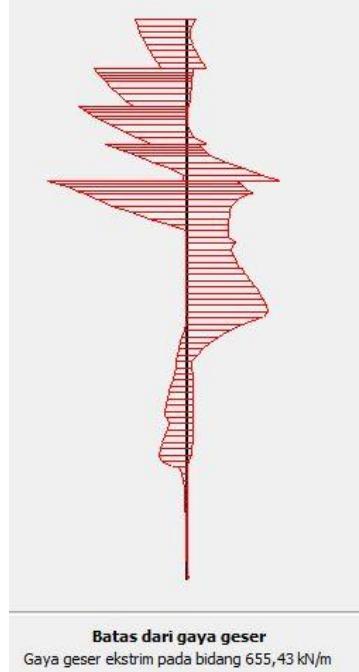
$$\begin{aligned} S. \text{ tulangan} &= bw / n-1 \\ &= 1000 / (8-1) \\ &= 143 \quad \text{mm} \quad \geq S.\text{min} = 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

$$S. \text{ tulangan} = 150 \quad \text{mm} \quad (\text{pakai})$$

Maka digunakan tulangan horizontal pada *diaphragm wall* dengan konfigurasi **D19-150 mm.**

#### d. Tulangan geser

Dalam merencanakan tulangan geser, diperlukan nilai geser maksimum dari *diaphragm wall*. Nilai Vu didapat menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.6. Nilai Geser Maksimum pada Diaphragm Wall dapat dilihat pada **Gambar 4.20** berikut.



**Gambar 4. 20 Shear Ultimate pada Diaphragm Wall**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Diketahui :

$$V_u = 655,433 \text{ kN}$$

Pada perencanaan tulangan geser perlu diketahui bahwa nilai  $V_u$  harus dibandingkan dengan nilai  $\phi V_c$ . Dimana nilai  $\phi V_c = 0,85 \sqrt{f'c b d}$ . Jika  $V_u < \phi V_c$  maka tidak diperlukan tulangan geser.

- Perhitungan nilai  $V_c$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,85 \sqrt{f'c b d} \\ &= 741,216 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan bahwa  $V_u \leq \phi V_c$ , sehingga tidak direncanakan tulangan geser. Namun, tetap dipasang tulangan geser praktis dengan ukuran  $\phi 13$  mm. Untuk jarak antar tulangan dipakai yang terkecil dari :

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{915,5}{2} = 457,75 \text{ mm atau}$$

$$S_{max} = 600 \text{ mm}$$

Maka, digunakan tulangan geser praktis pada *diaphragm wall* dengan konfigurasi **D13-450 mm**.

#### **D. Kontrol *Uplift Pressure***

*Uplift pressure* atau *Buoyancy* adalah tekanan air ke atas akibat adanya perbedaan tinggi permukaan air tanah karena penggalian. Pada perencanaan ini, adanya perbedaan tinggi muka air terjadi karena permukaan tanah mengalami perbedaan tinggi akibat dari penggalian. Gaya *uplift* ini dapat menyebabkan seluruh struktur bangunan basement terangkat atau ter dorong keatas sehingga dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu, untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dilakukan kontrol *uplift pressure* terhadap beban struktur.

Kontrol besarnya *uplift pressure* direncanakan pada saat pelat lantai terbawah telah terpasang, pada kasus ini pelat terbawah merupakan *raft foundation* dan muka air tanah dalam kondisi hidrostatik kembali, dimana muka air tanah setelah dilakukan ekskavasi berada tepat di bawah pelat lantai. Seluruh beban

tekanan air yang terjadi akan ditahan oleh berat total dari basement dan friksi dari *Diaphragm Wall* yang ditanam sebelum dilakukan penggalian.

Besar dari gaya angkat yang terjadi merupakan beban luas dimana gaya sebesar perbedaan tinggi muka air tanah dikali dengan berat volume dari air di tanah tersebut. Pada perencanaan ini diketahui bahwa tinggi muka air berada pada kedalaman -5,00 meter sedangkan kedalaman galian di -18,00 meter. Sehingga dapat dihitung besar gaya *uplift/buoyancy* sebagai berikut.

$$F = (18 - 1)m \times 1 \text{ t/m}^3$$

$$= 17 \text{ t/m}^2$$

$$\Sigma F = 17 \text{ t/m}^2 \times 40 \text{ m} \text{ (lebar basement)} \\ = 680 \text{ t/m}$$

Jadi, beban angkat yang harus ditahan oleh struktur basement adalah sebesar 680 t/m.

Untuk dapat menahan gaya angkat tersebut maka diperlukan gaya tahanan akibat berat struktur basement yaitu dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton, juga dari gaya friksi dari *diaphragm wall* sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

- ### o Berat struktur:

$$\text{Berat/m}^3 \text{ Diaphragm Wall} = 134.400 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat/m}^3 \text{ Tiang Pancang} = 836,016 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat/m}^3 \text{ Pelat Lantai basement} = 96,000 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat/m}^3 \text{ Raft foundation} = 192,0 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat/m}^3 \text{ Total Struktur (W)} = 1258,416 \text{ t/m}^3$$

- Gaya friksi dari *Diaphragm Wall* :

$$Qu = (2LH + 2BH) \times Cu$$

$$\text{Gaya tahanan total} = 907.947 + 1258.416$$

$$\equiv 2166.362 \quad t/m$$

(Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada 1)

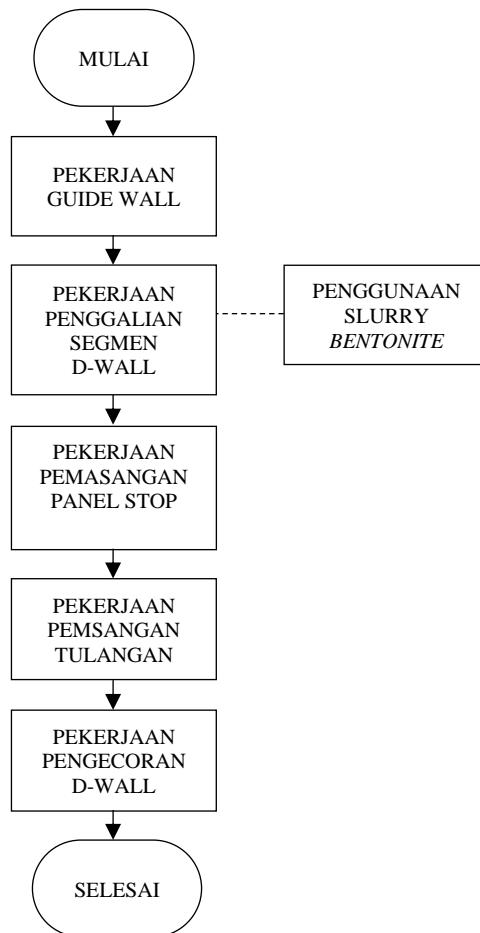
Sehingga diperoleh nilai gaya penahan *uplift* ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi ( $Qu$ ) ditambah dengan berat struktur ( $W$ ) kemudian dibagi oleh *Safety Factor* (SF) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai SF sebesar 3, menjadi :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= (Qu + W) / SF \\ &= 722,121 \quad t/m \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap *uplift*  
 $\sum F = 680 \text{ t/m} < Q_{all} = 722,121 \text{ t/m}$  (OK)

### E. Metode Pelaksanaan

Pada sub bab ini akan membahas mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *diaphragm wall*. Metode pelaksanaan *diaphragm wall* secara garis besar dijelaskan pada **Gambar 4.21** di bawah ini.



**Gambar 4. 21** Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi *Diaphragm Wall*

**a. Pekerjaan *guide wall***

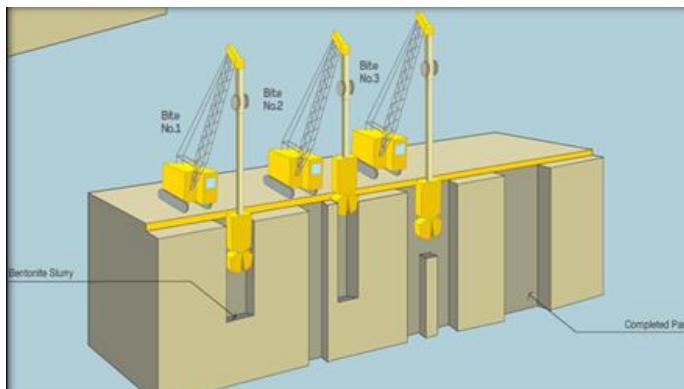
*Guide wall* adalah dinding dengan material beton bertulang mutu rendah (K125) yang memiliki jarak lebih lebar dari ketebalan dinding *diaphragm wal*. *Guide wall* ini juga berfungsi sebagai rel atau dinding pengarah bagi *excavation grab* dalam melakukan penggalian. Tebal dari *guide wall* ini adalah 0,5 meter dengan kedalaman 1 meter. Berikut contoh pekerjaan *guide wall* seperti yang terlihat pada **Gambar 4.22**.



**Gambar 4. 22** Pekerjaan *Guide Wall Diaphragm Wall*

**b. Pekerjaan penggalian segmen *diaphragm wall***

Setelah pembuatan *guide wall* yang berfungsi sebagai dinding pengarah. Selanjutnya dilakukan penggalian tanah dengan menggunakan alat berat *hydraulic excavation grab / clamshel*. Penggalian tanah dilakukan dengan metode *three pass excavation*, dimana penggalian dilakukan dengan teknik selang – seling, hal ini dilakukan untuk menghindari keruntuhan tanah akibat galian dan juga agar lebar galian dapat dicapai sesuai dengan lebar rencana panel *diaphragm wall*. Pada tahapan penggalian ini juga ditambahkan *slurry bentonite* yang bertujuan untuk menjaga kestabilan tanah galian. Penggalian dilakukan dengan volume galian berdasarkan dimensi panel dinding adalah  $5 \times 1.0 \times 40 \text{ m}^3$  per panel. Berikut adalah ilustrasi penggalian *diaphragm wall* dengan menggunakan *hydraulic excavation grab / clamshell* seperti yang ditunjukan pada **Gambar 4.23**.



**Gambar 4. 23** Penggalian Diaphragm Wall dengan Menggunakan *Hydraulic Excavation Grab / Clamshell*

**c. Pekerjaan pemasangan panel stop**

*Stop Ends* adalah sebuah pembatas yang diletakkan pada kedua ujung segmen galian *diaphragm wall*. Panel stop ini berfungsi untuk membentuk kedua ujung diaphragm wall. Pada tiap ujung dinding diaphragm wall ada dua tipe, yaitu tipe *male* dan *female*. Paduan keduanya akan membuat antar panel saling mengikat. Selain diberi panel stop, dipasangkan juga water stop yang berguna untuk membuat dinding kedap air dan mencegah adanya kebocoran dari air tanah supaya tulangan tidak korosi. Ilustrasi panel stop dan water stop dapat dilihat pada **Gambar 4.25**.

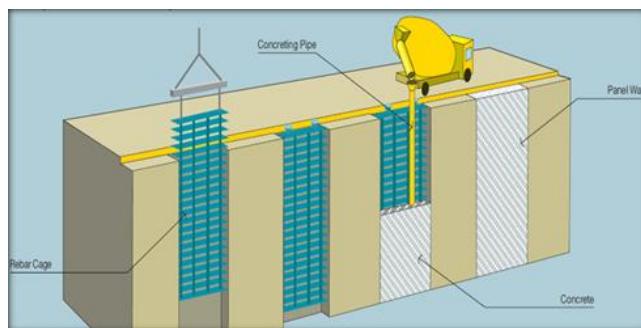
**d. Pekerjaan pemasangan tulangan**

Setelah galian selesai, maka dilanjutkan oleh pemasangan tulangan. Penulangan yang berupa keranjang besi difabrikasi terlebih dahulu, kemudian diangkat menggunakan *mobile crane* dan dimasukkan secara perlahan – lahan ke dalam galian tanah seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.24**.

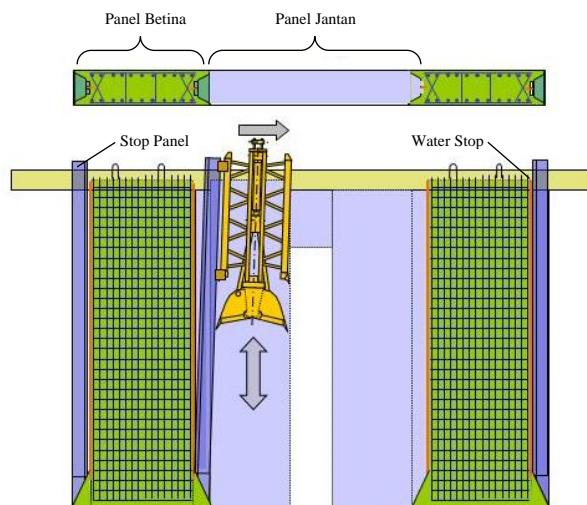
**e. Pekerjaan pengecoran diaphragm wall**

Pekerjaan pengecoran dilakukan setelah pekerjaan penulangan, dan pemasangan *waterstop*. Sebelum pengecoran, pipa *tremie* dipasang sepanjang kedalaman dinding dengan ujung

bawah pipa terletak 30 cm dari dasar lubang. Setelah pipa *tremie* dipasang, pengecoran dilakukan dengan mutu beton  $f'c$  30 MPa. Beton dimasukkan ke dalam lubang panel dinding menggunakan *concrete mixer truck* seperti diilustrasikan pada **Gambar 4.24**. Perlu diketahui bahwa pekerjaan penggalian sampai dengan pengecoran dilakukan per panel. Panel yang terlompoti dicor ketika panel di sekitarnya telah berumur 2 (dua) hari.



**Gambar 4. 24** Pemasangan Tulangan dan Pengecoran diaphragm wall



**Gambar 4. 25** Detail Ilustrasi Stop Panel dan Water Stop

## F. Rencana Anggaran Biaya

Pada tugas akhir ini rencana anggaran biaya berdasarkan pada material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biaya berasal dari volume material dikalikan dengan harga satuan material. Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk dinding penahan tanah jenis *diaphragm wall* dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4. 12** Rencana Anggaran Biaya *Diaphragm Wall*

<b>Biaya Material <i>Diaphragm Wall</i></b>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	13715,766	m <sup>3</sup>	Rp870.674	Rp11.941.960.424
Pembesian				
D25	746950,67	kg	Rp13.500	Rp10.083.833.981
D19	246536,4	kg	Rp13.500	Rp3.328.241.433
φ13	28853,637	kg	Rp13.500	Rp389.524.101
TOTAL BIAYA				<b>Rp25.743.559.940</b>

### 4.3.2 Perencanaan *Secant Pile*

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Secant Pile*. *Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan, metode pelaksana dan biaya bahan juga materialnya. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

#### A. Preliminary Design

Sebelum melakukan perhitungan diperlukan data - data penunjang yang akan digunakan seperti data tanah dan parameter tanah. Selanjutnya dilakukan *preliminary design* untuk mempermudah perencanaan.

##### a. Data tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan *secant pile* kali ini menggunakan data tanah pada titik DB 1 seperti pada **Tabel**

## 4.6.

### b. Secant pile

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah didapatkan panjang dinding penahan tanah sedalam 46 meter. Kemudian dilakukan perencanaan awal / *preliminary design* untuk parameter - parameter lainnya sebagai berikut :

Diameter <i>Primary Pile</i>	= 1,2	m
Diameter <i>Secondary Pile</i>	= 1,0	m
<i>Spacing Secondary Pile</i>	= 1,5	m
Luas Penampang (A)	= 1,1	$m^2$
Inersia Penampang (I)	= 0,1109	$m^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30	MPa
Mutu Bentonite ( <i>secondary pile</i> )	= 25	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 25742960,203	$kN/m^2$
EA	= 28317256,223	kN
EI	= 2855323,336	$kNm^2$
Berat Dinding (W)	= 26,40	kN/m

### c. Pengaku lateral

Perencanaan kali ini, pengaku lateral yang dimaksud adalah pelat lantai basement dan *raft foundation* yang berfungsi sebagai lantai gedung dan juga sebagai penahan tekanan lateral tanah yang terjadi pada dinding basement. Berikut adalah *preliminary design* nya :

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 0,25	m
Luas Penampang (A)	= 0,25	$m^2$
Inersia Penampang (I)	= 0,0013	$m^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 35	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 27805574,981	$kN/m^2$
EA	= 6951393,745	kN

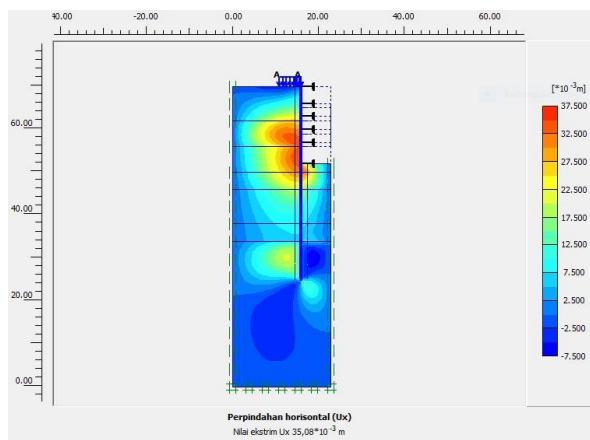
EI	= 36205,176	kNm <sup>2</sup>
Berat Pelat (W)	= 6,0	kN/m
<b>• Raft Foundation :</b>		
Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 2,0	m
Luas Penampang (A)	= 2.0	m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,667	m <sup>4</sup>
Mutu Beton ( <i>f<sub>c'</sub></i> )	= 50	MPa
Mutu Baja ( <i>f<sub>y</sub></i> )	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$	
	= 33234018,716	kN/m <sup>2</sup>
EA	= 66468037,432	kN
EI	= 22156012,477	kNm <sup>2</sup>
Berat Pelat (W)	= 48,0	kN/m

## B. Analisa Stabilitas Dinding

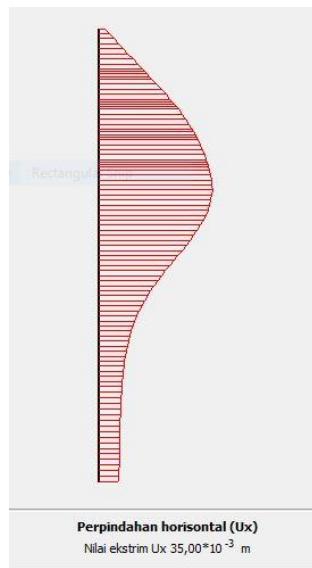
Analisa stabilitas dinding merupakan tahapan untuk mengetahui apakah desain struktur yang telah direncanakan telah memenuhi syarat atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.6. Hasil analisa stabilitas berupa defleksi dinding dan *safety factor* secara keseluruhan.

Pada analisa stabilitas dinding menggunakan program bantu PLAXIS V.8.6 ini langkah – langkah pengoperasiannya sama seperti analisa stabilitas pada *diaphragm wall*. Hanya saja perbedaannya terletak pada input / masukan nilai parameter dinding penahan tanahnya.

Berikut merupakan hasil proses analisa stabilitas dinding dengan program bantu PLAXIS V.8.6 dan **Gambar 4.26** merupakan kondisi *total displacement* dari *secant pile* dan pada **Gambar 4.27** merupakan hasil nilai defeleksi maksimum yang terjadi pada *secant pile*.



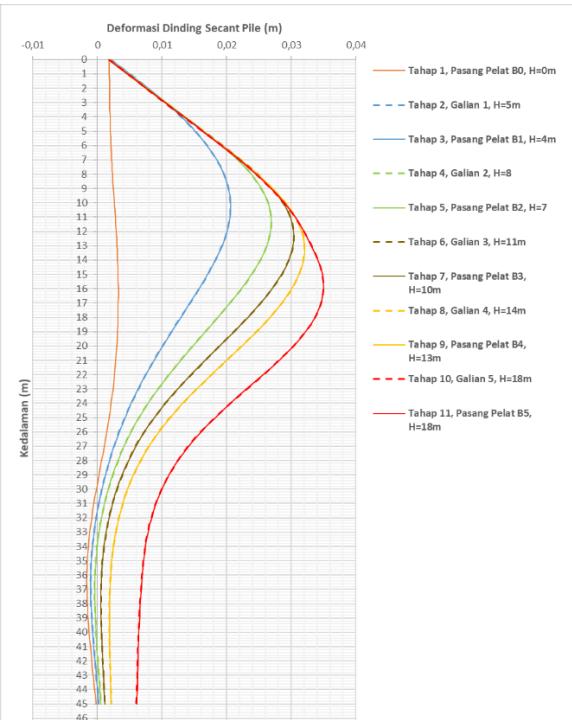
**Gambar 4. 26 Total Displacement Secant Pile**



**Gambar 4. 27 Horizontal Displacement pada Secant Pile**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Berdasarkan hasil permodelan pada Plaxis V8.6 didapatkan defleksi horizontal maksimal yang terjadi pada dinding penahan tanah *Secant Pile* sebesar **35,00 mm** atau **3,50 cm** pada galian ke lima dengan *Safety Factor* (SF) sebesar **3,174**. Berdasarkan SNI 8460-2017 Pasal 10.3.8.2 dan berdasarkan **Tabel 4.10** defleksi maksimum untuk dinding penahan tanah *Secant Pile* ini adalah **90 mm**. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa desain dari *Secant Pile* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.

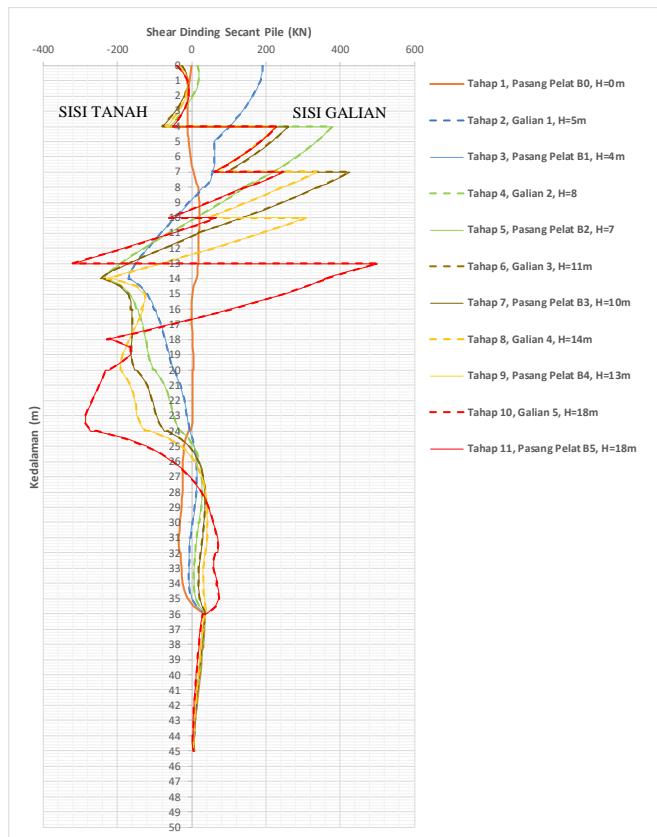
Hasil perbandingan deformasi, momen dan juga gaya geser tiap tahapan konstruksi dapat dilihat pada **Gambar 4.28**, **Gambar 4.29** dan **Gambar 4.30**. Sedangkan untuk rekapitulasinya dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.



**Gambar 4. 28** Grafik Perbandingan *Displacement* pada *Secant Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
 (Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4. 29** Grafik Perbandingan *Moment* pada *Secant Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)



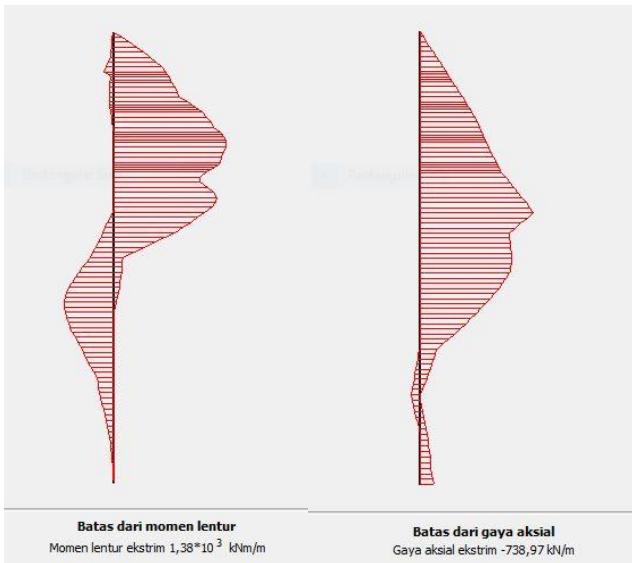
**Gambar 4. 30** Grafik Perbandingan *Shear* pada *Secant Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)

**Tabel 4. 13** Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada *Secant Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian

Tahap		Defleksi	Momen	Geser
		mm	kNm	kN
0	Instal dinding + beban	0,00	97,45	35,20
1	Pelat B0	0,00	97,45	35,20
2	Galian 1	20,61	899,46	191,49
3	Pelat B1	20,62	899,59	191,26
4	Galian 2	26,91	1241,60	380,22
5	Pelat B2	26,91	1241,61	380,22
6	Galian 3	30,41	1379,46	425,16
7	Pelat B3	30,41	1379,43	425,15
8	Galian 4	32,08	1324,81	336,26
9	Pelat B4	32,08	1324,86	336,26
10	Galian 5	35,00	1263,60	500,95
11	Pelat B5	35,00	1262,51	500,58

### C. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan perencanaan kebutuhan tulangan *Secant Pile* akan direncanakan dengan menggunakan program bantu SpColumn. Program ini berfungsi untuk membantu menentukan banyaknya tulangan yang dibutuhkan. Namun pada input program ini dibutuhkan gaya dalam berupa nilai P dan M. Nilai P dan M tersebut dapat dicari dengan menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.6. Nilai Momen Maksimum dan Aksial Maksimum pada *Secant Pile* dapat dilihat pada **Gambar 4.31.** berikut.

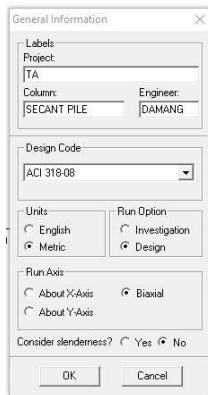


**Gambar 4. 31  $M_{max}$  dan  $P_{max}$  pada Secant Pile**

Setelah semua gaya – gaya telah diperoleh melalui program bantu PLAXIS V.8.6. maka dilanjutkan untuk perhitungan kebutuhan tulangan menggunakan program SPColumn. Berikut adalah langkah – langkah perencanaan tulangan menggunakan program bantu spColumn.

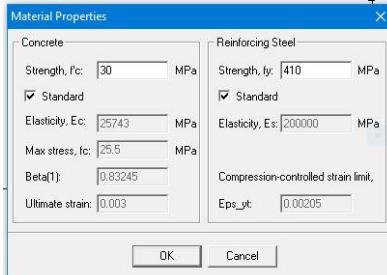
**a. Input atau masukan**

- Pada Tab *Input*, pilih menu *General Information* kemudian definisikan *project* pada bagian *Label* sesuai kenginan, lalu ubah bagian *Units* menjadi *Metric*, *Run Option* menjadi *Design* , *Run Axis* menjadi *Biaxial* dan *Design Code* menjadi *ACI 318-08* serta *consider slenderness* menjadi *No*, lalu klik **OK**. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.32**. berikut :



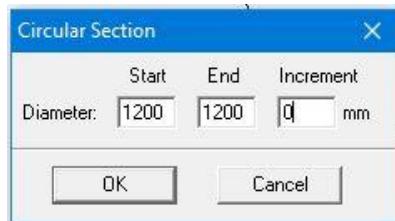
**Gambar 4. 32 General Information**

- Lalu untuk merubah jenis material , pada tab Input, pilih menu *Material Properties* kemudian ubah sesuai data perencanaan *secant pile*. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.33.** berikut :



**Gambar 4. 33 Material Properties**

- Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan bentuk penampang, pada Tab *Input*, pilih menu *Section*, lalu pilih *circular* untuk penampang lingkaran. Kemudian ubah sesuai data perencanaan *secant pile*. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.34.** dibawah ini :

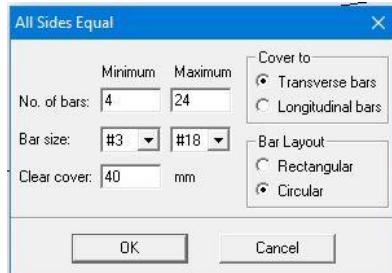


**Gambar 4.34** Input Penampang

- Setelah mendefinisikan penampang. Selanjutnya adalah mendefinisikan kriteria tulangan yang diinginkan, pada tab *Input*, pilih menu *Reinforcement / All Side Equal* lalu masukan kriteria tulangan yang diinginkan sesuai dengan peraturan dan untuk mengetahui *size code of reinforcement* dapat dilihat pada tab *option* dan pilih *reinforcement*. Seperti terlihat pada **Gambar 4.35** untuk ukuran tulangan dan **Gambar 4.36** untuk kriteria tulangan.

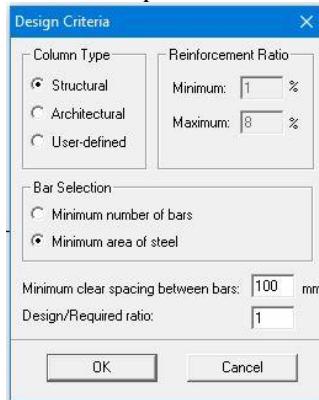
Reinforcement				
Bar Set		Save..	Read..	
Size:	Diam.:	Area:	Weight:	
3	9.525	70.968	0.56	
mm	mm	mm <sup>2</sup>	kg/m	
Add	Modif	Delete		
Size	Db	Ab	Wb	
#3	9.525	70.968	0.56	
#4	12.7	129.032	0.994	
#5	15.875	200	1.552	
#6	19.05	283.87	2.235	
#7	22.225	387.096	3.042	
#8	25.4	509.676	3.973	
#9	28.651	645.16	5.06	
#10	32.258	819.353	6.404	
#11	35.814	1006.45	7.907	
#14	43.002	1451.61	11.384	
#18	57.328	2580.64	20.239	

**Gambar 4.35** Size Code Of Reinforcement



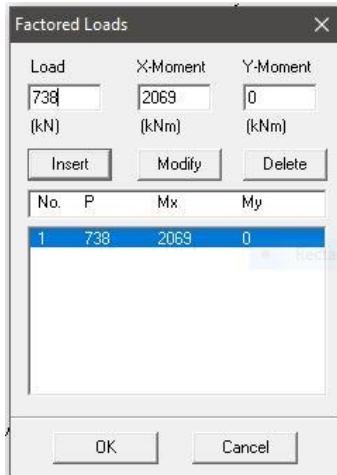
**Gambar 4. 36** Kriteria Tulangan

- Selanjutnya adalah mendefinisikan kriteria desain, pada tab *Input*, pilih menu *Reinforcement / Design Criteria* lalu masukan kriteria desain yang dinginkan sesuai dengan peraturan. Seperti terlihat pada **Gambar 4.37.** berikut :



**Gambar 4. 37** Desain Kriteria Tulangan

- Langkah berikutnya adalah *Input* beban, pada tab *Input*, pilih menu *Loads / Factored* lalu masukan beban – beban yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.38.** berikut :

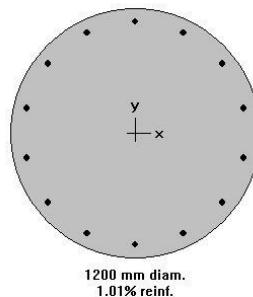


**Gambar 4. 38** Input Beban

**b. Calculate atau kalkulasi**

- Setelah semua *input* terdefinisikan, langkah selanjutnya adalah melakukan kalkulasi perhitungan kebutuhan tulangan dengan cara menekan tombol F5 atau dengan menekan tab *solve* dan klik *execute*.

Hasil dari perencanaan tulangan *Secant Pile* pada tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 4.39** yang menunjukkan penampang tiang serta tulangan yang dibutuhkan dan **Gambar 4.40** menunjukkan detail dari hasil perhitungan tulangan dengan SpColumn.



**Gambar 4. 39** Penampang Primary Pile dan Tulangannya

**MATERIAL:**

```
=====
f'c = 30 MPa
Ec = 25743 MPa
fc = 25.5 MPa
Beta1 = 0.83245
fy = 410 MPa
Es = 200000 MPa
```

**SECTION:**

```
=====
Ag = 1.13097e+006 mm^2
Ix = 1.01788e+011 mm^4
Iy = 1.01788e+011 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm
```

**REINFORCEMENT:**

```
=====
14 #10 bars @ 1.014%
As = 11470.9 mm^2
Confinement: Tied
Clear Cover = 49.53 mm
Min Clear Spacing = 205.55 mm
```

**Gambar 4. 40 Detail Hasil Perhitungan SPColumn**

Berdasarkan hasil perhitungan SPColumn menunjukan bahwa kebutuhan tulangan *Secant Pile* digunakan konfigurasi **14D32** dengan jarak antar tulangan 205,55 mm dan  $\rho = 1,014\%$  dimana telah memenuhi persyaratan nilai  $\rho = 1\% - 6\%$  sesuai syarat SNI. Untuk detail gambar penulangan *Secant Pile* dapat dilihat pada Lampiran.

**D. Kontrol Uplift Pressure**

*Uplift pressure* atau *Buoyancy* adalah tekanan air ke atas akibat adanya perbedaan tinggi permukaan air tanah karena penggalian. Pada perencanaan ini, adanya perbedaan tinggi muka air terjadi karena permukaan tanah mengalami perbedaan tinggi akibat dari penggalian. Gaya *uplift* ini dapat menyebabkan seluruh struktur bangunan basement terangkat atau terdorong keatas sehingga dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu, untuk

menghindari hal tersebut, maka perlu dilakukan kontrol *uplift pressure* terhadap beban struktur.

Kontrol besarnya *uplift pressure* direncanakan pada saat pelat lantai terbawah telah terpasang, pada kasus ini pelat terbawah merupakan *raft foundation* dan muka air tanah dalam kondisi hidrostatis kembali, dimana muka air tanah setelah dilakukan ekskavasi berada tepat di bawah pelat lantai. Seluruh beban tekanan air yang terjadi akan ditahan oleh berat total dari basement dan friksi dari *Secant Pile* yang ditanam sebelum dilakukan penggalian.

Besar dari gaya angkat yang terjadi merupakan beban luas dimana gaya sebesar perbedaan tinggi muka air tanah dikali dengan berat volume dari air di tanah tersebut. Pada perencanaan ini diketahui bahwa tinggi muka air berada pada kedalaman -5,00 meter sedangkan kedalaman galian di -18,00 meter. Sehingga dapat dihitung besar gaya *uplift/buoyancy* sebagai berikut.

$$F = (18 - 1)m \times 1 t/m^3$$

$$= 17 t/m^2$$

$$\Sigma F = 17 t/m^2 \times 40 \text{ m (lebar basement)}$$

$$= 680 t/m$$

Jadi, beban angkat yang harus ditahan oleh struktur basement adalah sebesar 680 t/m.

Untuk dapat menahan gaya angkat tersebut maka diperlukan gaya tahanan akibat berat struktur basement yaitu dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton, juga dari gaya friksi dari *secant pile* sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

- Berat struktur :

Berat/m' <i>Secant Pile</i>	= 147,840	<i>t/m</i>
Berat/m' Tiang Pancang	= 836,016	<i>t/m</i>
Berat/m' Pelat Lantai basement	= 96,0	<i>t/m</i>
Berat/m' Raft foundation	= 192,0	<i>t/m</i>
Berat/m' Total Struktur (W)	= <b>1271,856</b>	<b><i>t/m</i></b>

- Gaya friksi dari *Secant Pile* :

$$\begin{aligned} Qu &= (2LH + 2BH) \times Cu \\ &= \mathbf{953,344} \quad t/m \end{aligned}$$

- Gaya tahanan total =  $953,344 + 1271,856$

$$= \mathbf{2225,200} \quad t/m$$

(Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran)

Sehingga diperoleh nilai gaya penahan *uplift* ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi (Qu) ditambah dengan berat struktur (W) kemudian dibagi oleh *Safety Factor* (SF) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai SF sebesar 3, menjadi :

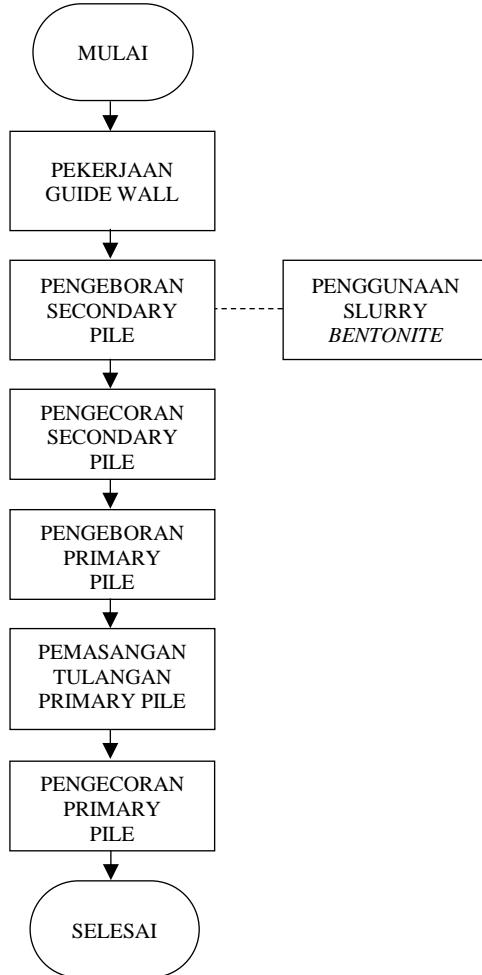
$$\begin{aligned} Q_{all} &= (Qu + W) / SF \\ &= 741,733 \quad t/m \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap *uplift*

$$\sum F = 680 \text{ t/m} < Q_{all} = 741,733 \text{ t/m} \quad (\text{OK})$$

### E. Metode Pelaksanaan

Pada sub bab ini akan membahas mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *secant pile*. Metode pelaksanaan *secant pile* secara garis besar dijelaskan pada **Gambar 4.41** di bawah ini.



**Gambar 4. 41** Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi *Secant Pile*

**a. Pekerjaan *guide wall***

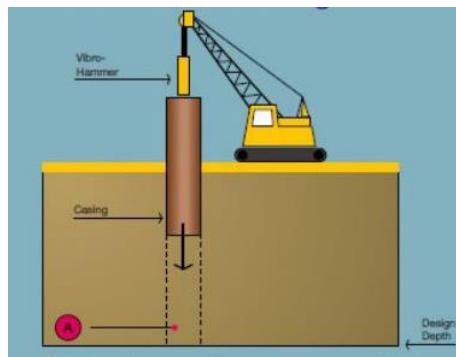
Guide wall pada secant pile sama halnya pada diaphragm wall yaitu dinding dengan material beton bertulang mutu rendah (K125) yang memiliki jarak lebih lebar dari ketebalan dinding *secant pile*. *Guide wall* ini juga berfungsi sebagai rel atau dinding pengarah dalam melakukan penggalian. Tebal dari *guide wall* ini adalah 0,5 meter dengan kedalaman 1 meter. Berikut contoh pekerjaan guide wall seperti yang terlihat pada **Gambar 4.42**.



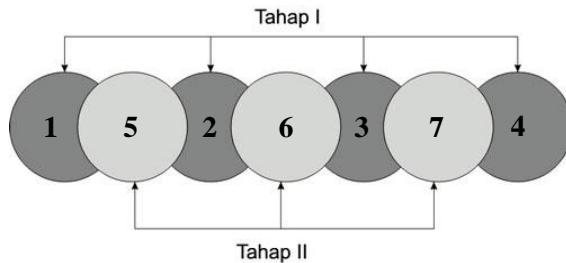
**Gambar 4. 42** Pekerjaan *Guide Wall Secant Pile*

**b. Pengeboran *secondary pile***

Setelah dilakukan pembuatan *guide wall* selanjutnya dilakukan pengeboran *secondary pile*. Pengeboran awal menggunakan mata bor *auger* yang dipasang pada alat berat dan berfungsi untuk melonggarkan tanah yang akan dibuat lubang tiang bor dan diiringi dengan pemasangan casing bor terlebih dahulu seperti yang terlihat pada **Gambar 4.43**. *Secondary Pile* merupakan tiang dari campuran beton *bentonite* yang memiliki diameter lebih kecil dari *Primary Pile*. Pada perencanaan kali ini *secondary pile* didesain dengan diameter 1 meter dan *primary pile* berdiameter 1,2 meter. Pengeboran dilakukan sampai dengan kedalaman 40 meter dengan jarak berselang satu tiang bor dimana dalam desain *secondary pile* seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.44** memiliki nomor 1, 2, 3, 4.



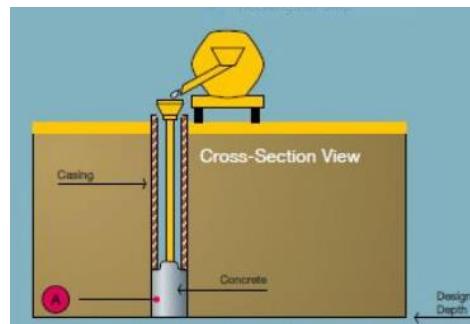
**Gambar 4. 43** Pengeboran Secondary pile dan Pemasangan Casing.



**Gambar 4. 44** Perencanaan Titik Pengeboran Secondary Pile

### c. Pengecoran secondary pile

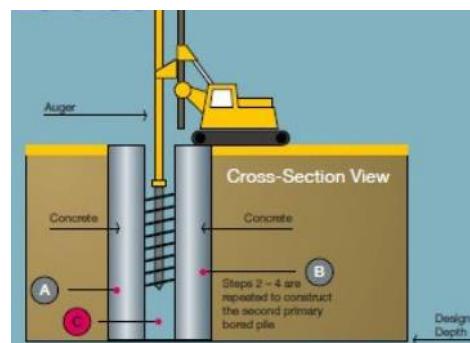
Setelah pengeboran titik secondary pile selesai. Tahap berikutnya adalah pengecoran secondary pile dengan campuran beton dan *bentonite slurry* yang berperan melindungi lubang pondasi yang telah terbentuk dari keruntuhan. Pengecoran dilakukan setelah casing terpasang dan dipasangnya pipa *tremie* sesuai dengan kedalaman yang direncanakan. Tahapan pengecoran dapat dilihat pada **Gambar 4.45**.



**Gambar 4. 45** Pengecoran Secondary Pile

#### d. Pengeboran *primary pile*

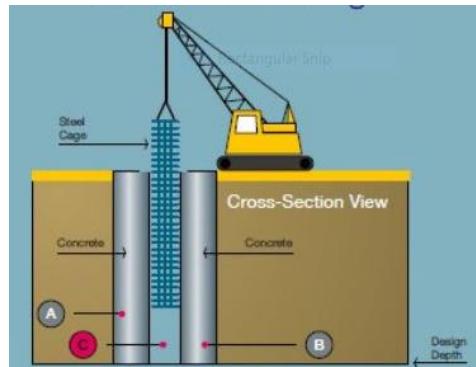
Setelah pekerjaan *secondary pile* selesai selanjutnya adalah pembuatan *primary pile*. *Primary Pile* merupakan *Pile* dari beton bertulang yang memiliki diameter 1,2 – 1,5 kali *secondary pile*. Pengeboran *primary pile* dilakukan setelah umur *secondary pile* minimal 1 hari dengan menggunakan metode yang sama dimana posisi *primary pile* ( titik 5, 6, 7) berada di antara *secondary pile* seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.44**. Pengeboran dilakukan dengan cara *overlapping* di antara *secondary pile*, sehingga dimensi *secondary pile* akan tergerus sedikit seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.46**.



**Gambar 4. 46** Pengeboran Primary Pile

e. Pemasangan tulangan pada *primary pile*

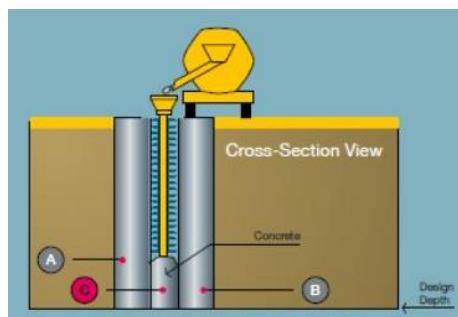
Setelah proses pengeboran, selanjutnya dilakukan pemasangan tulangan *primary pile*. Tulangan pada *primary pile* biasanya di fabrikasi *in-situ* pada lokasi proyek, setelah perkaitan tulangan kemudian dimasukan kedalam lubang *pile* dengan menggunakan *crane* seperti terlihat pada **Gambar 4.47**.



**Gambar 4. 47** Pemasangan Tulangan *Primary Pile*

f. Pengecoran *primary pile*

Pada tahap terakhir yaitu dilakukan pengecoran beton untuk *primary pile*. Pada perencanaan kali ini direncanakan beton dengan mutu  $f'_c$  30 MPa. Tahapan pengecoran dapat dilihat pada **Gambar 4.48**.



**Gambar 4. 48** Pengecoran *Primary Pile*

## F. Rencana Anggaran Biaya

Pada tugas akhir ini rencana anggaran biaya berdasarkan pada material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biaya berasal dari volume material dikalikan dengan harga satuan material. Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk dinding penahan tanah jenis *secant pile* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4. 14** Rencana Anggaran Biaya *Secant Pile*

Biaya Material <i>Secant Pile</i>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	10335,706	m3	Rp870.674	Rp8.999.030.185
Bentonite K-250	7249,749	m3	Rp832.768	Rp6.037.358.681
Pembesian				
D32	815869,31	kg	Rp13.500	Rp11.014.235.730
φ13	19235,758	kg	Rp13.500	Rp259.682.734
TOTAL BIAYA				<b>Rp26.310.307.331</b>

### 4.3.3 Perencanaan *Soldier Pile*

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Soldier Pile*. Dimana pada perencanaan dinding penahan tanah ini sedikit berbeda dengan dinding penahan tanah sebelumnya karena pada *soldier pile* direncanakan menggunakan profil baja dan juga dinding *lagging (concrete)*.

*Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan, metode pelaksanaan dan biaya bahan juga materialnya. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

## A. Preliminary Design

Sebelum melakukan perhitungan diperlukan data - data penunjang yang akan digunakan seperti data tanah dan parameter tanah. Selanjutnya dilakukan *preliminary design* untuk mempermudah perencanaan.

### a. Data tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan *soldier pile* kali ini menggunakan data tanah pada titik DB 1 seperti pada **Tabel 4.6**.

### b. Soldier pile

Sebagai perencanaan awal, profil baja ditentukan berdasarkan nilai modulus penampangnya ( $S_x$ ) dimana nilai momen maksimal yang didapatkan dari analisa *secant pile* sebelumnya sebesar 1379,460 kNm dan tegangan ijin baja sebesar 410 MPa, maka nilai  $S_x$  dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$S = \frac{M_{max}}{\phi \sigma_a} = \frac{1379,460 \times 1000}{0,9 \times 410} = 3738,373 \text{ cm}^3$$

Direncanakan :

- Profil baja H Beam 900 x 300 x 16 x 28
 

$d = 900$	mm	$S_x = 9140$	$\text{cm}^3$
$b = 300$	mm	$S_y = 843$	$\text{cm}^3$
$tw = 16$	mm	$ix = 36,4$	cm
$tf = 28$	mm	$iy = 6,39$	cm
$r = 28$	mm	$I_x = 118000$	$\text{cm}^4$
$A = 192,5$	$\text{mm}^2$	$I_y = 12600$	$\text{cm}^4$
$W = 243$	$\text{kg/m}$		
- Dinding
 

Tebal Dinding	$= 0,8$	m
Luas Penampang (A)	$= 0,8$	$\text{m}^2$
Inersia Penampang (I)	$= 0,0427$	$\text{m}^4$
Mutu Beton ( $f_c'$ )	$= 30$	MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	$= 410$	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	$= 4700\sqrt{f_c'}$	
	$= 25742960,203$	$\text{kN/m}^2$

EA	= 20594368,162	kN
EI	= 1098366,302	kNm <sup>2</sup>
Berat Dinding (W)	= 19,2	kN/m

### c. Pengaku lateral

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 0,25	m
Luas Penampang (A)	= 0,25	m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,0013	m <sup>4</sup>
Mutu Beton (fc')	= 35	MPa
Mutu Baja (fy)	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{fc'}$	
	= 27805574,981	kN/m <sup>2</sup>
EA	= 6951393,745	kN
EI	= 36205,176	kNm <sup>2</sup>
Berat Pelat (W)	= 6,0	kN/m

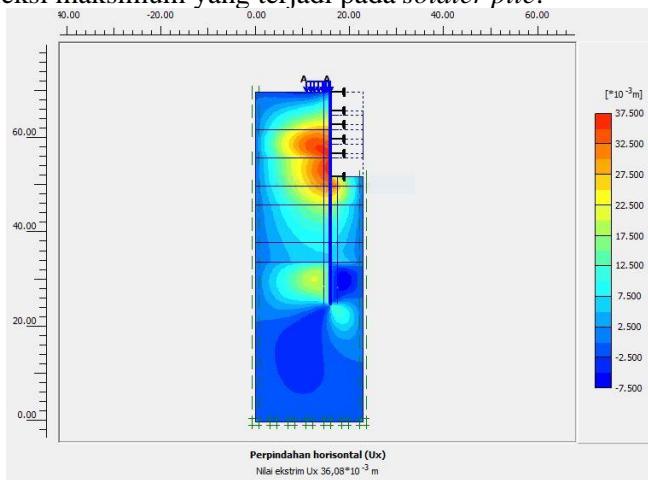
- *Raft Foundation* :

Tebal Pelat <i>Basement</i>	= 2,0	m
Luas Penampang (A)	= 2,0	m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,667	m <sup>4</sup>
Mutu Beton (fc')	= 50	MPa
Mutu Baja (fy)	= 410	MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{fc'}$	
	= 33234018,716	kN/m <sup>2</sup>
EA	= 66468037,432	kN
EI	= 22156012,477	kNm <sup>2</sup>
Berat Pelat (W)	= 48,0	kN/m

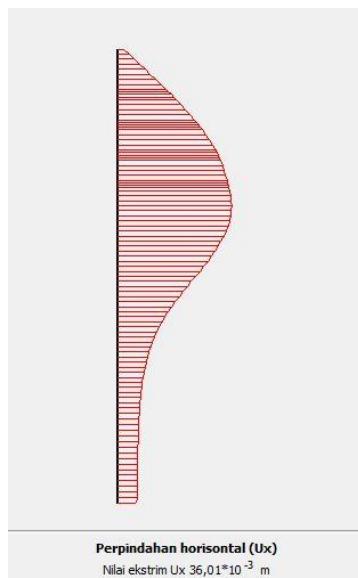
## B. Analisa Stabilitas Dinding

Analisa stabilitas dinding merupakan tahapan untuk mengetahui apakah desain struktur yang telah direncanakan telah memenuhi syarat atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.6. Hasil analisa stabilitas berupa defleksi dinding dan *safety factor* secara keseluruhan.

Pada analisa stabilitas dinding menggunakan program bantu PLAXIS V.8.6 ini langkah – langkah pengoperasiannya sama seperti analisa stabilitas pada *diaphragm wall* dan *secant pile*. Hanya saja perbedaannya terletak pada input / masukan nilai parameter dinding penahan tanahnya. Berikut merupakan hasil proses analisa stabilitas dinding dengan program bantu PLAXIS V.8.6 dan **Gambar 4.49** merupakan kondisi *total displacement* dari *soldier pile* dan pada **Gambar 4.50** merupakan hasil nilai defeleksi maksimum yang terjadi pada *soldier pile*.



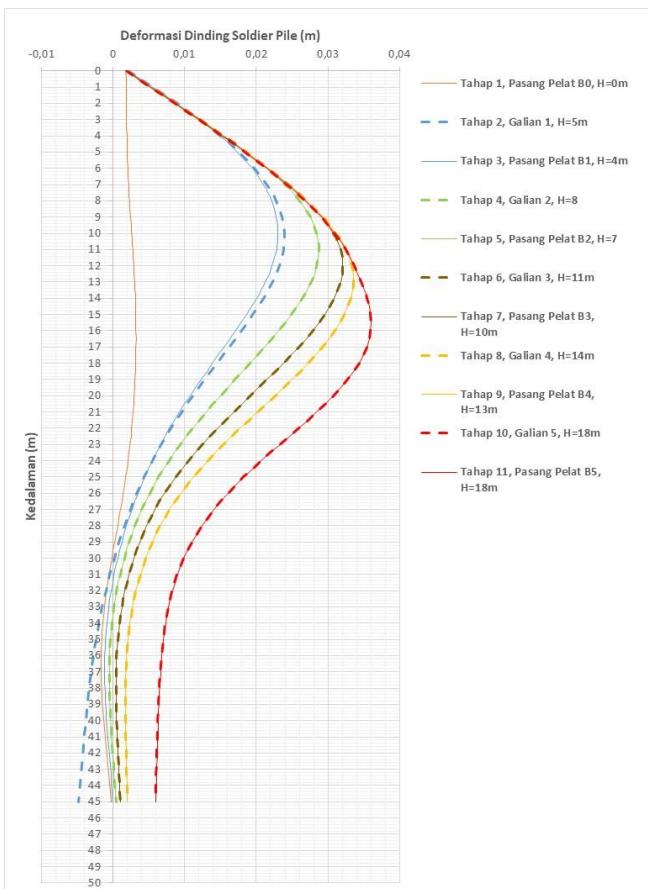
**Gambar 4.49 Total Displacement Soldier Pile**



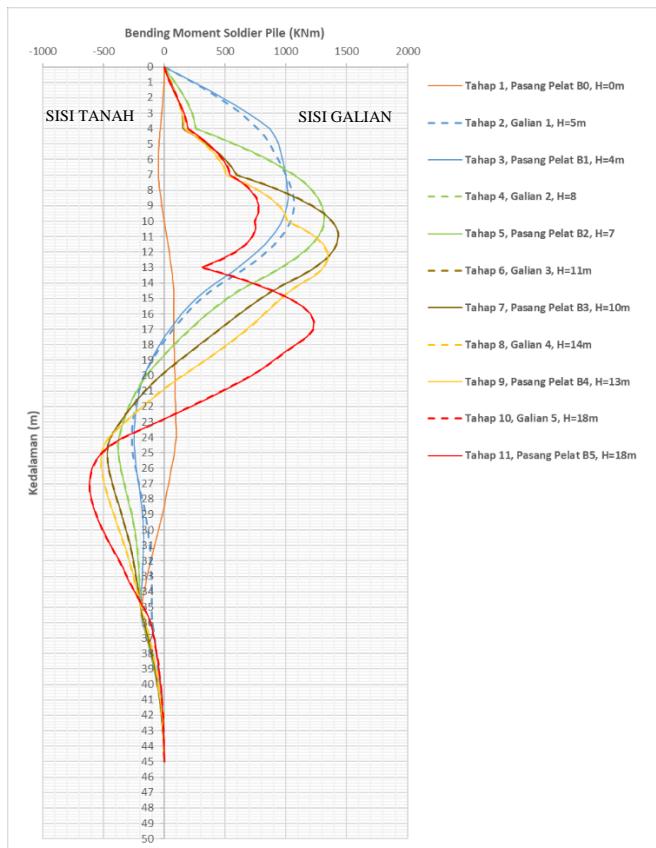
**Gambar 4. 50** *Horizontal Displacement pada Soldier Pile*  
(Sumber : Penulis , 2020)

Berdasarkan hasil permodelan pada Plaxis V8.6 didapatkan defleksi horizontal maksimal yang terjadi pada dinding penahan tanah *Soldier Pile* sebesar **36,01 mm** atau **3,60 cm** pada galian ke lima dengan *Safety Factor* (SF) sebesar **3,130**. Berdasarkan SNI 8460-2017 Pasal 10.3.8.2 dan berdasarkan **Tabel 4.10** defleksi maksimum untuk dinding penahan tanah *Soldier Pile* ini adalah **90 mm**. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa desain dari *Soldier Pile* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.

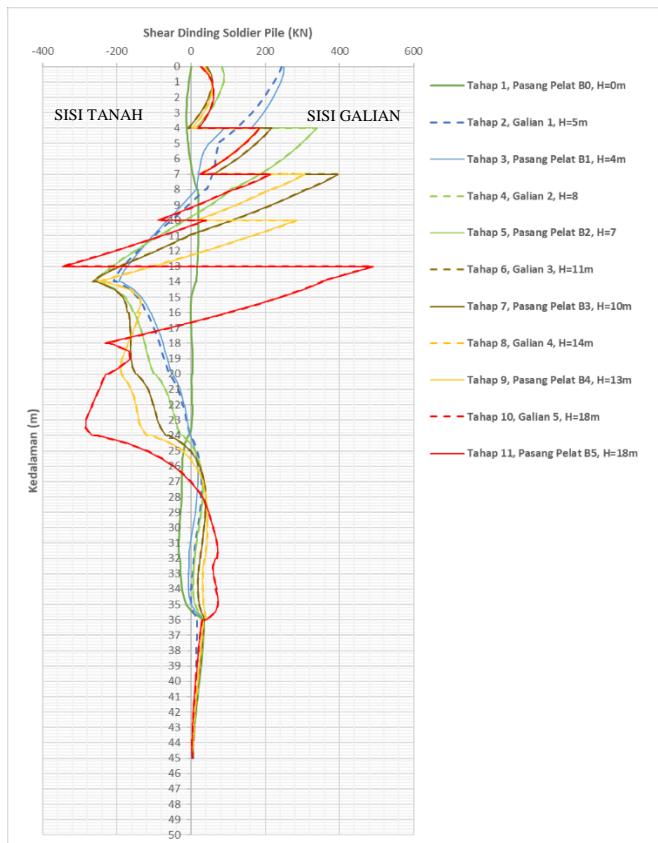
Hasil perbandingan deformasi, momen dan juga gaya geser tiap tahapan konstruksi dapat dilihat pada **Gambar 4.51**, **Gambar 4.52** dan **Gambar 4.53**. Sedangkan untuk rekapitulasinya dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.



**Gambar 4. 51** Grafik Perbandingan *Displacement* pada *Soldier Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
 (Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4. 52** Grafik Perbandingan *Moment* pada *Soldier Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)



**Gambar 4. 53** Grafik Perbandingan *Shear* pada *Soldier Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian  
(Sumber : Penulis , 2020)

**Tabel 4. 15** Rekapitulasi Nilai Defleksi, Momen dan Gaya Geser pada *Soldier Pile* untuk Setiap Tahapan Penggalian

Tahap		Defleksi	Momen	Geser
		mm	kNm	kN
0	Instal dinding + beban	0,00	97,45	35,20
1	Pelat B0	0,00	97,45	35,20
2	Galian 1	23,92	1067,51	244,14
3	Pelat B1	23,05	1017,26	250,08
4	Galian 2	28,72	1316,32	338,38
5	Pelat B2	28,72	1316,34	338,38
6	Galian 3	32,06	1432,08	396,10
7	Pelat B3	32,06	1432,06	396,10
8	Galian 4	33,55	1343,80	306,59
9	Pelat B4	33,55	1343,79	306,60
10	Galian 5	36,01	1233,15	491,43
11	Pelat B5	36,01	1232,10	491,07

### C. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perencanaan :

$$H_{wall} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 490,874 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= H_{wall} - \text{selimut beton} - 1/2 D_{tulangan} \\ &= 800 - 40 - 25/2 \\ &= 747,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### a. Perhitungan nilai $M_R$

Diketahui :

$$\text{Mutu Beton (f'c)} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Baja (fy)} = 410 \text{ Mpa}$$

- Mencari nilai  $\beta_1$   
Untuk  $f'c \geq 28$  MPa digunakan persamaan dibawah ini :  

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 ( f'c - 280 / 70 ) \geq 0,65 \\ \beta_1 &= 0,835714286 \geq 0,65\end{aligned}$$
- Mencari batasan rasio tulangan :  
 $\rho$  balance :  

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \beta_1 (f'c / fy) ( 600 / (600 + fy) ) \\ \rho_b &= 0,030877635\end{aligned}$$
 $\rho$  maximum :  

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,02315823\end{aligned}$$
 $\rho$  minimum :  

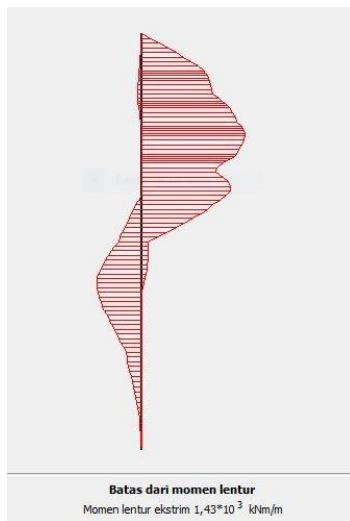
$$\begin{aligned}\rho_{min} &= 1,4/fy \\ &= 0,00341463\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= 0,25\sqrt{f'c} / fy \\ &= 0,003339772\end{aligned}$$
(ρ<sub>min</sub> pakai)
- Menghitung nilai  $M_R$   

$$\begin{aligned}M_R &= (1/\emptyset) \rho_{max} fy (1 - 0,59 (\rho_{max} fy/f'c)) bd^2 \\ M_R &= 4794048796 \text{ Nmm} \\ &= 4794,049 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### b. Perhitungan tulangan vertikal

Penulangan vertikal direncanakan untuk menahan *bending moment* yang terjadi pada dinding. Oleh karena itu diperlukan nilai  $M_u$  (*Momen Ultimate*) yang terjadi pada dinding. Nilai  $M_u$  didapat menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.6. Nilai Momen Maksimum pada *Soldier Pile Wall* dapat dilihat pada **Gambar 4.54.** berikut. Pada perencanaan ini panjang panel direncanakan 2 meter sehingga momen maksimum yang terjadi menjadi 2 kali dari sebelumnya. Detail penulangan *Soldier Pile Wall* dapat dilihat pada lampiran.



**Gambar 4. 54 Moment Ultimate pada Soldier Pile wall**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Diketahui :

$$\begin{aligned} Mu &= 2864,1546 \text{ kNm} \\ &= 2864154600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_R = 4794048796 \text{ Nmm}$$

Didapatkan bahwa  $Mu \leq \emptyset M_R$ , sehingga tidak diperlukan tulangan tekan.

- Menentukan rasio kekuatan material (m)

$$\begin{aligned} m &= f_y / 0,85 f'_c \\ &= 16,0784 \end{aligned}$$

- Menentukan faktor tahanan lentur (Rn)

$$\begin{aligned} Rn &= Mu / \emptyset b d^2 \\ &= 2,847748012 \end{aligned}$$

- Menentukan rasio penulangan ( $\rho$  pakai)

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho b \\ &= 0,02315823 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 0,003339772$$

$$\begin{aligned} \rho &= 1/m (1 - \sqrt{(1 - (2 m Rn / f_y b d^2)))}) \\ &= 1,24E-11 \end{aligned}$$

Karena nilai  $\rho \leq \rho_{min}$  maka digunakan  $\rho$  pakai =  $\rho_{min} = 0,003339772$

- Menentukan kebutuhan luas tulangan  

$$\text{As perlu} = \rho b d$$

$$= 0,003339772 \cdot 1000 \cdot 747,5$$

$$= 2496,479 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n. \text{ tulangan} &= \text{As perlu} / \text{Ag} \\ &= 5,08579 \text{ buah/m} \\ &= 6 \text{ buah/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S. \text{ tulangan} &= bw / n-1 \\ &= 1000 / (6-1) \\ &= 200,00 \text{ mm} \geq S.\text{min} = 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka digunakan tulangan vertikal pada *soldier pile wall* dengan konfigurasi **D25-200 mm.**

### c. Tulangan horizontal

Tulangan horisontal diperlukan karena efek susut beton oleh temperatur. Pada mutu tulangan  $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$  berdasarkan persamaan (2.27), maka perhitungannya sebagai berikut :

- Menentukan luasan yang dibutuhkan (As)

$$\begin{aligned} \text{Ag} &= 1000 \times 800 \\ &= 800000 \text{ mm}^2 \\ \text{As} &= 0,002 \times \text{Ag} \\ &= 1600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan jumlah kebutuhan tulangan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$\begin{aligned} \text{As tul.D19} &= 1/4 \pi d^2 \\ &= 283,529 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

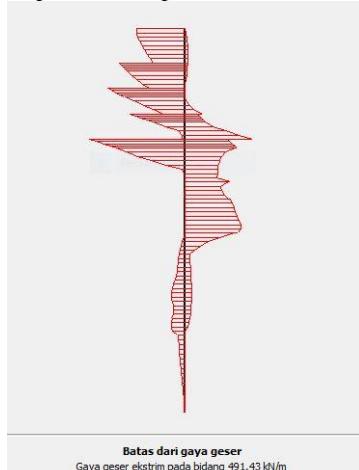
$$\begin{aligned} n. \text{ tulangan} &= \text{As} / \text{As tul.D19} \\ &= 5,643 \text{ buah/m} \\ &= 6 \text{ buah/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S. \text{ tulangan} &= bw / n-1 \\ &= 1000 / (6-1) \\ &= 200 \text{ mm (pakai)} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan horizontal pada *soldier pile wall* dengan konfigurasi **D19-200 mm.**

#### d. Tulangan geser

Dalam merencanakan tulangan geser, diperlukan nilai geser maksimum dari *soldier pile*. Nilai Vu didapat menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.6. Nilai Geser Maksimum pada *Soldier Pile Wall* dapat dilihat pada **Gambar 4.55** berikut.



**Gambar 4. 55 Shear Ultimate pada Soldier Pile Wall**  
(Sumber : Penulis , 2020)

Diketahui :

$$Vu = 491,429 \text{ kN}$$

Pada perencanaan tulangan geser perlu diketahui bahwa nilai Vu harus dibandingkan dengan nilai  $\phi V_c$ . Dimana nilai  $\phi V_c = 0,85 \frac{1}{6} \sqrt{(f'c b d)}$ . Jika  $Vu < \phi V_c$  maka tidak diperlukan tulangan geser.

- Perhitungan nilai  $V_c$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,85 \frac{1}{6} \sqrt{(f'c b d)} \\ &= 670,863 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan bahwa  $Vu \leq \phi V_c$ , sehingga tidak direncanakan tulangan geser.

#### D. Kontrol *Uplift Pressure*

*Uplift pressure* atau *Buoyancy* adalah tekanan air ke atas akibat adanya perbedaan tinggi permukaan air tanah karena penggalian. Pada perencanaan ini, adanya perbedaan tinggi muka air terjadi karena permukaan tanah mengalami perbedaan tinggi akibat dari penggalian. Gaya *uplift* ini dapat menyebabkan seluruh struktur bangunan basement terangkat atau terdorong keatas sehingga dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu, untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dilakukan kontrol *uplift pressure* terhadap beban struktur.

Kontrol besarnya *uplift pressure* direncanakan pada saat pelat lantai terbawah telah terpasang, pada kasus ini pelat terbawah merupakan *raft foundation* dan muka air tanah dalam kondisi hidrostatik kembali, dimana muka air tanah setelah dilakukan ekskavasi berada tepat di bawah pelat lantai. Seluruh beban tekanan air yang terjadi akan ditahan oleh berat total dari basement dan friksi dari *Soldier Pile* yang ditanam sebelum dilakukan penggalian.

Besar dari gaya angkat yang terjadi merupakan beban luas dimana gaya sebesar perbedaan tinggi muka air tanah dikali dengan berat volume dari air di tanah tersebut. Pada perencanaan ini diketahui bahwa tinggi muka air berada pada kedalaman -5,00 meter sedangkan kedalaman galian di -18,00 meter. Sehingga dapat dihitung besar gaya *uplift/buoyancy* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F &= (18 - 1)m \times 1 t/m^3 \\ &= 17 \quad t/m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= 17 \quad t/m^2 \times 40 \text{ m (lebar basement)} \\ &= 680 \quad t/m \end{aligned}$$

Jadi, beban angkat yang harus ditahan oleh struktur basement adalah sebesar 680 t/m.

Untuk dapat menahan gaya angkat tersebut maka diperlukan gaya tahanan akibat berat struktur basement yaitu dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton, juga dari gaya friksi dari *soldier pile* sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

- Berat struktur :
 

Berat/m' <i>Soldier Pile</i>	= 134,736	<i>t/m</i>
Berat/m' Tiang Pancang	= 836,016	<i>t/m</i>
Berat/m' Pelat Lantai basement	= 96,0	<i>t/m</i>
Berat/m' Raft foundation	= 192,0	<i>t/m</i>
Berat/m' Total Struktur (W)	<b>= 1258,752</b>	<b><i>t/m</i></b>
  - Gaya friksi dari *Secant Pile* :
 

Qu	$= ( 2LH + 2BH ) \times Cu$	
	<b>= 817,152</b>	<b><i>t/m</i></b>
  - Gaya tahanan total = 817,152+ 1258,752  
 $= 2075,904$  *t/m*
- (Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran)

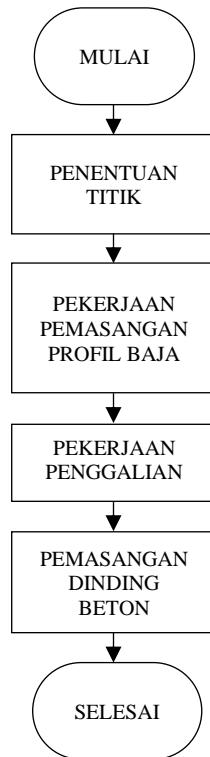
Sehingga diperoleh nilai gaya penahan *uplift* ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi (Qu) ditambah dengan berat struktur (W) kemudian dibagi oleh *Safety Factor* (SF) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai SF sebesar 3, menjadi :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= ( Qu + W ) / SF \\ &= 691,968 \quad t/m \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap *uplift*  
 $\sum F = 680 \text{ } t/m < Q_{all} = 691,968 \text{ } t/m$  (OK)

### E. Metode Pelaksanaan

Pada sub bab ini akan membahas mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *soldier pile*. Metode pelaksanaan *soldier pile* secara garis besar dijelaskan pada **Gambar 4.56** di bawah ini.



**Gambar 4. 56** Diagram Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi *Soldier Pile*

**a. Penentuan titik**

Pada tahap pertama ini merupakan tahap persiapan dimana lahan konstruksi dipetakan dan ditentukan batas-batas untuk pekerjaan konstruksi. Pada pekerjaan *soldier pile wall* ini penentuan titik ditujukan untuk memanjang pile/profil baja yang akan digunakan sebagai dinding penahan tanah.

**b. Pekerjaan pemasangan profil baja**

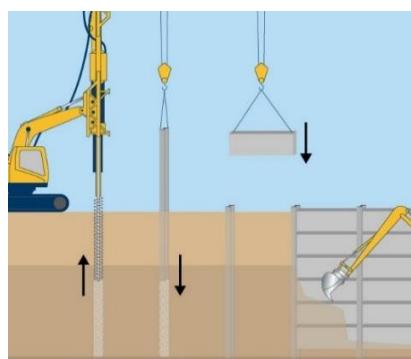
Pada perencanaan kali digunakan baja profil H Beam 900.300.16.28. Pemasangan profil baja dilakukan dengan pemancangan dan dipancang dengan spasi 1 - 2 meter

**c. Pekerjaan penggalian**

Setelah pemancangan profil baja H beam dilanjutkan dengan proses penggalian tanah dimana tahapan ini diiringi dengan pemasangan dinding *lagging (concrete wall)*.

**d. Pemasangan dinding beton**

Pemasangan dinding *langging* atau *concrete wall* yaitu dengan cara dinding beton yang telah terfabrikasi diangkat oleh *crane* dan diletakkan diantara profil baja yang telah terpasang sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.57** dan **Gambar 4.58**.



**Gambar 4. 57** Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Dinding *Lagging Soldier Pile Wall*



**Gambar 4. 58 Soldier Pile Wall**

#### F. Rencana Anggaran Biaya

Pada tugas akhir ini rencana anggaran biaya berdasarkan pada material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biaya berasal dari volume material dikalikan dengan harga satuan material. Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk dinding penahan tanah jenis *soldier pile* dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

**Tabel 4. 16** Rencana Anggaran Biaya *Soldier Pile*

<b>Biaya Material <i>Soldier Pile</i></b>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	10754,619	m <sup>3</sup>	Rp870.674	Rp9.363.767.499
Baja H 900.300.16.28	1682289	kg	Rp12.500	Rp21.028.612.500
<b>Pembesian</b>				
D25	640243,427	kg	Rp13.500	Rp8.643.286.270
D19	184902,302	kg	Rp13.500	Rp2.496.181.075
<b>TOTAL BIAYA</b>				<b>Rp41.534.252.279</b>

#### 4.4 Keputusan Akhir Perencana

Pada Sub bab ini akan dilakukan perbandingan hasil dari desain perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Pada perencanaan kali ini terdapat tiga parameter yang akan dibandingkan. Pertama adalah kekuatan stabilitas dinding yang diwakili oleh nilai defleksi maksimum untuk ketiga alternatif dinding penahan tanah, kedua adalah harga dari material dinding penahan tanah dan yang ketiga adalah metode konstruksi. Selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.17.** untuk perbandingannya.

**Tabel 4. 17** Perbandingan Tiap Jenis Dinding Penahan Tanah

Jenis Dinding	Deformasi Maksimum	Dimensi	Tulangan	Total Biaya Material
	(mm)	(m)		
<i>Diaphragm Wall</i>	42,408	1 x 1	<b>D25-150mm</b>	Rp25.743.559.940
			<b>D19-150mm</b>	
<i>Secant Pile</i>	34,998	Dia. Primary Pile = 1,2 Dia. Secondary Pile = 1	<b>D32-200mm</b>	Rp26.310.307.331
<i>Soldier Pile</i>	36,010	0,8 x 1	<b>D25-200 mm</b> <b>D19-200mm</b>	Rp41.534.252.279

Dari tabel diatas dapat diambil keputusan bahwasannya dalam Tugas Akhir ini yang dipilih sebagai alternatif dinding penahan tanah adalah *diaphragm wall* dengan mempertimbangkan hasil defleksi, biaya material dan metode konstruksi dinding penahan tanah yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan alternatif lain seperti *secant pile* maupun *soldier pile*.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan rumusan masalah, hasil perhitungan dan perencanaan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Beban yang bekerja pada dinding penahan tanah basement Menara BRI Gatsu adalah beban akibat tanah (*overburden pressure*), beban akibat air tanah (*water pressure*), dan beban akibat struktur diatas tanah (*surcharge*).
2. Perencanaan dinding penahan tanah jenis *Diaphragm Wall* diawali dengan perhitungan beban dan gaya yang terjadi akibat tanah, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah sehingga diperoleh panjang dinding 46 meter. Setelah itu dilakukan detail perencanaan dengan melakukan *preliminary design* dengan tebal dinding 1 meter, sehingga diperoleh defleksi dinding sebesar 4,24 centimeter melalui analisa stabilitas dinding dengan Plaxis v.8.6. dimana nilainya  $\leq 9,00$  centimeter sebagai batas deformasi maksimum dinding dan momen maksimum ( $M_{max}$ ) sebesar 164,415 t.m.
3. Perencanaan dinding penahan tanah jenis *Secant Pile* diawali dengan perhitungan beban dan gaya yang terjadi akibat tanah, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah sehingga diperoleh panjang dinding 46 meter. Setelah itu dilakukan detail perencanaan dengan melakukan *preliminary design* dengan tebal dinding 1,2 meter untuk *primary pile*, 1 meter untuk *secondary pile*, sehingga diperoleh defleksi dinding sebesar 3,50 centimeter melalui analisa stabilitas dinding dengan Plaxis v.8.6. dimana nilainya  $\leq 9,00$  centimeter sebagai batas deformasi maksimum dinding dan momen maksimum ( $M_{max}$ ) sebesar 137,946 t.m.

4. Perencanaan dinding penahan tanah jenis *Soldier Pile Wall* diawali dengan perhitungan beban dan gaya yang terjadi akibat tanah, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah sehingga diperoleh panjang dinding 46 meter. Setelah itu dilakukan detail perencanaan dengan melakukan *preliminary design* dengan tebal dinding 0,8 meter dan profil baja H beam 900.300.16.28, sehingga diperoleh defleksi dinding sebesar 3,60 centimeter melalui analisa stabilitas dinding dengan Plaxis v.8.6. dimana nilainya  $\leq 9,00$  centimeter sebagai batas deformasi maksimum dinding dan momen maksimum ( $M_{max}$ ) sebesar 143,208 t.m.
5. Metode konstruksi yang digunakan untuk perencanaan ketiga alternatif dinding penahan tanah konstruksi *top-down* dimana penggalian dilakukan dengan 5 tahap penggalian yaitu pada elevasi -5.00 meter, -8.00 meter -11.00 meter, -14.00 meter, dan -18.00 meter dengan penggunaan proses dewatering untuk menurunkan muka air tanah pada konstruksi pembangunan basement Menara BRI Gatsu ini. Metode ini efektif untuk kondisi lahan yang terbatas. Pada perencanaan kali ini, ditinjau dari metode pelaksanaan konstruksinya, dinding penahan tanah yang cukup efektif adalah *Soldier Pile* karena metodenya yang relatif singkat dan sederhana.
6. Pada perencanaan kali ini estimasi biaya ditinjau berdasarkan pada biaya material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan estimasi biaya berasal dari volume material dikalikan dengan harga satuan material. Jika ditinjau berdasarkan biaya materialnya, dari ke tiga alternatif perencanaan dinding penahan tanah yang paling ekonomis adalah *Diaphragm Wall* dengan biaya material sebesar Rp25.743.559.940 Rekapitulasi estimasi biaya dapat dilihat pada **Tabel 5.1** di bawah ini.

**Tabel 5. 1** Rekapitulasi Estimasi Biaya  
Alternative Perencanaan Dinding Penahan Tanah

JENIS DINDING	BIAYA TOTAL
<i>Diaphragm Wall</i>	Rp25.743.559.940
<i>Secant Pile</i>	Rp26.310.307.331
<i>Soldier Pile</i>	Rp41.534.252.279

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka disarankan :

1. Dalam suatu perencanaan alangkah lebih baik data tanah, terutama pada parameter – parameter tanahnya diperoleh dengan cara uji laboratorium dibandingkan dengan mengorelasikan nya dengan tabel korelasi agar hasil perhitungan lebih akurat. Sehingga diharapkan perencanaan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan.
2. Pada saat analisa stabilitas dinding sebaiknya perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode yang lain atau program bantu lainnya, agar dapat dijadikan pembanding dalam menentukan hasil analisis stabilitasnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andikaputra, Adityo Muhammad. 2017. **Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Stasiun Bawah Tanah Bundaran HI dengan Diaphragm Wall, Soldier Pile, dan Secant Pile Pada Proyek Pembangunan MRT Jakarta**. Surabaya : Departemen Teknik Sipil ITS.
- Bowles, J. E. 1992. **Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1**. Jakarta: Erlangga
- Bowles, J. E. 1983. **Analisa dan Desain Pondasi Jilid II**. Jakarta: Erlangga
- Coduto, Donald P. 1999. **Foundation Design : Principles and Practice (2nd Edition)**. New Jersey: Prentice Hall
- Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E., and Mochtar I.B.). 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip - prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I**. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E., and Mochtar I.B.). 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip - prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II**. Jakarta: Erlangga.
- Fadhillah, Muhammad Hadi. 2013. **Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Stasiun Bawah Tanah Dukuh Atas dengan Diaphragm Wall, Secant Pile, dan Soldier Pile di Proyek Pembangunan Mass Rapid Transit Jakarta**, Surabaya : Departemen Teknik Sipil ITS
- Ou, Chang-Yu. 2006. **Deep Excavation Theory and Practice**, Taiwan : Departement of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2018. **Daftar Standar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)**. Surabaya.
- SNI 2847-2013. **Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**.
- SNI 8460. 2017. **Persyaratan Perancangan Geoteknik**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **LAMPIRAN**

## Lampiran 1 Data Borelog DB1

Tarumanegara Bumiyasa JAKARTA			Project No : IS-12019 Project : Mesra BRI Location : Jl. Gatos Subroto - Jakarta Selatan					BORING LOG					
G W L	Depth (m)	Symbol	Core Recovery (%) 40 80	Description	RQD % core	k cm/s	SPT (Blows/15 cm)						
							Boring	N1	N2	N3	N	20	40
	0			CH - Clay Red, moist, soft, high plasticity DBI - UDI : 1.00 - 1.50 m				1	2	2	4		
	2							1	2	2	4		
	4			CH - Clay Reddish white, moist, soft, high plasticity				1	1	2	3		
	6			ML - Clayey Silt Brownish yellow, moist, soft, containing a few of coarse sand, high plasticity DBI - UDI : 7.00 - 7.50 m				1	1	1	2		
	8			CH - Clay Blackish brown, moist, soft to medium stiff, high plasticity				1	2	2	4		
	10							1	2	5	7		
	12							2	2	4	6		
	14							3	3	4	7		
	16			ML - Sandy Silt Dark gray, moist, hard, low plasticity				17	24	32	> 50		
	18							18	26	34	> 50		
	20							12	17	22	39		



The checkmark lines represent specimens taken from the borehole. In addition, the specimen may be graded.

0-10% Tensile  
10-20% Tensile  
20-30% Adhesive  
30-50% Adhesive

Split Spoon  Shallow Tube  
 Rock Core  Bag Sample

The checkmark lines represent specimens taken from the borehole. In addition, the specimen may be graded.

Page 1 of 2

			Project No : IS.12019						BORING LOG						
			Menara BRI JL. Gajah Mada - Jakarta Selatan						DBI						
			Site/Offset	Start Date	End Date	Cone Dia									
			Elevation	Finish Date	Bore Depth	Casing Dia									
			Weather		: 40 m	Described by									
G	Depth (m)	Symbol	Core Recovery (%)		40 80		Description		RQD %	K cm/s	SPT (Blows/15 cm)				
W									%	cm/s	N1	N2	N3	N 20 60	
E	20						SP - Fine Sand								
							Greyish black, moist, medium dense, poorly graded								
	22														
	24						ML - Sandy Silt								
							Blackish grey, moist, hard, low plasticity								
	26						ML - Sandy Silt								
							Greyish black, moist, hard, low plasticity								
	28														
	30						SP - Sand								
							Black, wet, very dense, poorly graded								
	32						SW - Sand								
							Black, wet, very dense, well graded								
	34														
	36						ML - Cemented Silt								
							Dark brown, moist, hard, low plasticity								
	38						End Of Deep Boring.								
	40														
			0-5% 10-15% 20-25% 35-50% Ane	Total Soil Adjustive		<input checked="" type="checkbox"/> Split Splice		<input checked="" type="checkbox"/> Shallow Tube		<input checked="" type="checkbox"/> Rock Core		<input checked="" type="checkbox"/> Bag Sample		The stratification lines represent approximate strata boundaries. In situations, the transition may be gradual.	
														Page: 2 of 2	



**Lampiran 2 Koreksi N<sub>SPT</sub>**

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N1 Terzaghi	N1 Bazaara	N1 Pakai	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po	N2	N2 Pakai
Depth	N1 Lap										
0,00	0,00	Clay	very soft	0,00	0,00	0,00	1,40	0,40	0,00	0,00	0,00
0,50	2,00		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	0,224	7,34	4,00
1,00	2,00		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	0,448	6,78	4,00
1,50	4,00		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	0,696	12,52	8,00
2,00	4,00		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	0,944	11,61	8,00
2,50	4,00		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	1,192	10,83	8,00
3,00	3,50		soft	3,50	3,50	3,50	1,48	0,48	1,434	8,90	7,00
3,50	3,50		soft	3,50	3,50	3,50	1,48	0,48	1,676	8,38	7,00
4,00	3,00		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	1,912	6,80	6,00
4,50	3,00		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	2,148	6,45	6,00
5,00	2,50	Clayey Silt	very soft	2,50	2,50	2,50	1,46	0,46	2,378	5,13	5,00
5,50	2,50		very soft	2,50	2,50	2,50	1,46	0,46	2,608	4,89	4,89
6,00	2,00		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	2,832	3,75	3,75
6,50	2,00		very soft	2,00	2,00	2,00	1,45	0,45	3,056	3,60	3,60
7,00	3,00	Clay	soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	3,292	5,18	5,18
7,50	3,00		soft	3,00	3,00	3,00	1,47	0,47	3,528	4,98	4,98
8,00	4,00		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	3,776	6,37	6,37
8,50	4,00		soft	4,00	4,00	4,00	1,50	0,50	4,024	6,13	6,13
9,00	5,50		medium	5,50	5,50	5,50	1,53	0,53	4,29	8,10	8,10
9,50	5,50		medium	5,50	5,50	5,50	1,53	0,53	4,556	7,79	7,79
10,00	7,00		medium	7,00	7,00	7,00	1,57	0,57	4,84	9,54	9,54
10,50	7,00		medium	7,00	7,00	7,00	1,57	0,57	5,124	9,18	9,18
11,00	6,50		medium	6,50	6,50	6,50	1,56	0,56	5,402	8,23	8,23
11,50	6,50		medium	6,50	6,50	6,50	1,56	0,56	5,68	7,95	7,95
12,00	6,00		medium	6,00	6,00	6,00	1,54	0,54	5,952	7,10	7,10

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N1 Terzaghi	N1 Bazaar	N1 Pakai	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po	N2	N2 Pakai
Depth	N1 Lap										
12,50	6,00		medium	6,00	6,00	6,00	1,54	0,54	6,224	6,88	6,88
13,00	6,50		medium	6,50	6,50	6,50	1,56	0,56	6,502	7,22	7,22
13,50	6,50		medium	6,50	6,50	6,50	1,56	0,56	6,78	7,00	7,00
14,00	7,00		medium	7,00	7,00	7,00	1,57	0,57	7,064	7,32	7,32
14,50	7,00		medium	7,00	7,00	7,00	1,57	0,57	7,348	7,11	7,11
15,00	31,00		hard	23,00	18,60	18,60	2,00	1,00	7,848	18,44	18,44
15,50	31,00	Sandy Silt	hard	23,00	18,60	18,60	2,00	1,00	8,348	18,21	18,21
16,00	55,00		hard	35,00	33,00	33,00	2,00	1,00	8,848	31,92	31,92
16,50	55,00		hard	35,00	33,00	33,00	2,00	1,00	9,348	31,54	31,54
17,00	57,50		hard	36,25	34,50	34,50	2,00	1,00	9,848	32,59	32,59
17,50	57,50		hard	36,25	34,50	34,50	2,00	1,00	10,348	32,21	32,21
18,00	60,00		hard	37,50	36,00	36,00	2,00	1,00	10,848	33,22	33,22
18,50	60,00		hard	37,50	36,00	36,00	2,00	1,00	11,348	32,84	32,84
19,00	49,50		hard	32,25	29,70	29,70	2,00	1,00	11,848	26,79	26,79
19,50	49,50		hard	32,25	29,70	29,70	2,00	1,00	12,348	26,49	26,49
20,00	39,00		hard	27,00	23,40	23,40	2,00	1,00	12,848	20,64	20,64
20,50	39,00	Fine Sand	dense	27,00	23,40	23,40	1,54	0,54	13,117	20,52	20,52
21,00	31,50		dense	23,25	18,90	18,90	1,46	0,46	13,346	16,49	16,49
21,50	31,50		dense	23,25	18,90	18,90	1,46	0,46	13,576	16,41	16,41
22,00	24,00		medium	19,50	14,40	14,40	1,38	0,38	13,766	12,45	12,45
22,50	24,00		medium	19,50	14,40	14,40	1,38	0,38	13,957	12,40	12,40
23,00	30,00		medium	22,50	18,00	18,00	1,44	0,44	14,178	15,42	15,42
23,50	30,00	Sandy Silt	hard	22,50	18,00	18,00	1,83	0,83	14,594	15,29	15,29
24,00	36,00		hard	25,50	21,60	21,60	2,00	1,00	15,094	18,15	18,15
24,50	36,00		hard	25,50	21,60	21,60	2,00	1,00	15,594	17,96	17,96
25,00	43,00		hard	29,00	25,80	25,80	2,00	1,00	16,094	21,24	21,24

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N1 Terzaghi	N1 Bazaar	N1 Pakai	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po	N2	N2 Pakai
Depth	N1 Lap										
25,50	43,00	Sand	hard	29,00	25,80	25,80	2,00	1,00	16,594	21,02	21,02
26,00	50,00		hard	32,50	30,00	30,00	2,00	1,00	17,094	24,20	24,20
26,50	50,00		hard	32,50	30,00	30,00	2,00	1,00	17,594	23,95	23,95
27,00	48,50		hard	31,75	29,10	29,10	2,00	1,00	18,094	23,01	23,01
27,50	48,50		hard	31,75	29,10	29,10	2,00	1,00	18,594	22,78	22,78
28,00	47,00		hard	31,00	28,20	28,20	2,00	1,00	19,094	21,86	21,86
28,50	47,00		hard	31,00	28,20	28,20	2,00	1,00	19,594	21,65	21,65
29,00	48,00		hard	31,50	28,80	28,80	2,00	1,00	20,094	21,90	21,90
29,50	48,00		hard	31,50	28,80	28,80	2,00	1,00	20,594	21,70	21,70
30,00	49,00		hard	32,00	29,40	29,40	2,00	1,00	21,094	21,94	21,94
30,50	49,00	Cemented Silt	dense	32,00	29,40	29,40	1,64	0,64	21,415	21,81	21,81
31,00	54,50		very dense	34,75	32,70	32,70	1,70	0,70	21,765	24,10	24,10
31,50	54,50		very dense	34,75	32,70	32,70	1,70	0,70	22,114	23,95	23,95
32,00	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	22,493	26,19	26,19
32,50	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	22,871	26,01	26,01
33,00	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	23,249	25,83	25,83
33,50	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	23,627	25,66	25,66
34,00	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	24,006	25,48	25,48
34,50	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	24,384	25,31	25,31
35,00	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	24,762	25,15	25,15
35,50	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	25,141	24,98	24,98
36,00	60,00		very dense	37,50	36,00	36,00	1,76	0,76	25,519	24,82	24,82
36,50	60,00	Cemented Silt	hard	60,00	60,00	60,00	2,00	1,00	26,019	41,01	41,01
37,00	58,50		hard	58,50	58,50	58,50	2,00	1,00	26,519	39,65	39,65
37,50	58,50		hard	58,50	58,50	58,50	2,00	1,00	27,019	39,32	39,32
38,00	57,00		hard	57,00	57,00	57,00	2,00	1,00	27,519	37,99	37,99

DATA TANAH DB1		Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N1 Terzaghi	N1 Bazaara	N1 Pakai	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po	N2	N2 Pakai
Depth	N1 Lap						t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>2</sup>		
38,50	57,00		hard	57,00	57,00	57,00	2,00	1,00	28,019	37,67	37,67
39,00	58,50		hard	58,50	58,50	58,50	2,00	1,00	28,519	38,35	38,35
39,50	58,50		hard	58,50	58,50	58,50	2,00	1,00	29,019	38,04	38,04
40,00	60,00		hard	60,00	60,00	60,00	2,00	1,00	29,519	38,70	38,70

### Lampiran 3 Perhitungan Tegangan Tanah Aktif

REKAPITULASI TEGANGAN TANAH AKTIF											
Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	Ka	$\sigma'v \times Ka$ (kN/m <sup>2</sup> )	2C	$\sqrt{Ka}$	2C $\sqrt{Ka}$	$\sigma'h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'w$ kN/m <sup>2</sup> )
1	0	0	A	10,000	1,000	10,000	40,000	1,000	40,000	-30,000	0,000
	8	8	B	53,520	1,000	53,520	40,000	1,000	40,000	13,520	80,000
2	8	0	C	53,520	1,000	53,520	44,444	1,000	44,444	9,076	80,000
	14	6	D	90,480	1,000	90,480	44,444	1,000	44,444	46,036	140,000
3	14	0	E	90,480	1,000	90,480	293,333	1,000	293,333	-202,853	140,000
	18	4		130,480	1,000	130,480	293,333	1,000	293,333	-162,853	180,000
	20	2	H	150,480	1,000	150,480	293,333	1,000	293,333	-142,853	200,000
4	20	0	I	150,480	0,482	72,514	0,000	0,694	0,000	72,514	200,000
	24	4	J	167,523	0,482	80,727	0,000	0,694	0,000	80,727	240,000
5	24	0	K	167,523	1,000	167,523	224,000	1,000	224,000	-56,477	240,000
	32	8	L	243,683	1,000	243,683	224,000	1,000	224,000	19,683	320,000
6	32	0	M	243,683	0,442	107,759	0,000	0,665	0,000	107,759	320,000
	36	4	N	266,988	0,442	118,065	0,000	0,665	0,000	118,065	360,000
7	36	0	O	266,988	1,000	266,988	293,333	1,000	293,333	-26,346	360,000
	40	4	P	306,988	1,000	306,988	293,333	1,000	293,333	13,654	400,000

### Lampiran 4 Perhitungan Tegangan Tanah Pasif

#### REKAPITULASI TEGANGAN TANAH PASIF

Lapisan	z (m)	Tebal (m)	Titik	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	Kp	$\sigma'v \times Kp$ (kN/m <sup>2</sup> )	2C	$\sqrt{Kp}$	$2C \sqrt{Kp}$	$\sigma'h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'w$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	18	0	G	0,000	1,000	0,000	293,333	1,000	293,333	293,333	0,000
	20	2	H	20,000	1,000	20,000	293,333	1,000	293,333	313,333	36,364
4	20	0	I	20,000	2,075	41,504	0,000	1,441	0,000	41,504	36,364
	24	4	J	37,043	2,075	76,872	0,000	1,441	0,000	76,872	109,091
5	24	0	K	37,043	1,000	37,043	224,000	1,000	224,000	261,043	109,091
	32	8	L	113,203	1,000	113,203	224,000	1,000	224,000	337,203	254,545
6	32	0	M	113,203	2,261	255,995	0,000	1,504	0,000	255,995	254,545
	36	4	N	153,203	2,261	346,450	0,000	1,504	0,000	346,450	327,273
7	36	0	O	153,203	1,000	153,203	293,333	1,000	293,333	446,537	327,273
	40	4	P	193,203	1,000	193,203	293,333	1,000	293,333	486,537	400,000

## Lampiran 5 Perhitungan *Uplift Pressure*

### DATA

#### Buoyancy

$\gamma_w$	1	t/m <sup>3</sup>							
H air	1	m	dari elevasi 0 meter						
H galian	18	m	dari elevasi 0 meter						
lebar basement	40	m							
F	17	t/m <sup>2</sup>							
$\Sigma F$	<b>680</b>	t/m							
Cu rata2	81	Kpa	8,11	t/m <sup>3</sup>					

#### Gaya Tahanan Diaphragm Wall

##### 1. Berat Struktur

Diaphragm wall	Panjang (Do)	28	m	panjang tertanam					
	Lebar	1	m	per meter					
	Tebal	1,00	m						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	28	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	67,2	t/m	Jumlah	2	TOTAL =	134,400	t/m	
Tiang Pancang	Panjang (Do)	28	m						
	Diameter	1,2	m						
	Luas	1,131	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	31,667	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	76,00	t/m	Jumlah	11	TOTAL =	836,0155	t/m	
Pelat Lantai Basement	Lebar	40	m						
	Tebal	0,25	m						
	Luas	10	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	10	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	24,00	t/m	Jumlah	4	TOTAL =	96,000	t/m	
Raft Foundation	Lebar	40	m						
	Tebal	2	m						
	Luas	80	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	80	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	192,00	t/m	Jumlah	1	TOTAL =	192,00	t/m	
<b>BERAT TOTAL STRUKTUR =</b>							<b>1258,416</b>	<b>t/m</b>	

##### 2. Gaya friksi dari Diaphragm Wall

Data Dwall	Panjang (H)	28	m	panjang tertanam	
	Lebar (L)	1	m	per meter	
	Tebal (B)	1,00	m		
	Cu	8,11	t/m <sup>3</sup>		

$$Qu = (2LH + 2BH) \times Cu$$

$$= 907,947 \quad t/m$$

$$W = 1258,416 \quad t/m$$

$$\text{Total Gaya Tahanan} = \mathbf{2166,362} \quad \mathbf{t/m}$$

#### Kontrol Uplift

$$SF = 3$$

#### Syarat Qall > $\Sigma F$

$$\Sigma F = 680,00 \quad t/m$$

$$Qall = 722,121 \quad t/m \quad \text{OKE}$$

### Gaya Tahanan Secant Pile

#### 1. Berat Struktur

Secant Pile	Panjang (Do)	28	m	panjang tertanam					
	Lebar ekivalen	1,1	m						
	Luas	1,1	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	30,800	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	73,920	t/m	Jumlah	2	TOTAL =	147,840	t/m	
Tiang Pancang	Panjang (Do)	28	m						
	Diameter	1,2	m						
	Luas	1,131	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	31,667	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	76,00	t/m	Jumlah	11	TOTAL =	836,0155	t/m	
Pelat Lantai Basement	Lebar	40	m						
	Tebal	0,25	m						
	Luas	10	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	10	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	24,00	t/m	Jumlah	4	TOTAL =	96	t/m	
Raft Foundation	Lebar	40	m						
	Tebal	2	m						
	Luas	80	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	80	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	192,00	t/m	Jumlah	1	TOTAL =	192	t/m	
<b>BERAT TOTAL STRUKTUR = 1271,856 t/m</b>									

#### 2. Gaya friksi dari Secant Pile

Data Secant Pile	Panjang (H)	28	m	panjang tertanam		
	Lebar (L)	1	m	per meter		
	Tebal (B)	1,100	m			
	Cu	8,11	t/m <sup>3</sup>			
Qu =	(2LH + 2BH) x Cu					
=	953,344	t/m				
W =	1271,856	t/m				
<b>Total Gaya Tahanan =</b>	<b>2225,200</b>	<b>t/m</b>				

### Kontrol Uplift

SF =	3	
Syarat Qall > SF		
SF =	680	t/m
<b>Qall =</b>	<b>741,733</b>	<b>t/m OKE</b>

### Gaya Tahanan Soldier Pile

#### 1. Berat Struktur

Soldier Pile	Panjang (Do)	28	m	panjang tertanam					
	Lebar	0,8	m						
	Luas	0,8	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	22,400	m <sup>3</sup>						
	Berat/m (Beton)	53,760	t/m						
Tiang Pancang	Berat/m (Baja)	6,804	t/m	Jumlah	2	TOTAL =	134,736	t/m	
	Panjang (Do)	28	m						
	Diameter	1,2	m						
	Luas	1,131	m <sup>2</sup>						
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>						
	Vol/m	31,667	m <sup>3</sup>						
	Berat/m	76,00	t/m	Jumlah	11	TOTAL =	836,0155	t/m	

Pelat Lantai Basement	Lebar	40	m					
	Tebal	0,25	m					
	Luas	10	m <sup>2</sup>					
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>					
	Vol/m	10	m <sup>3</sup>					
	Berat/m	24,00	t/m	Jumlah	4	TOTAL =	96	t/m
Raft Foundation	Lebar	40	m					
	Tebal	2	m					
	Luas	80	m <sup>2</sup>					
	$\gamma$ beton	2,4	t/m <sup>3</sup>					
	Vol/m	80	m <sup>3</sup>					
	Berat/m	192,00	t/m	Jumlah	1	TOTAL =	192	t/m
<b>BERAT TOTAL STRUKTUR = 1258,752 t/m</b>								

## 2. Gaya friksi dari Soldier Pile

Data Soldier Pile	Panjang (H)	28	m	panjang tertanam
	Lebar (L)	1	m	per meter
	Tebal (B)	0,800	m	
	Cu	8,11	t/m <sup>3</sup>	
Qu =	(2LH + 2BH) x Cu			
=	817,152	t/m		
W =	1258,752	t/m		
<b>Total Gaya Tahanan =</b>	<b>2075,904</b>	<b>t/m</b>		

## Kontrol Uplift

SF =	3	
Syarat Qall > $\Sigma F$		
$\Sigma F =$	680	t/m
<b>Qall = 691,968 t/m OKE</b>		

## Lampiran 6 Perhitungan Kebutuhan Material

### PERHITUNGAN KEBUTUHAN MATERIAL

Harga

Beton (f'c 30)	870.674	Rp/m <sup>3</sup>
Baja tulangan	13.500	Rp/kg

#### Diaphragm Wall

Kebutuhan Beton	Tinggi	46	m	Kedalaman DPT per meter
	Lebar	1	m	
	Keliling basement	301,0	m	
	Luas	301,0	m <sup>2</sup>	
	volume	13846,000	m <sup>3</sup>	
	volume perlu	13715,766	m <sup>3</sup>	

#### Kebutuhan Baja

Tulangan Vertikal	7	D	25	per meter
Keliling		301,0	m	
Jumlah		2107	buah	1 sisi
Total		4214	buah	2 sisi
Tinggi		46	m	
D.tulangan		0,025	m	
Volume tulangan		0,0225802	m <sup>3</sup>	
Total Vol.Tulangan		95,15295099	m <sup>3</sup>	
γ baja		7850	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Berat Baja</b>		<b>746950,67</b>	<b>kg</b>	

#### Tulangan Horizontal

	8	D	19	per meter kedalaman
Keliling		301,0	m	
Panjang/n		1	m	
Tinggi		46	m	
D.tulangan		0,019	m	
Vol. satuan		0,0002835	m <sup>3</sup>	
Jumlah Tulangan		368	buah	
Volume/m		0,104338575	m <sup>3</sup>	
Total Vol.Tulangan		31,40591114	m <sup>3</sup>	
γ baja		7850	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Berat Baja</b>		<b>246536,4024</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Berat Baja =</b>	<b>993487,0677</b>	<b>kg</b>		
<b>Total Volume Baja</b>	<b>126,559</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		

#### Tulangan Geser Praktis

	2	D	13	per meter kedalaman
Keliling		301,0	m	
Panjang/n		1	m	
Tinggi		46	m	
D.tulangan		0,013	m	
Vol. satuan		0,0001327	m <sup>3</sup>	
Jumlah Tulangan		92	buah	
Volume/m		0,012211371	m <sup>3</sup>	

Total Vol.Tulangan	3,675622564	m3
$\gamma$ baja	7850	kg/m3
<b>Berat Baja</b>	<b>28853,637</b>	<b>kg</b>
<b>Volume Baja</b>	<b>3,676</b>	<b>m3</b>

**PERHITUNGAN KEBUTUHAN MATERIAL**

Harga

Beton (f'c 30)	870.674	Rp/m3
Baja tulangan	13.500	Rp/kg
Beton (f'c 25)	832.768	Rp/m3

<i>Secant Pile</i>	Tiap	150	cm	1 primary	1 secondary pile
Keliling basement		301	m		
		30100	cm		
Jumlah tiang					
	<i>Primary pile</i>	200,6666667	buah		
	<i>Secondary pile</i>	200,6666667	buah		

Kebutuhan Beton

<i>Primary pile</i>	Diameter	1,2	m
	Luas	1,130973355	m2
	Tinggi	46	m
	Volume	52,02477434	m3
	TOTAL =	10439,638	m3
	volume perlu	10335,706	m3

<i>Secondary pile</i>	Diameter	1	m
	Luas	0,785398163	m2
	Tinggi	46	m
	Volume	36,12831552	m3
	TOTAL =	7249,749	m3

Kebutuhan Baja

Tulangan Utama	<b>14</b>	<b>D</b>	<b>32</b>
Tinggi		46	m
D.tulangan		0,032	m
Luas		0,0008042	m2
Volume/btg		0,036995395	m3
Volume/pile		0,517935531	m3
$\gamma$ baja		7850	kg/m3
Berat Baja		4065,79392	kg
<b>Total Berat Baja</b>	<b>815869,313</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Volume Baja</b>	<b>103,932</b>	<b>m3</b>	

Tulangan Geser Praktis	<b>2</b>	<b>D</b>	<b>13</b>
Tinggi		46	m
D.tulangan		0,013	m
Luas		0,0001327	m2
Volume/btg		0,006105685	m3
Volume/pile		0,012211371	m3

$\gamma$ baja	7850	kg/m3
Berat Baja	95,85925956	kg
<b>Total Berat Baja</b>	<b>19235,7581</b>	<b>kg</b>
<b>Total Volume Baja</b>	<b>2,450</b>	<b>m3</b>

### PERHITUNGAN KEBUTUHAN MATERIAL

Harga		
Beton (f'c 30)	870.674	Rp/m3
Baja tulangan	13.500	Rp/kg
Baja Profil	12.500	Rp/kg

#### Soldier Pile

Kebutuhan  
Beton

Tinggi	46	m	Kedalaman DPT
Lebar	0,8	m	per meter
Keliling basement	301,0	m	
Luas	240,8	m2	
volume	11076,800	m3	
volume perlu	10757,382	m3	

Kebutuhan Baja

**Baja Profil H**  
**900 x 300 x 16**  
**x 28**

Tiap	200	cm	2 profil baja
Keliling basement	301	m	
	30100	cm	
Jumlah profil	150,5	bah	per meter
Berat Profil Baja	243	kg/m	kedalaman
Tinggi	46	m	
Berat Profil Baja per tiang	11178	kg	
<b>Total Berat Profil Baja</b>	<b>1682289</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Berat Baja =</b>	<b>1682289</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Volume Baja</b>	<b>214,304</b>	<b>m3</b>	

Tulangan  
Vertikal

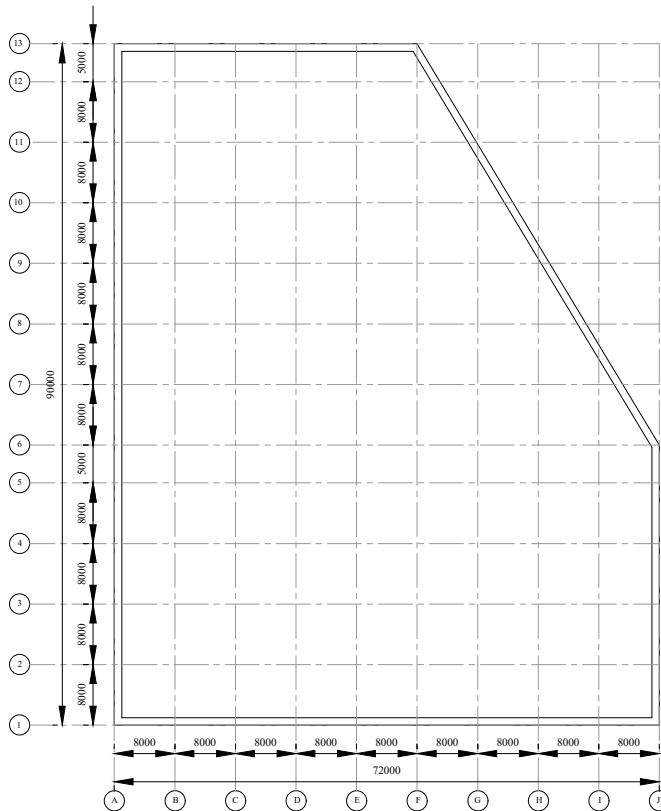
<b>6</b>	<b>D</b>	<b>25</b>	per meter
Keliling	301,0	m	
Jumlah	1806	bah	1 sisi
Total	3612	bah	2 sisi
Tinggi	46	m	
D.tulangan	0,025	m	
Volume tulangan	0,0225802	m3	

Total Vol.Tulangan	81,55967228	m <sup>3</sup>	
γ baja	7850	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Berat Baja</b>	<b>640243,4274</b>	<b>kg</b>	
Tulangan Horizontal	<b>6</b>	<b>D</b>	<b>19</b> per meter kedalaman
Keliling	301,0	m	
Panjang/n	1	m	
Tinggi	46	m	
D.tulangan	0,019	m	
Vol. satuan	0,0002835	m <sup>3</sup>	
Jumlah Tulangan	276	buah	
Volume/m	0,078253931	m <sup>3</sup>	
Total Vol.Tulangan	23,55443335	m <sup>3</sup>	
γ baja	7850	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Berat Baja</b>	<b>184902,3018</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Berat Baja =</b>	<b>825145,729</b>	<b>kg</b>	
<b>Total Volume Baja</b>	<b>105,114</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	

### Lampiran 7 Estimasi Biaya

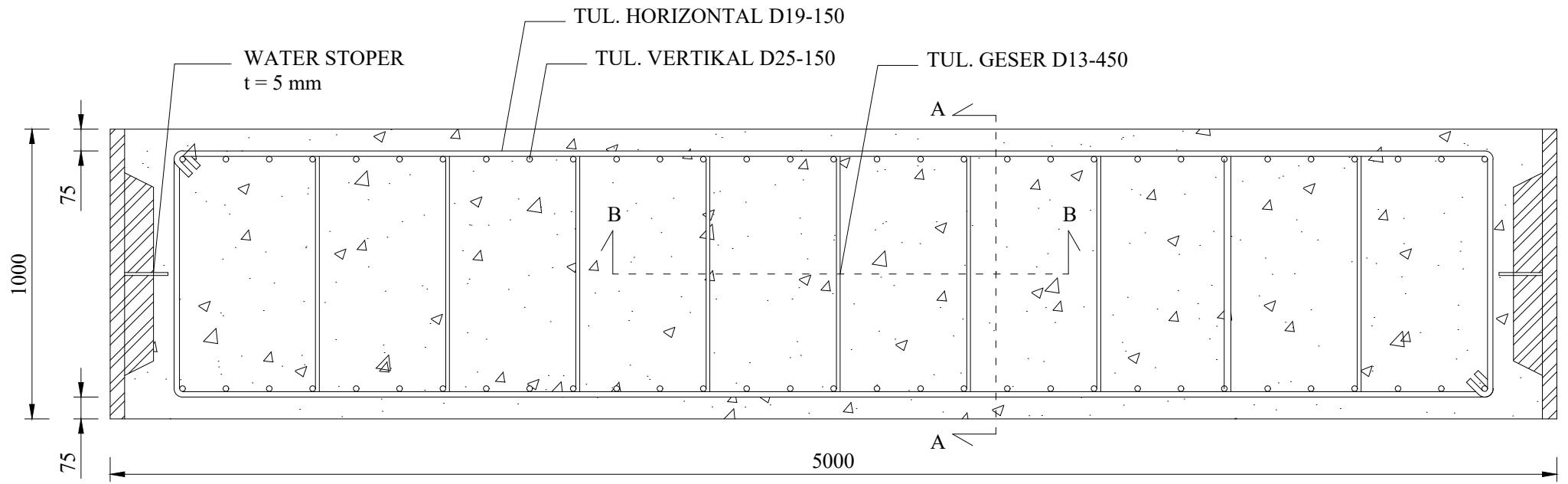
<b>Biaya Material Diaphragm Wall</b>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	13715,766	m <sup>3</sup>	Rp870.674	Rp11.941.960.424
Pembesian				
D25	746950,67	kg	Rp13.500	Rp10.083.833.981
D19	246536,4	kg	Rp13.500	Rp3.328.241.433
φ13	28853,637	kg	Rp13.500	Rp389.524.101
TOTAL BIAYA				<b>Rp25.743.559.940</b>
<b>Biaya Material Secant Pile</b>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	10335,706	m <sup>3</sup>	Rp870.674	Rp8.999.030.185
Bentonite K-250	7249,749	m <sup>3</sup>	Rp832.768	Rp6.037.358.681
Pembesian				
D32	815869,31	kg	Rp13.500	Rp11.014.235.730
φ13	19235,758	kg	Rp13.500	Rp259.682.734
TOTAL BIAYA				<b>Rp26.310.307.331</b>
<b>Biaya Material Soldier Pile</b>				
ITEM	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	BIAYA TOTAL
Beton K-300	10757,382	m <sup>3</sup>	Rp870.674	Rp9.366.172.435
Baja H 900.300.16.28	1682289	kg	Rp12.500	Rp21.028.612.500
Pembesian				
D25	640243,427	kg	Rp13.500	Rp8.643.286.270
D19	184902,302	kg	Rp13.500	Rp2.496.181.075
TOTAL BIAYA				<b>Rp41.534.252.279</b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



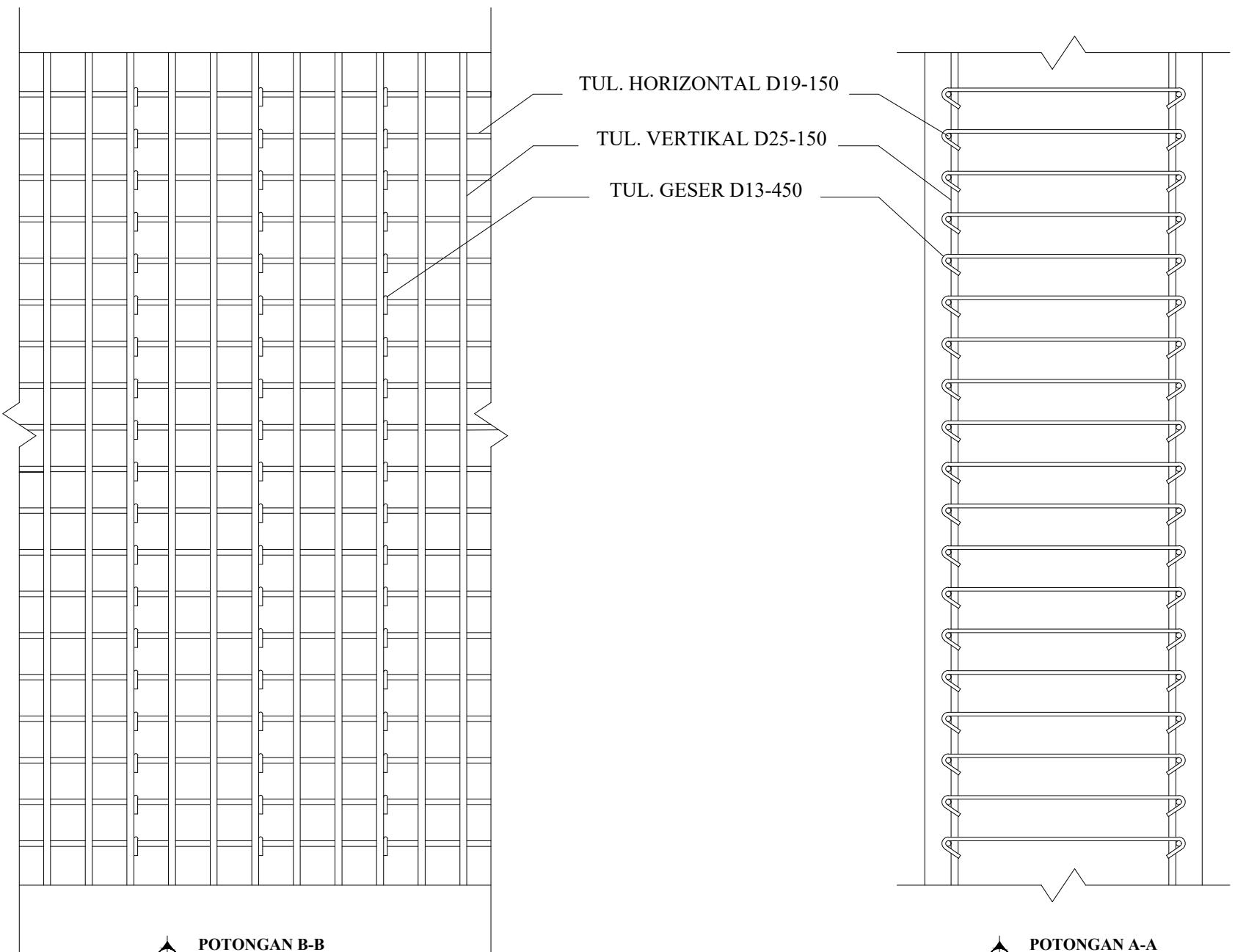
◆ **DENAH DIAPHRAGM WALL**  
**SKALA 1 : 1000**

	<b>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</b>	<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	<b>NAMA GAMBAR</b>	<b>SKALA</b>	<b>NO. LEMBAR</b>	<b>JML. LEMBAR</b>	<b>DOSEN PEMBIMBING</b>	<b>NAMA &amp; NRP MAHASISWA</b>
		ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN	DENAH DIAPHRAGM WALL	1 : 1000	01	07	Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.	DAMANG GALUH W. 0311164000022



PENULANGAN SEGMENT DIAPHRAGM WALL  
SKALA 1 : 20

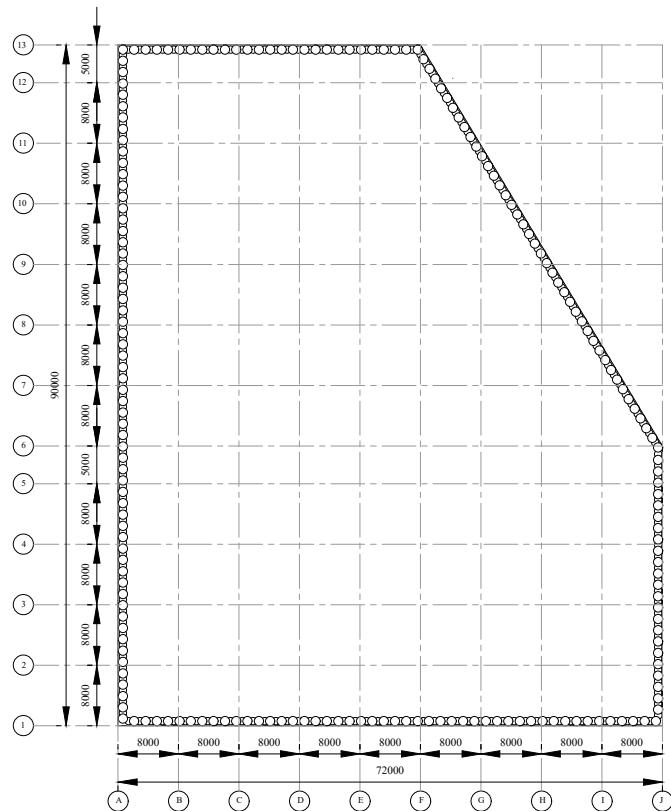
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN	NAMA GAMBAR PENULANGAN SEGMENT DIAPHRAGM WALL	SKALA 1 : 20	NO. LEMBAR 02	JML. LEMBAR 07	DOSEN PEMBIMBING Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.	NAMA & NRP MAHASISWA DAMANG GALUH W. 0311164000022
--	---	---	-----------------	------------------	-------------------	---	--



**POTONGAN B-B**  
SKALA 1 : 20

**POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 20

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR  ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN	NAMA GAMBAR  DETAIL PENULANGAN SEGMENT DIAPHRAGM WALL	SKALA 1 : 20	NO. LEMBAR 03	JML. LEMBAR 07	DOSEN PEMBIMBING Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.	NAMA & NRP MAHASISWA DAMANG GALUH W. 0311164000022
--	---	--	-----------------	------------------	-------------------	---	--



**DENAH SECANT PILE**  
**SKALA 1 : 1000**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING  
PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN  
BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA  
BRI GATSU JAKARTA SELATAN

NAMA GAMBAR

DENAH SECANT PILE

SKALA

1 : 1000

NO. LEMBAR

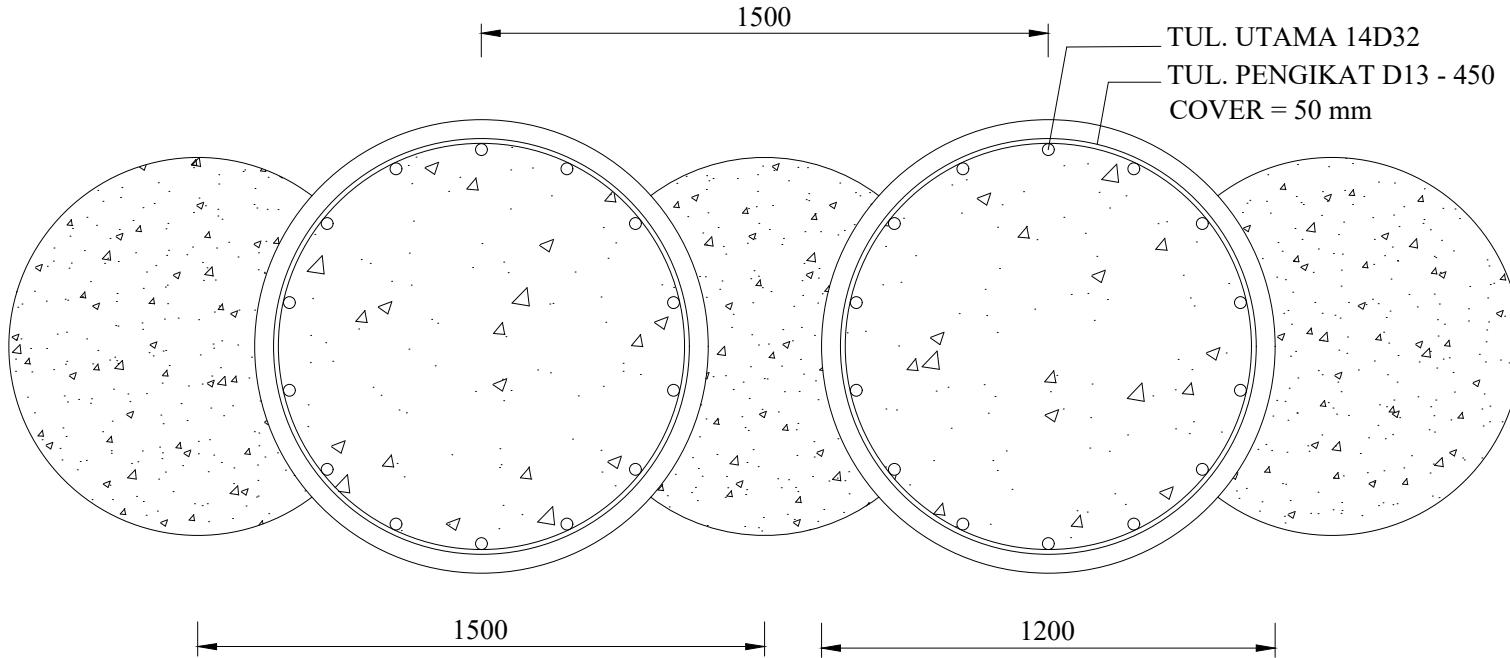
04

JML. LEMBAR

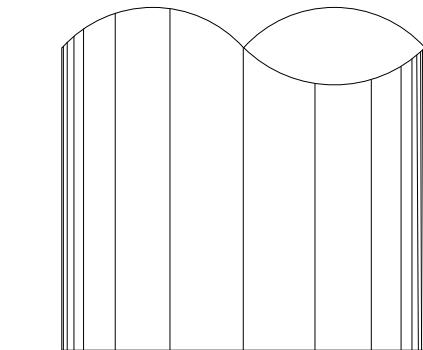
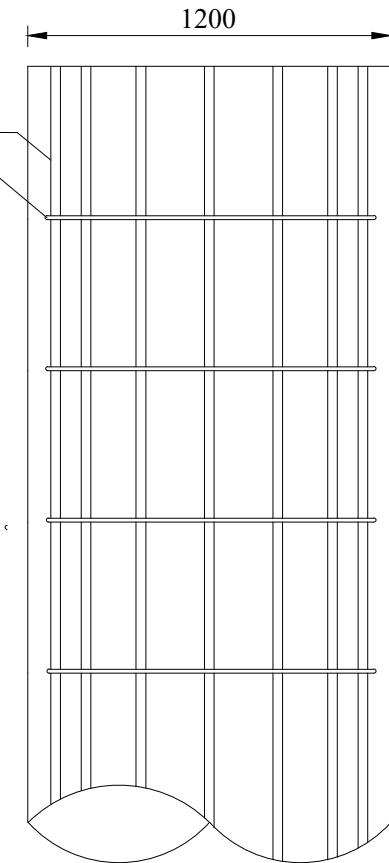
07

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

NAMA & NRP MAHASISWA  
DAMANG GALUH W.  
0311164000022

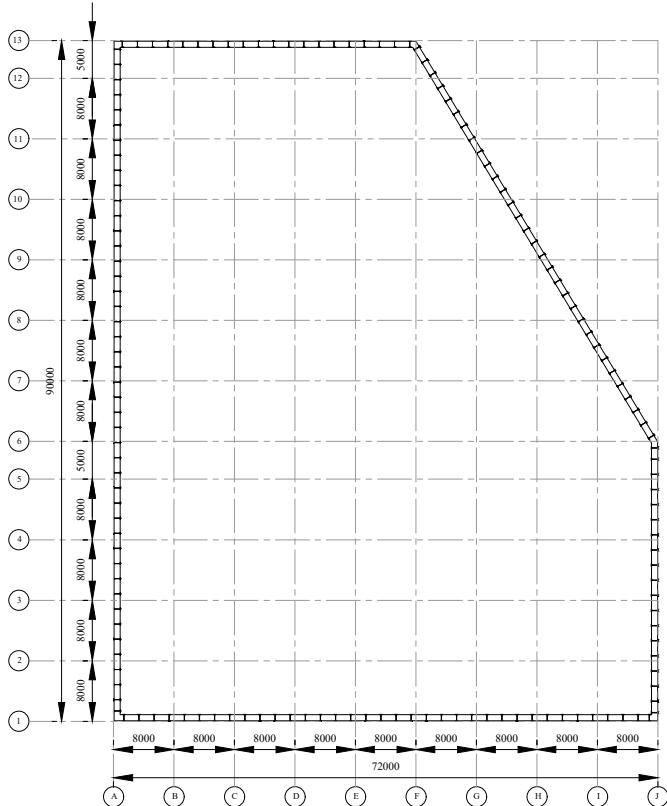


PENULANGAN SECANT PILE  
SKALA 1 : 20



DETAIL PENULANGAN SECANT PILE  
SKALA 1 : 25

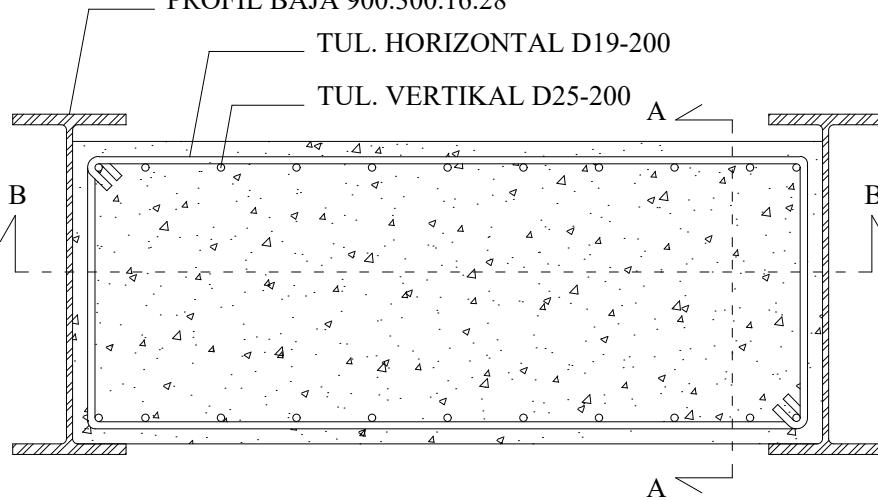
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN	NAMA GAMBAR PENULANGAN SECANT PILE	SKALA 1 : 20	NO. LEMBAR 05	JML. LEMBAR 07	DOSEN PEMBIMBING Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.	NAMA & NRP MAHASISWA DAMANG GALUH W. 0311164000022
--	---	---------------------------------------	-----------------	------------------	-------------------	---	--



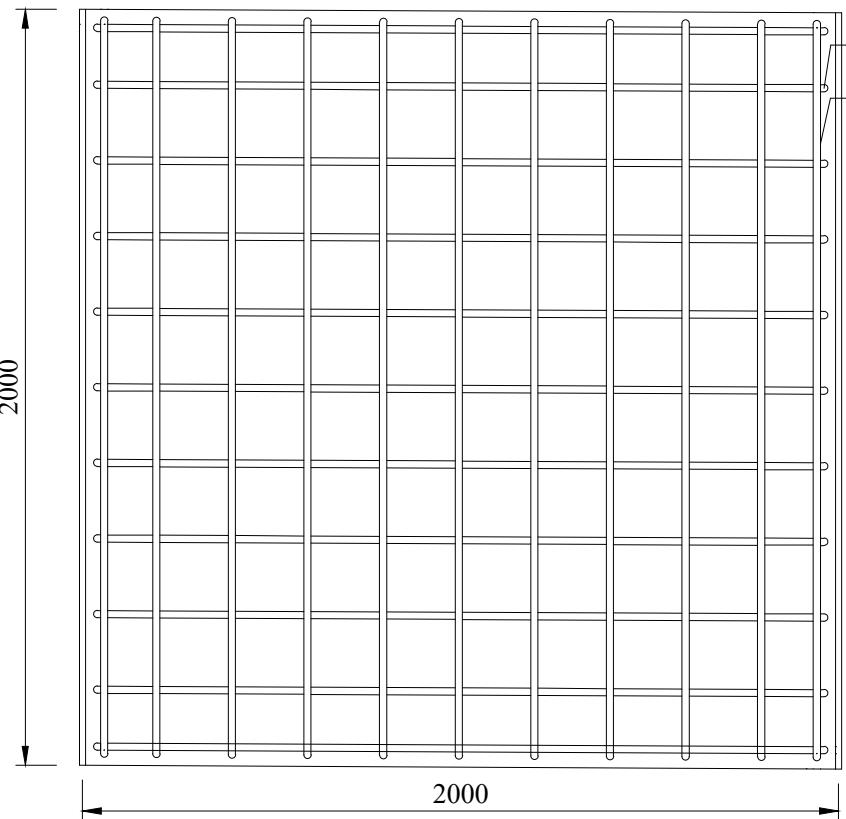
◆  
**DENAH SOLDIER PILE**  
**SKALA 1 : 1000**

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR  ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA BRI GATSU JAKARTA SELATAN	NAMA GAMBAR  DENAH SOLDIER PILE	SKALA  1 : 1000	NO. LEMBAR  06	JML. LEMBAR  07	DOSEN PEMBIMBING  Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.	NAMA & NRP MAHASISWA  DAMANG GALUH W. 0311164000022
--	--	---	---------------------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	---	--

PROFIL BAJA 900.300.16.28

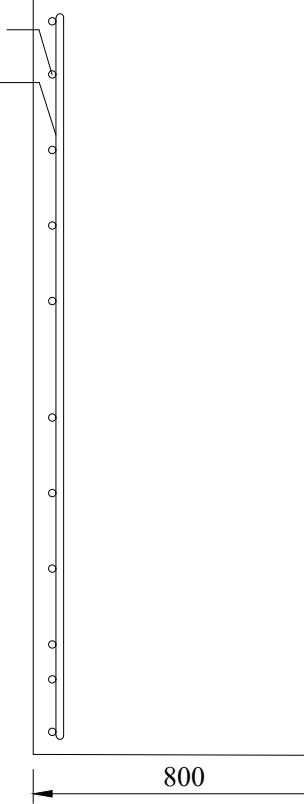


PENULANGAN SOLDIER PILE  
SKALA 1 : 20

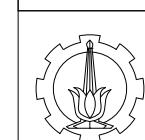


POTONGAN B - B  
SKALA 1 : 20

TUL. HORIZONTAL D19-200  
TUL. VERTIKAL D25-200  
COVER = 40 mm



POTONGAN A - A  
SKALA 1 : 20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF PERENCANAAN DINDING  
PENAHAN TANAH PADA PEMBANGUNAN  
BASEMENT 5 LANTAI PROYEK MENARA  
BRI GATSU JAKARTA SELATAN

NAMA GAMBAR

PENULANGAN SOLDIER PILE

SKALA

1 : 20

NO. LEMBAR

07

JML. LEMBAR

07

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

DAMANG GALUH W.  
0311164000022

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama **Damang Galuh Wahyudianto** yang dilahirkan di Surabaya, 08 Oktober 1997, merupakan anak terakhir dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al Hidayah Surabaya, SDN PAKIS VIII / 375 Surabaya, SMP Negeri 3 Surabaya, SMA Negeri 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Surabaya tahun 2016, Penulis diterima di Departemen Teknik

Sipil FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun yang sama melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111640000022. Selama kuliah di Departemen Teknik Sipil ITS penulis tertarik pada bidang studi Geoteknik khususnya pada topik konstruksi bawah tanah. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik mengenai perencanaan dinding penahan tanah. Pada masa perkuliahan penulis aktif melakukan pengembangan diri khususnya dalam bidang manajerial. Pada beberapa kepanitiaan penulis pernah menjadi Fasilitator Konsumsi Gerigi ITS 2017, Pemandu Integralistik Gerigi ITS tahun 2018, dan Staff Desain Civil Expo 2019. Sedangkan dalam organisasi penulis pernah menjadi Staff Kajian Departemen Sosial dan Masyarakat 2017 – 2018, Ketua Departemen Sosial dan Masyarakat 2018 – 2019, Staff Internal Badan Semi Otonom ITS Education Care Center BEM ITS 2017 – 2018. Selain itu, penulis pernah mendapatkan Juara Umum Kompetisi Bangunan Gedung Indonesia (KBGI) tahun 2019 bersama tim Afiriasi Cakakrawala. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Penulis dapat dihubungi melalui : [damanggaluh@gmail.com](mailto:damanggaluh@gmail.com).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD
NAMA MAHASISWA	: DAMANG GALIH WAHYUDIANTO
NRP	: 03111640000022
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada Pembangunan Basement 5 Lantai Proyek Menara BRI Gatsu Jakarta Selatan
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Januari 2020
NO. SP-MMTA	: B/133S8 / IT2. IX.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2020

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9/3/2020	Ambil tanah yang lunak / kritis didaerah podium untuk merencanakan struktur	Ambil tanah yang kritis didesain ke 2 nya dan diambil dimensi yang terbesar	<i>JLm</i>
2.	27/3/2020	Perencanaan dinding dengan DB 1 dan korelasi data tanah, penentuan kedalaman penetrasi dinding	Koreksi NSPT lapangan	
3.	10/5/2020	Koreksi NSPT lapangan	Perencanaan / preliminary design dinding penahan tanah	
4.	18/5/2020	Report Tugas Akhir, progres perencanaan diaphragm wall, Secant pile, soldier pile	- penyusunan Draft Tugas Akhir	
5.	31/5/2020	Draft Tugas Akhir		
6.	2/6/2020	Revisi Draft Tugas Akhir.		



**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111



Form AK/TA-04  
rev01

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yudhi Lastasih, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: DAMANG GALUH WAHYUDIANTO
NRP	: 03111640000022
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada Pembangunan Basement 5 Lantai Proyek Menara BRI Gatsu Jakarta Selatan
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Januari 2020
NO. SP-MMTA	: B / 13358 / IT. 2. IX. 3. 1. 1 / PP. 05. 02. 00 / 2020

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	19/2/20		<ul style="list-style-type: none"> <li>- grafik kedalaman vs NSPT</li> <li>- Tiap DB dan tiap zonc</li> <li>- Satigrafi</li> </ul>	<i>MJ</i>
2	3/3/20	grafik kedalaman vs NSPT Tiap zonc, Satigrafi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pengolahan data tanah</li> <li>- Crosscek lagi dengan analisa ayakannya untuk deskripsi tanah pada Deep Boring</li> </ul>	<i>MJ</i>
3	19/3/20	<del>Analisa parameter tanah berdasarkan bore log yang dipakai</del>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desain ke-2 bore log yg dipakai diambil yg terbesar nantinya (Kondisi kritis)</li> </ul>	
4.	10/4/20	Analisa parameter tanah, Korelasi, Tek. lateral tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek lagi, korelasi parameter tanah, sederhanakan lapisan Prelime DPT</li> </ul>	
5	24/4/20	Korelasi parameter tanah, tekanan lateral dan kedalaman penetrasi dpt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek lagi tekanan tanah</li> <li>- Prelime diaphragm wall, secant pile, kontrol displacement</li> </ul>	
6.	8/5/2020	Verifikasi penggunaan NSPT lapangan, preliminary DPT, Analisa stabilitas (Plaxis) dan kontrol uplift	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek tekanan, displacement, momen, shear pada aplikasi</li> <li>- lanjut kontrol uplift dan koreksi prelim soldier pile</li> </ul>	
7.	15/5/2020	koreksi NSPT, gunakan NSPT lapangan,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prelim soldier pile dan perbandingan biaya material</li> </ul>	
8.	2/6/2020	Revisi laporan / Draft Tugas Akhir		