



TUGAS AKHIR – RC184803

**PERENCANAAN ULANG PERKUATAN DINDING
BASEMENT DAN PONDASI PADA PROYEK
GUBENG MIXED USE DEVELOPMENT- SURABAYA**

ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP. 0311174500009

Dosen Pembimbing I
Ir. Suwarno, M. Eng.

Dosen Pembimbing II
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC184803

**PERENCANAAN ULANG PERKUATAN DINDING
BASEMENT DAN PONDASI PADA PROYEK
GUBENG MIXED USE DEVELOPMENT-SURABAYA**

ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP. 0311174500009

Dosen Pembimbing I
Ir. Suwarno, M. Eng.

Dosen Pembimbing II
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT – RC184803

**REDESIGN FOR RETAINING WALL OF BASEMENT
AND FOUNDATION ON GUBENG MIXED USE
DEVELOPMENT PROJECT – SURABAYA**

ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP. 03111745000009

Advisor I
Ir. Suwarno, M. Eng.

Advisor II
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG PERKUATAN DINDING BASEMENT DAN PONDASI PADA PROYEK GUBENG MIXED USE DEVELOPMENT SURABAYA

TUGAS AKHIR

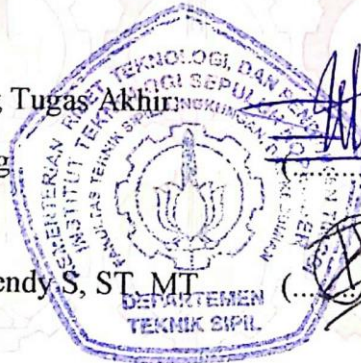
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP. 0311174500009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Suwarno, M.Eng. (.....)
2. Dr. Trihanyndio Rendy S, ST, MT (.....)



SURABAYA, JULI 2019

**PERENCANAAN ULANG PERKUATAN DINDING
PENAHAN BASEMENT DAN PONDASI PADA PROYEK
GUBENG MIXED USE DEVELOPMENT – SURABAYA**

Nama : ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP : 03111745000009
Jurusan : Departemen Teknik Sipil
Fakultas : FTSLK - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Suwarno, M. Eng
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur dengan konsep Mixed Use akan dilaksanakan di dekat RS. Siloam, Gubeng-Surabaya. Pembangunan proyek “Gubeng Mixed Use Development” berdiri di atas tanah lunak. Berdasarkan data boring log hasil penyelidikan tanah, rata-rata kedalaman tanah lunak mulai dari permukaan tanah sampai dengan -11,5 m dengan jenis tanah yang di dominasi clay-silt. Konsistensi tanah lunak tersebut memiliki nilai N-SPT rata-rata < 10 dan muka air tanah pada kedalaman -1,00 m. Proyek “Gubeng Mix Use Development” ini didesain memiliki basement 4 lantai dengan elevasi dasar -16,40 m. Pada pembangunan basement terdapat pekerjaan galian yang diberi dinding penahan untuk mencegah terjadinya longsor. Dinding penahan yang digunakan adalah secant pile yang diperkuat dengan memberi ground anchor sebanyak 3 layer. Metode Pelaksanaan pada pekerjaan basement proyek “Gubeng Mixed-Use Development” adalah Metode Bottom-Up. Permasalahan dalam proyek pembangunan gedung “Gubeng Mixed-Use Development” adalah terdapat keretakan pada bangunan sekitar.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dipaparkan di atas, maka perlu di rencanakan dinding penahan / dinding

basement alternatif. Dinding penahan yang direncanakan yaitu menggunakan secant pile dan diaphragm wall agar aman dan kuat. Dari kedua alternatif tersebut akan dibandingkan dari segi biaya sebagai dasar penentuan alternatif yang dipilih. Selain itu, gaya uplift lantai basement perlu diperhatikan mengingat muka air pada proyek “Gubeng Mixed-Use Development” sangat tinggi yaitu -1.00 meter. Perencanaan ulang ini menggunakan metode top-down. Pada perhitungan dinding penahan menggunakan metode perhitungan Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation.

Hasil yang didapatkan berdasarkan analisa dan perhitungan pada Diaphragm Wall didapatkan lebar 1,0 meter dengan kedalaman 42 meter dan deformasi maksimal 3,65 cm dengan analisa biaya Rp 36.583.668.318. Pada secant pile didapatkan diameter sebesar 1,0 meter dengan kedalaman 42 meter dan deformasi maksimal 5,00 cm dengan analisa biaya Rp 36.818.496.390. Berdasarkan hasil deformasi dan analisa biaya dari segi material, dipilih perencanaan dinding penahan dengan menggunakan Diaphragm Wall sebagai dinding penahan basement gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya. Sedangkan untuk pondasi bored pile menggunakan diameter 1,2 m dengan kedalaman bervariasi 30 m dan 40 m dan analisa biaya yang didapatkan adalah Rp 19.526.430.390.

Kata kunci : Basement, Beam on Elastic Foundation, Diaphragm Wall, Secant Pile, Pondasi Bored Pile.

**REDESIGN FOR RETAINING WALL OF BASEMENT
AND FOUNDATION ON GUBENG MIXED USE
DEVELOPMENT PROJECT – SURABAYA**

Name : ZULIVA RACHMA CAMILIA
NRP : 03111745000009
Department : Department of Civil Engineering
Faculty : FTSLK - ITS
Advisor : Ir. Suwarno, M. Eng
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT

ABSTRACT

An infrastructure construction using Mixed Use concept will be carried out near Siloam hospital, Gubeng - Surabaya. The development of "Mixed Use Development" project stands on soft soil. Based on log boring data from the results of soil investigations, the average depth of soft soil from the ground to up to -11.5 m with the type of soil dominated by clay-silt. The consistency of soft soil has an average N-SPT value <10 and groundwater level at -1.00 m. "Gubeng Mix Use Development" project is designed to have 4 basement floor with a base elevation of -16.40 m. In that case found that there was an excavation work that was given a retaining wall to prevent landslides. The retaining wall used was secant pile that was reinforced by giving 3 anchor ground layers. The problem found in this construction was that there were cracks in the surrounding buildings. The Implementation Method for "Gubeng Mixed-Use Development" basement project is bottom-up method.

According to the problems described, it is necessary to plan an alternative retaining wall or basement wall. The retaining walls

which are planned to use are secant pile and diaphragm wall in order to get safe and strong. Both alternatives will be compared in terms of cost as a basis for determining the chosen alternative. In addition, the uplift style of the basement floor needs to be considered since the water level in the "Mixed-Use Development" project is very high at -1.00 meters. This re-planning uses top-down method. The calculation of the retaining wall uses Stress and Deformation calculation method: Beam on Elastic Foundation.

The results obtained based on the analysis and calculations on Diaphragm Wall obtained 1.0 meters thick with a depth of 42 meters and a maximum deformation of 1.43 cm with a cost analysis of Rp. 36,582,668,318. The secant pile diameter is 1.0 meters with a depth of 42 meters and a maximum deformation of 2.14 cm with a cost analysis of Rp. 36,818,496,390. Based on the results of the deformation and cost analysis in terms of material, the chosen planning is using Diaphragm Wall as the retaining wall of Mixed Use Development building in Surabaya. Whereas the bored pile foundation uses a diameter of 1.2 m with varying depths of 30 m and 40 m and analysis of the costs obtained is Rp 19,526,430,390.

Keywords: Basement, Diaphragm Wall, Secant Pile, Beam on Elastic, Bored Pile Foundation.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Perkuatan Dinding Penahan *Basement* dan Pondasi pada Proyek *Gubeng Mixed Use Development*-Surabaya”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan yang tak terhingga sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Suwarno, M. Eng selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Trihanyndio Rendy S, ST. MT selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, S.Mc.,Ph.D selaku dosen mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah yang memberikan saran dan motivasi kepada penulis.
5. Teman-teman Pengendali Tanah yang menjadi teman bertukar ide dan pikiran selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman LJ 2017 yang telah berjuang bersama selama 2 tahun ini.
7. Muhammad Alfiras Aziz yang selalu memberi semangat dan membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

8. Beserta semua pihak yang berperan positif selama kuliah dan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir penulis. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan.....	6
1.4. Lingkup Pekerjaan.....	6
1.5. Batasan Permasalahan	6
1.6. Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Klasifikasi Tanah.....	7
2.1.1. Tanah berbutir halus	7
2.1.2. Tanah berbutir kasar	7
2.2. Tes Lapangan dan Parameter Tanah.....	8
2.2.1. SPT (Standart Penetration Test)	8
2.2.2. Korelasi Data Tanah	8
2.3. Tekanan Tanah Lateral	11
2.3.1. Tekanan Tanah Aktif.....	13
2.3.2. Tekanan Tanah Pasif	13
2.3.3. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (At Rest)	14
2.4. Konstruksi Dinding Penahan Tanah.....	15
2.4.1. <i>Secant Pile</i>	15
2.4.2. <i>Diaphragm Wall</i>	18
2.4.3. <i>Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation</i>	23
2.4.4. Kontrol Kedalaman Dinding Berdasarkan <i>Hydrodynamic</i>	26
2.4.5. Kontrol <i>Uplift</i> pada Lantai Basement.....	28

2.5.	Pondasi Dalam (<i>Bored Pile</i>).....	28
2.5.1.	Koreksi N-SPT	29
2.5.2.	Kapasitas Daya Dukung Bored Pile	30
2.5.3.	Penurunan Tiang Bor.....	31
BAB III	METODOLOGI.....	35
3.1.	Bagan Alir	35
3.2.	Rincian Metodologi	37
BAB IV	ANALISA DATA	41
4.1.	Data Tanah.....	41
4.1.1.	Lokasi Pengambilan Data Tanah.....	41
4.1.2.	Korelasi Data Tanah	45
4.2.	Analisa Data Pembebanan	49
4.2.1.	Analisa Pembebanan untuk Dinding Penahan	49
4.2.2.	Analisa Pembebanan untuk Pondasi	50
BAB V	PEMBAHASAN.....	57
5.1.	Umum	57
5.2.	Perencanaan Panjang Dinding Penahan Tanah.....	57
5.2.1.	Metode <i>Beam on Elastic Foundation</i>	57
5.2.2.	Analisa <i>Heave (Hydrodynamic)</i>	66
5.3.	Perhitungan Dinding Penahan Tanah	68
5.3.1.	Perencanaan <i>Diaphragm Wall</i>	69
5.3.2.	Perencanaan Struktur <i>Diaphragm Wall</i>	107
5.3.3.	Perencanaan <i>Secant Pile</i>	111
5.3.4.	Perencanaan Penulangan <i>Secant Pile</i>	149
5.3.5.	Kontrol Defleksi Maksimum	150
5.3.6.	Analisa Stabilitas	152
5.3.7.	Rekapitulasi Hasil Perencanaan Dinding Penahan Tanah	163
5.4.	Perencanaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	164
5.4.1.	Koreksi N-SPT	164
5.4.2.	Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi.....	171
5.4.3.	Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	173
5.4.4.	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang	175
5.4.5.	Perhitungan Penurunan Bored Pile.....	182
5.4.6.	Perencanaan Struktur Bored Pile	185

5.5.	Perencanaan Kingpost	188
5.5.1.	Pengecekan Luas Penampang Minimum Profil.	188
5.5.2.	Perhitungan Tegangan Leleh untuk <i>King post</i> ..	189
5.5.3.	Menghitung Kuat Tekan <i>King post</i>	190
5.6.	Perencanaan <i>Pilecap</i>	191
5.6.1.	Kontrol Geser Pons pada <i>Pilecap</i>	191
5.6.2.	Perhitungan Penulangan <i>Pilecap</i>	193
5.7.	Perencanaan Pelat Lantai Dasar <i>Basement</i>	198
5.7.1.	Kontrol Geser Pons pada Pelat Lantai.....	198
5.7.2.	Perhitungan Peulangan Pelat Lantai	199
5.8.	Kontrol <i>Uplift</i>	202
5.9.	Perhitungan Biaya Perencanaan	204
5.9.1.	Perhitungan Biaya Perencanaan Dinding Penahan Tanah	204
5.9.2.	Perhitungan Biaya Perencanaan <i>Bored Pile</i>	206
5.10.	Analisa Kualitatif Penyebab Keretakan.....	208
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		210
6.1.	Kesimpulan.....	210
6.2.	Saran.....	211
DAFTAR PUSTAKA		212
LAMPIRAN.....		214

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi proyek “Gubeng Mixed-Use Development”	1
Gambar 1. 2 Pekerjaan proyek “Gubeng Mixed-Use Development” masih dalam Phase / Tahap 1	2
Gambar 1. 3 Sketsa potongan melintang bangunan basement.....	3
Gambar 1. 4 Gambar keretakan-keretakan pada bangunan sekitar proyek “Gubeng Mixed-Use Development”	4
Gambar 2. 1 Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding (Sumber : Weber, 2010).....	12
Gambar 2. 2 Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam pada Tembok	15
Gambar 2. 3 Perencanaan secant pile	16
Gambar 2. 4 Skema konstruksi <i>diaphragm wall</i>	18
Gambar 2. 5 Perencanaan penulangan pada diaphragm wall.....	20
Gambar 2. 6 Tegangan pada beton bertulang	21
Gambar 2. 7 Pemodelan Beam on Elastic Foundation	24
Gambar 2. 8 Grafik tekanan lateral tanah dan deformasi dinding penahan (Andikaputra,2017)	26
Gambar 2. 9 Hydrodynamic pada Galian Tanah	27
Gambar 2. 10 Penurunan Konsolidasi Tiang Kelompok	31
Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan proposal	37
Gambar 4. 1 Grafik nilai N-SPT vs kedalaman	42
Gambar 4. 2 Grafik N-SPT beserta konsistensi tanah	44
Gambar 4. 3 Pemodelan Struktur pada Proyek Gubeng Mixed Use Development Surabaya	51
Gambar 4. 4 Layout titik kolom.....	52
Gambar 5. 1 Permodelan beam pada SAP2000	58
Gambar 5. 2 Beam Dimension pada SAP2000.....	59
Gambar 5. 3 Draw Special Joint pada SAP2000	59
Gambar 5. 4 Extrude Special Joint untuk tanah di belakang dinding penahan tanah.....	60

Gambar 5. 5 Assign Joint Local Axes pada SAP2000.....	60
Gambar 5. 6 Extrude Special Joint untuk tanah di depan dinding penahan tanah	61
Gambar 5. 7 Assign Joint Spring pada SAP2000	62
Gambar 5. 8 Assign Joint Restraints pada SAP2000	62
Gambar 5. 9 Permodelan dinding penahan tanah 80 m	63
Gambar 5. 10 Assign Joint Forces pada SAP2000	63
Gambar 5. 11 Assign Frame Distributed Loads pada SAP2000	64
Gambar 5. 12 Output SAP untuk panjang dinding penahan basement.....	65
Gambar 5. 13 Panjang dinding penahan berdasarkan hydrodynamic.....	66
Gambar 5. 14 Desain Perencanaan Basement Gedung Gubeng Mixed Use Development.....	69
Gambar 5. 15 Data beban pada program bantu SAP2000	72
Gambar 5. 16 Defleksi dinding pada iterasi terakhir penggalian pertama	79
Gambar 5. 17 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000.....	82
Gambar 5. 18 Defleksi dinding pada akhir penggalian kedua ...	88
Gambar 5. 19 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000.....	91
Gambar 5. 20 Hasil Defleksi pada Iterasi Terakhir Penggalian Ketiga	97
Gambar 5. 21 Beban lateral tanah dan tekanan air pada SAP2000	100
Gambar 5. 22 Hasil Defleksi Dinding.....	106
Gambar 5. 23 Tampak Atas Penulangan Diaphragm Wall	109
Gambar 5. 24 Tampak Samping Penulangan Diaphragm Wall	110
Gambar 5. 25 Data beban pada program bantu SAP2000	114
Gambar 5. 26 Defleksi dinding pada iterasi terakhir	121

Gambar 5. 27 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000.....	124
Gambar 5. 28 Defleksi dinding pada akhir penggalian kedua .	130
Gambar 5. 29 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000.....	133
Gambar 5. 30 Hasil Defleksi pada Iterai Terakhir Penggalian Ketiga	139
Gambar 5. 31 Beban lateral tanah dan tekanan air pada SAP2000	142
Gambar 5. 32 Hasil Defleksi Dinding.....	148
Gambar 5. 33 Ouput penulangan dan diagram interaksi dari program PCACol.....	149
Gambar 5. 34 Bidang Momen pada Dinding Secant Pile	150
Gambar 5. 35 Defleksi Horizontal Fase A.....	154
Gambar 5. 36 Total Displacement Fase A.....	154
Gambar 5. 37 Safety Factor Fase A.....	155
Gambar 5. 38 Defleksi Horizontal Fase B	156
Gambar 5. 39 Total Displacement Fase B	156
Gambar 5. 40 Safety Factor Fase B	157
Gambar 5. 41 Total Displacement Fase C	157
Gambar 5. 42 Defleksi Horizontal Fase C	158
Gambar 5. 43 Safety Factor Fase C	158
Gambar 5. 45 Total Displacement Fase D.....	159
Gambar 5. 44 Defleksi Horizontal Fase D.....	159
Gambar 5. 46 Safety Factor Fase D.....	160
Gambar 5. 47 Defleksi Horizontal Fase E	161
Gambar 5. 48 Total Displacement Fase E	161
Gambar 5. 49 Safety Factor Fase E	162
Gambar 5. 50 Grafik N-SPT dan karakteristik tanah.....	170
Gambar 5. 51 Output program bantu PCA-Column	171
Gambar 5. 52 Perencanaan pengelompokan tiang bor.....	173
Gambar 5. 53 Jarak kolom dan pondasi bored pile untuk tipe C	176

Gambar 5. 54	Layout titik rencana pondasi	181
Gambar 5. 55	Distribusi beban pada tiang kelompok	182
Gambar 5. 56	Ouput program bantu PCACol (1)	186
Gambar 5. 57	Diagram interaksi (akibat gaya lateral tanah) ...	187
Gambar 5. 58	King post	188
Gambar 5. 59	Lengan momen pada poer dan pondasi	194
Gambar 5. 60	Lengan momen pada poer dan pondasi	196
Gambar 5. 61	Perencanaan Secant Pile.....	204

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jenis Tanah Pada Proyek "Gubeng Mixed-Use Development"	3
Tabel 2. 1 Korelasi Nilai N-SPT pada tanah Cohesionless dan Cohesive (J. E. Bowles, 1984)	9
Tabel 2. 2 Taksiran Harga Kekuatan Geser Undrained (Cu).....	10
Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas.....	10
Tabel 2. 4 Koefisien Poisson	11
Tabel 2. 5 Nilai K (Decourt and Quaresma,1978).....	30
Tabel 2. 6 Nilai β ((Decourt and Quaresma, 1978; Decourt at al, 1996).....	30
Tabel 2. 7 Nilai α (Decourt and Quaresma, 1978; Decourt at al, 1996).....	31
Tabel 4. 1 Rangkuman Data Tanah	47
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Nilai Ks	48
Tabel 4. 3 Rekap Pembebanan Struktur Geudng Gubeng Mixed Use Development Surabaya	53
Tabel 5. 1 Beban Air Tanah 80 m (galian 16,4 m)	64
Tabel 5. 2 Data Tanah untuk Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	70
Tabel 5. 3 Tekanan Tanah di Belakang Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1	71
Tabel 5. 4 Tekanan Tanah di Depan Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1	71
Tabel 5. 5 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Pertama.....	72
Tabel 5. 6 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding.....	73
Tabel 5. 7 Gaya Lateral Tanah di Belakang Dinding	73
Tabel 5. 8 Hasil Defleksi Iterasi 1 Pada Tiap Titik Tangkap Beban.....	74
Tabel 5. 9 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Depan Dinding.....	75

Tabel 5. 10 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Belakang Dinding	76
Tabel 5. 11 Beban Terpusat di Depan Dinding pada Iterasi Terakhir (iterasi ke-7).....	77
Tabel 5. 12 Beban Terpusat di Belakang Dinding pada Iterasi Terakhir (iterasi ke-7).....	78
Tabel 5. 13 Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir.....	79
Tabel 5. 14 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian	80
Tabel 5. 15 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Kedua.....	81
Tabel 5. 16 Gaya Lateral di Depan Dinding pada Penggalian Fase Kedua.....	81
Tabel 5. 17 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	83
Tabel 5. 18 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	84
Tabel 5. 19 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	85
Tabel 5. 20 Beban Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat	86
Tabel 5. 21 Beban Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat	87
Tabel 5. 22 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Kedua.....	88
Tabel 5. 23 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga	89
Tabel 5. 24 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Ketiga	90
Tabel 5. 25 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga	90
Tabel 5. 26 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Ketiga.....	92
Tabel 5. 27 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Ketiga.....	93

Tabel 5. 28 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Pertama	94
Tabel 5. 29 Besar Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Kelima Penggalian Ketiga.....	95
Tabel 5. 30 Besar Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Kelima Penggalian Ketiga.....	96
Tabel 5. 31 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Ketiga	97
Tabel 5. 32 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat	98
Tabel 5. 33 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Keempat...	99
Tabel 5. 34 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat	99
Tabel 5. 35 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	101
Tabel 5. 36 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	102
Tabel 5. 37 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	103
Tabel 5. 38 Besar Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi.....	104
Tabel 5. 39 Besar Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding Pada Iterasi	105
Tabel 5. 40 Hasil Defleksi Dinding pada.....	106
Tabel 5. 41 Data Tanah untuk Perencanaan Secant Pile.....	112
Tabel 5. 42 Tekanan Tanah di Belakang Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1	113
Tabel 5. 43 Tekanan Tanah di Depan Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1	113
Tabel 5. 44 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Pertama..	113
Tabel 5. 46 Beban Terpusat Tanah	115
Tabel 5. 45 Beban Terpusat Tanah	115
Tabel 5. 47 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama.....	116

Tabel 5. 48 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Depan Dinding	117
Tabel 5. 49 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Belakang Dinding	118
Tabel 5. 50 Perhitungan Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi	119
Tabel 5. 51 Perhitungan Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi.....	120
Tabel 5. 52 Hasil Defleksi Iterasi Terakhir.....	121
Tabel 5. 53 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian	122
Tabel 5. 54 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Kedua.....	123
Tabel 5. 55 Gaya Lateral di Depan Dinding pada Penggalian Fase Kedua.....	123
Tabel 5. 56 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	125
Tabel 5. 57 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	126
Tabel 5. 58 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua.....	127
Tabel 5. 59 Beban Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat	128
Tabel 5. 60 Beban Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat	129
Tabel 5. 61 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Kedua.....	130
Tabel 5. 62 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga	131
Tabel 5. 63 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Ketiga	132
Tabel 5. 64 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga	132
Tabel 5. 65 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama	134

Tabel 5. 66 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama.....	135
Tabel 5. 67 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Ketiga	136
Tabel 5. 68 Besar Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat Penggalian Ketiga	137
Tabel 5. 69 Besar Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat Penggalian Ketiga	138
Tabel 5. 70 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Ketiga	139
Tabel 5. 71 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat	140
Tabel 5. 72 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Keempat.	141
Tabel 5. 73 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat	141
Tabel 5. 74 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	143
Tabel 5. 75 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	144
Tabel 5. 76 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat.....	145
Tabel 5. 77 Besar Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding Pada Iterasi.....	146
Tabel 5. 78 Besar Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding Pada Iterasi	147
Tabel 5. 79 Hasil Defleksi Dinding pada.....	148
Tabel 5. 80 Batas Maksimum Deformasi Lateral Dinding	151
Tabel 5. 81 Perhitungan N Koreksi	165
Tabel 5. 82 Rekapitulasi N Koreksi.....	166
Tabel 5. 83 Efisiensi Tiang Dalam Group	175
Tabel 5. 84 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Grup.....	175
Tabel 5. 85 Pondasi Bored Pile Tipe A	177
Tabel 5. 86 Pondasi Bored Pile Tipe B.....	178

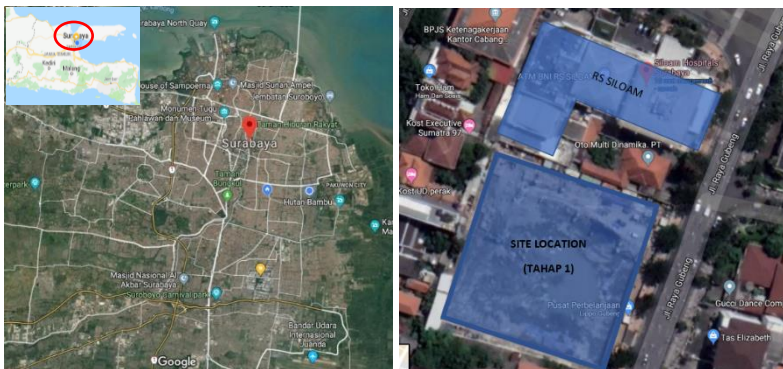
Tabel 5. 87 Pondasi Bored Pile Tipe C.....	178
Tabel 5. 88 Data tanah untuk perhitungan settlement Consolidation.....	182
Tabel 5. 89 Rekapitulasi Penulangan Pilecap	198
Tabel 5. 90 Perhitungan Biaya Diaphragm Wall dan Secant Pile	204
Tabel 5. 91 Perhitungan Biaya Pondasi Bored Pile	206

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sudah mulai berkembang dengan pesatnya, sehingga kondisi kota menjadi semakin padat dan lahan kosong mulai semakin menyusut. Konsep *mixed-use* dianggap para pengembang dan developer sebagai strategi pembangunan infrastruktur yang tepat. *Mixed-use* adalah bangunan multi-fungsi yang mampu mengakomodasi beberapa fungsi bangunan sekaligus, seperti rumah sakit, hunian, pusat belanja, pendidikan, dan sebagainya. Penerapan bangunan tinggi dalam konsep ini di lokasi strategis pada pusat kota sangat diutamakan. Hal ini dilakukan untuk memaksimalkan pembangunan di lahan yang relatif kecil. Di sisi lain, kemacetan yang semakin parah membuat warga kota yang memerlukan efisiensi waktu memilih hunian didalam *mixed-use*.

Pembangunan dengan konsep *Mixed-use* akan dilaksanakan di dekat RS. Siloam, Gubeng-Surabaya seperti



Gambar 1. 1 Lokasi proyek “Gubeng Mixed-Use Development”

Sumber : <https://www.google.com/maps>

Gambar 1.1. Konsep “Gubeng Mixed-Use Development” direncanakan didalamnya terdapat bangunan dengan fungsi

bangunan mall, rumah sakit, dan hotel. Pembangunan proyek “*Gubeng Mix Use Development*” saat ini masih dalam pekerjaan *phase 1* seperti yang terlihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Pekerjaan proyek “*Gubeng Mixed-Use Development*” masih dalam Phase / Tahap 1
Sumber : Data Proyek

Bangunan proyek “*Gubeng Mix Use Development*” berdiri di atas tanah lunak. Berdasarkan data *boring log* hasil penyelidikan tanah, rata-rata kedalaman tanah lunak mulai dari permukaan tanah sampai dengan -11,5 m dengan jenis tanah yang didominasi *clay-silt*. Konsistensi tanah lunak tersebut memiliki nilai N-SPT rata-rata < 10 dan muka air tanah pada kedalaman -1,00 m. Data tanah proyek “*Gubeng Mix Use Development*” bisa dilihat pada Tabel 1.1

Bangunan proyek “*Gubeng Mix Use Development*” ini didesain memiliki *basement* 4 lantai dengan elevasi dasar -16,40 m. *Basement* ini digunakan sebagai lahan parkir dan *lobby serv lift*. Pada pembangunan *basement* terdapat pekerjaan galian yang diberi dinding penahan untuk mencegah terjadinya longsor. Dinding penahan yang digunakan adalah *secant pile* yang diperkuat dengan memberi *ground anchor* sebanyak 3 layer seperti pada Gambar 1.3

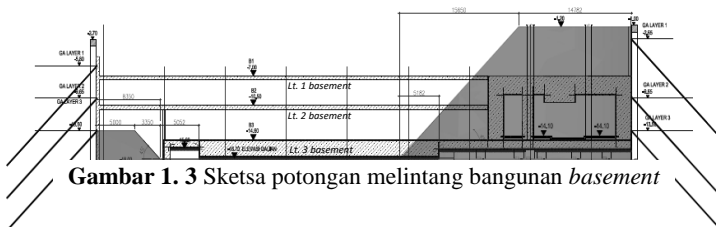
Tabel 1.1 Jenis Tanah Pada Proyek "*Gubeng Mixed-Use Development*"
Kedalaman

No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah
1.	0 – 3,5	Clay and silt
2.	3,5 – 7	Fine sand
3.	7 – 12	Clay and silt
4.	12 – 15,5	Fine sand
5.	15,5 – 50	Clay and silt

Sumber : Data tanah pada proyek "*Gubeng Mixed-Use Development*"

Secant pile adalah jenis dinding penahan tanah yang berupa *soldier pile* (beton bertulang) yang diantaranya diberi *bentonite Ground Anchor* diletakkan pada kedalaman -5,80m; -9,65m; dan -13,65m.

Berdasarkan sumber dari proyek, permasalahan dalam proyek pembangunan gedung "*Gubeng Mixed-Use Development*" adalah terdapat adanya keretakan pada bangunan sekitar. Bangunan sekitar yang retak antara lain rumah warga, area BPJS Siloam, toko elizabeth dan trotoar jalan yang bisa dilihat pada Gambar 1.4. Metode Pelaksanaan pada pekerjaan *basement* proyek "*Gubeng Mixed-Use Development*" adalah Metode *Bottom-Up*. Metode *Bottom-Up* adalah struktur dilaksanakan setelah seluruh



pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Plat *basement* paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian *basement* diselesaikan dari bawah ke atas, dengan menggunakan *scaffolding*.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dipaparkan di atas, maka perlu di rencanakan dinding penahan / dinding basement



Gambar 1. 4 Gambar keretakan-keretakan pada bangunan sekitar proyek “*Gubeng Mixed-Use Development*”

alternatif. Dinding penahan yang direncanakan yaitu menggunakan

Sumber: Dokumentasi PT. NKE

secant pile dan *diaphragm wall* agar kuat dan aman. Dari kedua alternatif tersebut akan dibandingkan dari segi biaya sebagai dasar penentuan alternatif yang dipilih. Selain itu, gaya uplift lantai basement perlu diperhatikan mengingat muka air pada proyek “*Gubeng Mixed-Use Development*” sangat tinggi yaitu -1.00 meter. Metode pelaksanaan pada perencanaan ulang ini menggunakan metode *top-down*. Metode *top-down* adalah cara pelaksanaan pembangunan gedung yang memulai pembangunan dari atas ke bawah. Proses pelaksanaan metode ini diawali dengan memasang dinding diafragma, kemudian pondasi dan *king post*, setelah itu pembuatan plat lantai dasar, dan ke bawah basement bersamaan dengan galian.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rincian rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi tanah di lokasi proyek “*Gubeng Mixed Use Development*” ?
2. Bagaimana perencanaan perkuatan dinding penahan *basement* dengan menggunakan *secant pile* dan *diaphragm wall* yang kuat dan aman dengan metode *top-down*?
3. Berapa biaya bahan yang dibutuhkan untuk penggunaan masing-masing alternatif dinding *basement* yang direncanakan?
4. Perencanaan perkuatan dinding *basement* manakah yang lebih direkomendasikan untuk proyek “*Gubeng Mixed Use Development*” ?
5. Bagaimana perencanaan struktur dan analisa biaya material pondasi *bored pile* pada proyek “*Gubeng Mixed Use Development*” dengan metode *top-down*?
6. Bagaimana analisa keretakan pada bangunan sekitar proyek “*Gubeng Mixed Use Development*”?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah merencanakan dinding penahan *basement* 4 lantai dan pondasi pada proyek “*Gubeng Mixed Use Development*”.

1.4. Lingkup Pekerjaan

Berikut adalah lingkup pekerjaan yang akan menjadi acuan pengerjaan untuk Tugas Akhir ini :

1. Pemodelan struktur atas dengan program bantu untuk mendapatkan gaya-gaya dalam.
2. Perencanaan stabilitas *diaphragm wall* sebagai dinding penahan tanah.
3. Perencanaan stabilitas *secant pile* sebagai dinding penahan tanah.
4. Membandingkan kedua alternatif dinding penahan basement (*diaphragm wall* dan *secant pile*) dari segi biaya bahan.
5. Perencanaan pondasi dan dinding penahan basement berdasarkan metode *top-down*.

1.5. Batasan Permasalahan

1. Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder.
2. Tidak membahas struktur atas.
3. Tidak menghitung RAB, hanya biaya material dinding penahan dan pondasi.

1.6. Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang telah diperoleh selama masa perkuliahan.
2. Memberi alternatif perencanaan perkuatan dinding *basement* yang tepat untuk proyek “*Gubeng Mixed Use Development*”.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

Salah satunya adalah Sistem ini diperkenalkan oleh Casagrande (1942). Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar yaitu tanah berbutir halus dan berbutir kasar.

2.1.1. Tanah berbutir halus

Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah di mana lebih dari 50 % berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung-organik. Simbol Pt digunakan untuk tanah gambut (*peat*), dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

2.1.2. Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir di mana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2.2. Tes Lapangan dan Parameter Tanah

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

Penyelidikan tanah ini dilakukan dengan berbagai cara seperti:

2.2.1. SPT (Standart Penetration Test)

Standart Penetration Test (SPT) dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi per lapisan tanah.

Dalam proyek “Gubeng Mixed-Use Development” yang menjadi rujukan untuk pengerjaan tugas akhir ini, adalah data tanah hasil dari tes SPT.

2.2.2. Korelasi Data Tanah

Korelasi Nilai SPT (Sand Penetration Test) digunakan pada tugas akhir ini karena data tanah yang didapat adalah hasil dari SPT. Korelasi SPT ini bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan seperti berat isi tanah (γ), kohesi (Cu), dan sudut geser dalam (φ).

1. Berat volume jenuh tanah (γ_{sat}) didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah dan nilai N-SPT. Untuk tanah kohesif dan non-kohesif dapat dilihat pada Tabel 2.1 yang bersumber dari J. E. Bowles, 1984 dari buku *Foundation Analysis and Design, 5 edition*.

Tabel 2. 1 Korelasi Nilai N-SPT pada tanah *Cohesionless* dan *Cohesive* (J. E. Bowles, 1984)

<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>					
N (blows)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
\emptyset (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>					
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q _U (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

2. Kohesi (Cu) didapatkan dari korelasi berdasarkan harga q_u pada Tabel 2.1 dengan menggunakan persamaan :

$$cu = \frac{1}{2} \cdot qu \quad (2.1)$$

dimana :

Cu = kohesi undrained

qu = kuat tekan

atau menggunakan tabel korelasi dari Mochtar (2006) seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Taksiran Harga Kekuatan Geser Undrained (C_u)

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u			Taksiran harga SPT, Harga N	Taksiran harga tahanan connus, q_c (dari sondir)	
	kPa	ton/m ²	Kg/cm ²		Kg/cm ²	kPa
Sangat Lunak (<i>very soft</i>)	0 - 12,5	0 - 1,25	0 - 0,125	0 - 2	0 - 2,5	0 - 250
Lunak (<i>soft</i>)	12,5 - 25	1,25 - 2,5	0,125 - 0,25	2 - 4	2,5 - 5	250 - 500
Menengah (<i>medium</i>)	25 - 50	2,5 - 5,0	0,25 - 0,50	4 - 8	5 - 10	500 - 1000
Kaku (<i>stiff</i>)	50 - 100	5 - 10	0,50 - 1,00	8 - 15	10 - 20	1000 - 2000
Sangat kaku (<i>very stiff</i>)	100 - 200	10 - 20	1,00 - 2,00	15 - 30	20 - 40	2000 - 4000
Keras (<i>hard</i>)	> 200	> 20	> 2,00	> 30	> 40	> 4000

Sumber : Mochtar,2006

3. Sudut geser dalam (ϕ) untuk tanah kohesif didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah tersebut, digunakan tabel korelasi dari J.E Bowles (1984) dapat dilihat pada Tabel 2.1.
4. Modulus elastisitas (E) didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas (kN/m ²)
Lempung lembek	1380 - 3450
Lempung keras	5865 - 13800
Pasir lepas	10350 - 27600
Pasir padat	34500 - 69000

Sumber : Braja M.Das

5. Koefisien poisson (μ) didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Koefisien Poisson

Jenis Tanah	Angka Poisson μ
Pasir lepas	0.20 – 0.40
Pasir agak padat	0.25 – 0.40
Pasir padat	0.30 – 0.45
Pasir berlanau	0.20 – 0.40
Lempung lembek	0.15 – 0.25
Lempung agak kaku	0.20 – 0.50

Sumber :Brajja M.Das

6. Herman Wahyudi dan Yudhi Lastiasih (2007) menyajikan korelasi antara nilai N_{SPT} dengan berat volume tanah (γ), yang berlaku untuk *very soft clay* dengan $N_{SPT} \leq 4$

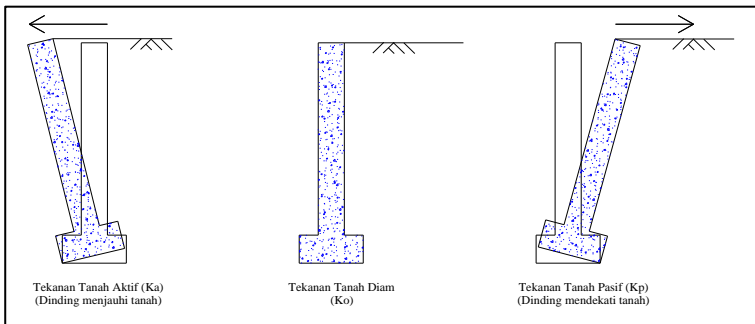
$$\gamma_{sat} = 0,08 N_{SPT} + 1,47 \quad (2.2)$$

$$\gamma_d = 0,09 N_{SPT} + 0,78 \quad (2.3)$$

2.3. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap (*sheet pile wall*), galian yang diperkokoh (*unbraced excavation*), tekanan tanah (*grain pressure*) pada dinding diafragma, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles, 1998). Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K_0)
- Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang disebut tekanan tanah pasif (K_p)
- Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang disebut tekanan tanah aktif (K_a)
- Pergerakan dari 3 jenis tekanan tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 seperti yang di bawah ini.



Gambar 2. 1 Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding
(Sumber : Weber, 2010)

Menurut Teori Rankine (1987)

Teori Rankine berasumsi bahwa :

- Tidak ada adhesi atau friksi antar dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan)
- Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertikal 90° .
- Kelongsoran terjadi sebagai akibat dari pergeseran tanah yang ditentukan oleh sudut geser tanah (ϕ).
- Tekanan lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding.

- Resultan gaya bersifat paralel terhadap permukaan urugan.

2.3.1. Tekanan Tanah Aktif

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 horisontal K_a adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertikal tersebut menjadi tekanan horizontal. Oleh karena itu tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (2.4)$$

Dimana harga K_a ,

Untuk tanah datar adalah :

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

Tekanan tanah aktif berkohesif

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

Jadi di rumuskan menjadi seperti berikut ini :

$$Pa = K_a \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.6)$$

2.3.2. Tekanan Tanah Pasif

Pada dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang dapat menahan tekanan tanah aktif.

Tekanan tanah pasif (K_p) yang besarnya sebagai berikut :

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$

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

$$Pp = \frac{1}{2} Kp \gamma H^2 \quad (2.8)$$

Tahanan pasif suatu tanah datar dengan kohesi

$$Pp = \frac{1}{2} Kp \gamma H^2 - 2c\sqrt{Kp} \quad (2.9)$$

2.3.3. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (At Rest)

Tekanan tanah dalam keadaan diam (K_o) adalah suatu keadaan apabila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan atau ke kiri dari posisi awal. Tanah dalam kondisi ini berada dalam keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan tanah horizontal dan vertical dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (K_o). Tekanan tanah dalam keadaan diam dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.10)$$

Karena $\sigma_v = \gamma \cdot z$, maka :

$$\sigma_h = K_o \times (\gamma \cdot z) \quad (2.11)$$

Untuk tanah berbutir, koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam diwakili dengan hubungan empiris berikut :

$$K_o = 1 - \sin \phi \quad (\text{Jaky, 1944}) \quad (2.12)$$

Untuk menghitung harga K_o dari tanah lempung yang terkonsolidasi normal (normal consolidated) digunakan persamaan berikut :

$$K_o = 0,95 - \sin \phi \quad (\text{Jreland, 1965}) \quad (2.13)$$

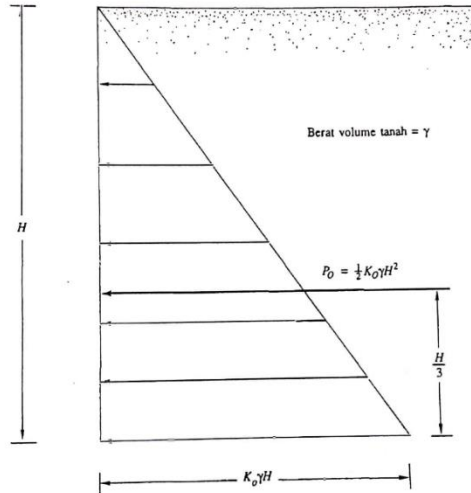
dimana:

ϕ = sudut geser tanah dalam keadaan air teralirkan (*drained*)

Gambar dibawah ini menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H. Gaya total per satuan lebar dinding, P_o ,

adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi :

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \quad (2.14)$$



Gambar 2. 2 Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam pada Tembok

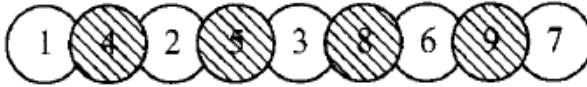
Sumber : Braja M. Das Jilid 2

2.4. Konstruksi Dinding Penahan Tanah

2.4.1. *Secant Pile*

Perencanaan *secant pile* merupakan perencanaan menggunakan metode tiang bor yang disusun berbaris secara tumpang tindih sebagai dinding penahan tanah dengan cara cor di tempat. Prosedur konstruksi tiang bor dengan cara cor di tempat dilakukan dengan mengebor lubang terlebih dahulu, kemudian memasukkan tulangan ke dalamnya dan diakhiri dengan pengecoran memakai pipa Tremie. Adapun

perencanaan secant pile pada umumnya ditunjukkan oleh Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Perencanaan *secant pile*

Pada Gambar 2.3 dijelaskan urutan pengerjaan *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. Adapun keuntungan dari penggunaan tiang bor adalah sebagai berikut :

1. Tidak terlalu bising/bergetar dibandingkan dengan konstruksi *soldier pile*.
2. Kedalaman pile dapat disesuaikan.
3. Lebih kaku daripada *soldier piles*.
4. Pelaksanaan konstruksi lebih mudah pada tanah yang berpasir.

Sedangkan kekurangan akan konstruksi ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu konstruksi yang lebih lama dibandingkan konstruksi *soldier pile*.
2. Tingkat kekakuan lebih rendah daripada *diaphragm wall*.
3. Rentan terdapat kecacatan material setelah digali.

Adapun langkah-langkah perencanaan dinding penahan tanah dengan *secant pile* adalah sebagai berikut :

Perencanaan penulangan *bored pile*.

Untuk merencanakan penulangan *bored pile* menggunakan SNI 2847:2013.

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.15)$$

dimana:

- ρ_b = rasio tulangan berimbang
 f'_c = kuat tekan beton yang diisyaratkan
 f_y = tegangan leleh baja

Faktor harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f'_c lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 MPa harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 Mpa, namun tidak boleh diambil kurang dari 0,65. Rasio tulangan maksimum menurut SNI 2847:2013 dibatasi sebesar :

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \quad (2.16)$$

atau menurut SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1) :

$$\rho_{max} = 0,025 \quad (2.17)$$

Rasio tulangan minimum menurut SNI 2847:2013 pasal (10.5.1) dibatasi sebesar :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \quad (2.18)$$

dimana,

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \quad (2.19)$$

$$\rho_{perlu} = 0,5 \rho_b$$

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$R_n = \rho_{pakai} \cdot f_y \left(1 - \left(\frac{0,588 \rho_{pakai} f_y}{f'_c} \right) \right) \quad (2.20)$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_b d \quad (2.21)$$

Penulangan geser direncanakan dengan kriteria perencanaan lentur sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.1.1, yaitu:

$$\phi V_n \geq V_u$$

dimana:

ϕV_n = kuat geser penampang

V_u = geser ultimate yang ditahan oleh penampang.

Kuat geser nominal dari penampang merupakan gabungan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s) sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 dan pasal 11.4.5.3, yaitu:

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.22)$$

$$V_s = 0,33 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.23)$$

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

$$s = d_2 \leq 300 \text{ mm} \quad (2.24)$$

2.4.2. Diaphragm Wall

Diaphragm wall adalah dinding yang dibangun dibawah permukaan tanah dengan cara mengecor beton atau memasang panel precast kedalam lubang galian yang telah dibuat sebelumnya. Untuk memudahkan dalam proses penggalian, dibuatlah *guide wall*, *guide wall* berfungsi supaya mesin grab terarah dengan baik, sebagaiudukan alat grab dan alat penahan dalam pengecoran nanti. Bila kondisi tanah yang lembek, mudah terjadi kelongsoran dan lubang yang digali sangat dalam, maka digunakan bentonite, memasukkan cairan bentonite ke dalam lubang galian

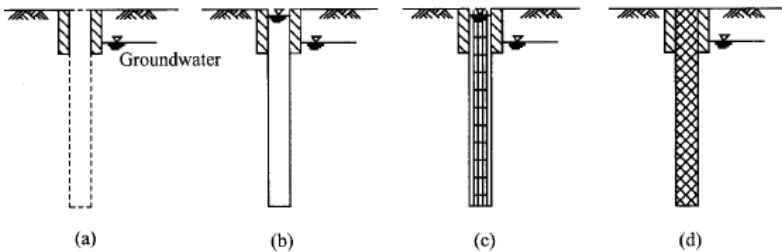


Figure 3.26 Construction procedure of a diaphragm wall panel: (a) construction of the guided wall, (b) excavation of the trench, (c) placement of reinforcements, and (d) concrete casting.

Gambar 2. 4 Skema konstruksi *diaphragm wall*
(Sumber : Chang Yu Ou, Deep excavation theory and practice)

sampai lumpur/air yang ada terganti dengan cairan bentonite. Fungsi dari cairan bentonite ini adalah menstabilkan tanah pada dinding lubang agar meminimalisi terjadinya kelongsoran. Proses tersebut disebut proses sending. Setelah proses sending harus segera dilakukan pemasangan tulangan agar kelongsoran tidak terjadi. Lalu dilakukan pengecoran.

Kelebihan dalam menggunakan *diaphragm wall* ialah:

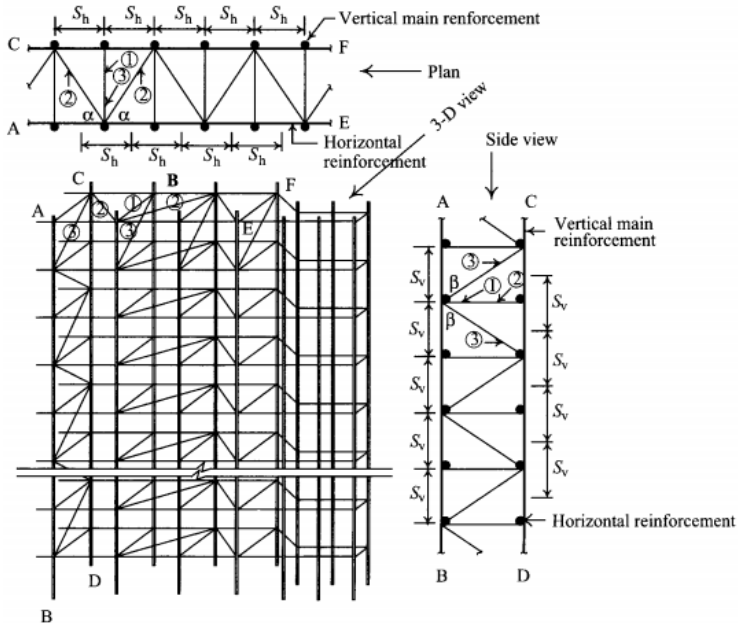
- Getaran rendah, kebisingan rendah dan deformasi dinding yang relatif kecil.
- Dapat digunakan sebagai dinding basement itu sendiri (*permanent retaining wall*).
- Dapat digunakan pada saat struktur penahan tanah lainnya tidak dapat digunakan, seperti galian terlalu dalam.
- Mampu menahan tekanan tanah lateral dan tekanan air yang besar.
- Dapat dilaksanakan tanpa jarak dengan bangunan yang bersebalahan, atau dapat dilaksanakan pada daerah yang sudah padat.

Kekurangan menggunakan *diaphragm wall*:

- Alat yang digunakan menempati ruang yang sangat besar
- Metode ini tidak berlaku untuk tanah berbatu
- Sulit dilaksanakan ketika tanah berpasir

Merencanakan *diaphragm wall* terdiri dari perencanaan ketebalan dinding dan penulangannya. Ketebalan dinding biasanya di tentukan melalui analisa tegangan, analisa deformasi dinding, dan studi kelayakan detailing penulangan dinding. Menurut Chang Yu-Ou (2006), ketebalan dinding dapat diasumsikan sebesar 5% dari kedalaman galian (He) di preliminary design.

Perhitungan penulangan diaphragm wall secara umum mengikuti metode LRFD. Desain utama penulangannya meliputi tulangan vertikal, tulangan horizontal, dan tulangan geser seperti pada Gambar 2.5. Perhitungan penulangan didasarkan pada bending moment dan shear envelope.



Gambar 2.5 Perencanaan penulangan pada diaphragm wall

(Sumber : Deep excavation : Theory and practice , Chang Yu-Ou 2006)

Berikut ini adalah dasar teori yang digunakan pada saat perencanaan utama penulangan diaphragm wall :

a. Tulangan vertikal

Momen menahan lentur nominal dari beton dapat dicari melalui perumusan berikut ini dan ditunjukkan pada Gambar 2.6.

$$M_R = \frac{1}{\phi} \left[\rho_{max} f_y \left(1 - 0,59 \frac{\rho_{max} f_y}{f'_c} \right) \right] b d^2 \quad (2.25)$$

dimana,

D = jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat serat tarik

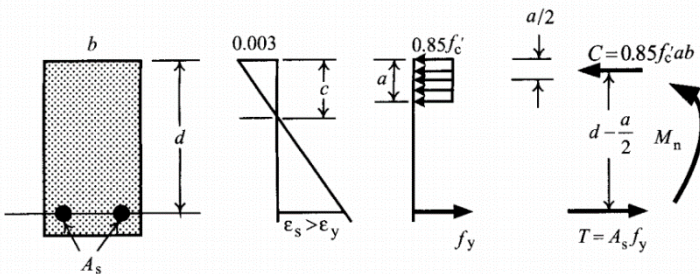
ρ_{\max} = rasio penulangan maksimum = $0,75 \rho_{\text{balance}}$

γD = tegangan overburden pada sisi aktif dinding

ϕ = faktor reduksi untuk *bending moment* = $0,9$

f'_c = mutu beton

f_y = mutu tulangan



Gambar 2. 6 Tegangan pada beton bertulang

(Sumber : Deep excavation : Theory and practice , Chang Yu-Ou 2006)

Rasio tulangan saat keadaan balanced dapat dihitung melalui perumusan berikut :

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right) \quad (2.26)$$

dimana,

$$\beta_1 = 0,85 \quad ; \text{jika } f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'_c - 280}{70} \right) \geq 0,65 \quad ; \text{jika } f'_c > 280 \text{ kg/cm}^2$$

Saat $M_u \leq \phi \cdot M_R$

Desain penulangan yang perlu direncanakan hanya tulangan tarik saat kondisi ini seperti berikut ini.

- Menentukan rasio kekuatan material

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (2.27)$$

- Menentukan rasio penulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Mn}{f_y b d^2}} \right) \quad (2.28)$$

- Menentukan luasan tulangan yang diperlukan
 $A_s = \rho b d$ (2.29)

Saat $M_u > \phi \cdot M_R$

Kondisi ini menjelaskan bahwa tulangan tarik sudah mencapai tegangan maksimumnya, dimana momen penahan nominal masih lebih kecil daripada bending momennya. Kondisi ini mengakibatkan perlunya penulangan tekan sebagai berikut:

- Mencari nilai a

$$a = \frac{T_1}{0,85 f_c} = \frac{\rho_1 b d f_y}{0,85 f_c b} \quad (2.30)$$
- Menentukan rasio penulangan

$$M_2 = Mn - M_1 = Mn - T_1 (d - a/2) \quad (2.31)$$
- Menentukan luasan tulangan yang diperlukan

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = \rho_1 b d + \frac{M_2}{f_y(d-d')} \quad (2.32)$$

b. Tulangan Horizontal

Tulangan horizontal diperlukan karena efek susut beton oleh temperatur dan perhitungannya menggunakan persamaan berikut ini :

$$A_s = \begin{cases} 0,002 Ag & (f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2) \\ 0,0018 Ag & (f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2) \\ 0,0018 \left(\frac{4200}{f_y} \right) Ag \geq 0,00144 Ag & (f_y > 4200 \text{ kg/cm}^2) \end{cases} \quad (2.33)$$

dimana,

Ag = tebal dinding x lebar unit

c. Tulangan geser

Tulangan geser direncanakan apabila $V_u \geq V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'c b d}$ dimana $\phi = 0,85$. Apabila melihat pada Gambar 2.5, terdapat 3 jenis tulangan geser seperti yang dinomori yaitu terdiri dari satu tulangan utama dan dua tulangan

miring. Apabila jarak horizontal; antar dua tulangan geser sama dengan asumsi $b=100$ cm, maka

$$Av = \frac{100 Ab}{Sh} \quad (2.34)$$

dimana,

Av = luasan total seluruh tulangan geser pada jarak horizontal

Ab = luasan bagian dari sebuah tulangan geser

Sh = jarak horizontal antar tulangan miring

Sehingga, kekuatan geser nominal pada tiga tulangan geser dapat dihitung sebagai berikut.

$$V_{s1} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S_v} \quad (2.35)$$

$$V_{s2} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S_v} \sin \alpha \quad (2.36)$$

$$V_{s3} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S_v} \sin \beta \quad (2.37)$$

dimana,

V_{s1} = kekuatan geser nominal tulangan utama

V_{s2} = kekuatan geser nominal tulangan miring tipe 2

V_{s3} = kekuatan geser nominal tulangan miring tipe 3

α = sudut antara tulangan miring dengan tulangan horizontal

β = sudut antara tulangan miring dengan tulangan vertical

Kekuatan geser nominal seluruh tulangan geser pada difragma wall dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_n = V_c + V_s = V_c + V_{s1} + V_{s2} + V_{s3} \quad (2.38)$$

2.4.3. *Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation*

Metode beam on elastic foundation memiliki model analisis yang lebih simple dibandingkan metode yang lain. Beam on elastic foundation mengasumsikan bahwa dinding penahan tanah menjadi sebuah balok yang berada pada pondasi elastis. Asumsi tersebut dapat dimodelkan

dengan spring tanah dan tekanan lateral tanah pada kedua sisi dinding penahan sebagai gaya at rest (K_0). Nilai spring tanah diperoleh dari coefficient of subgrade reaction (k_s). Menurut Terzaghi (Terzaghi, 1955), faktor yang mempengaruhi nilai coefficient of subgrade reaction adalah dimensi, bentuk, dan kedalaman pondasi. Berdasarkan beberapa penurunan rumus, nilai coefficient of subgrade reaction dapat diperoleh dengan rumus :

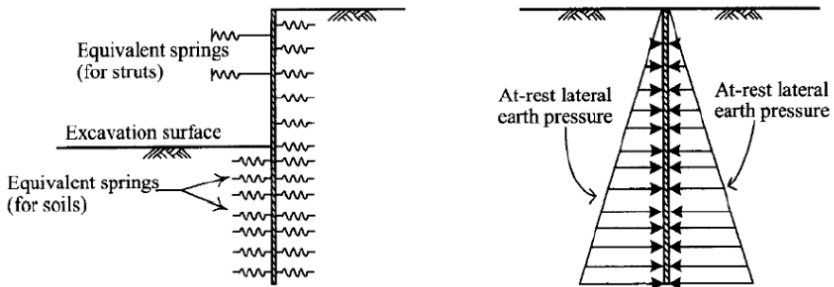
$$K_s = \frac{E_s}{B(1-V_s^2)} \quad (2.39)$$

dimana:

E_s = young's modulus dari tanah

V_s = poisson's ratio

B = tebal dinding penahan tanah



Gambar 2. 7 Pemodelan *Beam on Elastic Foundation*

Pada Gambar 2.7 sebelah kanan menunjukkan perhitungan ketika awal belum ada penggalian, tekanan tanah di kedua sisi dinding diasumsikan dalam kondisi at-rest. Sedangkan gambar sebelah kiri menunjukkan awal penggalian, pada kondisi ini terjadi ketidakseimbangan tekanan di kedua sisi dinding yang akan menyebabkan dinding penahan tanah mengalami deformasi, sehingga besar tekanan tanah tersebut akan berubah berdasarkan arah deformasinya menuju ke sisi aktif maupun ke sisi

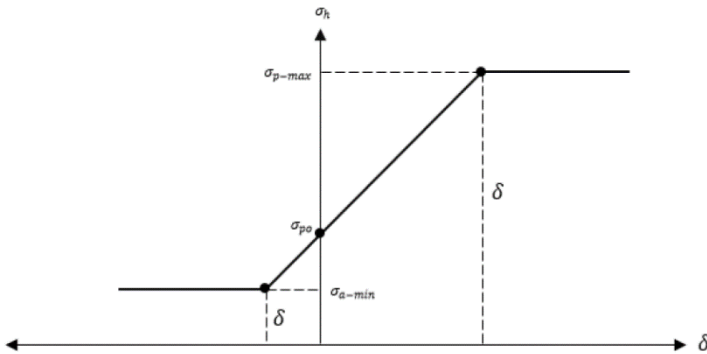
pasif. Deformasi ini mengakibatkan tekanan horisontal tanah membesar maupun mengecil sesuai dengan deformasi yang terjadi pada dinding. Persamaan yang digunakan dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 P_h &= P_o \pm \delta \cdot Ks && ; \text{jika } A = 1 \text{ m}^2 \\
 \sigma_h \times A &= \sigma_o \cdot A \pm \delta x Ks \times A && ; \text{jika } A = 1 \text{ m}^2 \\
 \sigma_h &= \sigma_o \pm \delta \times Ks && ; \text{jika } A = 1 \text{ m}^2 \\
 \sigma_{min} &< \sigma_H < \sigma_{max}
 \end{aligned}$$

dimana:

- Ph = gaya lateral tanah
- σ_{min} = tekanan lateral tanah aktif/ belakang dinding penahan tanah
- σ_{max} = tekanan lateral tanah pasif/ depan dinding penahan tanah
- Ks = *Coefficient of subgrade reaction*
- δ = deformasi pada dinding penahan tanah

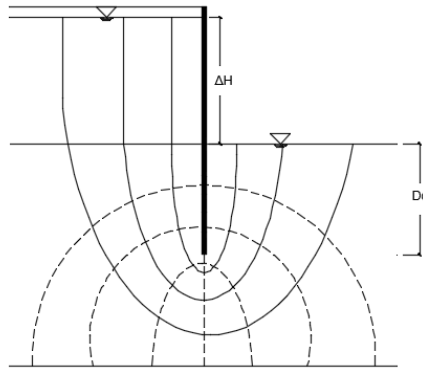
Pada metode ini memungkinkan perhitungan terjadi ketika tanah berada dalam kondisi elastis, dimana $\sigma_h > \sigma_{a-min}$ atau $\sigma_h < \sigma_{p-max}$ yang artinya besar dari beban lateral tanah yang terjadi tidak mencapai kondisi plastis. Kondisi ini akan dijelaskan dalam Gambar 2.8 di bawah ini, dimana grafik deformasi pada dinding dan tekanan lateral tanah diasumsikan seperti pada Gambar 2.8. Dalam analisisnya, jika tekanan tanah dalam kondisi elastis, maka pegas tanah akan membantu memberikan tahanan, sedangkan jika tekanan tanah telah melebihi kondisi plastis, maka besar tekanan akan berhenti berkurang atau bertambah dan pegas tanah dihilangkan karena dianggap tidak dapat memberikan tahanan.



Gambar 2. 8 Grafik tekanan lateral tanah dan deformasi dinding penahan (Andikaputra,2017)

2.4.4. Kontrol Kedalaman Dinding Berdasarkan *Hydrodynamic*

Perhitungan kedalaman yang aman terhadap hydrodynamic berarti konstruksi dinding aman pada saat proses penggalian. 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 2.9. Kedalaman yang aman terhadap *hydrodinamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius dan namun tetap harus dilakukan dewatering kedalaman penurapan (Dc) harus cukup untuk mengatasi gejala hydrodinamic yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Kedalaman penurapan (Dc) dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hirdolis i dengan gradien hidro kritis.



Gambar 2. 9 Asumsi gambar flownet pada galian tanah

Rumus 1

$$\begin{aligned}
 i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF &< i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)} \\
 i_{exit} \times 1,2 &< i_{critical} && (2.40) \\
 \frac{\Delta h}{Dc} \times 1,2 &< \frac{\gamma'}{\gamma_w}
 \end{aligned}$$

dimana:

Δh = Perbedaan tinggi muka air tanah dengan dredge line

Dc = Kedalaman aman berdasarkan *hydrodynamic* (m)

γ' = Berat jenis efektif tanah (kN/m^3)

γ_w = Berat jenis air (kN/m^3)

Rumus 2

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{\gamma'}{i_{rata-rata} \cdot \gamma_w} \\
 FS &= \frac{\gamma' \cdot D}{0,36(H_1 - H_2) \cdot \gamma_w}
 \end{aligned}$$

dimana:

$H_1 - H_2$ = perbedaan tinggi muka air pada dredge line

2.4.5. Kontrol *Uplift* pada Lantai Basement

Adanya beban *uplift* dan air tanah mengakibatkan konstruksi terkena bahaya beban angkat keatas. Untuk itu dilakukan analisa antara kesetimbangan beban dengan *uplift*, sebagai berikut :

$$F_u = \gamma_w \cdot h_w \cdot A \quad (2.41)$$

$$SF = \frac{w_{struktur}}{F_u} > 1,5 \quad (2.42)$$

dengan :

- F_u = gaya *uplift*
- γ_w = berat jenis air
- h_w = tinggi air
- A = luas pelat.

2.5. Pondasi Dalam (*Bored Pile*)

Pondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ($Df/B > 10$). Material pondasi dalam bisa dari kayu, baja, beton bertulang, dan beton pratekan.

Pondasi dalam yang digunakan untuk Tugas Akhir ini adalah *bored pile*. Berikut adalah penjelasan mengenai pondasi *bored pile*.

Pondasi *Bored Pile* adalah pondasi dalam yang berbentuk tabung, yaitu berfungsi meneruskan beban struktur bangunan di atasnya dari permukaan tanah samapi lapisan tanah keras di bawahnya.

2.5.1. Koreksi N-SPT

Data SPT (*Standard Penetration Test*) dari lapangan tidak langsung dapat digunakan untuk perencanaan pondasi. Harus dilakukan koreksi dahulu terhadap data SPT asli, sebagai berikut :

1) Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya $N > 15$:

$$= 15 + 0,5 (N-15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.43)$$

$$= 0,6 N \quad (\text{Bazaraa, 1967}) \quad (2.44)$$

Pilih harga N_1 yang terkecil dari a) dan b) tersebut.

Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dan bila $N < 15$, tidak ada koreksi. Jadi $N_1=N$.

2) Koreksi Terhadap Overburden Pressure Dari Tanah

Hasil dari koreksi 1 (N_1) di koreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = *overburden pressure*).

Koreksi akibat overburden pressure menurut Bazaraa, 1967.

Bila P_o dalam ton/m², maka :

$$N_2 = (4 N_1) / (1+0,4 P_o) \quad ; \text{ bila } P_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.45)$$

atau

$$N_2 = (4 N_1) / (3,25 + 0,1 P_o); \text{ bila } P_o > 7,5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.46)$$

Bila P_o dalam kPa = kN/m², maka :

$$N_2 = (4 N_1) / (1 + 0,04 P_o) ; \text{ bila } P_o \leq 7,5 \text{ kPa} \quad (2.47)$$

$$; \text{ bila } P_o \leq 0,75 \text{ ton/m}^2 \quad (2.48)$$

atau

$$N_2 = (4 N_1) / (3,25 + 0,01 P_o) ; \text{ bila } P_o \leq 7,5 \text{ kPa} \quad (2.49)$$

$$; \text{ bila } P_o \leq 0,75 \text{ ton/m}^2 \quad (2.50)$$

Po : tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan atau kedalaman yang di tinjau.

Catatan :

Harga N2 harus $\leq 2 N1$

Bila harga N2 >2 N1, maka dibuat N2 = 2 N1

1 kPa = 1 kN/m' $\approx 0.1 \text{ ton/m}^2 \approx 0,01 \text{ kg/cm}^2$

2.5.2. Kapasitas Daya Dukung Bored Pile

Berikut perumusan kapasitas daya dukung *bored pile* menurut *Luciano Decourt* (1987) :

$$Q = \alpha K N_b A_b + \beta A_s \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right) \tag{2.51}$$

dimana :

Q = daya dukung ultimate tiang (ton)

α = koefisien pada bagian ujung bawah tiang (Tabel 2.7)

β = koefisien pada bagian batang tiang (Tabel 2.6)

K = koefisien yang tergantung dari jenis tanah (Tabel 2.5)

N_b = rata-rata dari harga N SPT yang telah dikoreksi mulai 4D dibawah ujung tiang sampai 4D diatas tiang

A_b = luas penampang ujung tiang (m²)

A_s = luas selimut tiang (m²)

N_m = harga N-SPT yang telah dikoreksi pada lapisan sepanjang tiang yang ditinjau

Tabel 2. 5 Nilai K (Decourt and Quaresma,1978)

Soil type	K (kN/m ²)
Clay	120
Silty clay	200
Silty sand	250
Sand	400

Tabel 2. 6 Nilai β ((Decourt and Quaresma, 1978; Decourt at al, 1996)

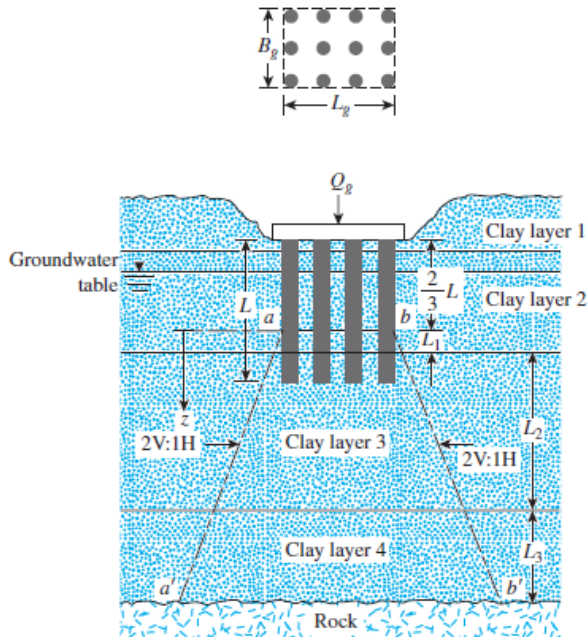
Soil/pile	Driven	Bored	Bored pile	Continuous	Root	Injected
Intermediate soils	1.0	0.65	0.75*	1.0*	1.5*	3.0*
Sands	1.0	0.50	0.60*	1.0*	1.5*	3.0*

Tabel 2. 7 Nilai α (Decourt and Quaresma, 1978; Decourt et al, 1996)

Soil/pile	Driven pile	Bored pile	Bored pile (bentonite)	Continuous hollow auger	Root piles	Injected piles (high pressure)
Clay	1.0	0.85	0.85	0.30*	0.85*	1.0*
Intermediate soils	1.0	0.60	0.60	0.30*	0.60*	1.0*
Sands	1.0	0.50	0.50	0.30*	0.50*	1.0*

2.5.3. Penurunan Tiang Bor

A. Penurunan Konsolidasi



Gambar 2. 10 Penurunan Konsolidasi Tiang Kelompok
 Sumber : Braja M. Das-Principles of Foundation Engineering 8th Ed.
 (hal 494)

Langkah perhitungan :

1. Menghitung beban total yang diterima oleh pondasi grup (Q_{grup})
2. Diasumsikan beban Q_g diteruskan ke dalam lapisan tanah hingga kedalaman $2/3 L$ dari ujung tiang. Dan beban Q_g tersebar seluas area pendistribusian beban (2V:1H)
3. Menghitung besarnya perubahan tegangan efektif yang terjadi pada titik tengah di setiap lapisan tanah akibat beban Q_g dengan perumusan berikut:

$$\Delta\sigma_1 = \frac{Q_g}{(Bg + Z_1)(Lg + Z_1)}$$

Dimana :

$\Delta\sigma$ = peningkatan tegangan efektif di tengah lapisan i (ton/m^2)

L_g, B_g = panjang dan lebar rencana pondasi (m)

Z_i = jarak dari $z=0$ ke titik tengah lapisan ke i (m)

4. Menghitung besarnya penurunan konsolidasi yang terjadi pada setiap lapisan akibat peningkatan tegangan yang terjadi.

$$\Delta S_{c(i)} = \left[\frac{\Delta e_{(i)}}{1 + \Delta e_{(i)}} \right] H_i$$

Dimana :

$\Delta S_{c(i)}$ = penurunan konsolidasi pada lapisan ke- i

$\Delta e_{(i)}$ = perubahan angka pori akibat peningkatan tegangan di lapisan ke- i

e_o = nilai angka pori awal pada lapisan ke- i

H_i = ketebalan lapisan yang terkonsolidasi

5. Menghitung nilai total penurunan konsolidasi pada tiang grup tersebut:

$$\Delta S_{c(g)} = \sum S_{c(i)}$$

B. Penurunan yang diijinkan

Pada SNI 8460:2017 Geoteknik, menyebutkan bahwa penurunan pondasi yang diijinkan mempunyai perumusan sebagai berikut :

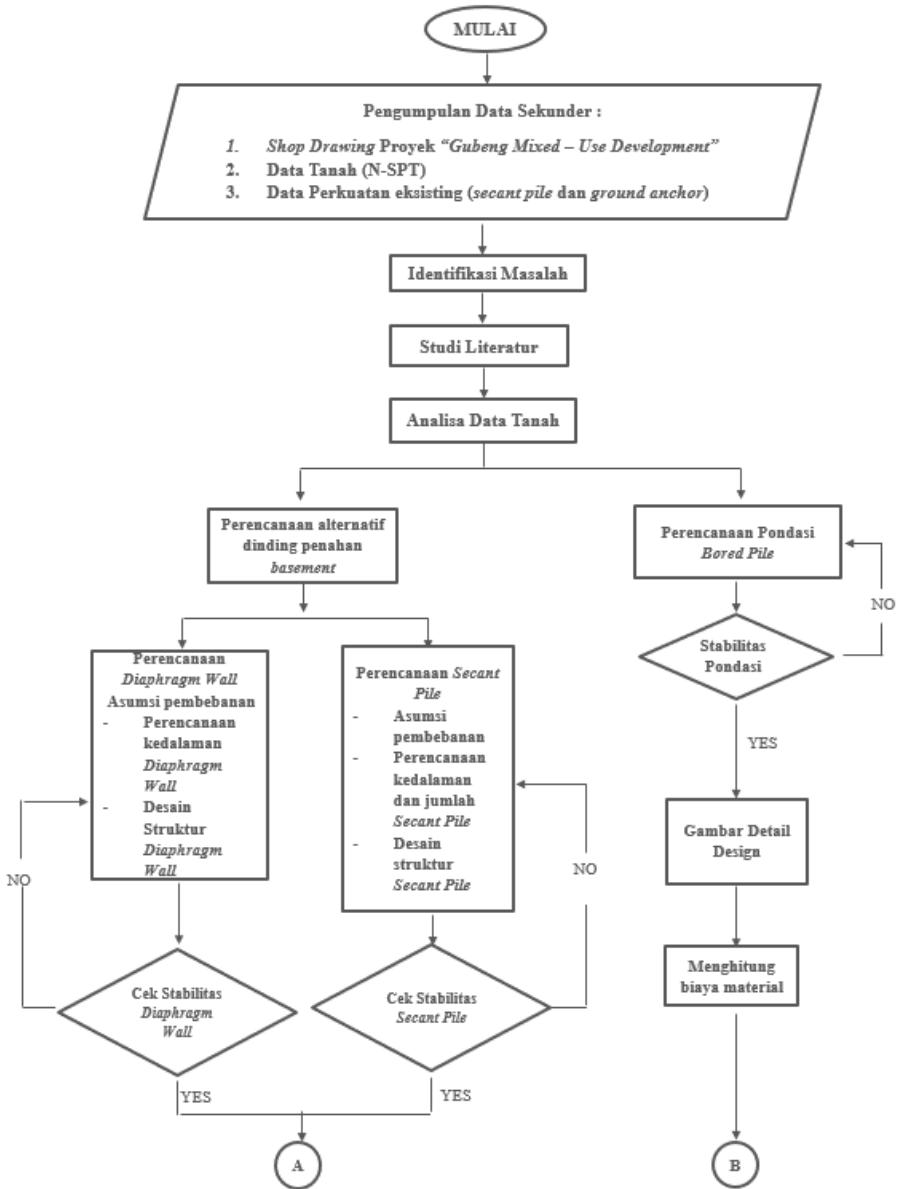
$$S_{\text{ijin}} = 15 \text{ cm} + b/600 \text{ (b dalam cm)}$$

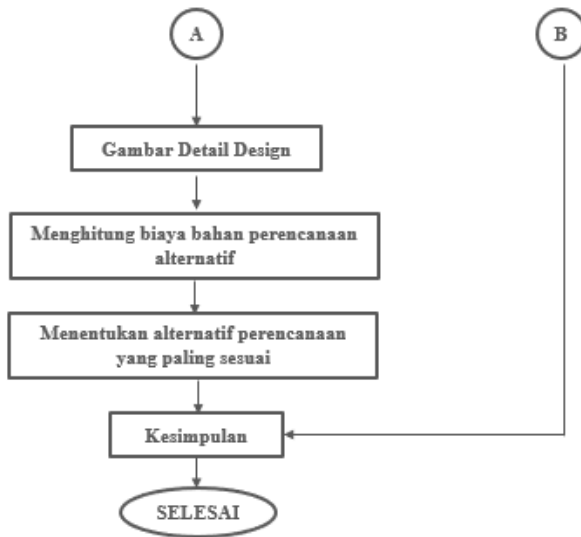
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

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





Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan proposal

3.2. Rincian Metodologi

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Mencari data umum bangunan dan data tanah proyek “*Gubeng Mixed-Use Development*”

Data umum bangunan :

- a. Nama gedung : *Gubeng Mixed-Use Development*
- b. Lokasi : Jl. Raya Gubeng No.70, Gubeng, Kota *Surabaya*, Jawa Timur.
- c. Fungsi : Bangunan multi-fungsi (gedung sekolah, retail mall, rumah sakit, hotel, dan apartemen)
- d. Jumlah lantai : 24 lantai dan 3 *basement*

- e. Material : beton

Data tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan dan pengujian tanah oleh proyek berupa data SPT (*Standart Penetration Test*).

Layout bangunan dan data tanah *Gubeng Mixed-Use Development* dapat dilihat pada Lampiran.

2. Studi Literatur

Studi literatur memiliki tujuan yaitu mengumpulkan referensi yang diperlukan sehingga akan mempermudah dalam penyelesaian tugas akhir ini. Referensi bisa didapatkan dari berbagai macam sumber, dimulai dari diktat kuliah, buku-buku, serta jurnal yang berasal dari internet. Berikut ini adalah teori-teori yang akan digunakan sebagai acuan/referensi dalam melakukan perencanaan basement:

- Teori *Beam on Elastic Foundation*
- Teori Perencanaan *Diaphragm Wall*
- Teori Perencanaan *Secant Pile*
- Teori Perencanaan Pondasi *Bored Pile*
- Teori Kontrol *Uplift*
- Teori Kontrol Defleksi Maksimum

3. Pengumpulan dan Analisa Data Tanah

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait yaitu PT. NKE sebagai kontraktor proyek gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya. Beberapa data yang di perlukan dalam proses perhitungan antara lain :

1. *Shop Drawing* Proyek “*Gubeng Mixed – Use Development*”
2. Data Tanah (N-SPT)

4. Mendesain *Secant Pile* dan *Diaphragm Wall* sebagai Dinding Penahan Basement

Langkah – langkah dalam merencanakan *diaphragm wall* dan *secant pile* antara lain:

1. Merencanakan panjang dinding penahan dengan metode *Beam on Elastic foundation* dan berdasarkan kontrol *hydrodynamic*. Diambil hasil yang memiliki kedalaman yang paling panjang.
2. Menentukan beban yang akan bekerja pada *diaphragm wall* dan *secant pile* meliputi tekanan tanah, tekanan air, dan beban surcharge.
3. Preliminary design *diaphragm wall* dan *secant pile*
4. Pemodelan dan analisa struktur
5. Penulangan *diaphragm wall* dan *secant pile*

5. Menghitung Biaya Bahan untuk Masing-Masing Alternatif Dinding Penahan

Melakukan perhitungan biaya bahan perencanaan. Dalam hal ini biaya bahan perencanaan untuk mengetahui manakah alternatif perencanaan yang paling efisien.

6. Menentukan Alternatif yang Paling Sesuai

Penentuan alternatif perencanaan dengan material *secant pile* atau *diaphragm wall* yang paling sesuai untuk pembuatan dinding *basement* gedung “*Gubeng Mixed-Use Development*”

7. Mendesain Pondasi *Bored Pile*

Mendesain pondasi pada Gedung “*Gubeng Mixed-Use Development*” yang mampu memikul beban vertikal dan lateral. Pondasi akan direncanakan menggunakan *bored pile*. Berikut langkah-langkah dalam merencanakan *bored pile* :

1. Menentukan beban yang akan bekerja pada *bored pile*
2. Preliminary desain *bored pile*

3. Pemodelan dan analisa struktur
4. Penulangan *bored pile*

8. Kesimpulan

Pada Bab ini, terdapat kesimpulan dari perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan terdiri dari hasil perencanaan alternatif dinding penahan tanah dan perencanaan pondasi. Selain itu, terdapat pula saran-saran yang didapatkan penulis selama proses pengerjaan tugas akhir.

BAB IV

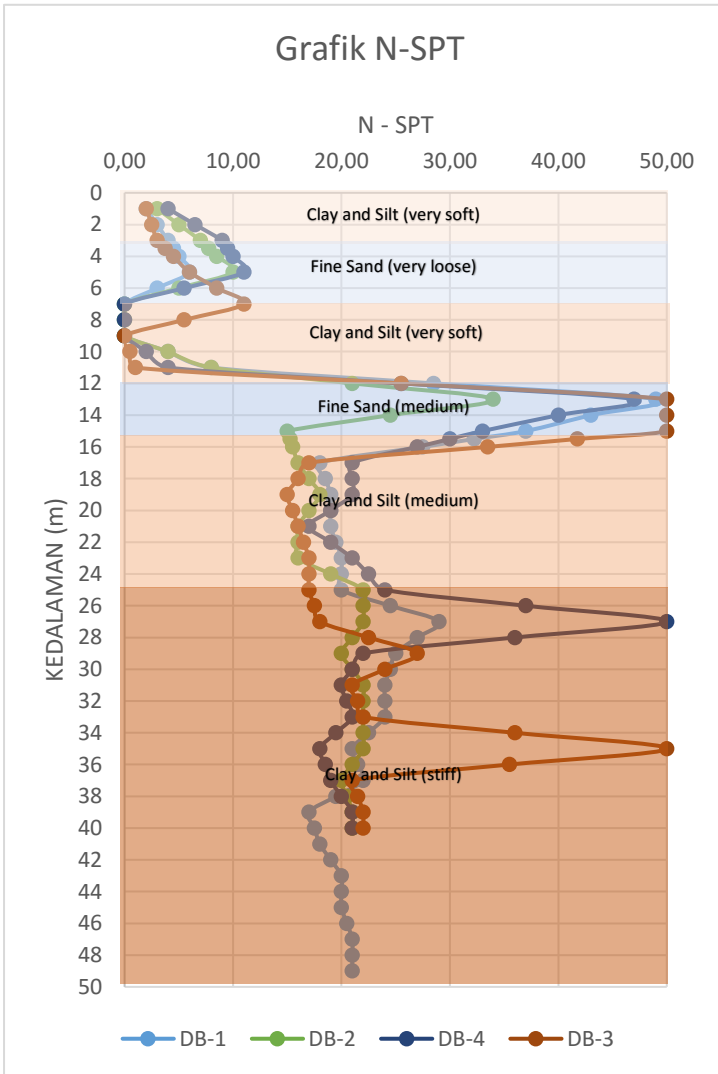
ANALISA DATA

4.1. Data Tanah

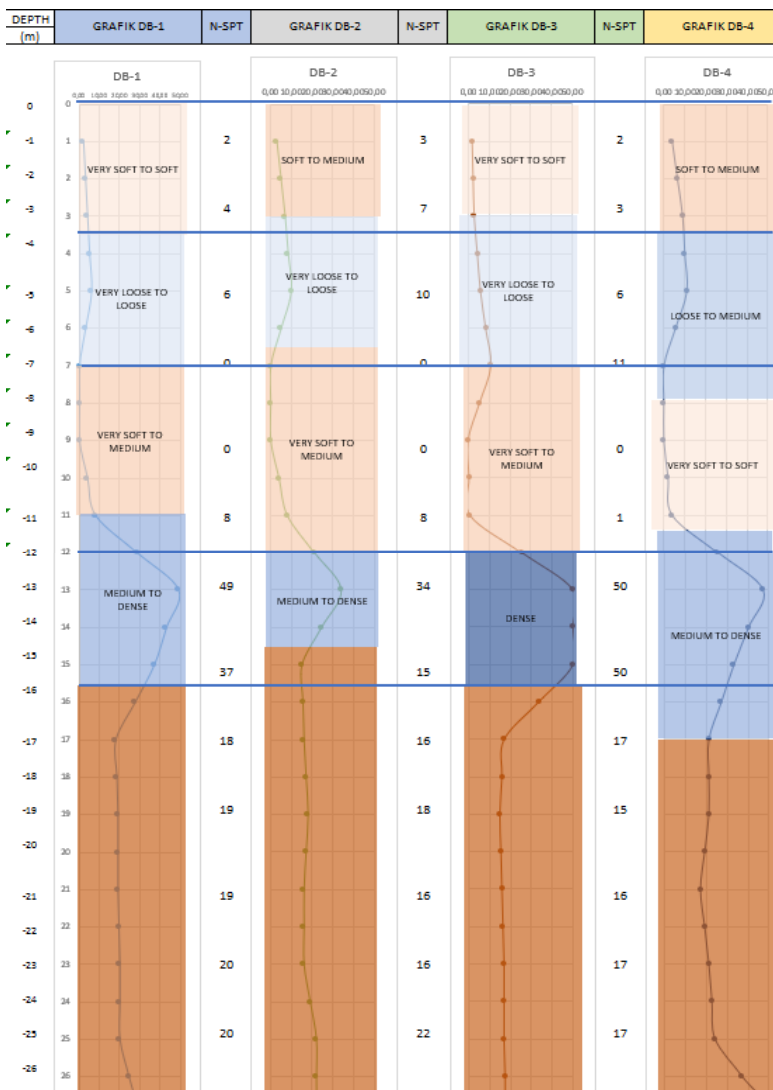
4.1.1. Lokasi Pengambilan Data Tanah

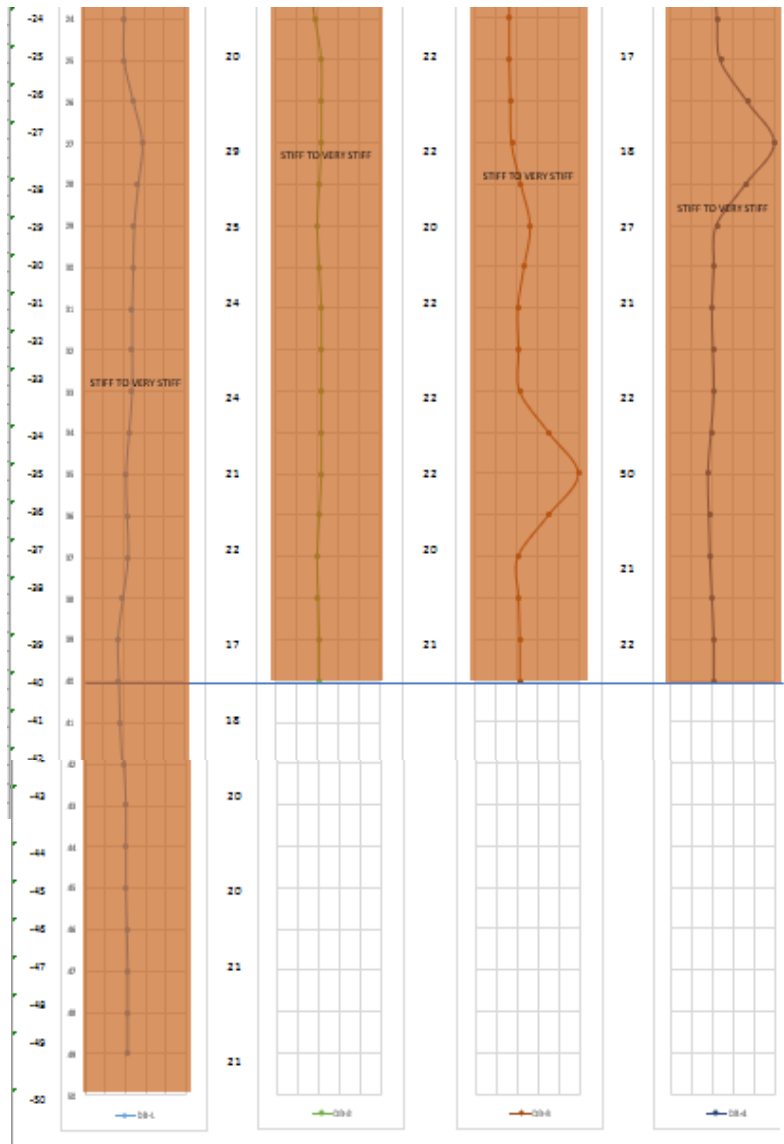
Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data tanah yang diselidiki oleh Testana Engineering, Inc. di lokasi proyek pembangunan Gubeng Mixed – Use Development Surabaya. Data-data tersebut berupa data Standard Penetration Test (SPT). Data SPT yang diperoleh yaitu sebanyak 4 titik dengan kedalaman bor 1 titik (DB-1) adalah 50 meter dan 3 titik lainnya (DB-2, DB-3, dan DB-4) dengan kedalaman 40 meter. Data tanah secara lengkap dilampirkan pada Lampiran 1. Dari data yang diperoleh, maka digambarkan gabungan grafik N-SPT seperti pada Gambar 4.1.

Pada data tanah yang terlampir pada Lampiran 1 dapat dilihat bahwa jenis tanah pada lokasi proyek adalah lempung dan pasir dan muka air tanahnya sangat tinggi yaitu -1,00 meter dari permukaan tanah. Dalam perencanaan dinding penahan tanah diambil kondisi paling kritis yaitu diambil N-SPT setiap kedalaman yang paling kritis, sementara untuk perencanaan pondasi digunakan data dari 4 titik data tanah (Gambar 4.2) untuk menentukan daya dukung yang paling kritis dan digunakan sebagai perencanaan. Sedangkan, lokasi titik bor dapat dilihat pada Gambar 4.2a.

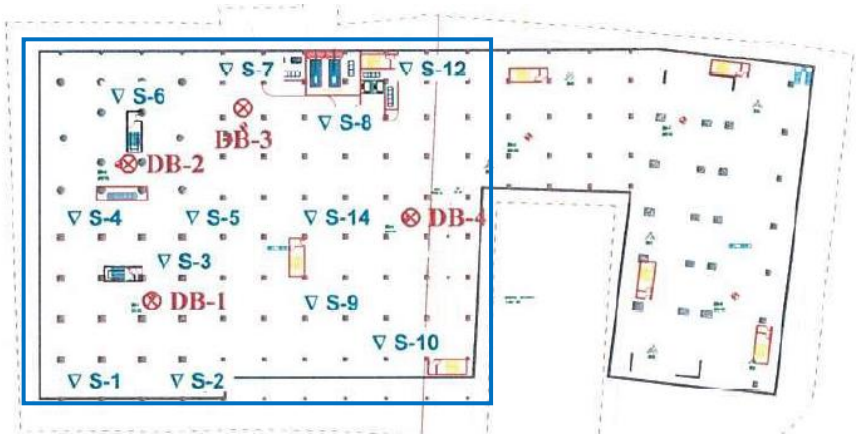


Gambar 4. 1 Grafik nilai N-SPT vs kedalaman





Gambar 4. 2 Grafik N-SPT beserta konsistensi tanah



Gambar 4.1a Lokasi titik bor (*phase 1*)
sumber : Data Proyek

4.1.2. Korelasi Data Tanah

Korelasi parameter tanah dilakukan untuk mencari nilai pendekatan untuk memudahkan perhitungan dalam perencanaan, korelasi parameter tanah dapat ditentukan dari hasil analisa SPT dengan menggunakan tabel korelasi sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui taksiran berat volume jenuh (γ_{sat}) untuk tanah lempung dan lanau maupun pasir menggunakan tabel korelasi dari J.E Bowles (1984) (lihat pada Tabel 2.1).
- b. Untuk $N-SPT < 4$ untuk konsistensi tanah *very soft clay*, menggunakan rumus korelasi dari Herman Wahyudi dan Yudhi Lastiasih (2007)
- c. Untuk mengetahui taksiran nilai sudut geser (ϕ) untuk tanah berpasir digunakan tabel korelasi dari J.E Bowles (1984) (lihat pada Tabel 2.1).
- d. Untuk mengetahui taksiran nilai q_u menggunakan tabel korelasi dari J.E Bowles (1984) (lihat pada Tabel 2.1).

- e. Untuk mengetahui taksiran nilai kuat geser undrained (C_u) digunakan tabel korelasi Mochtar (2006) (lihat pada Tabel 2.2) atau dapat menggunakan nilai dari $0,5 \times q_u$. Nilai q_u yang didapat dari korelasi sebelumnya.
- f. Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas digunakan tabel korelasi dari Braja M. Das. (lihat pada Tabel 2.3)

Berikut contoh perhitungan menggunakan tabel korelasi:

1. Korelasi berat volume jenuh (γ_{sat})
 - Untuk tanah lapisan 1 berjenis *clay and silt* dengan nilai $N_{\text{SPT}} 2$, maka dengan menggunakan rumus $\gamma_{\text{sat}} = 0,08 N_{\text{SPT}} + 1,47$ didapatkan $\gamma_{\text{sat}} = 1,63 \text{ t/m}^3$
 - Untuk tanah lapisan 4 berjenis *fine sand* dengan nilai $N_{\text{SPT}} 15$, maka dengan menggunakan Tabel 2.1 didapatkan $\gamma_{\text{sat}} = 1,46 \text{ t/m}^3$
2. Korelasi sudut geser (ϕ)
 - Untuk tanah lapisan 2 berjenis *fine sand* dengan nilai $N_{\text{SPT}} 3$, maka dengan menggunakan Tabel 2.1 didapatkan $\phi = 24,67^\circ$.
 - Untuk tanah berjenis *clay and silt* diasumsikan taksiran nilai $\phi = 0^\circ$
3. Korelasi nilai q_u
 - Untuk tanah lapisan 1 berjenis *clay and silt* dengan nilai $N_{\text{SPT}} 2$, maka dengan menggunakan Tabel 2.1 didapatkan nilai $q_u = 2,50 \text{ t/m}^3$
4. Korelasi kekuatan geser undrained (C_u)
 - Untuk tanah lapisan 1 berjenis *clay and silt* dengan nilai $N_{\text{SPT}} 2$, maka dengan menggunakan rumus $0,5 \times q_u = 0,5 \times 2,50 \text{ t/m}^3 = 2,50 \text{ t/m}^3$

5. Korelasi nilai modulus elastisitas tanah (E_s)
 - Untuk tanah lapisan 1 berjenis *clay and silt* dengan dengan konsistensi tanah *very soft*, maka dengan menggunakan Tabel 2.3 Braja M. Das diperoleh nilai $E_s = 1380 \text{ kN/m}^2$
 - Untuk tanah lapisan 2 berjenis *fine sand* dengan dengan konsistensi tanah *very loose* maka dengan menggunakan Tabel 2.3 didapatkan nilai $E_s = 27600 \text{ kN/m}^2$

6. Korelasi nilai poisson ratio (μ)
 - Untuk tanah lapisan 1 berjenis *clay and silt* dengan dengan konsistensi tanah *very soft*, maka dengan menggunakan Tabel 2.4 diperoleh nilai $\mu = 0,20$
 - Untuk tanah lapisan 2 berjenis *fine sand* dengan dengan konsistensi tanah *very loose*, maka dengan menggunakan Tabel 2.4 didapatkan nilai $\mu = 0,30$

Berikut merupakan data-data yang telah di korelasi terangkum dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Rangkuman Data Tanah

No	Depth	Jenis Tanah	N - SPT	Konsistensi Tanah	γ sat	ϕ	qu	Cu	Es	μ
	(m)				(t/m^3)	(o)	(t/m^2)	(t/m^2)	(kN/m^2)	
1	0-3,5	Clay and silt	2	very soft	1,63	0,00	2,50	1,25	1380	0,20
2	3,5-7	Fine Sand	3	very loose	1,20	24,67	0,00	0,00	27600	0,30
3	7-12	Clay and silt	0	very soft	1,47	0,00	2,50	1,25	1380	0,20
4	12-15,5	Fine Sand	15	medium	1,46	28,59	0,00	0,00	34500	0,33
5	15,5-25	Clay and silt	15	medium	1,71	0,00	11,67	5,83	10000	0,35
6	25-50	Clay and silt	17	stiff	1,77	0,00	13,33	6,67	13800	0,35

Sumber : perhitungan penulis

7. Perhitungan nilai K_s (*coefficient of subgrade reactions*)

Pada metode perhitungan *stress and deformation* dengan menggunakan program bantu, dibutuhkan input data berupa *coefficient of subgrade reaction* (k_s) dari tiap lapisan tanah. Walaupun *coefficient of subgrade reaction* bukan merupakan *basic* parameter tanah, namun berhubungan dengan sistem pondasi. Persamaan untuk mencari nilai k_s sendiri berdasarkan buku *Deep Excavation : Theory and Practice* (Chang Yu – Ou, 2006) adalah sebagai berikut :

$$K_s = \frac{E_s}{B(1-\nu_s^2)}$$

K_s = *coefficient of subgrade reactions*

E_s = modulus elastisitas tanah

B = tebal dinding penahan tanah

ν_s = poisson's ratio tanah

Tebal dari dinding penahan tanah direncanakan 1,0 meter, nilai E_s dan poisson ratio sesuai dengan Tabel 4.1 . Hasil perhitungan K_s dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Nilai K_s

No	Depth	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	Es	μ	B	Ks
	(m)			(kN/m ²)			
1	0-3,5	Clay and silt	very soft	1380	0,20	1,00	1438
2	3,5-7	Fine Sand	very loose	27600	0,30	1,00	30330
3	7-12	Clay and silt	very soft	1380	0,20	1,00	1438
4	12-15,5	Fine Sand	medium	34500	0,33	1,00	38716
5	15,5-25	Clay and silt	medium	10000	0,35	1,00	11396
6	25-50	Clay and silt	stiff	13800	0,35	1,00	15726

4.2. Analisa Data Pembebanan

4.2.1. Analisa Pembebanan untuk Dinding Penahan

Beban yang bekerja pada turap dinding terdapat 2 macam :

- Beban luar : berupa beban dari luar selama proses konstruksi dinding penahan tanah
- Beban dalam : berupa beban yang ditimbulkan dari tekanan tanah aktif, pasif serta air tanah

4.2.1.1 Beban Luar

Beban luar pada perhitungan kedalaman turap kemudian akan dianggap beban *surchage*, yang letaknya berada pada bagian aktif dari dinding penahan tanah yang akan direncanakan. *Surchage* yang bekerja pada turap dinding ini dianalisa berasal dari :

1. Rumah warga yang terletak pada bagian sisi utara, barat, dan selatan lokasi proyek
2. Beban lalu lintas yang berada pada bagian timur lokasi proyek

Beban *surchage* dari rumah warga

Rumah warga diasumsikan 2 lantai dengan berat 1 ton/m².

Karena rumah tersebut memakai pondasi dangkal, maka semua beban tersebut diasumsikan menjadi beban *surchage* pada dinding penahan.

$$\begin{aligned} q &= 100\% \times q_{\text{rumah warga}} \\ &= 100\% \times 1 \text{ t/m}^2 \\ &= 1 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Beban *surchage* dari beban lalu lintas

$$q_{\text{UDL}} = 8 \text{ kPa} = 0,8 \text{ t/m}^2$$

Sehingga, beban *surchage* akibat beban rumah warga dipakai sebagai *surchage* yang mempengaruhi karena lebih besar dari

surcharge yang di timbulkan oleh lalu lintas. Selanjutnya untuk perencanaan dinding digunakan surcharge sebesar 1 t/m^2

4.2.1.2 Beban Dalam

Beban dalam berupa beban tanah aktif dan tekanan air tanah yang ditopang oleh dinding penahan tanah.

4.2.2. Analisa Pembebanan untuk Pondasi

Analisa gaya-gaya reaksi yang berasal dari struktur atas Gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya yang dibebankan pada struktur pondasi dan dinding penahan dihitung dengan menggunakan program bantu SAP 2000 V20. Gaya-gaya reaksi tersebut dihitung pada perletakan jepit yang didesain terletak pada kolom-kolom dilantai basement. Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI Pembebanan 1727-2013 untuk Perhitungan Pondasi.

1. Kombinasi 1 = $1,0 \text{ D}$
2. Kombinasi 2 = $1,0 \text{ D} + 1,0 \text{ L}$
3. Kombinasi 3 = $1,0 \text{ D} + 1,0 (\text{ Lr atau R})$
4. Kombinasi 4 = $1,0 \text{ D} + 0,7 \text{ Ex}$
5. Kombinasi 5 = $1,0 \text{ D} + 0,7 \text{ Ey}$
6. Kombinasi 6 = $0,6 \text{ D} + 0,7 \text{ Ex}$
7. Kombinasi 7 = $0,6 \text{ D} + 0,7 \text{ Ey}$

dimana :

D = beban mati

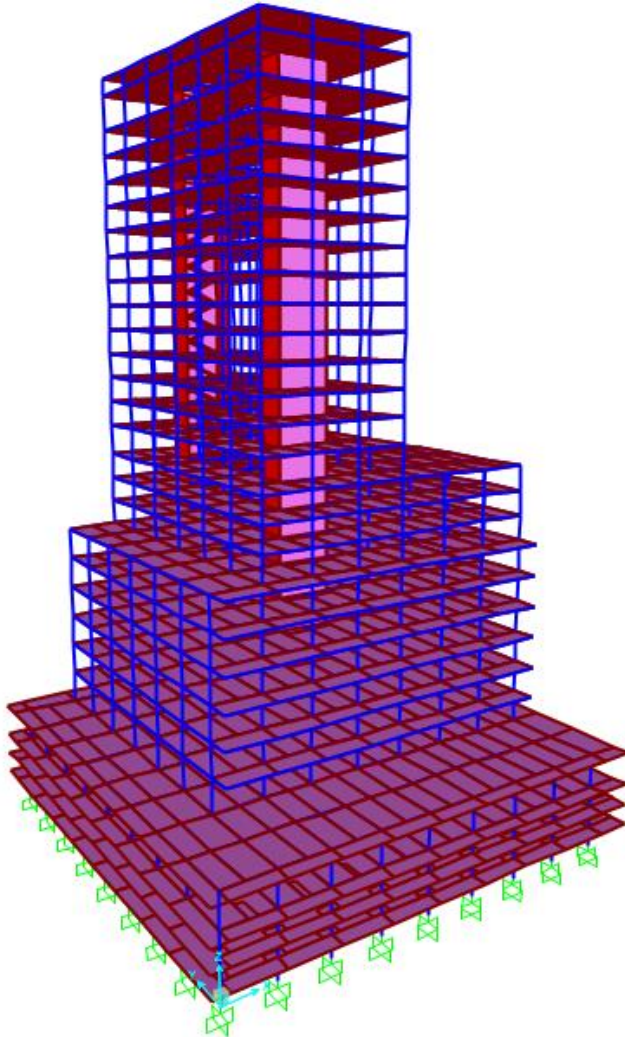
L = beban hidup

Ex = beban gempa arah x

Ey = beban gempa arah y

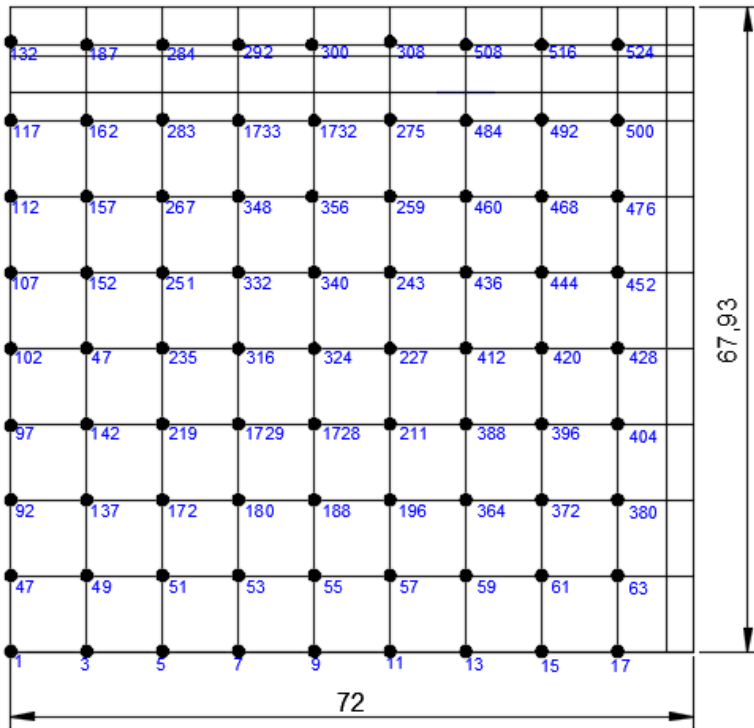
Lr = beban hidup atap

R = beban hujan



Gambar 4. 3 Pemodelan Struktur pada Proyek Gubeng Mixed Use Development Surabaya

Sumber : penulis



Gambar 4. 4 Layout titik kolom

Dari pemodelan dengan program bantu SAP 2000 dengan beberapa kombinasi. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah 1D+1L karena paling kritis (Tabel 4.3).

Tabel 4. 3 Rekap Pembebanan Struktur Gedung Gubeng Mixed Use
Development Surabaya

No	Titik	P axial	Mx	My
		(ton)	(ton.m)	(ton.m)
1	1	263,15	-0,19	0,04
2	3	371,33	-0,80	0,00
3	5	371,45	-1,12	0,05
4	7	376,84	-1,18	-0,02
5	9	395,10	-1,27	0,08
6	11	427,64	-1,45	-0,14
7	13	479,67	-1,59	0,00
8	15	539,14	-2,02	-0,27
9	17	650,74	7,13	-0,05
10	47	367,89	-2,48	0,02
11	49	286,63	-1,61	0,03
12	51	308,59	-1,48	-0,02
13	53	310,87	-1,76	0,06
14	55	312,75	-1,84	-0,03
15	57	281,15	-1,56	0,10
16	59	237,30	-0,44	-0,25
17	61	212,85	-0,17	-0,03
18	63	347,02	6,02	-0,26
19	92	367,48	-2,41	0,00
20	97	362,89	-2,58	0,02
21	102	385,76	-1,19	-0,08
22	107	389,26	-0,11	-0,13
23	112	405,04	-1,49	0,15
24	117	410,95	-1,28	-0,48
25	132	372,04	-0,67	0,27

Tabel 4.3 Rekap Pembebanan Struktur Gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya (*lanjutan*)

No	Titik	P axial	Mx	My
		(ton)	(ton.m)	(ton.m)
26	137	561,19	0,04	-0,96
27	142	575,61	-0,02	-1,02
28	147	685,49	0,03	1,41
29	152	552,72	0,07	0,99
30	157	557,84	-0,32	-4,36
31	162	674,63	-0,28	19,54
32	167	515,59	-0,39	0,66
33	172	1378,18	0,04	0,34
34	180	1592,77	-0,07	-0,02
35	188	1794,32	0,21	-3,75
36	196	1647,70	0,05	-4,60
37	211	2100,21	-0,21	-5,13
38	219	1725,29	0,09	-0,68
39	227	1861,04	-0,25	-1,38
40	235	1748,49	0,08	-3,99
41	243	1636,26	-0,09	-0,04
42	251	1768,62	-0,20	-6,16
43	259	1622,70	-0,04	-0,33
44	267	1554,68	-0,10	-5,26
45	275	1582,76	0,09	-2,22
46	283	1520,55	-0,46	-0,07
47	284	1264,87	0,22	1,98
48	292	1477,97	-0,09	0,64
49	300	1531,29	-0,13	-1,55

Tabel 4.3 Rekap Pembebanan Struktur Gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya (*lanjutan*)

No	Titik	P axial	Mx	My
		(ton)	(ton.m)	(ton.m)
50	308	1418,32	-0,03	-2,57
51	316	1916,26	-0,04	-2,54
52	324	1879,60	-0,17	-1,56
53	332	2059,18	-0,06	-1,50
54	340	1885,48	-0,08	-2,79
55	348	1841,62	-0,31	-1,97
56	356	1849,05	0,00	-2,22
57	364	769,57	-0,09	-1,85
58	372	730,54	-0,06	-1,62
59	380	622,91	-0,11	2,30
60	388	997,59	-0,23	-3,25
61	396	1052,96	-0,06	-2,43
62	404	914,39	-0,16	2,39
63	412	1026,11	-0,11	-2,22
64	420	1090,39	-0,17	-1,54
65	428	939,19	-0,05	3,13
66	436	870,27	-0,13	-1,31
67	444	1007,93	-0,09	-1,65
68	452	834,72	-0,05	-2,77
69	460	877,13	0,00	-1,17
70	468	820,80	0,05	-0,32
71	476	621,43	0,02	4,41

Tabel 4.3 Rekap Pembebanan Struktur Gedung Gubeng Mixed Use Development Surabaya (*lanjutan*)

No	Titik	P axial	Mx	My
		(ton)	(ton.m)	(ton.m)
72	484	813,09	0,02	-1,33
73	492	712,88	0,02	-1,61
74	500	543,85	0,06	5,73
75	508	832,89	0,11	-1,56
76	516	820,09	0,06	-1,26
77	524	842,93	0,09	3,78
78	1728	3296,65	-0,03	-4,63
79	1729	3132,94	0,28	-3,37
80	1732	3118,29	-1,03	-5,89
81	1733	3066,07	-0,06	2,75

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Umum

Alternatif dinding perencanaan yang digunakan adalah diaphragm wall dan secant pile. Perencanaan dinding penahan tanah menggunakan metode *Stress and Deformation*, dimana besar dari gaya lateral tanah yang bekerja dipengaruhi oleh defleksi dari tiang/dinding yang telah tertanam di tanah, sehingga dilakukan iterasi untuk mendapatkan besar dari gaya yang akan bekerja pada dinding penahan tanah karena gaya akan mempengaruhi defleksi begitu juga sebaliknya. Perhitungan metode *Stress and Deformation* merupakan metode iterasi dimana perbedaan dari nilai defleksi setelah dilakukan iterasi adalah mendekati 0. Untuk membantu perhitungan defleksi, maka digunakan program bantu SAP2000.

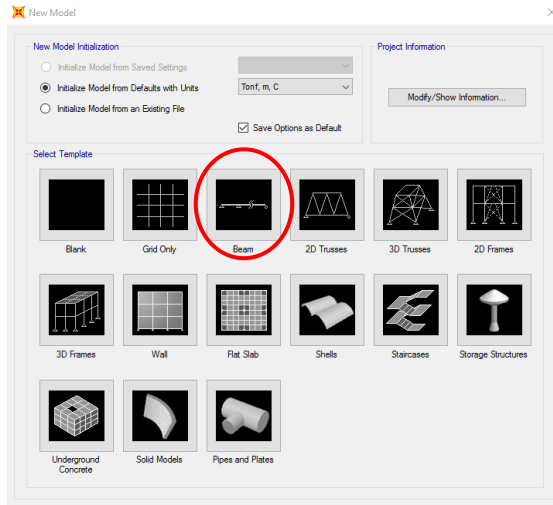
5.2. Perencanaan Panjang Dinding Penahan Tanah

5.2.1. Metode *Beam on Elastic Foundation*

Dalam merencanakan panjang dinding penahan tanah, dapat digunakan metode *Beam on Elastic Foundation*. Dari metode ini dapat diketahui kedalaman dimana dinding penahan tanah mempunyai momen mendekati 0. Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan panjang dinding penahan tanah dengan program bantu SAP2000:

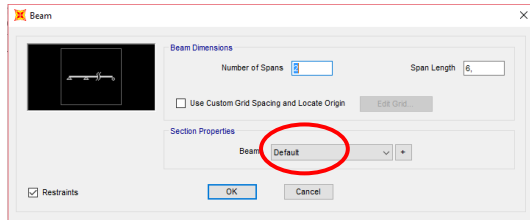
1. Merencanakan *preliminary design* dinding penahan tanah, direncanakan dengan :
 - a. Diameter : 1 meter
 - b. Panjang awal : 80 meter (panjang dinding direncanakan sedalam-dalamnya)
2. Menghitung tekanan lateral tanah kondisi at rest (σ_{H-O}) per meter di belakang dan depan dinding penahan tanah

- (galian 16,4 meter). Perhitungan terlampir dalam Lampiran.
3. Menghitung beban terpusat kondisi *at rest* (P_{H-O}) per meter yang didapatkan dari tekanan lateral tanah *at rest*. Perhitungan terlampir dalam Lampiran.
 4. Menghitung *coefficient of subgrade* (k_s) per meter sesuai dengan jenis tanah. Perhitungan terlampir pada Tabel 4.2.
 5. Memodelkan dinding penahan tanah ke dalam SAP 2000, permodelan dengan memilih model *beam*. Seperti ditunjukkan Gambar 5.1 di bawah ini.



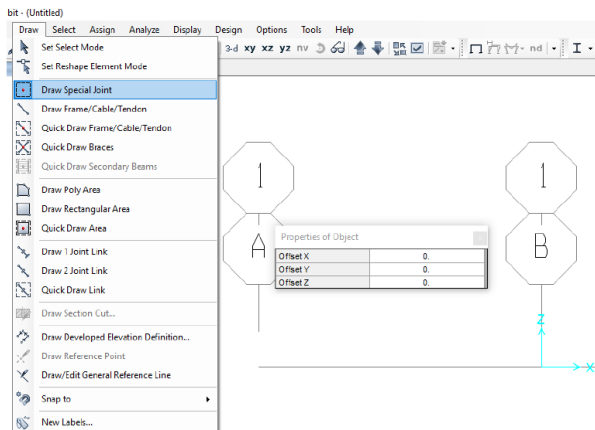
Gambar 5. 1 Permodelan beam pada SAP2000

Memasukkan *number of spans* dan *span length* sesuai sesuai *default*.



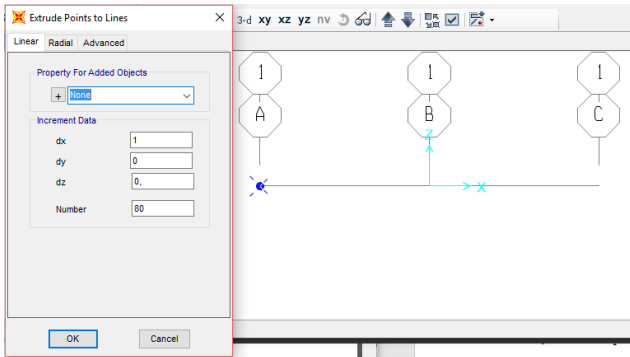
Gambar 5. 2 *Beam Dimension* pada SAP2000

- Memasukkan ulang *beam dimension* dengan membuat *special joint* yang berguna untuk meletakkan *spring* dan beban terpusat per meter.



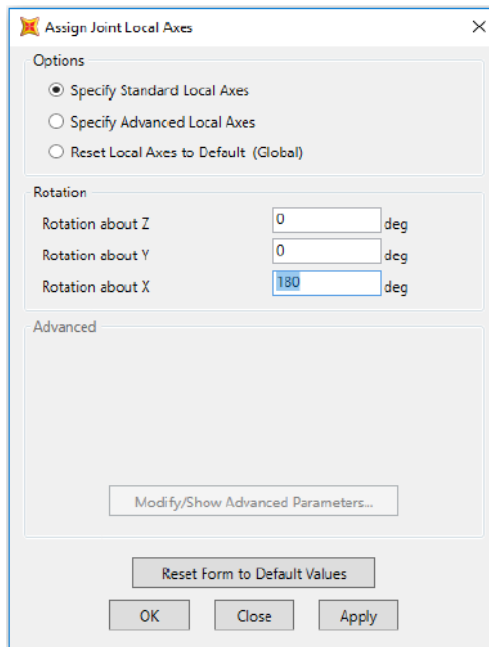
Gambar 5. 3 *Draw Special Joint* pada SAP2000

Kemudian dilanjutkan dengan *extrude special joint* pada titik pertama (kedalaman 0 meter) pada tiap meter sepanjang 80 meter untuk tanah di belakang dinding penahan tanah.



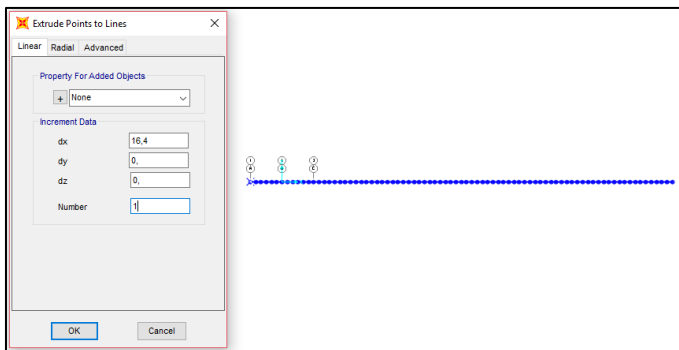
Gambar 5. 4 *Extrude Special Joint* untuk tanah di belakang dinding penahan tanah

Memasukkan *local axes* untuk semua *special joint* di belakang dinding penahan tanah kearah 180°



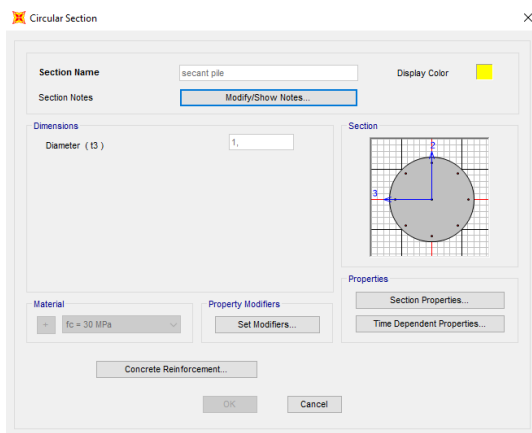
Gambar 5. 5 *Assign Joint Local Axes* pada SAP2000

Membuat *special joint* untuk tanah di depan dinding penahan tanah, dimulai pada kedalaman galian 16,4 meter dan dilanjutkan per meter sampai kedalaman 79,5 meter. Dilakukan dengan cara meng*extrude special joint* pada kedalaman 0 meter.

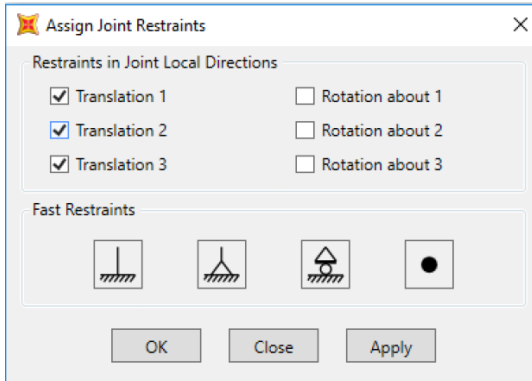


Gambar 5. 6 *Extrude Special Joint* untuk tanah di depan dinding penahan tanah

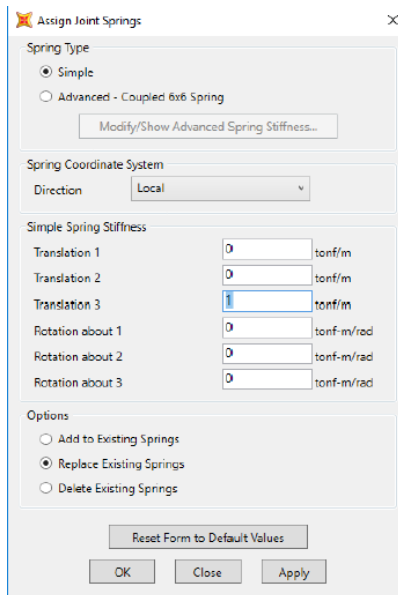
7. Memasukkan *frame section* dengan asumsi material beton berdiameter 1 meter



8. Memasukkan perletakkan sendi pada kedalaman 0 meter dan 80 meter.

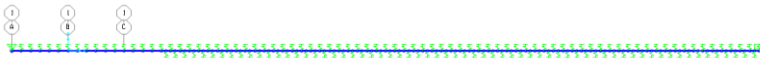


Gambar 5. 8 Assign Joint Restraints pada SAP2000



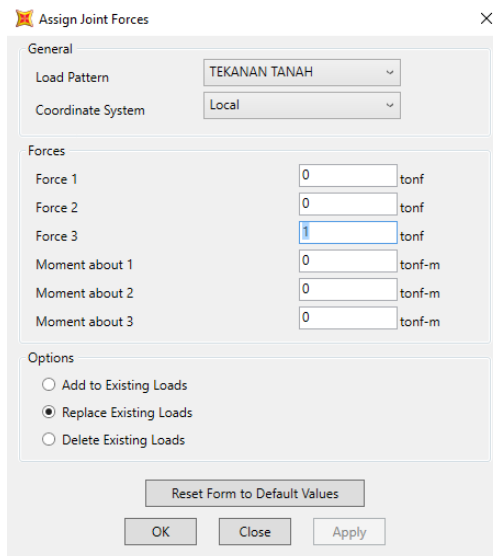
Gambar 5. 7 Assign Joint Spring pada SAP2000

9. Memasukkan *spring* yang dianggap sebagai interaksi dinding penahan tanah dan tanah pada *elastic foundation*. *Spring* dimasukkan untuk semua *joint* dengan anggapan *spring* bernilai 1 t/m^3 terlebih dahulu. *Spring* dimasukkan sesuai dengan *local axes* 3. (Gambar 5.7)
Bentuk permodelan dinding penahan tanah adalah seperti Gambar 5.9.



Gambar 5. 9 Permodelan dinding penahan tanah 80 m

10. Memasukkan beban terpusat tanah pada semua *joint*. Beban terpusat dimasukkan dengan anggapan bernilai 1 t



Gambar 5. 10 *Assign Joint Forces* pada SAP2000

terlebih dahulu. Beban terpusat dimasukkan sesuai dengan *local axes* 3.

11. Memasukkan beban air tanah (σ_w), dianggap sebagai beban terbagi merata

Tabel 5. 1 Beban Air Tanah 80 m (galian 16,4 m)

Kedalaman (m)	σ_w (t/m ²)
1	0
16,4	15,4
80	15,4

Beban air tanah dimasukkan untuk arah beban di belakang dinding penahan.

Gambar 5. 11 Assign Frame Distributed Loads pada SAP2000

12. Melakukan *Interactive Database Editing* untuk mempermudah memasukkan nilai ks *spring* dan beban terpusat tanah dari kedalaman 0 sampai 80 meter. Dilakukan dengan memilih *Joint Assignment*, kemudian memilih *Joint Load Load Force*, dan memasukkan beban terpusat tanah *at rest* yang telah dihitung pada langkah 4 dan terdapat pada Lampiran.

Interactive Database Editing - Joint Loads - Force

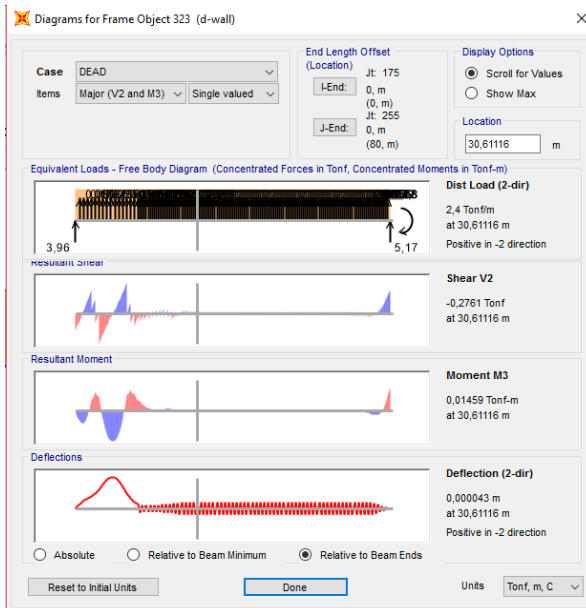
File Excel Edit View Options

Joint Loads - Force

Joint	LoadPat	CoordSys	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf.m	M2 Tonf.m	M3 Tonf.m	GUID
1	1%	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	0.95	0.	0.	6790075-657e-4d7b-89a-36db084169e
2	176	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	2.5	0.	0.	9980e21e-dc46-4428-8203-cd8950194731
3	177	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	3.1	0.	0.	176aa844b6-547c-0a93-70573e129335
4	178	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	3.7	0.	0.	5dac5622-7c83-4282-ec65-341aa256673b
5	179	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	2.5	0.	0.	e7a87e6f-a3e3-4a24-e27e-60a2bbd759c4
6	180	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	2.73	0.	0.	30574c16-4584-47b2-bac7-4a156f9d891b
7	181	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	2.97	0.	0.	ff7cd739-3ca2-4af2-89e-5cb12330c11bb
8	182	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	3.2	0.	0.	1ea4987c-627b-46a6-3a813-30083c6d8265
9	183	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	5.66	0.	0.	43a3319f-4955-43a3-89f5-1c0bc8027536
10	184	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	6.11	0.	0.	498009a-1a51-4a6f-69a6-5134803a0af
11	185	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	6.56	0.	0.	b4571974-3391-4529-8cc6-12ba8c3b0af1
12	186	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	7.	0.	0.	8577504-a3c8-4a9e-59ec-e0229addf2
13	187	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	7.45	0.	0.	cc03841e4-1b5-4410d#71c05a36a653
14	188	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	4.33	0.	0.	35dce7-7516-4e18-526e-071e#72b65
15	189	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	4.57	0.	0.	84c063d2-e0bf-47d883a2-917a23ba093
16	190	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	4.81	0.	0.	0a0f664-6152-4464-aeec-01ea900f1bb
17	191	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	5.45	0.	0.	7970010-6d95-4d44-8ce1-2ba1a20311d
18	192	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	10.12	0.	0.	2bd9f1bd-7edf-40b7-907d-c0585c5594a3
19	193	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	10.8	0.	0.	2125a6b-310-45e4-ae44-5e3c350979c1
20	194	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	11.48	0.	0.	7a525a8-8a3d-4e6d-886d-cbc375914db3
21	195	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	12.16	0.	0.	2b7319e8-3a46-435e-8ba3-67c5c9bf785
22	196	TEKANAN TANAH	Local	0.	0.	12.84	0.	0.	5d85720-8ac0-490a-a7e14126ac34a628

Undo Load Apply Apply to Global Done

13. Merunning permodelan, dan melihat kedalaman dengan momen mendekati 0 ($M \approx 0$).



Gambar 5. 12 Output SAP untuk panjang dinding penahan basement

Kedalaman yang didapatkan untuk $M \approx 0$ (D_{awal}) adalah 30,6 meter. Kedalaman tersebut dikalikan dengan angka keamanan (SF) sebesar 1,2.

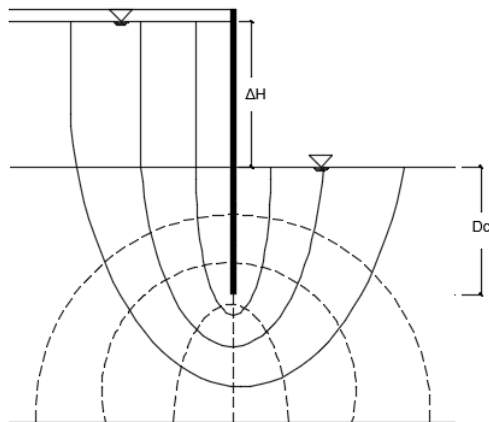
$$\begin{aligned} D &= SF \times D_{\text{awal}} \\ &= 1,2 \times 30,6 \text{ m} \\ &= 36,72 \text{ m} \approx 37 \text{ m}. \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan panjang dinding penahan tanah dari metode *beam on elastic foundation* sedalam 37 meter.

5.2.2. Analisa Heave (Hydrodynamic)

Pada Subbab sebelumnya telah dihitung kedalaman dinding penahan berdasarkan metode *beam on elastic foundation*, kemudian pada Subbab ini dihitung kedalaman dinding penahan berdasarkan keamanan terhadap aliran air yang lebih dikenal dengan *hydrodynamic*.

Perbedaan ketinggian hidrolis air antar daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif



Gambar 5. 13 Asumsi gambar flownet pada galian proyek Gubeng Mixed Use Development Surabaya

tanah, dalam hal ini adalah lubang galian. Kedalaman yang aman terhadap *hydrodinamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan dewatering.

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

Rumus 1

$$\begin{aligned}
 i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF &< i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)} \\
 i_{exit} \times 1,2 &< i_{critical} && (2.8) \\
 \frac{\Delta h}{D_c} \times 1,2 &< \frac{\gamma'}{\gamma_w} \\
 \frac{15,4}{D_c} \times 1,2 &< \frac{0,77}{1} \\
 \frac{18,48}{D_c} &< 0,77 \\
 D_c &< 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Rumus 2

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{\gamma'}{i_{rata-rata} \cdot \gamma_w} \\
 FS &= \frac{\gamma' \cdot D}{0,36(H_1 - H_2) \cdot \gamma_w} \\
 1,2 &= \frac{1,77 \cdot D}{0,36(15,4 - 0) \cdot 1} \\
 D &= 3,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, dengan dua rumusan perhitungan diatas didapatkan hasil panjang yang paling kritis yaitu Rumus 1 dengan $D = 24$ m. Sehingga, didapatkan untuk panjang dinding penahan tanah keseluruhan yaitu $16,4 \text{ m} + 24 \text{ m} = 40,4 \text{ m} \approx 42 \text{ m}$

Kedalaman dinding penahan berdasarkan perhitungan metode *beam on elastic* lebih kecil dari pada kedalaman yang diisyaratkan oleh perhitungan *hydrodynamic*, sehingga untuk perencanaan kedalaman dipakai 42 meter.

5.3. Perhitungan Dinding Penahan Tanah

Langkah-langkah dalam perencanaan struktur dinding penahan tanah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. *Preliminary design* berupa dimensi dinding penahan tanah;
2. Menghitung tekanan lateral tanah dalam kondisi at-rest, kondisi aktif, dan kondisi pasif menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\sigma_o = \sigma_v \cdot k_o$$

$$k_o = 1 - \sin \phi$$

$$\sigma_{a \text{ min}} = \sigma'_{vi} \cdot k_{ai} - 2c \sqrt{K_{ai}}$$

$$\sigma_{p \text{ max}} = \sigma'_{vi} \cdot k_{pi} + 2c \sqrt{K_{pi}}$$

$$P_{(t)} = \sigma_h \cdot A \rightarrow A = 1 \text{ m}^2$$

Kemudian tekanan lateral tanah tersebut dijadikan beban terpusat yang bekerja terhadap dinding di setiap meter serta ks (*coefficient of subgrade reactions*)

3. Memperkirakan kedalaman *Secant Pile/Diaphragm Wall* dengan permodelan pada program bantu SAP2000 dengan cara mengasumsikan kedalaman dinding sangat dalam, kemudian gaya-gaya lateral tanah dalam kondisi at-rest (P_o) dan pegas tanah (ks) diinputkan pada program bantu SAP2000 dalam permodelan dinding tersebut untuk dilihat bentuk bidang momennya. Panjang dinding dapat ditentukan pada saat bidang momen sudah mendekati 0 di kedalaman tertentu;
4. Setelah kedalaman dinding diketahui, mengulangi langkah ke-2 dimana beban-beban sebesar gaya lateral tanah pada kondisi at-rest (P_o) diinputkan sesuai dengan perhitungan besar tekanan tanah pada dinding tersebut. Hasil dari program bantu yang digunakan adalah defleksi di setiap titik-titik beban;
5. Melakukan iterasi dengan cara mengkalkulasikan hasil defleksi yang didapatkan dengan beban at-rest menggunakan persamaan di bawah ini :

$$P_a = P_o - \delta x ks < P_{a \min}; A \approx 1 m^2$$

$$P_p = P_o + \delta x ks > P_{p \max}; A \approx 1 m^2$$

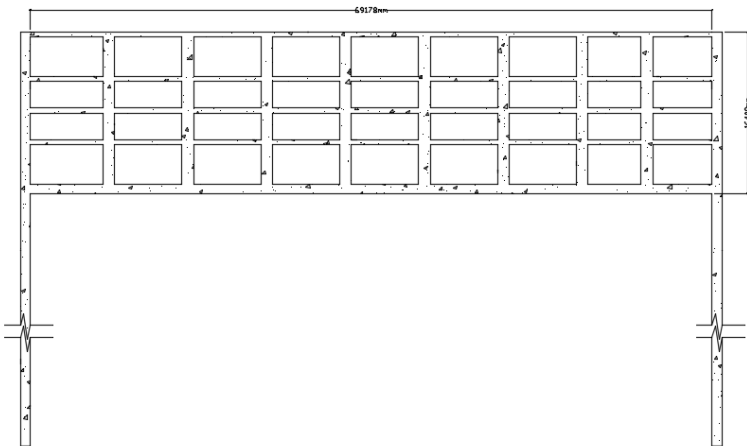
jika P_a telah melebihi batas $P_{a\text{-min}}$, dan P_p telah melebihi batas $P_{p\text{-max}}$, maka beban $P_{a\text{-min}}$ dan $P_{a\text{-max}}$ akan digunakan pada perhitungan selanjutnya dengan menghilangkan pegas tanah di titik tersebut, lalu diinputkan kembali ke program bantu SAP2000 dan dicari nilai defleksinya pada kondisi tersebut. Bila nilai $P_a < 0$, maka nilai $P_a = 0$ dan pegas tanah di titik tersebut dihilangkan;

6. Mengulangi langkah 4-5 hingga perbedaan defleksi setelah dilakukan iterasi mendekati 0. Perhitungan dinding penahan tanah berupa *Secant Pile*, dan *Diaphragm Wall*, akan menggunakan langkah – langkah seperti di atas.

5.3.1. Perencanaan *Diaphragm Wall*

Desain Perencanaan Gedung Gubeng Mixed Use

Development Surabaya dapat dilihat pada Gambar 5.14 di bawah ini :



Gambar 5. 14 Desain Perencanaan Basement Gedung Gubeng Mixed Use Development

Pada perencanaan ini, penggalian akan dilaksanakan hingga elevasi -16,40 meter. Fase penggalian akan dibagi menjadi 4 (empat), penggalian pertama pada elevasi -5,00 meter, penggalian kedua pada elevasi -8,20 meter, penggalian ketiga pada elevasi -11,40 meter, dan penggalian keempat pada elevasi -16,40 meter. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Data Tanah untuk Perencanaan Dinding Penahan Tanah

No	Depth	γ sat	ϕ	Es	μ	B	Ks
	(m)	(t/m^3)	($^\circ$)	(kN/m^2)		(m)	(t/m)
1	0-3,5	1,63	0,00	1380	0,20	1,00	1438
2	3,5-7	1,40	24,67	27600	0,30	1,00	30330
3	7-12	1,47	0,00	1380	0,20	1,00	1438
4	12-15,5	1,46	28,59	34500	0,33	1,00	38716
5	15,5-25	1,71	0,00	10000	0,35	1,00	11396
6	25-50	1,77	0,00	13800	0,35	1,00	15726

Data Perencanaan Awal :

1. Tebal D-Wall : 1,0 meter
2. Panjang kedalaman rencana 42 meter
3. Beban surcharge tambahan sebesar $1 t/m^2$

Pada perhitungan dinding ini, fase penggalian akan dibagi menjadi 4 (empat). Pada fase pertama, *output* yang dihasilkan adalah defleksi yang nantinya akan diperhitungkan sebagai beban *ground displacement* pada penggalian fase kedua. Begitu juga dengan fase kedua, defleksi yang dihasilkan pada penggalian fase kedua akan diperhitungkan sebagai beban *ground displacement* pada penggalian fase ketiga dan seterusnya untuk fase berikutnya. Dinding penahan tanah yang direncanakan harus mampu menahan beban tanah pada proses penggalian dan masa operasionalnya.

a. Penggalian Pertama

Penggalian pertama direncanakan digali hingga elevasi -5.00 meter. Tekanan Tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 5 meter.

1. Menghitung tekanan lateral tanah kondisi *at rest* (σ_o) dan aktif (σ_{h-min}) per meter di belakang dinding penahan tanah (Tabel 5.3). Perhitungan terlampir dalam Lampiran
2. Menghitung tekanan lateral tanah kondisi *at rest* (σ_o) dan pasif (σ_{h-max}) per meter depan dinding penahan tanah. (Tabel 5.4)

Tabel 5. 3 Tekanan Tanah di Belakang Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1

Depth	ketebalan	γ'	beban surcharge	ϕ	cu	σ'_v	Ko	σ_o	Ka	σ_h min
(m)	(m)	(t/m^3)	(t/m^2)	(o)	(t/m^2)	(t/m^2)		(t/m^2)		(t/m^2)
0	0	1,63	1	0,00	1,25	1,00	0,95	0,95	1,00	-1,50
1	1	1,63	1	0,00	1,25	2,63	0,95	2,50	1,00	0,13
2	1	0,63	1	0,00	1,25	3,26	0,95	3,10	1,00	0,76
3	1	0,63	1	0,00	1,25	3,89	0,95	3,70	1,00	1,39
4	1	0,40	1	24,67	0,00	4,29	0,58	2,50	0,41	1,76
5	1	0,40	1	24,67	0,00	4,69	0,58	2,73	0,41	1,93
6	1	0,40	1	24,67	0,00	5,09	0,58	2,97	0,41	2,09
7	1	0,40	1	24,67	0,00	5,49	0,58	3,20	0,41	2,26
8	1	0,47	1	0,00	1,25	5,96	0,95	5,66	1,00	3,46
9	1	0,47	1	0,00	1,25	6,43	0,95	6,11	1,00	3,93
10	1	0,47	1	0,00	1,25	6,90	0,95	6,56	1,00	4,40

Tabel 5. 4 Tekanan Tanah di Depan Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1

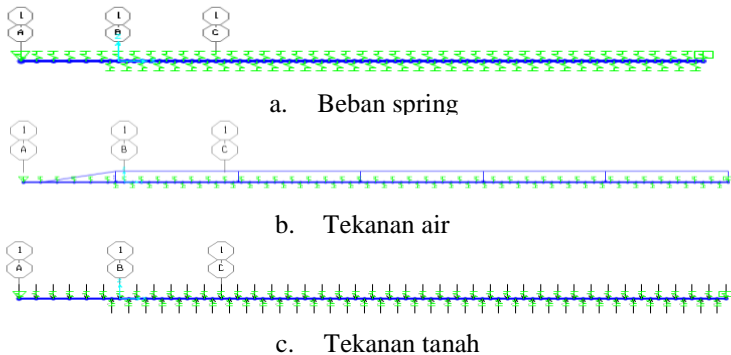
Depth	ketebalan	γ'	ϕ	cu	σ'_v	Ko	σ_o	Kp	σ_h max
(m)	(m)	(t/m^3)	(o)	(t/m^2)	(t/m^2)		(t/m^2)		(t/m^2)
5,5	0,50	0,40	24,67	0,00	0,20	0,58	0,12	2,43	0,49
6,5	1,00	0,40	24,67	0,00	0,60	0,58	0,35	2,43	1,46
7,5	1,00	0,47	0,00	1,25	1,07	0,95	1,02	1,00	3,57
8,5	1,00	0,47	0,00	1,25	1,54	0,95	1,46	1,00	4,04
9,5	1,00	0,47	0,00	1,25	2,01	0,95	1,91	1,00	4,51

3. Menghitung beban air tanah

Tabel 5. 5 Tekanan Air Pori pada Penggalan Fase Pertama

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	5,5	4,5
3	42	4,5

- Menghitung beban terpusat kondisi at rest (P_o) dan aktif ($P_{a \text{ min}}$) per meter di belakang dinding dan pasif ($P_{P \text{ maks}}$) per meter di depan dinding yang didapatkan dari tekanan lateral tanah at rest dan aktif di belakang dinding penahan tanah (Tabel 5.6) dan pasif di depan dinding (Tabel 5.7)
- Memodelkan dinding penahan tanah ke dalam SAP 2000, langkah dalam permodelan dan *assign* data pembebanan seperti pada Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Data beban pada program bantu SAP2000

- Pada iterasi pertama ini, hasil analisis berupa defleksi pada dinding penahan. Hasil dari analisis program bantu dapat dilihat pada Tabel 5.8 yang menunjukkan defleksi dinding pada titik tangkap beban.

Tabel 5. 7 Gaya Lateral Tanah di Belakang Dinding

Depth (m)	Pa min (t)	Po (t)	Ks (t/m)
0	0,00	0,00	1438
1	-0,69	1,72	1438
2	0,45	2,80	1438
3	1,08	3,40	1438
4	1,58	3,10	30330
5	1,85	2,62	30330
6	2,01	2,85	30330
7	2,17	3,08	30330
8	2,86	4,43	1438
9	3,70	5,89	1438
10	4,17	6,33	1438
11	4,64	6,78	1438
12	5,11	7,22	1438
13	4,13	5,89	38716
14	3,01	4,45	38716
15	3,17	4,69	38716
16	0,77	7,13	11396
17	-1,37	9,79	11396
18	-0,65	10,46	11396
19	0,06	11,14	11396
20	0,78	11,82	11396
21	1,49	12,50	11396
22	2,21	13,18	11396
23	2,92	13,86	11396
24	3,63	14,54	11396
25	4,35	15,21	11396
26	4,26	15,92	15726
27	4,20	16,65	15726
28	4,97	17,39	15726
29	5,74	18,12	15726
30	6,51	18,85	15726
31	7,28	19,58	15726
32	8,05	20,32	15726
33	8,82	21,05	15726
34	9,60	21,78	15726
35	10,37	22,52	15726
36	11,14	23,25	15726
37	11,91	23,98	15726
38	12,68	24,71	15726
39	13,45	25,45	15726
40	14,22	26,18	15726
41	15,00	26,91	15726
42	15,77	27,65	15726

Tabel 5. 6 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding

Depth (m)	Pp maks (t)	Po (t)	Ks (t/m)
5,5	0,12	0,03	30330
6,5	0,97	0,23	30330
7,5	2,51	0,68	1438
8,5	3,81	1,24	1438
9,5	4,28	1,69	1438
10,5	4,75	2,13	1438
11,5	5,22	2,58	1438
12,5	7,56	2,29	38716
13,5	10,33	1,90	38716
14,5	11,65	2,14	38716
15,5	12,96	2,38	38716
16,5	15,40	3,87	11396
17,5	17,54	5,58	11396
18,5	18,25	6,26	11396
19,5	18,97	6,94	11396
20,5	19,68	7,62	11396
21,5	20,40	8,29	11396
22,5	21,11	8,97	11396
23,5	21,83	9,65	11396
24,5	22,54	10,33	11396
25,5	24,12	11,04	15726
26,5	25,72	11,77	15726
27,5	26,49	12,50	15726
28,5	27,26	13,23	15726
29,5	28,04	13,97	15726
30,5	28,81	14,70	15726
31,5	29,58	15,43	15726
32,5	30,35	16,17	15726
33,5	31,12	16,90	15726
34,5	31,89	17,63	15726
35,5	32,66	18,36	15726
36,5	33,44	19,10	15726
37,5	34,21	19,83	15726
38,5	34,98	20,56	15726
39,5	35,75	21,30	15726
40,5	36,52	22,03	15726
41,5	37,29	22,76	15726

Tabel 5. 8 Hasil Defleksi Iterasi 1 Pada Tiap Titik Tangkap Beban

Kedalaman (m)	$\delta 1$ (m)	Kedalaman (m)	$\delta 1$ (m)
0	0,00000	5,5	0,00036
1	0,00015	6,5	0,00044
2	0,00026	7,5	0,00059
3	0,00032	8,5	0,00074
4	0,00033	9,5	0,00080
5	0,00034	10,5	0,00075
6	0,00039	11,5	0,00060
7	0,00051	12,5	0,00039
8	0,00067	13,5	0,00024
9	0,00078	14,5	0,00017
10	0,00079	15,5	0,00018
11	0,00069	16,5	0,00025
12	0,00050	17,5	0,00031
13	0,00031	18,5	0,00037
14	0,00019	19,5	0,00040
15	0,00017	20,5	0,00042
16	0,00021	21,5	0,00042
17	0,00028	22,5	0,00041
18	0,00035	23,5	0,00039
19	0,00039	24,5	0,00036
20	0,00042	25,5	0,00033
21	0,00043	26,5	0,00030
22	0,00042	27,5	0,00028
23	0,00041	28,5	0,00027
24	0,00038	29,5	0,00026
25	0,00035	30,5	0,00026
26	0,00032	31,5	0,00026
27	0,00030	32,5	0,00026
28	0,00028	33,5	0,00026
29	0,00027	34,5	0,00025
30	0,00027	35,5	0,00025
31	0,00026	36,5	0,00024
32	0,00026	37,5	0,00022
33	0,00026	38,5	0,00018
34	0,00026	39,5	0,00013
35	0,00026	40,5	0,00007
36	0,00025	41,5	0,00001
37	0,00024		
38	0,00021		
39	0,00017		
40	0,00011		
41	0,00004		
42	0,00000		

Dari nilai defleksi di atas, maka dapat diketahui nilai P_{actual} yang bekerja pada *diaphragm wall*.

$$- P_{\text{aktif min}} < P_{\text{aktif actual}}, \quad P_{\text{aktif actual}} = P_o - \delta \times K_s$$

$$- P_{\text{pasif max}} > P_{\text{pasif actual}}, \quad P_{\text{pasif actual}} = P_o + \delta \times K_s$$

Jika $P_{\text{aktif min}} > P_{\text{aktif actual}}$ atau $P_{\text{pasif max}} < P_{\text{pasif actual}}$, maka *spring* dapat dihilangkan atau dianggap bernilai 0. Hasil P_{actual} pada iterasi ini terdapat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10.

Tabel 5. 9 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Depan Dinding

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
							no	0
5,5	0,03	30330	0,12	0,00036	10,887	0,12	no	0
6,5	0,23	30330	0,97	0,00044	13,578	0,97	no	0
7,5	0,68	1438	2,51	0,00059	1,535	1,54	yes	1438
8,5	1,24	1438	3,81	0,00074	2,301	2,30	yes	1438
9,5	1,69	1438	4,28	0,00080	2,835	2,83	yes	1438
10,5	2,13	1438	4,75	0,00075	3,209	3,21	yes	1438
11,5	2,58	1438	5,22	0,00060	3,437	3,44	yes	1438
12,5	2,29	38716	7,56	0,00039	17,507	7,56	no	0
13,5	1,90	38716	10,33	0,00024	11,038	10,33	no	0
14,5	2,14	38716	11,65	0,00017	8,685	8,69	yes	38716
15,5	2,38	38716	12,96	0,00018	9,430	9,43	yes	38716
16,5	3,87	11396	15,40	0,00025	6,665	6,66	yes	11396
17,5	5,58	11396	17,54	0,00031	9,147	9,15	yes	11396
18,5	6,26	11396	18,25	0,00037	10,441	10,44	yes	11396
19,5	6,94	11396	18,97	0,00040	11,518	11,52	yes	11396
20,5	7,62	11396	19,68	0,00042	12,391	12,39	yes	11396
21,5	8,29	11396	20,40	0,00042	13,092	13,09	yes	11396
22,5	8,97	11396	21,11	0,00041	13,645	13,65	yes	11396
23,5	9,65	11396	21,83	0,00039	14,107	14,11	yes	11396
24,5	10,33	11396	22,54	0,00036	14,467	14,47	yes	11396
25,5	11,04	15726	24,12	0,00033	16,257	16,26	yes	15726
26,5	11,77	15726	25,72	0,00030	16,549	16,55	yes	15726
27,5	12,50	15726	26,49	0,00028	16,968	16,97	yes	15726
28,5	13,23	15726	27,26	0,00027	17,496	17,50	yes	15726
29,5	13,97	15726	28,04	0,00026	18,119	18,12	yes	15726
30,5	14,70	15726	28,81	0,00026	18,789	18,79	yes	15726
31,5	15,43	15726	29,58	0,00026	19,490	19,49	yes	15726
32,5	16,17	15726	30,35	0,00026	20,207	20,21	yes	15726
33,5	16,90	15726	31,12	0,00026	20,924	20,92	yes	15726
34,5	17,63	15726	31,89	0,00025	21,626	21,63	yes	15726
35,5	18,36	15726	32,66	0,00025	22,296	22,30	yes	15726
36,5	19,10	15726	33,44	0,00024	22,856	22,86	yes	15726
37,5	19,83	15726	34,21	0,00022	23,274	23,27	yes	15726
38,5	20,56	15726	34,98	0,00018	23,456	23,46	yes	15726
39,5	21,30	15726	35,75	0,00013	23,372	23,37	yes	15726
40,5	22,03	15726	36,52	0,00007	23,098	23,10	yes	15726
41,5	22,76	15726	37,29	0,00001	22,899	22,90	yes	15726

Tabel 5. 10 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Belakang Dinding

Depth	Po	Ks	Pa min	$\delta 1$	Pa actual	Pa pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00015	1,510	1,51	yes	1438
2	2,80	1438	0,45	0,00026	2,424	2,42	yes	1438
3	3,40	1438	1,08	0,00032	2,942	2,94	yes	1438
4	3,10	30330	1,58	0,00033	-6,820	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,00034	-7,666	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,00039	-8,980	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,00051	-12,386	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,00067	3,463	3,46	yes	1438
9	5,89	1438	3,70	0,00078	4,760	4,76	yes	1438
10	6,33	1438	4,17	0,00079	5,196	5,20	yes	1438
11	6,78	1438	4,64	0,00069	5,794	5,79	yes	1438
12	7,22	1438	5,11	0,00050	6,507	6,51	yes	1438
13	5,89	38716	4,13	0,00031	-5,919	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,00019	-2,983	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,00017	-1,812	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,00021	4,714	4,71	yes	11396
17	9,79	11396	-1,37	0,00028	6,572	6,57	yes	11396
18	10,46	11396	-0,65	0,00035	6,532	6,53	yes	11396
19	11,14	11396	0,06	0,00039	6,698	6,70	yes	11396
20	11,82	11396	0,78	0,00042	7,092	7,09	yes	11396
21	12,50	11396	1,49	0,00043	7,657	7,66	yes	11396
22	13,18	11396	2,21	0,00042	8,392	8,39	yes	11396
23	13,86	11396	2,92	0,00041	9,242	9,24	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00038	10,194	10,19	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00035	11,203	11,20	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00032	10,872	10,87	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00030	11,966	11,97	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00028	12,951	12,95	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00027	13,841	13,84	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00027	14,668	14,67	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00026	15,432	15,43	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00026	16,197	16,20	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00026	16,929	16,93	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00026	17,678	17,68	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00026	18,458	18,46	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00025	19,285	19,29	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00024	20,254	20,25	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00021	21,412	21,41	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00017	22,821	22,82	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00011	24,481	24,48	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,236	26,24	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

7. Melakukan iterasi berikutnya hingga selisih iterasi terakhir dan iterasi sebelumnya mendekati 0 ($\Delta\delta \approx 0$), dalam evaluasi ini digunakan $\Delta\delta < 0,001$ m. Pada penggalian pertama ini dilakukan iterasi sebanyak 7 kali. Hasil iterasi kelima ditunjukkan pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12

Tabel 5. 11 Beban Terpusat di Depan Dinding pada Iterasi Terakhir (iterasi ke-7)

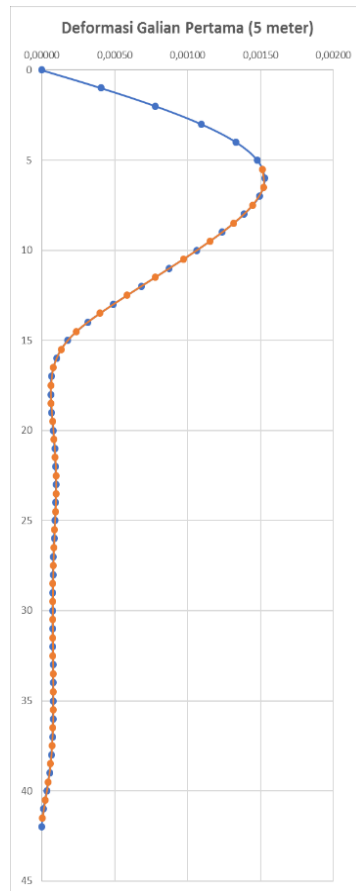
Depth (m)	Po	Ks	$\delta\delta$	Pp actual	Pp pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		
5,5	0,03	30330	0,0201	608,75	0,12	no	0
6,5	0,23	30330	0,0216	656,69	0,97	no	0
7,5	0,68	1438	0,0224	32,88	2,51	no	0
8,5	1,24	1438	0,0224	33,37	3,81	no	0
9,5	1,69	1438	0,0216	32,68	4,28	no	0
10,5	2,13	1438	0,0201	31,04	4,75	no	0
11,5	2,58	1438	0,0181	28,60	5,22	no	0
12,5	2,29	38716	0,0157	609,01	7,56	no	0
13,5	1,90	38716	0,0130	504,75	10,33	no	0
14,5	2,14	38716	0,0102	398,09	11,65	no	0
15,5	2,38	38716	0,0076	295,23	12,96	no	0
16,5	3,87	11396	0,0052	62,66	15,40	no	0
17,5	5,58	11396	0,0032	41,50	17,54	no	0
18,5	6,26	11396	0,0016	24,87	18,25	no	0
19,5	6,94	11396	0,0006	14,20	14,20	yes	11396
20,5	7,62	11396	0,0001	8,82	8,82	yes	11396
21,5	8,29	11396	-0,0001	7,02	7,02	yes	11396
22,5	8,97	11396	-0,0002	7,16	7,16	yes	11396
23,5	9,65	11396	-0,0001	8,15	8,15	yes	11396
24,5	10,33	11396	-0,0001	9,30	9,30	yes	11396
25,5	11,04	15726	-0,0001	10,14	10,14	yes	15726
26,5	11,77	15726	-0,0000	11,19	11,19	yes	15726
27,5	12,50	15726	-0,0000	12,09	12,09	yes	15726
28,5	13,23	15726	-0,0000	12,90	12,90	yes	15726
29,5	13,97	15726	-0,0000	13,70	13,70	yes	15726
30,5	14,70	15726	-0,0000	14,48	14,48	yes	15726
31,5	15,43	15726	-0,0000	15,26	15,26	yes	15726
32,5	16,17	15726	-0,0000	16,07	16,07	yes	15726
33,5	16,90	15726	0,0000	16,91	16,91	yes	15726
34,5	17,63	15726	0,0000	17,80	17,80	yes	15726
35,5	18,36	15726	0,0000	18,73	18,73	yes	15726
36,5	19,10	15726	0,0000	19,68	19,68	yes	15726
37,5	19,83	15726	0,0001	20,62	20,62	yes	15726
38,5	20,56	15726	0,0001	21,44	21,44	yes	15726
39,5	21,30	15726	0,0001	22,10	22,10	yes	15726
40,5	22,03	15726	0,0000	22,52	22,52	yes	15726
41,5	22,76	15726	0,0000	22,81	22,81	yes	15726

Tabel 5. 12 Beban Terpusat di Belakang Dinding pada Iterasi Terakhir (iterasi ke-7)

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_6 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
						yes	1438
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00451	-4,76	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,00883	-9,90	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,01279	-14,99	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,01622	-488,70	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,01897	-572,86	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,02096	-632,86	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,02212	-667,90	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,02247	-27,87	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,02205	-25,81	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,02091	-23,73	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,01917	-20,77	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,01693	-17,11	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,01435	-549,77	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,01161	-444,97	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,00888	-338,95	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,00632	-64,92	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,00410	-36,95	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,00233	-16,10	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,00107	-1,07	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,00033	8,11	8,11	yes	11396
21	12,50	11396	-0,00003	12,83	12,83	yes	11396
22	13,18	11396	-0,00015	14,85	14,85	yes	11396
23	13,86	11396	-0,00015	15,53	15,53	yes	11396
24	14,54	11396	-0,00011	15,75	15,75	yes	11396
25	15,21	11396	-0,00007	15,99	15,99	yes	11396
26	15,92	15726	-0,00004	16,58	16,58	yes	15726
27	16,65	15726	-0,00003	17,08	17,08	yes	15726
28	17,39	15726	-0,00002	17,68	17,68	yes	15726
29	18,12	15726	-0,00001	18,34	18,34	yes	15726
30	18,85	15726	-0,00001	19,02	19,02	yes	15726
31	19,58	15726	-0,00001	19,70	19,70	yes	15726
32	20,32	15726	0,00000	20,37	20,37	yes	15726
33	21,05	15726	0,00000	21,01	21,01	yes	15726
34	21,78	15726	0,00001	21,61	21,61	yes	15726
35	22,52	15726	0,00002	22,15	22,15	yes	15726
36	23,25	15726	0,00004	22,68	22,68	yes	15726
37	23,98	15726	0,00005	23,19	23,19	yes	15726
38	24,71	15726	0,00006	23,75	23,75	yes	15726
39	25,45	15726	0,00006	24,47	24,47	yes	15726
40	26,18	15726	0,00005	25,39	25,39	yes	15726
41	26,91	15726	0,00002	26,54	26,54	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 13 Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir

Depth (m)	$\delta 7$ (m)	Depth (m)	$\delta 7$ (m)
0	-	5,5	0,02039
1	0,00457	6,5	0,02201
2	0,00895	7,5	0,02281
3	0,01297	8,5	0,02280
4	0,01645	9,5	0,02204
5	0,01926	10,5	0,02062
6	0,02130	11,5	0,01863
7	0,02251	12,5	0,01622
8	0,02290	13,5	0,01354
9	0,02251	14,5	0,01078
10	0,02141	15,5	0,00810
11	0,01969	16,5	0,00567
12	0,01747	17,5	0,00363
13	0,01490	18,5	0,00207
14	0,01216	19,5	0,00101
15	0,00942	20,5	0,00043
16	0,00685	21,5	0,00020
17	0,00460	22,5	0,00015
18	0,00279	23,5	0,00019
19	0,00148	24,5	0,00024
20	0,00067	25,5	0,00028
21	0,00028	26,5	0,00030
22	0,00016	27,5	0,00031
23	0,00017	28,5	0,00030
24	0,00022	29,5	0,00029
25	0,00027	30,5	0,00028
26	0,00030	31,5	0,00027
27	0,00031	32,5	0,00026
28	0,00031	33,5	0,00025
29	0,00030	34,5	0,00024
30	0,00029	35,5	0,00022
31	0,00028	36,5	0,00020
32	0,00027	37,5	0,00018
33	0,00026	38,5	0,00014
34	0,00025	39,5	0,00010
35	0,00023	40,5	0,00005
36	0,00022	41,5	0,00001
37	0,00020		
38	0,00017		
39	0,00013		
40	0,00009		
41	0,00004		
42	-		



Gambar 5. 16 Defleksi dinding pada iterasi terakhir penggalian pertama

b. Penggalian Kedua

Setelah penggalian pertama selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase kedua dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase kedua dilakukan, sehingga pada penggalian fase kedua akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase pertama dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian kedua dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian kedua dimulai pada elevasi - 5.00 hingga elevasi -8.20 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.14, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.15. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5. 14 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian

Depth (m)	ketebalan (m)	γ' (t/m^3)	ϕ ($^{\circ}$)	cu (t/m^2)	$\sigma'v$ (t/m^2)	K_0	σ_0 (t/m^2)	K_p	σ_h max (t/m^2)
8,20	0,00	0,47	0,00	1,25	0,00	0,95	0,00	1,00	2,50
8,50	0,30	0,47	0,00	1,25	0,14	0,95	0,13	1,00	2,64
9,50	1,00	0,47	0,00	1,25	0,61	0,95	0,58	1,00	3,11
10,50	1,00	0,47	0,00	1,25	1,08	0,95	1,03	1,00	3,58
11,50	1,00	0,47	0,00	1,25	1,55	0,95	1,47	1,00	4,05
12,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,01	0,52	1,05	2,84	5,71
13,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,48	0,52	1,29	2,84	7,02
14,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,94	0,52	1,53	2,84	8,34
15,50	1,00	0,46	28,59	0,00	3,40	0,52	1,77	2,84	9,65
16,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,12	0,95	3,91	1,00	15,78
17,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,83	0,95	4,59	1,00	16,50
18,50	1,00	0,71	0,00	5,83	5,55	0,95	5,27	1,00	17,21
19,50	1,00	0,71	0,00	5,83	6,26	0,95	5,95	1,00	17,93

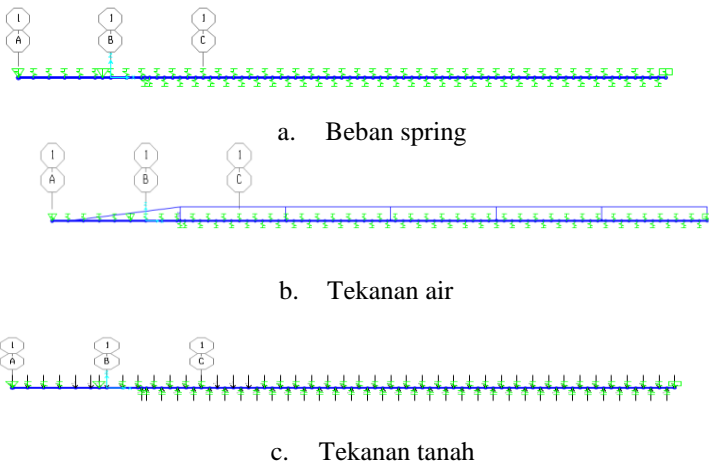
Tabel 5. 15 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Kedua

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	8,2	7,2
3	42	7,2

Tabel 5. 16 Gaya Lateral di Depan Dinding pada Penggalian Fase Kedua

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
8,2	0,00	0,00	1438
8,5	0,77	0,02	1438
9,5	2,88	0,36	1438
10,5	3,35	0,80	1438
11,5	3,82	1,25	1438
12,5	4,88	1,26	38716
13,5	6,37	1,17	38716
14,5	7,68	1,41	38716
15,5	8,99	1,65	38716
16,5	12,72	2,84	11396
17,5	16,14	4,25	11396
18,5	16,86	4,93	11396
19,5	17,57	5,61	11396
20,5	18,28	6,29	11396
21,5	19,00	6,97	11396
22,5	19,71	7,64	11396
23,5	20,43	8,32	11396
24,5	21,14	9,00	11396
25,5	22,72	9,71	15726
26,5	24,32	10,44	15726
27,5	25,09	11,17	15726
28,5	25,87	11,91	15726
29,5	26,64	12,64	15726
30,5	27,41	13,37	15726
31,5	28,18	14,10	15726
32,5	28,95	14,84	15726
33,5	29,72	15,57	15726
34,5	30,49	16,30	15726
35,5	31,27	17,04	15726
36,5	32,04	17,77	15726
37,5	32,81	18,50	15726
38,5	33,58	19,23	15726
39,5	34,35	19,97	15726
40,5	35,12	20,70	15726
41,5	35,89	21,43	15726
40,5	0,00	0,00	1438
41,5	2,64	0,02	1438

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian pertama iterasi terakhir akan dimasukkan sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian kedua ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.17 untuk beban sisi belakang dinding dan Tabel 5.18 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000

Tabel 5. 17 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pa min (t)	δ_0 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
							yes	1438
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00457	-4,85	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,00895	-10,07	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01297	-15,25	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,01645	-495,83	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,01926	-581,62	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,02130	-643,17	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,02251	-679,61	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,02290	-28,49	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,02251	-26,48	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,02141	-24,45	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,01969	-21,52	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,01747	-17,89	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,01490	-571,06	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,01216	-466,30	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,00942	-359,98	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,00685	-70,92	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,00460	-42,65	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,00279	-21,36	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,00148	-5,76	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,00067	4,14	4,14	yes	11396
21	12,50	11396	1,49	0,00028	9,26	9,26	yes	11396
22	13,18	11396	2,21	0,00016	11,36	11,36	yes	11396
23	13,86	11396	2,92	0,00017	11,94	11,94	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00022	12,02	12,02	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00027	12,14	12,14	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00030	11,23	11,23	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00031	11,78	11,78	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00031	12,53	12,53	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00030	13,37	13,37	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00029	14,26	14,26	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00028	15,16	15,16	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00027	16,06	16,06	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00026	16,96	16,96	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00025	17,88	17,88	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00023	18,84	18,84	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00022	19,84	19,84	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00020	20,90	20,90	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	22,07	22,07	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00013	23,37	23,37	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00009	24,84	24,84	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,36	26,36	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 18 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Kedua

Depth	Po	Ks	Pp max	δ_0	Pp actual	Pp pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		
8,2	0,00	1438	0,00	0,00930	13,367	0,00	no	0
8,5	0,02	1438	0,77	0,02280	32,794	0,77	no	0
9,5	0,36	1438	2,88	0,02204	32,044	2,88	no	0
10,5	0,80	1438	3,35	0,02062	30,442	3,35	no	0
11,5	1,25	1438	3,82	0,01863	28,032	3,82	no	0
12,5	1,26	38716	4,88	0,01622	629,122	4,88	no	0
13,5	1,17	38716	6,37	0,01354	525,350	6,37	no	0
14,5	1,41	38716	7,68	0,01078	418,618	7,68	no	0
15,5	1,65	38716	8,99	0,00810	315,294	8,99	no	0
16,5	2,84	11396	12,72	0,00567	67,504	12,72	no	0
17,5	4,25	11396	16,14	0,00363	45,664	16,14	no	0
18,5	4,93	11396	16,86	0,00207	28,531	16,86	no	0
19,5	5,61	11396	17,57	0,00101	17,164	17,16	yes	11396
20,5	6,29	11396	18,28	0,00043	11,221	11,22	yes	11396
21,5	6,97	11396	19,00	0,00020	9,187	9,19	yes	11396
22,5	7,64	11396	19,71	0,00015	9,365	9,36	yes	11396
23,5	8,32	11396	20,43	0,00019	10,476	10,48	yes	11396
24,5	9,00	11396	21,14	0,00024	11,770	11,77	yes	11396
25,5	9,71	15726	22,72	0,00028	14,157	14,16	yes	15726
26,5	10,44	15726	24,32	0,00030	15,189	15,19	yes	15726
27,5	11,17	15726	25,09	0,00031	15,985	15,98	yes	15726
28,5	11,91	15726	25,87	0,00030	16,639	16,64	yes	15726
29,5	12,64	15726	26,64	0,00029	17,230	17,23	yes	15726
30,5	13,37	15726	27,41	0,00028	17,806	17,81	yes	15726
31,5	14,10	15726	28,18	0,00027	18,366	18,37	yes	15726
32,5	14,84	15726	28,95	0,00026	18,925	18,93	yes	15726
33,5	15,57	15726	29,72	0,00025	19,470	19,47	yes	15726
34,5	16,30	15726	30,49	0,00024	19,998	20,00	yes	15726
35,5	17,04	15726	31,27	0,00022	20,495	20,49	yes	15726
36,5	17,77	15726	32,04	0,00020	20,929	20,93	yes	15726
37,5	18,50	15726	32,81	0,00018	21,284	21,28	yes	15726
38,5	19,23	15726	33,58	0,00014	21,498	21,50	yes	15726
39,5	19,97	15726	34,35	0,00010	21,571	21,57	yes	15726
40,5	20,70	15726	35,12	0,00005	21,517	21,52	yes	15726
41,5	21,43	15726	35,89	0,00001	21,525	21,52	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/spring tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5. 19 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama Penggalan Kedua

Depth (m)	δ_1 (m)	Depth (m)	δ_1 (m)
0	0,00000	8,2	0,02565
1	0,00433	8,5	0,02588
2	0,00852	9,5	0,02608
3	0,01247	10,5	0,02546
4	0,01606	11,5	0,02404
5	0,01921	12,5	0,02193
6	0,02190	13,5	0,00018
7	0,02404	14,5	-0,00010
8	0,02546	15,5	-0,00015
9	0,02608	16,5	-0,00012
10	0,02587	17,5	-0,00006
11	0,02484	18,5	-0,00001
12	0,02307	19,5	0,00003
13	0,02065	20,5	0,00005
14	0,01774	21,5	0,00006
15	0,01455	22,5	0,00006
16	0,01126	23,5	0,00007
17	0,00810	24,5	0,00007
18	0,00529	25,5	0,00008
19	0,00301	26,5	0,00008
20	0,00139	27,5	0,00010
21	0,00045	28,5	0,00011
22	0,00001	29,5	0,00011
23	-0,00014	30,5	0,00011
24	-0,00014	31,5	0,00009
25	-0,00008	32,5	0,00005
26	-0,00003	33,5	0,00001
27	0,00002	34,5	0,02565
28	0,00005	35,5	0,02588
29	0,00006	36,5	0,02608
30	0,00007	37,5	0,02546
31	0,00007	38,5	0,02404
32	0,00007	39,5	0,02193
33	0,00008	40,5	0,00018
34	0,00009	41,5	-0,00010
35	0,00010		
36	0,00011		
37	0,00012		
38	0,00012		
39	0,00011		
40	0,00008		
41	0,00004		
42	0,00000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground*

displacement tidak diubah sama sekali. Iterasi dilakukan sebanyak 4 (empat) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Untuk hasil iterasi lainnya akan di lampirkan pada lampiran. Hasil dari proses iterasi keempat akan ditunjukkan pada Tabel 5.20 dan Tabel 5.21. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian kedua selesai dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.18.

Tabel 5. 20 Beban Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat

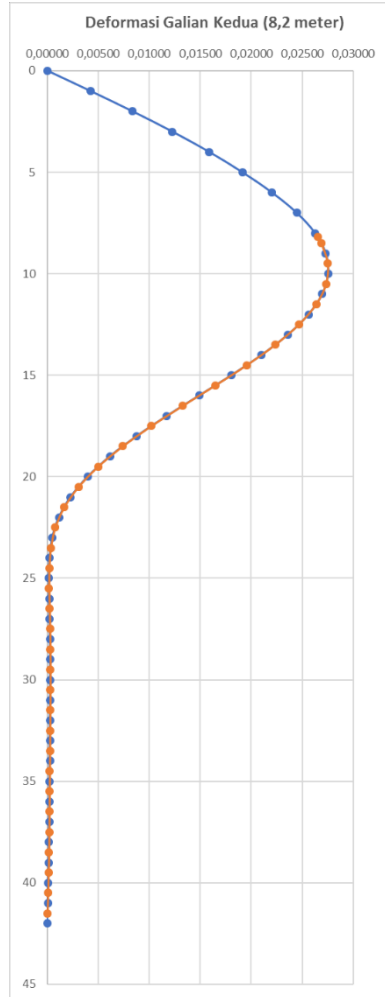
Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_3 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
						yes	1438
8,2	0,00	1438	0,000000	0,00	0,00	yes	1438
8,5	0,02	1438	0,004242	-4,37	-0,69	no	0
9,5	0,36	1438	0,008372	-9,24	0,45	no	0
10,5	0,80	1438	0,012283	-14,26	1,08	no	0
11,5	1,25	1438	0,015892	-478,90	1,58	no	0
12,5	1,26	38716	0,019135	-577,74	1,85	no	0
13,5	1,17	38716	0,022005	-664,56	2,01	no	0
14,5	1,41	38716	0,024405	-737,11	2,17	no	0
15,5	1,65	38716	0,026157	-33,17	2,86	no	0
16,5	2,84	11396	0,027151	-33,14	3,70	no	0
17,5	4,25	11396	0,027333	-32,96	4,17	no	0
18,5	4,93	11396	0,026701	-31,60	4,64	no	0
19,5	5,61	11396	0,025299	-29,14	5,11	no	0
20,5	6,29	11396	0,023217	-892,98	4,13	no	0
21,5	6,97	11396	0,020590	-792,72	3,01	no	0
22,5	7,64	11396	0,017585	-676,13	3,17	no	0
23,5	8,32	11396	0,014389	-156,85	0,77	no	0
24,5	9,00	11396	0,011205	-117,91	-1,37	no	0
25,5	9,71	15726	0,008225	-83,27	-0,65	no	0
26,5	10,44	15726	0,005605	-52,73	0,06	no	0
27,5	11,17	15726	0,003452	-27,52	0,78	no	0
28,5	11,91	15726	0,001831	-8,37	1,49	no	0
29,5	12,64	15726	0,000766	4,45	4,45	yes	11396
30,5	13,37	15726	0,000195	11,63	11,63	yes	11396
31,5	14,10	15726	-0,000044	15,04	15,04	yes	11396
32,5	14,84	15726	-0,000100	16,35	16,35	yes	11396
33,5	15,57	15726	-0,000076	17,12	17,12	yes	15726
34,5	16,30	15726	-0,000031	17,14	17,14	yes	15726
35,5	17,04	15726	0,000010	17,23	17,23	yes	15726
36,5	17,77	15726	0,000039	17,51	17,51	yes	15726
37,5	18,50	15726	0,000057	17,95	17,95	yes	15726
38,5	19,23	15726	0,000068	18,51	18,51	yes	15726
39,5	19,97	15726	0,000075	19,14	19,14	yes	15726
40,5	20,70	15726	0,000083	19,74	19,74	yes	15726
41,5	21,43	15726	0,000091	20,35	20,35	yes	15726

Tabel 5. 21 Beban Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat

Depth	Po	Ks	δ_3	Pa actual	Pa pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		
0	0,00	1438	0,026419	37,977	0,00	no	0
1	0,02	1438	0,026753	38,478	0,77	no	0
2	0,36	1438	0,027344	39,664	2,88	no	0
3	0,80	1438	0,027116	39,783	3,35	no	0
4	1,25	1438	0,026091	38,756	3,82	no	0
5	1,26	38716	0,024334	943,382	4,88	no	0
6	1,17	38716	0,021960	851,379	6,37	no	0
7	1,41	38716	0,019122	741,744	7,68	no	0
8	1,65	38716	0,015997	620,997	8,99	no	0
9	2,84	11396	0,012781	148,496	12,72	no	0
10	4,25	11396	0,009676	114,519	16,14	no	0
11	4,93	11396	0,006860	83,106	16,86	no	0
12	5,61	11396	0,004462	56,457	17,57	no	0
13	6,29	11396	0,002570	35,574	18,28	no	0
14	6,97	11396	0,001224	20,914	19,00	no	0
15	7,64	11396	0,000425	12,487	12,49	yes	11396
16	8,32	11396	0,000041	8,790	8,79	yes	11396
17	9,00	11396	-0,000092	7,952	7,95	yes	11396
18	9,71	15726	-0,000099	8,150	8,15	yes	15726
19	10,44	15726	-0,000059	9,512	9,51	yes	15726
20	11,17	15726	-0,000015	10,936	10,94	yes	15726
21	11,91	15726	0,000020	12,220	12,22	yes	15726
22	12,64	15726	0,000043	13,314	13,31	yes	15726
23	13,37	15726	0,000057	14,267	14,27	yes	15726
24	14,10	15726	0,000065	15,126	15,13	yes	15726
25	14,84	15726	0,000073	15,985	15,98	yes	15726
26	15,57	15726	0,000080	16,828	16,83	yes	15726
27	16,30	15726	0,000089	17,702	17,70	yes	15726
28	17,04	15726	0,000099	18,592	18,59	yes	15726
29	17,77	15726	0,000108	19,466	19,47	yes	15726
30	18,50	15726	0,000112	20,262	20,26	yes	15726
31	19,23	15726	0,000107	20,916	20,92	yes	15726
32	19,97	15726	0,000086	21,319	21,32	yes	15726
33	20,70	15726	0,000049	21,470	21,47	yes	15726
34	21,43	15726	0,000007	21,538	21,54	yes	15726
35	0,00	1438	0,026419	37,977	0,00	no	0
36	0,02	1438	0,026753	38,478	0,77	no	0
37	0,36	1438	0,027344	39,664	2,88	no	0
38	0,80	1438	0,027116	39,783	3,35	no	0
39	1,25	1438	0,026091	38,756	3,82	no	0
40	1,26	38716	0,024334	943,382	4,88	no	0
41	1,17	38716	0,021960	851,379	6,37	no	0
42	1,41	38716	0,019122	741,744	7,68	no	0

Tabel 5. 22 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalan Kedua

Depth (m)	δ_4 (m)	Depth	δ_4 (m)
0	0,00000	8,2	0,02652
1	0,00423	8,5	0,02687
2	0,00835	9,5	0,02752
3	0,01226	10,5	0,02734
4	0,01587	11,5	0,02638
5	0,01913	12,5	0,02468
6	0,02202	13,5	0,02236
7	0,02445	14,5	0,01957
8	0,02625	15,5	0,01648
9	0,02730	16,5	0,01329
10	0,02753	17,5	0,01021
11	0,02696	18,5	0,00739
12	0,02561	19,5	0,00498
13	0,02359	20,5	0,00305
14	0,02101	21,5	0,00165
15	0,01805	22,5	0,00077
16	0,01489	23,5	0,00033
17	0,01173	24,5	0,00018
18	0,00876	25,5	0,00017
19	0,00613	26,5	0,00021
20	0,00395	27,5	0,00026
21	0,00229	28,5	0,00028
22	0,00115	29,5	0,00029
23	0,00051	30,5	0,00029
24	0,00023	31,5	0,00028
25	0,00017	32,5	0,00026
26	0,00019	33,5	0,00024
27	0,00024	34,5	0,00023
28	0,00028	35,5	0,00021
29	0,00030	36,5	0,00020
30	0,00030	37,5	0,00018
31	0,00029	38,5	0,00015
32	0,00027	39,5	0,00011
33	0,00026	40,5	0,00006
34	0,00024	41,5	0,00001
35	0,00023		
36	0,00021		
37	0,00019		
38	0,00017		
39	0,00014		
40	0,00009		
41	0,00004		
42	0,00000		



Gambar 5. 18 Defleksi dinding pada akhir penggalan kedua

c.

Penggalian Ketiga

Setelah penggalian kedua selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase ketiga dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase ketiga dilakukan, sehingga pada penggalian fase ketiga akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase pertama dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian ketiga dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian ketiga dimulai pada elevasi - 8.20 hingga elevasi -11.40 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.23, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.24. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5. 23 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga

Depth	ketebalan	γ'	ϕ	cu	$\sigma'v$	Ko	$\sigma\sigma$	Kp	σ_h max
(m)	(m)	(t/m^3)	($^\circ$)	(t/m^2)	(t/m^2)		(t/m^2)		(t/m^2)
11,40	0,00	0,47	0,00	1,25	0,00	0,95	0,00	1,00	2,50
11,50	0,10	0,47	0,00	1,25	0,05	0,95	0,04	1,00	2,55
12,50	1,00	0,46	28,59	0,00	0,51	0,52	0,27	2,84	1,45
13,50	1,00	0,46	28,59	0,00	0,97	0,52	0,51	2,84	2,76
14,50	1,00	0,46	28,59	0,00	1,44	0,52	0,75	2,84	4,07
15,50	1,00	0,46	28,59	0,00	1,90	0,52	0,99	2,84	5,38
16,50	1,00	0,71	0,00	5,83	2,61	0,95	2,48	1,00	14,28
17,50	1,00	0,71	0,00	5,83	3,33	0,95	3,16	1,00	14,99
18,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,04	0,95	3,84	1,00	15,71
19,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,76	0,95	4,52	1,00	16,42
20,50	1,00	0,71	0,00	5,83	5,47	0,95	5,20	1,00	17,14
21,50	1,00	0,71	0,00	5,83	6,18	0,95	5,88	1,00	17,85
22,50	1,00	0,71	0,00	5,83	6,90	0,95	6,55	1,00	18,57
23,50	1,00	0,71	0,00	5,83	7,61	0,95	7,23	1,00	19,28
24,50	1,00	0,71	0,00	5,83	8,33	0,95	7,91	1,00	19,99
25,50	1,00	0,77	0,00	6,67	9,10	0,95	8,64	1,00	22,43

Tabel 5. 24 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Ketiga

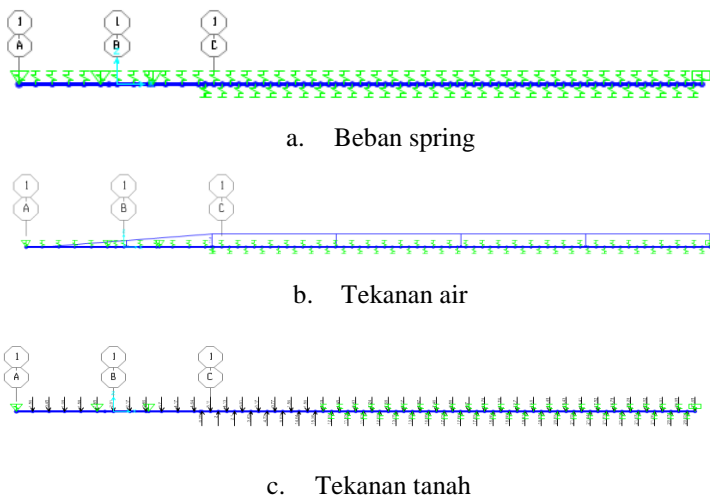
Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	11,4	10,4
3	42	10,4

Tabel 5. 25 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
11,4	0,00	0,00	1438
11,5	0,25	0,002	1438
12,5	2,00	0,16	38716
13,5	2,10	0,39	38716
14,5	3,42	0,63	38716
15,5	4,73	0,87	38716
16,5	9,83	1,74	11396
17,5	14,64	2,82	11396
18,5	15,35	3,50	11396
19,5	16,07	4,18	11396
20,5	16,78	4,86	11396
21,5	17,49	5,54	11396
22,5	18,21	6,21	11396
23,5	18,92	6,89	11396
24,5	19,64	7,57	11396
25,5	21,21	8,28	15726
26,5	22,82	9,01	15726
27,5	23,59	9,74	15726
28,5	24,36	10,48	15726
29,5	25,13	11,21	15726
30,5	25,90	11,94	15726
31,5	26,68	12,67	15726
32,5	27,45	13,41	15726
33,5	28,22	14,14	15726
34,5	28,99	14,87	15726
35,5	29,76	15,61	15726
36,5	30,53	16,34	15726
37,5	31,30	17,07	15726
38,5	32,08	17,80	15726
39,5	32,85	18,54	15726
40,5	33,62	19,27	15726
41,5	34,39	20,00	15726

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian kedua iterasi terakhir akan dimasukkan

sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian ketiga ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.26 untuk beban di sisi belakang dinding dan Tabel 5.27 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5. 19 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000

Tabel 5. 26 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Ketiga

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pa min (t)	δ_0 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
							yes	1438
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00423	-4,358	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,00835	-9,208	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01226	-14,226	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,01587	-478,235	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,01913	-577,439	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,02202	-664,950	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,02445	-738,600	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,02625	-33,304	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,02730	-33,351	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,02753	-33,247	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,02696	-31,974	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,02561	-29,595	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,02359	-907,310	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,02101	-809,015	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,01805	-694,135	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,01489	-162,546	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,01173	-123,867	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,00876	-89,331	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,00613	-58,715	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,00395	-33,227	0,78	no	0
21	12,50	11396	1,49	0,00229	-13,563	1,49	no	0
22	13,18	11396	2,21	0,00115	0,096	2,21	no	0
23	13,86	11396	2,92	0,00051	8,068	8,07	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00023	11,880	11,88	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00017	13,311	13,31	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00019	12,900	12,90	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00024	12,894	12,89	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00028	13,029	13,03	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00030	13,479	13,48	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00030	14,180	14,18	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00029	15,055	15,05	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00027	16,008	16,01	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00026	16,992	16,99	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00024	17,977	17,98	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00023	18,946	18,95	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00021	19,930	19,93	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00019	20,930	20,93	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	22,041	22,04	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00014	23,292	23,29	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00009	24,733	24,73	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,299	26,30	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

Tabel 5. 27 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Ketiga

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ_0 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
11,4	0,00	1438	0,00	0,02647	38,056	0,00	no	0
11,5	0,00	1438	0,25	0,02638	37,919	0,25	no	0
12,5	0,16	38716	2,00	0,02468	955,555	2,00	no	0
13,5	0,39	38716	2,10	0,02236	865,965	2,10	no	0
14,5	0,63	38716	3,42	0,01957	758,149	3,42	no	0
15,5	0,87	38716	4,73	0,01648	638,913	4,73	no	0
16,5	1,74	11396	9,83	0,01329	153,235	9,83	no	0
17,5	2,82	11396	14,64	0,01021	119,130	14,64	no	0
18,5	3,50	11396	15,35	0,00739	87,729	15,35	no	0
19,5	4,18	11396	16,07	0,00498	60,909	16,07	no	0
20,5	4,86	11396	16,78	0,00305	39,627	16,78	no	0
21,5	5,54	11396	17,49	0,00165	24,328	17,49	no	0
22,5	6,21	11396	18,21	0,00077	14,967	14,97	yes	11396
23,5	6,89	11396	18,92	0,00033	10,677	10,68	yes	11396
24,5	7,57	11396	19,64	0,00018	9,601	9,60	yes	11396
25,5	8,28	15726	21,21	0,00017	10,920	10,92	yes	15726
26,5	9,01	15726	22,82	0,00021	12,329	12,33	yes	15726
27,5	9,74	15726	23,59	0,00026	13,754	13,75	yes	15726
28,5	10,48	15726	24,36	0,00028	14,911	14,91	yes	15726
29,5	11,21	15726	25,13	0,00029	15,801	15,80	yes	15726
30,5	11,94	15726	25,90	0,00029	16,471	16,47	yes	15726
31,5	12,67	15726	26,68	0,00028	17,015	17,02	yes	15726
32,5	13,41	15726	27,45	0,00026	17,497	17,50	yes	15726
33,5	14,14	15726	28,22	0,00024	17,978	17,98	yes	15726
34,5	14,87	15726	28,99	0,00023	18,459	18,46	yes	15726
35,5	15,61	15726	29,76	0,00021	18,940	18,94	yes	15726
36,5	16,34	15726	30,53	0,00020	19,422	19,42	yes	15726
37,5	17,07	15726	31,30	0,00018	19,840	19,84	yes	15726
38,5	17,80	15726	32,08	0,00015	20,132	20,13	yes	15726
39,5	18,54	15726	32,85	0,00011	20,252	20,25	yes	15726
40,5	19,27	15726	33,62	0,00006	20,183	20,18	yes	15726
41,5	20,00	15726	34,39	0,00001	20,127	20,13	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/spring tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5. 28 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Pertama

Depth (m)	$\delta 1$ (m)	Depth (m)	$\delta 1$ (m)
0	0,00000	11,4	0,02995
1	0,00428	11,5	0,02994
2	0,00843	12,5	0,02943
3	0,01235	13,5	0,02810
4	0,01594	14,5	0,02600
5	0,01913	15,5	0,02327
6	0,02188	16,5	0,02006
7	0,02421	17,5	0,01661
8	0,02617	18,5	0,01312
9	0,02791	19,5	0,00978
10	0,02922	20,5	0,00678
11	0,02989	21,5	0,00424
12	0,02979	22,5	0,00229
13	0,02886	23,5	0,00102
14	0,02714	24,5	0,00033
15	0,02471	25,5	0,00002
16	0,02171	26,5	-0,00006
17	0,01835	27,5	-0,00004
18	0,01486	28,5	0,00001
19	0,01142	29,5	0,00007
20	0,00823	30,5	0,00011
21	0,00544	31,5	0,00014
22	0,00319	32,5	0,00015
23	0,00158	33,5	0,00017
24	0,00062	34,5	0,00017
25	0,00014	35,5	0,00018
26	-0,00004	36,5	0,00018
27	-0,00006	37,5	0,00017
28	-0,00001	38,5	0,00016
29	0,00005	39,5	0,00012
30	0,00010	40,5	0,00007
31	0,00013	41,5	0,00001
32	0,00015		
33	0,00017		
34	0,00018		
35	0,00018		
36	0,00019		
37	0,00018		
38	0,00017		
39	0,00015		
40	0,00010		
41	0,00004		
42	0,00000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground displacement* tidak diubah sama sekali. Iterasi dilakukan sebanyak 5 (lima) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Hasil dari proses iterasi kelima akan ditunjukkan pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian ketiga selesai dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.20.

Tabel 5. 29 Besar Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Kelima Penggalian Ketiga

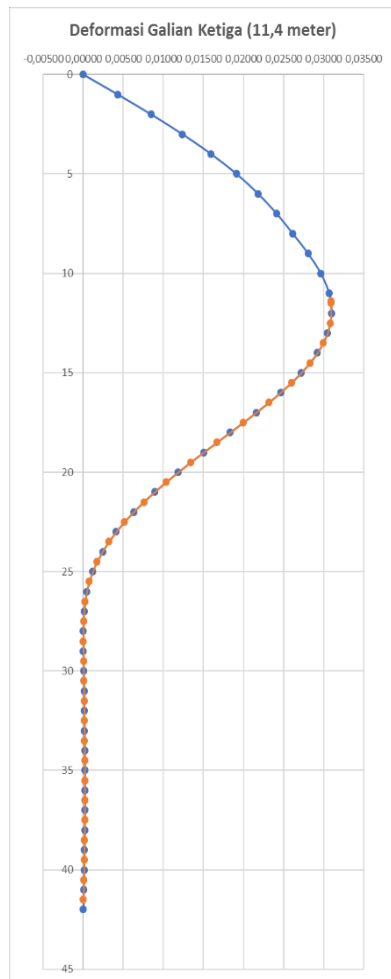
kedalaman (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_4 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
11,4	0,00	1438	0,030822	44,307	0,00	no	0
11,5	0,002	1438	0,030854	44,355	0,25	no	0
12,5	0,16	38716	0,030742	1190,369	2,00	no	0
13,5	0,39	38716	0,029828	1155,213	2,10	no	0
14,5	0,63	38716	0,028148	1090,412	3,42	no	0
15,5	0,87	38716	0,025802	999,825	4,73	no	0
16,5	1,74	11396	0,022938	263,138	9,83	no	0
17,5	2,82	11396	0,019752	227,916	14,64	no	0
18,5	3,50	11396	0,016437	190,817	15,35	no	0
19,5	4,18	11396	0,013164	154,196	16,07	no	0
20,5	4,86	11396	0,010079	119,718	16,78	no	0
21,5	5,54	11396	0,007303	88,761	17,49	no	0
22,5	6,21	11396	0,004930	62,397	18,21	no	0
23,5	6,89	11396	0,003024	41,355	18,92	no	0
24,5	7,57	11396	0,001619	26,022	19,64	no	0
25,5	8,28	15726	0,000724	19,664	19,66	yes	15726
26,5	9,01	15726	0,000287	13,524	13,52	yes	15726
27,5	9,74	15726	0,000145	12,024	12,02	yes	15726
28,5	10,48	15726	0,000148	12,804	12,80	yes	15726
29,5	11,21	15726	0,000196	14,292	14,29	yes	15726
30,5	11,94	15726	0,000240	15,716	15,72	yes	15726
31,5	12,67	15726	0,000263	16,811	16,81	yes	15726
32,5	13,41	15726	0,000266	17,591	17,59	yes	15726
33,5	14,14	15726	0,000256	18,167	18,17	yes	15726
34,5	14,87	15726	0,000240	18,648	18,65	yes	15726
35,5	15,61	15726	0,000222	19,098	19,10	yes	15726
36,5	16,34	15726	0,000204	19,547	19,55	yes	15726
37,5	17,07	15726	0,000184	19,966	19,97	yes	15726
38,5	17,80	15726	0,000157	20,274	20,27	yes	15726
39,5	18,54	15726	0,000118	20,394	20,39	yes	15726
40,5	19,27	15726	0,000064	20,277	20,28	yes	15726
41,5	20,00	15726	0,000010	20,159	20,16	yes	15726

Tabel 5. 30 Besar Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Kelima Penggalan Ketiga

Kedalaman (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_4 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
						yes	1438
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00429	-4,44	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,00846	-9,36	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,01238	-14,40	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,01596	-481,02	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,01913	-577,59	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,02184	-659,46	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,02414	-729,17	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,02615	-33,15	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,02804	-34,43	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,02962	-36,24	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,03062	-37,24	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,03090	-37,19	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,03039	-1170,50	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,02908	-1121,42	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,02705	-1042,62	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,02442	-271,21	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,02138	-233,80	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,01810	-195,82	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,01479	-157,38	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,01159	-120,28	0,78	no	0
21	12,50	11396	0,00865	-86,06	1,49	no	0
22	13,18	11396	0,00606	-55,93	2,21	no	0
23	13,86	11396	0,00392	-30,80	2,92	no	0
24	14,54	11396	0,00226	-11,23	3,63	no	0
25	15,21	11396	0,00111	2,55	4,35	no	0
26	15,92	15726	0,00046	8,65	8,65	yes	15726
27	16,65	15726	0,00020	13,59	13,59	yes	15726
28	17,39	15726	0,00014	15,17	15,17	yes	15726
29	18,12	15726	0,00018	15,35	15,35	yes	15726
30	18,85	15726	0,00023	15,30	15,30	yes	15726
31	19,58	15726	0,00026	15,50	15,50	yes	15726
32	20,32	15726	0,00027	16,02	16,02	yes	15726
33	21,05	15726	0,00027	16,82	16,82	yes	15726
34	21,78	15726	0,00026	17,77	17,77	yes	15726
35	22,52	15726	0,00024	18,77	18,77	yes	15726
36	23,25	15726	0,00022	19,79	19,79	yes	15726
37	23,98	15726	0,00020	20,82	20,82	yes	15726
38	24,71	15726	0,00018	21,90	21,90	yes	15726
39	25,45	15726	0,00015	23,15	23,15	yes	15726
40	26,18	15726	0,00010	24,62	24,62	yes	15726
41	26,91	15726	0,00004	26,24	26,24	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 31 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalan Ketiga

Depth (m)	δ5 (m)	Depth (m)	δ5 (m)
0	0,00000	11,4	0,03089
1	0,00429	11,5	0,03092
2	0,00846	12,5	0,03084
3	0,01238	13,5	0,02996
4	0,01596	14,5	0,02831
5	0,01913	15,5	0,02600
6	0,02183	16,5	0,02316
7	0,02414	17,5	0,01999
8	0,02614	18,5	0,01669
9	0,02805	19,5	0,01343
10	0,02965	20,5	0,01034
11	0,03067	21,5	0,00754
12	0,03098	22,5	0,00514
13	0,03050	23,5	0,00319
14	0,02923	24,5	0,00172
15	0,02723	25,5	0,00074
16	0,02463	26,5	0,00022
17	0,02161	27,5	0,00002
18	0,01835	28,5	-0,00002
19	0,01505	29,5	0,00002
20	0,01185	30,5	0,00007
21	0,00890	31,5	0,00011
22	0,00629	32,5	0,00013
23	0,00411	33,5	0,00015
24	0,00240	34,5	0,00016
25	0,00118	35,5	0,00017
26	0,00044	36,5	0,00017
27	0,00010	37,5	0,00017
28	-0,00001	38,5	0,00015
29	0,00000	39,5	0,00012
30	0,00005	40,5	0,00006
31	0,00009	41,5	0,00001
32	0,00013		
33	0,00015		
34	0,00016		
35	0,00017		
36	0,00018		
37	0,00018		
38	0,00017		
39	0,00014		
40	0,00010		
41	0,00004		
42	0,00000		



Gambar 5. 20 Hasil Defleksi pada Iterasi Terakhir Penggalan Ketiga

d. Penggalian Keempat

Setelah penggalian ketiga selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase keempat dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase keempat dilakukan, sehingga pada penggalian fase keempat akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase ketiga dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian keempat dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian keempat dimulai pada elevasi - 11.40 hingga elevasi -16.40 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.32, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.33. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5. 32 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat

Depth (m)	Ketebalan (m)	γ' (t/m ³)	ϕ (°)	cu (t/m ²)	σ'_v (t/m ²)	Ko	σ_o	Kp	$\sigma_{h\ max}$
							(t/m ²)		(t/m ²)
16,4	0	0,71	0,00	5,83	0,00	0,95	0,00	1,00	11,67
16,5	0,1	0,71	0,00	5,83	0,07	0,95	0,07	1,00	11,74
17,5	1	0,71	0,00	5,83	0,79	0,95	0,75	1,00	12,45
18,5	1	0,71	0,00	5,83	1,50	0,95	1,43	1,00	13,17
19,5	1	0,71	0,00	5,83	2,21	0,95	2,10	1,00	13,88
20,5	1	0,71	0,00	5,83	2,93	0,95	2,78	1,00	14,60
21,5	1	0,71	0,00	5,83	3,64	0,95	3,46	1,00	15,31
22,5	1	0,71	0,00	5,83	4,36	0,95	4,14	1,00	16,02
23,5	1	0,71	0,00	5,83	5,07	0,95	4,82	1,00	16,74
24,5	1	0,71	0,00	5,83	5,79	0,95	5,50	1,00	17,45
25,5	1	0,77	0,00	6,67	6,56	0,95	6,23	1,00	19,89

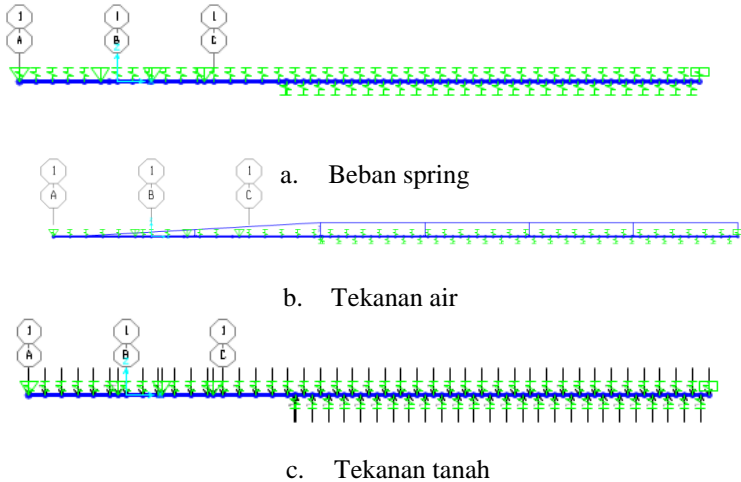
Tabel 5. 33 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Keempat

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	16,4	15,4
3	42	15,4

Tabel 5. 34 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
16,4	0,00	0,00	38716
16,5	1,17	0,00	11396
17,5	12,10	0,41	11396
18,5	12,81	1,09	11396
19,5	13,52	1,76	11396
20,5	14,24	2,44	11396
21,5	14,95	3,12	11396
22,5	15,67	3,80	11396
23,5	16,38	4,48	11396
24,5	17,10	5,16	11396
25,5	18,67	5,86	15726
26,5	20,28	6,60	15726
27,5	21,05	7,33	15726
28,5	21,82	8,06	15726
29,5	22,59	8,79	15726
30,5	23,36	9,53	15726
31,5	24,13	10,26	15726
32,5	24,90	10,99	15726
33,5	25,68	11,73	15726
34,5	26,45	12,46	15726
35,5	27,22	13,19	15726
36,5	27,99	13,92	15726
37,5	28,76	14,66	15726
38,5	29,53	15,39	15726
39,5	30,30	16,12	15726
40,5	31,08	16,86	15726
41,5	31,85	17,59	15726

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian kedua iterasi terakhir akan dimasukkan sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian ketiga ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.35 untuk beban di sisi belakang dinding dan Tabel 5.36 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5. 21 Beban lateral tanah dan tekanan air pada SAP2000

Tabel 5. 35 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat

Depth (m)	Po	Ks	Pa min	δ_0	Pa actual	Pa pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		1438
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00429	-4,446	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,00846	-9,361	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01238	-14,403	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,01596	-481,086	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,01913	-577,591	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,02183	-659,369	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,02414	-729,016	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,02614	-33,152	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,02805	-34,441	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,02965	-36,283	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,03067	-37,314	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,03098	-37,313	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,03050	-1174,994	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,02923	-1127,146	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,02723	-1049,550	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,02463	-273,577	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,02161	-236,437	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,01835	-198,664	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,01505	-160,345	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,01185	-123,256	0,78	no	0
21	12,50	11396	1,49	0,00890	-88,925	1,49	no	0
22	13,18	11396	2,21	0,00629	-58,537	2,21	no	0
23	13,86	11396	2,92	0,00411	-32,981	2,92	no	0
24	14,54	11396	3,63	0,00240	-12,804	3,63	no	0
25	15,21	11396	4,35	0,00118	1,790	4,35	no	0
26	15,92	15726	4,26	0,00044	9,047	9,05	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00010	15,159	15,16	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	-0,00001	17,500	17,50	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00000	18,072	18,07	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00005	18,096	18,10	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00009	18,122	18,12	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00013	18,335	18,34	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00015	18,707	18,71	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00016	19,219	19,22	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00017	19,811	19,81	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00018	20,465	20,46	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00018	21,213	21,21	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	22,104	22,10	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00014	23,214	23,21	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00010	24,623	24,62	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,236	26,24	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

Tabel 5. 36 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Keempat

Depth (m)	Po	Ks	Pp max	δ_0	Pp actual	Pp pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		
16,4	0,00	38716	0,00	0,02344	907,608	0,00	no	0
16,5	0,00	11396	1,17	0,02316	263,924	1,17	no	0
17,5	0,41	11396	12,10	0,01999	228,248	12,10	no	0
18,5	1,09	11396	12,81	0,01669	191,319	12,81	no	0
19,5	1,76	11396	13,52	0,01343	154,767	13,52	no	0
20,5	2,44	11396	14,24	0,01034	120,243	14,24	no	0
21,5	3,12	11396	14,95	0,00754	89,093	14,95	no	0
22,5	3,80	11396	15,67	0,00514	62,387	15,67	no	0
23,5	4,48	11396	16,38	0,00319	40,832	16,38	no	0
24,5	5,16	11396	17,10	0,00172	24,804	17,10	no	0
25,5	5,86	15726	18,67	0,00074	17,548	17,55	yes	15726
26,5	6,60	15726	20,28	0,00022	10,071	10,07	yes	15726
27,5	7,33	15726	21,05	0,00002	7,612	7,61	yes	15726
28,5	8,06	15726	21,82	-0,00002	7,810	7,81	yes	15726
29,5	8,79	15726	22,59	0,00002	9,093	9,09	yes	15726
30,5	9,53	15726	23,36	0,00007	10,565	10,57	yes	15726
31,5	10,26	15726	24,13	0,00011	11,911	11,91	yes	15726
32,5	10,99	15726	24,90	0,00013	13,069	13,07	yes	15726
33,5	11,73	15726	25,68	0,00015	14,085	14,08	yes	15726
34,5	12,46	15726	26,45	0,00016	14,991	14,99	yes	15726
35,5	13,19	15726	27,22	0,00017	15,833	15,83	yes	15726
36,5	13,92	15726	27,99	0,00017	16,614	16,61	yes	15726
37,5	14,66	15726	28,76	0,00017	17,268	17,27	yes	15726
38,5	15,39	15726	29,53	0,00015	17,733	17,73	yes	15726
39,5	16,12	15726	30,30	0,00012	17,931	17,93	yes	15726
40,5	16,86	15726	31,08	0,00006	17,862	17,86	yes	15726
41,5	17,59	15726	31,85	0,00001	17,746	17,75	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/*spring* tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5. 37 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Pengalihan Keempat

Depth (m)	δ_1 (m)	Depth (m)	δ_1 (m)
0	0,000000	16,4	0,030737
1	0,004274	16,5	0,030555
2	0,008427	17,5	0,028358
3	0,012346	18,5	0,025565
4	0,015937	19,5	0,022317
5	0,019130	20,5	0,018769
6	0,021888	21,5	0,015093
7	0,024218	22,5	0,011466
8	0,026169	23,5	0,008076
9	0,027859	24,5	0,005113
10	0,029282	25,5	0,002773
11	0,030464	26,5	0,001275
12	0,031564	27,5	0,000498
13	0,032442	28,5	0,000197
14	0,032802	29,5	0,000150
15	0,032478	30,5	0,000207
16	0,031388	31,5	0,000282
17	0,029541	32,5	0,000340
18	0,027029	33,5	0,000370
19	0,023990	34,5	0,000376
20	0,020572	35,5	0,000364
21	0,016939	36,5	0,000341
22	0,013264	37,5	0,000305
23	0,009732	38,5	0,000254
24	0,006532	39,5	0,000185
25	0,003857	40,5	0,000099
26	0,001925	41,5	0,000017
27	0,000815		
28	0,000307		
29	0,000157		
30	0,000176		
31	0,000250		
32	0,000319		
33	0,000364		
34	0,000381		
35	0,000378		
36	0,000360		
37	0,000331		
38	0,000288		
39	0,000228		
40	0,000150		
41	0,000062		
42	0,000000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground displacement* tidak diubah sama sekali. Untuk hasil iterasi lainnya akan di lampirkan pada lampiran. Iterasi dilakukan sebanyak 6 (enam) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Hasil dari proses iterasi keenam akan ditunjukkan pada Tabel 5.38 dan Tabel 5.39. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian ketiga selesai dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Gambar 5.22.

Tabel 5. 38 Besar Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keenam

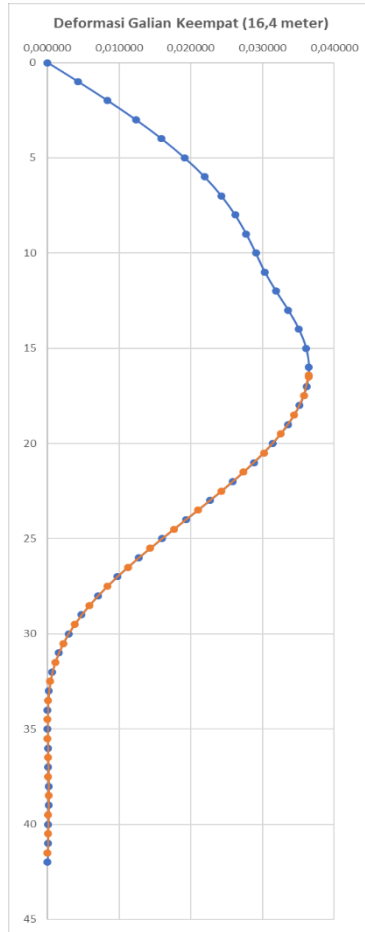
Depth	Po	Ks	$\delta 5$	Pp actual	Pp pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		
16,4	0,00	38716	0,03636	1407,682	0,00	no	0
16,5	0,00	11396	0,03633	413,998	1,17	no	0
17,5	0,41	11396	0,03564	406,561	12,10	no	0
18,5	1,09	11396	0,03431	392,037	12,81	no	0
19,5	1,76	11396	0,03239	370,904	13,52	no	0
20,5	2,44	11396	0,02998	344,107	14,24	no	0
21,5	3,12	11396	0,02717	312,740	14,95	no	0
22,5	3,80	11396	0,02406	278,011	15,67	no	0
23,5	4,48	11396	0,02077	241,208	16,38	no	0
24,5	5,16	11396	0,01742	203,676	17,10	no	0
25,5	5,86	15726	0,01412	227,952	18,67	no	0
26,5	6,60	15726	0,01100	179,587	20,28	no	0
27,5	7,33	15726	0,00816	135,720	21,05	no	0
28,5	8,06	15726	0,00571	97,781	21,82	no	0
29,5	8,79	15726	0,00369	66,778	22,59	no	0
30,5	9,53	15726	0,00215	43,339	23,36	no	0
31,5	10,26	15726	0,00110	27,575	24,13	no	0
32,5	10,99	15726	0,00052	19,202	19,20	yes	15726
33,5	11,73	15726	0,00028	16,113	16,11	yes	15726
34,5	12,46	15726	0,00022	15,903	15,90	yes	15726
35,5	13,19	15726	0,00023	16,856	16,86	yes	15726
36,5	13,92	15726	0,00026	17,982	17,98	yes	15726
37,5	14,66	15726	0,00026	18,793	18,79	yes	15726
38,5	15,39	15726	0,00024	19,117	19,12	yes	15726
39,5	16,12	15726	0,00018	18,954	18,95	yes	15726
40,5	16,86	15726	0,00010	18,397	18,40	yes	15726
41,5	17,59	15726	0,00002	17,856	17,86	yes	15726

Tabel 5. 39 Besar Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding Pada Iterasi Keenam

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_5 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
						yes	1438
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00426	-4,40	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,00841	-9,29	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,01232	-14,32	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,01592	-479,78	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,01913	-577,59	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,02192	-661,98	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,02426	-732,84	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,02618	-33,21	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,02775	-34,00	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,02907	-35,46	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,03034	-36,84	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,03189	-38,62	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,03360	-1294,86	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,03506	-1353,09	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,03605	-1391,18	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,03641	-407,81	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,03607	-401,27	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,03505	-388,99	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,03342	-369,69	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,03125	-344,25	0,78	no	0
21	12,50	11396	0,02862	-313,67	1,49	no	0
22	13,18	11396	0,02565	-279,11	2,21	no	0
23	13,86	11396	0,02244	-241,82	2,92	no	0
24	14,54	11396	0,01910	-203,13	3,63	no	0
25	15,21	11396	0,01576	-164,39	4,35	no	0
26	15,92	15726	0,01254	-181,23	4,26	no	0
27	16,65	15726	0,00954	-133,44	4,20	no	0
28	17,39	15726	0,00689	-90,92	4,97	no	0
29	18,12	15726	0,00464	-54,88	5,74	no	0
30	18,85	15726	0,00286	-26,16	6,51	no	0
31	19,58	15726	0,00157	-5,11	7,28	no	0
32	20,32	15726	0,00077	8,29	8,29	yes	15726
33	21,05	15726	0,00037	15,17	15,17	yes	15726
34	21,78	15726	0,00024	18,01	18,01	yes	15726
35	22,52	15726	0,00023	18,93	18,93	yes	15726
36	23,25	15726	0,00025	19,27	19,27	yes	15726
37	23,98	15726	0,00027	19,74	19,74	yes	15726
38	24,71	15726	0,00026	20,61	20,61	yes	15726
39	25,45	15726	0,00022	22,00	22,00	yes	15726
40	26,18	15726	0,00015	23,85	23,85	yes	15726
41	26,91	15726	0,00006	25,94	25,94	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 40 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Keempat

Depth (m)	δ_6 (m)	Depth (m)	δ_6 (m)
0	0,000000	16,4	0,036455
1	0,004263	16,5	0,036427
2	0,008408	17,5	0,035765
3	0,012324	18,5	0,034457
4	0,015920	19,5	0,032569
5	0,019130	20,5	0,030181
6	0,021920	21,5	0,027388
7	0,024265	22,5	0,024296
8	0,026184	23,5	0,021015
9	0,027744	24,5	0,017664
10	0,029067	25,5	0,014360
11	0,030340	26,5	0,011222
12	0,031899	27,5	0,008361
13	0,033616	28,5	0,005864
14	0,035102	29,5	0,003797
15	0,036114	30,5	0,002196
16	0,036496	31,5	0,001069
17	0,036182	32,5	0,000395
18	0,035190	33,5	0,000091
19	0,033583	34,5	0,000009
20	0,031434	35,5	0,000031
21	0,028831	36,5	0,000083
22	0,025875	37,5	0,000126
23	0,022675	38,5	0,000143
24	0,019344	39,5	0,000125
25	0,016002	40,5	0,000076
26	0,012767	41,5	0,000014
27	0,009755		
28	0,007066		
29	0,004778		
30	0,002941		
31	0,001579		
32	0,000682		
33	0,000211		
34	0,000036		
35	0,000019		
36	0,000063		
37	0,000114		
38	0,000145		
39	0,000145		
40	0,000111		
41	0,000051		
42	0,000000		



Gambar 5. 22 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Keempat

Setelah mendapatkan hasil defleksi iterasi terakhir untuk fase terakhir ini, hasil defleksi akan di kontrol

dengan defleksi ijin maksimum. Jika memenuhi berarti *Diaphragm Wall* yang di rencanakan aman. Selain itu, pada iterasi terakhir fase penggalian keempat ini didapatkan hasil momen maksimum yang akan di gunakan sebagai perencanaan struktur atau penulangan dari *Diaphragm Wall*.

5.3.2. Perencanaan Struktur *Diaphragm Wall*

1. Tulangan Vertikal

Tulangan vertikal direncanakan untuk menahan *bending moment* yang terjadi pada dinding. Nilai M_u diambil dari permodelan iterasi terakhir pada penggalian keempat. Direncanakan :

$$f'c = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 37 \text{ MPa}$$

$$M_u = 149,91886 \text{ t.m}$$

$$= 1470201788 \text{ N.mm}$$

$$d = h - (\text{tebal selimut}) - (0,5 \cdot \phi \text{ tul})$$

$$= 1000 - 50 - (0,5 \cdot 29)$$

$$= 935,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 280}{70} \right) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{300 - 280}{70} \right) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,836 > 0,65 \quad (\text{OK})$$

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

$$\rho_b = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,041$$

Maka,

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

$$M_R = \frac{1}{0,9} \left[0,041 \cdot 370 \left(1 - 0,59 \frac{0,041 \cdot 370}{30} \right) \right] 1000 \cdot (937,5)^2$$

$$M_R = 10311671861 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_R = 9280504675 \text{ N.mm}$$

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

- Menentukan rasio kekuatan material

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{370}{0,85 \cdot 30} = 14,509$$

Menentukan rasio penulangan

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

$$\rho = 0,0042$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{370} = 0,0038$$

Syarat :

$$\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ max}$$

$$0,0038 < 0,0042 < 0,041$$

Sehingga, ρ pakai = 0,0042

Menentukan luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho b d = 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 935,5 \text{ mm} \\ = 3943,32 \text{ mm}^2$$

Direncanakan memakai tulangan D 29

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 29^2 = 660,52 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ pakai}} = \frac{3943,32 \text{ mm}^2}{660,52 \text{ mm}^2} \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{jarak pasang} = \frac{[b - (2 \cdot t_s) - (n \cdot \phi_{tul})]}{(n-1)} \\ = 145,20 \text{ mm}$$

Sehingga, tulangan yang dipakai adalah D29-125 mm sebanyak 7 buah per meter.

2. Tulangan Horizontal

Tulangan horisontal diperlukan karena efek susut beton oleh temperatur. Pada mutu tulangan $f_y <$

4200 kg/cm², maka perhitungannya sebagai berikut :

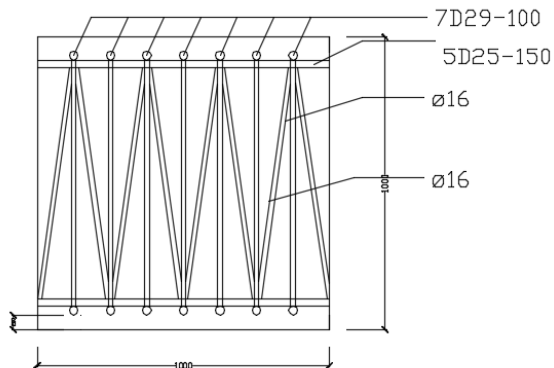
$$A_s = 0,002 \times A_g = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ = 2000 \text{ mm}^2$$

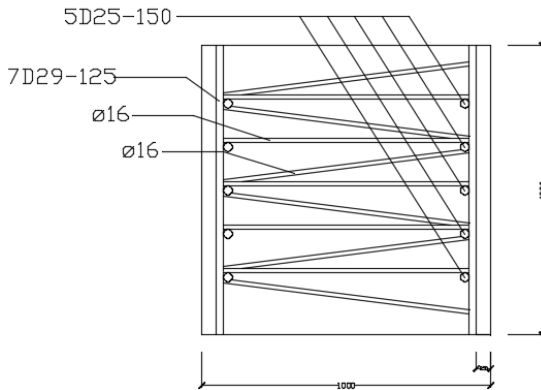
sehingga direncanakan pemakaian diameter tulangan horisontal D25 dengan $A_s = 490,874 \text{ mm}^2$ yang dipasang sejarak 150 mm. Tulangan yang digunakan adalah D25-150 mm sebanyak 5 tulangan per meter.

3. Tulangan Geser

Nilai V_u yang didapatkan dari hasil analisa program SAP2000 adalah 912,769 kN. Jika nilai ini dibandingkan dengan nilai $V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'c} b d = 2308,34 \text{ kN}$, maka tidak dibutuhkan tulangan geser karena nilai $V_u < V_c$, namun untuk alasan keamanan, tetap direncanakan tulangan geser minimum dengan diameter $\phi 16$.

Perencanaan tiga tulangan di atas dapat dilihat pada Gambar 5.23 untuk tampak atas penulangan dan Gambar 5.24 untuk tampak samping penulangan *Diaphragm Wall*.





Gambar 5. 24 Tampak Samping Penulangan *Diaphragm Wall*

Untuk menghindari *crack* yang dapat menyebabkan air tanah masuk ke dalam dinding dan menyebabkan tulangan beton terkorosi, maka diperlukan kontrol besar material dan penampang untuk menahan retak. Besar dari momen retak penampang adalah :

$$M_{cr} = \frac{f_r x I_g}{y_t} = \frac{0,62 \lambda \sqrt{f'_c} x I_g}{y_t}$$

$$= \frac{0,62 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{30} x 23321 x 1000^3}{500}$$

$$= 1,34 x 10^{11} \text{ N.mm}$$

Syarat : $M_{cr} > M_u$

$1,34 x 10^{11} \text{ N.mm} \gg 1,47 x 10^9 \text{ N.mm}$ (OK)

Dari perhitungan di atas, penampang belum mengalami retak pada saat penggalian telah selesai, sehingga penampang *Diaphragm Wall* dapat digunakan.

5.3.3. Perencanaan *Secant Pile*

Alternatif perencanaan dinding penahan tanah yang kedua menggunakan *Secant Pile* dengan desain Basement Gedung Gubeng *Mixed Use Development* – Surabaya seperti yang di tunjukkan sebelumnya seperti pada Gambar 5.14 dengan data tanah yang sama pula seperti pada perencanaan *Diaphragm Wall*.

Data perencanaan Awal :

1. Diameter 1 m
2. Kedalaman Pile 42 meter
3. Beban surcharge tambahan sebesar 1 t/m^2

Penggalian akan dilaksanakan hingga elevasi - 16,4 meter. Fase penggalian akan dibagi menjadi 4 (empat), penggalian pertama pada elevasi -5.00 meter, penggalian kedua pada elevasi -8.20 meter, penggalian ketiga pada elevasi -11.40 meter, dan penggalian keempat pada elevasi -16.40 meter. Proses penggalian basement ini dapat dilihat pada pembahasan sebelumnya, yaitu Gambar 5.2. Selain itu, data tanah yang digunakan menggunakan nilai *coefficient of spring* (k_s) yang sama karena pada perencanaan ini menggunakan diameter *secant pile* sebesar 1.0 meter, sehingga nilai k_s sama dengan yang perencanaan sebelumnya. Berikut adalah data tanah yang digunakan pada perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.41 di bawah ini.

Tabel 5. 41 Data Tanah untuk Perencanaan *Secant Pile*

No	Depth	γ sat	ϕ	Es	μ	B	Ks
	(m)	(t/m ³)	(°)	(kN/m ²)		(m)	(t/m)
1	0-3,5	1,63	0,00	1380	0,20	1,00	1438
2	3,5-7	1,40	24,67	27600	0,30	1,00	30330
3	7-12	1,47	0,00	1380	0,20	1,00	1438
4	12-15,5	1,46	28,59	34500	0,33	1,00	38716
5	15,5-25	1,71	0,00	10000	0,35	1,00	11396
6	25-50	1,77	0,00	13800	0,35	1,00	15726

Pada perhitungan dinding ini, fase penggalian akan dibagi menjadi 4 (empat). Pada fase pertama, *output* yang dihasilkan adalah defleksi yang nantinya akan diperhitungkan sebagai beban *ground displacement* pada penggalian fase kedua. Begitu juga dengan fase kedua, defleksi yang dihasilkan pada penggalian fase kedua akan diperhitungkan sebagai beban *ground displacement* pada penggalian fase ketiga dan seterusnya untuk fase berikutnya. Dinding penahan tanah yang direncanakan harus mampu menahan beban tanah pada proses penggalian dan masa operasionalnya.

a. Penggalian Pertama

Penggalian pertama direncanakan digali hingga elevasi -5.00 meter. Tekanan Tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 5 meter.

1. Menghitung tekanan lateral tanah kondisi *at rest* (σ_0) dan aktif (σ_{h-min}) per meter di belakang dinding penahan tanah (Tabel 5.42). Perhitungan terlampir dalam Lampiran
2. Menghitung tekanan lateral tanah kondisi *at rest* (σ_0) dan pasif (σ_{h-max}) per meter depan dinding penahan tanah. (Tabel 5.43)

Tabel 5. 42 Tekanan Tanah di Belakang Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1

Depth	ketebalan	γ'	beban surcharge	ϕ	cu	σ'_v	K _o	σ_o	K _a	σ_h min
(m)	(m)	(t/m ³)	(t/m ²)	(o)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)		(t/m ²)
0	0	1,63	1	0,00	1,25	1,00	0,95	0,95	1,00	-1,50
1	1	1,63	1	0,00	1,25	2,63	0,95	2,50	1,00	0,13
2	1	0,63	1	0,00	1,25	3,26	0,95	3,10	1,00	0,76
3	1	0,63	1	0,00	1,25	3,89	0,95	3,70	1,00	1,39
4	1	0,40	1	24,67	0,00	4,29	0,58	2,50	0,41	1,76
5	1	0,40	1	24,67	0,00	4,69	0,58	2,73	0,41	1,93
6	1	0,40	1	24,67	0,00	5,09	0,58	2,97	0,41	2,09
7	1	0,40	1	24,67	0,00	5,49	0,58	3,20	0,41	2,26
8	1	0,47	1	0,00	1,25	5,96	0,95	5,66	1,00	3,46
9	1	0,47	1	0,00	1,25	6,43	0,95	6,11	1,00	3,93
10	1	0,47	1	0,00	1,25	6,90	0,95	6,56	1,00	4,40

Tabel 5. 43 Tekanan Tanah di Depan Dinding Penggalian Pertama Iterasi 1

Depth	ketebalan	γ'	ϕ	cu	σ'_v	K _o	σ_o	K _p	σ_h max
(m)	(m)	(t/m ³)	(°)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)		(t/m ²)
5,5	0,50	0,40	24,67	0,00	0,20	0,58	0,12	2,43	0,49
6,5	1,00	0,40	24,67	0,00	0,60	0,58	0,35	2,43	1,46
7,5	1,00	0,47	0,00	1,25	1,07	0,95	1,02	1,00	3,57
8,5	1,00	0,47	0,00	1,25	1,54	0,95	1,46	1,00	4,04
9,5	1,00	0,47	0,00	1,25	2,01	0,95	1,91	1,00	4,51

3. Menghitung beban air tanah

Tabel 5. 44 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Pertama

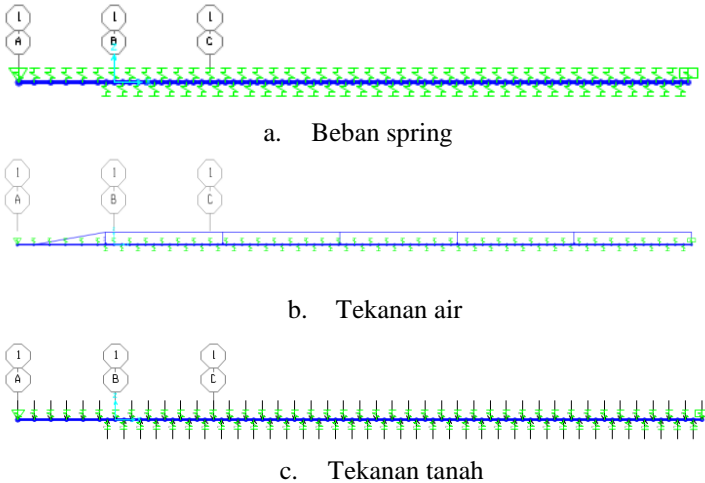
Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	5,5	4,5
3	42	4,5

4. Menghitung beban terpusat kondisi at rest (P_o) dan aktif ($P_{a \text{ min}}$) per meter di belakang dinding yang didapatkan dari tekanan lateral tanah at rest dan aktif di belakang dinding penahan tanah (Tabel 5.45)

5. Menghitung beban terpusat kondisi at rest (P_o) dan pasif ($P_{p \text{ maks}}$) per meter di depan *secant pile* eksisting

yang didapatkan dari tekanan lateral tanah *at rest* dan pasif di depan dinding (Tabel 5.46)

- Memodelkan dinding penahan tanah ke dalam SAP 2000, langkah dalam permodelan dan *assign* data pembebanan seperti pada Gambar 5.25 dibawah ini.



Gambar 5. 25 Data beban pada program bantu SAP2000

- Pada iterasi pertama ini, hasil analisis berupa defleksi pada dinding penahan. Hasil dari analisis program bantu dapat dilihat pada Tabel 5.46 yang menunjukkan defleksi dinding pada titik tangkap beban.

Tabel 5. 46 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding

Depth	Pa min	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
0	0,00	0,00	1438
1	-0,69	1,72	1438
2	0,45	2,80	1438
3	1,08	3,40	1438
4	1,58	3,10	30330
5	1,85	2,62	30330
6	2,01	2,85	30330
7	2,17	3,08	30330
8	2,86	4,43	1438
9	3,70	5,89	1438
10	4,17	6,33	1438
11	4,64	6,78	1438
12	5,11	7,22	1438
13	4,13	5,89	38716
14	3,01	4,45	38716
15	3,17	4,69	38716
16	0,77	7,13	11396
17	-1,37	9,79	11396
18	-0,65	10,46	11396
19	0,06	11,14	11396
20	0,78	11,82	11396
21	1,49	12,50	11396
22	2,21	13,18	11396
23	2,92	13,86	11396
24	3,63	14,54	11396
25	4,35	15,21	11396
26	4,26	15,92	15726
27	4,20	16,65	15726
28	4,97	17,39	15726
29	5,74	18,12	15726
30	6,51	18,85	15726
31	7,28	19,58	15726
32	8,05	20,32	15726
33	8,82	21,05	15726
34	9,60	21,78	15726
35	10,37	22,52	15726
36	11,14	23,25	15726
37	11,91	23,98	15726
38	12,68	24,71	15726
39	13,45	25,45	15726
40	14,22	26,18	15726
41	15,00	26,91	15726
42	15,77	27,65	15726

Tabel 5. 45 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
5,5	0,12	0,03	30330
6,5	0,97	0,23	30330
7,5	2,51	0,68	1438
8,5	3,81	1,24	1438
9,5	4,28	1,69	1438
10,5	4,75	2,13	1438
11,5	5,22	2,58	1438
12,5	7,56	2,29	38716
13,5	10,33	1,90	38716
14,5	11,65	2,14	38716
15,5	12,96	2,38	38716
16,5	15,40	3,87	11396
17,5	17,54	5,58	11396
18,5	18,25	6,26	11396
19,5	18,97	6,94	11396
20,5	19,68	7,62	11396
21,5	20,40	8,29	11396
22,5	21,11	8,97	11396
23,5	21,83	9,65	11396
24,5	22,54	10,33	11396
25,5	24,12	11,04	15726
26,5	25,72	11,77	15726
27,5	26,49	12,50	15726
28,5	27,26	13,23	15726
29,5	28,04	13,97	15726
30,5	28,81	14,70	15726
31,5	29,58	15,43	15726
32,5	30,35	16,17	15726
33,5	31,12	16,90	15726
34,5	31,89	17,63	15726
35,5	32,66	18,36	15726
36,5	33,44	19,10	15726
37,5	34,21	19,83	15726
38,5	34,98	20,56	15726
39,5	35,75	21,30	15726
40,5	36,52	22,03	15726
41,5	37,29	22,76	15726

Tabel 5. 47 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama

Depth (m)	δ_1 (m)	Depth (m)	δ_1 (m)
0	0,00000	5,5	0,00032
1	0,00018	6,5	0,00042
2	0,00030	7,5	0,00062
3	0,00034	8,5	0,00083
4	0,00032	9,5	0,00093
5	0,00031	10,5	0,00087
6	0,00035	11,5	0,00067
7	0,00051	12,5	0,00041
8	0,00074	13,5	0,00021
9	0,00090	14,5	0,00013
10	0,00092	15,5	0,00016
11	0,00079	16,5	0,00024
12	0,00054	17,5	0,00031
13	0,00029	18,5	0,00037
14	0,00016	19,5	0,00040
15	0,00014	20,5	0,00041
16	0,00020	21,5	0,00040
17	0,00028	22,5	0,00039
18	0,00035	23,5	0,00037
19	0,00039	24,5	0,00034
20	0,00041	25,5	0,00031
21	0,00041	26,5	0,00028
22	0,00040	27,5	0,00026
23	0,00039	28,5	0,00025
24	0,00036	29,5	0,00025
25	0,00033	30,5	0,00024
26	0,00030	31,5	0,00024
27	0,00028	32,5	0,00024
28	0,00026	33,5	0,00024
29	0,00025	34,5	0,00024
30	0,00025	35,5	0,00023
31	0,00025	36,5	0,00023
32	0,00025	37,5	0,00021
33	0,00024	38,5	0,00019
34	0,00024	39,5	0,00014
35	0,00024	40,5	0,00007
36	0,00024	41,5	0,00001
37	0,00023		
38	0,00021		
39	0,00017		
40	0,00012		
41	0,00005		
42	0,00000		

Dari nilai defleksi di atas, maka dapat diketahui nilai P_{actual} yang bekerja pada *secant pile*.

$$- P_{\text{aktif min}} < P_{\text{aktif actual}}, \quad P_{\text{aktif actual}} = P_0 - \delta \times k_s$$

$$- P_{\text{pasif max}} > P_{\text{pasif actual}}, \quad P_{\text{pasif actual}} = P_0 + \delta \times k_s$$

Jika $P_{\text{aktif min}} > P_{\text{aktif actual}}$ atau $P_{\text{pasif max}} < P_{\text{pasif actual}}$, maka *spring* dapat dihilangkan atau dianggap bernilai 0. Hasil P_{actual} pada iterasi ini terdapat pada Tabel 5.48 dan 5.49.

Tabel 5. 48 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Depan Dinding

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
							no	0
5,5	0,03	30330	0,12	0,00032	9,735	0,12	no	0
6,5	0,23	30330	0,97	0,00042	12,820	0,97	no	0
7,5	0,68	1438	2,51	0,00062	1,577	1,58	yes	1438
8,5	1,24	1438	3,81	0,00083	2,436	2,44	yes	1438
9,5	1,69	1438	4,28	0,00093	3,025	3,02	yes	1438
10,5	2,13	1438	4,75	0,00087	3,389	3,39	yes	1438
11,5	2,58	1438	5,22	0,00067	3,548	3,55	yes	1438
12,5	2,29	38716	7,56	0,00041	17,971	7,56	no	0
13,5	1,90	38716	10,33	0,00021	9,954	9,95	yes	38716
14,5	2,14	38716	11,65	0,00013	7,291	7,29	yes	38716
15,5	2,38	38716	12,96	0,00016	8,501	8,50	yes	38716
16,5	3,87	11396	15,40	0,00024	6,573	6,57	yes	11396
17,5	5,58	11396	17,54	0,00031	9,158	9,16	yes	11396
18,5	6,26	11396	18,25	0,00037	10,452	10,45	yes	11396
19,5	6,94	11396	18,97	0,00040	11,461	11,46	yes	11396
20,5	7,62	11396	19,68	0,00041	12,254	12,25	yes	11396
21,5	8,29	11396	20,40	0,00040	12,898	12,90	yes	11396
22,5	8,97	11396	21,11	0,00039	13,429	13,43	yes	11396
23,5	9,65	11396	21,83	0,00037	13,868	13,87	yes	11396
24,5	10,33	11396	22,54	0,00034	14,227	14,23	yes	11396
25,5	11,04	15726	24,12	0,00031	15,895	15,90	yes	15726
26,5	11,77	15726	25,72	0,00028	16,203	16,20	yes	15726
27,5	12,50	15726	26,49	0,00026	16,637	16,64	yes	15726
28,5	13,23	15726	27,26	0,00025	17,197	17,20	yes	15726
29,5	13,97	15726	28,04	0,00025	17,836	17,84	yes	15726
30,5	14,70	15726	28,81	0,00024	18,506	18,51	yes	15726
31,5	15,43	15726	29,58	0,00024	19,207	19,21	yes	15726
32,5	16,17	15726	30,35	0,00024	19,909	19,91	yes	15726
33,5	16,90	15726	31,12	0,00024	20,626	20,63	yes	15726
34,5	17,63	15726	31,89	0,00024	21,327	21,33	yes	15726
35,5	18,36	15726	32,66	0,00023	22,028	22,03	yes	15726
36,5	19,10	15726	33,44	0,00023	22,683	22,68	yes	15726
37,5	19,83	15726	34,21	0,00021	23,195	23,20	yes	15726
38,5	20,56	15726	34,98	0,00019	23,488	23,49	yes	15726
39,5	21,30	15726	35,75	0,00014	23,466	23,47	yes	15726
40,5	22,03	15726	36,52	0,00007	23,177	23,18	yes	15726
41,5	22,76	15726	37,29	0,00001	22,893	22,89	yes	15726

Tabel 5. 49 Beban Terpusat pada Titik Tangkap Beban pada Iterasi Kedua di Sisi Belakang Dinding

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pa min (t)	δ (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
							yes	1438
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00018	1,473	1,47	yes	1438
2	2,80	1438	0,45	0,00030	2,371	2,37	yes	1438
3	3,40	1438	1,08	0,00034	2,908	2,91	yes	1438
4	3,10	30330	1,58	0,00032	-6,639	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,00031	-6,696	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,00035	-7,888	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,00051	-12,326	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,00074	3,372	3,37	yes	1438
9	5,89	1438	3,70	0,00090	4,590	4,59	yes	1438
10	6,33	1438	4,17	0,00092	5,004	5,00	yes	1438
11	6,78	1438	4,64	0,00079	5,643	5,64	yes	1438
12	7,22	1438	5,11	0,00054	6,444	6,44	yes	1438
13	5,89	38716	4,13	0,00029	-5,455	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,00016	-1,628	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,00014	-0,612	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,00020	4,885	4,88	yes	11396
17	9,79	11396	-1,37	0,00028	6,595	6,59	yes	11396
18	10,46	11396	-0,65	0,00035	6,510	6,51	yes	11396
19	11,14	11396	0,06	0,00039	6,710	6,71	yes	11396
20	11,82	11396	0,78	0,00041	7,172	7,17	yes	11396
21	12,50	11396	1,49	0,00041	7,816	7,82	yes	11396
22	13,18	11396	2,21	0,00040	8,597	8,60	yes	11396
23	13,86	11396	2,92	0,00039	9,469	9,47	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00036	10,422	10,42	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00033	11,453	11,45	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00030	11,218	11,22	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00028	12,312	12,31	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00026	13,265	13,27	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00025	14,124	14,12	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00025	14,920	14,92	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00025	15,700	15,70	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00025	16,464	16,46	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00024	17,213	17,21	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00024	17,961	17,96	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00024	18,710	18,71	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00024	19,490	19,49	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00023	20,364	20,36	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00021	21,412	21,41	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00017	22,726	22,73	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00012	24,356	24,36	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00005	26,174	26,17	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

8. Melakukan iterasi berikutnya hingga selisih iterasi terakhir dan iterasi sebelumnya mendekati 0 ($\Delta\delta \approx 0$), dalam evaluasi ini digunakan $\Delta\delta < 0,001$ m. Pada penggalian pertama ini dilakukan iterasi sebanyak 7 kali. Hasil iterasi ketujuh ditunjukkan pada Tabel 5.50 dan Tabel 5.51

Tabel 5. 50 Perhitungan Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Terakhir

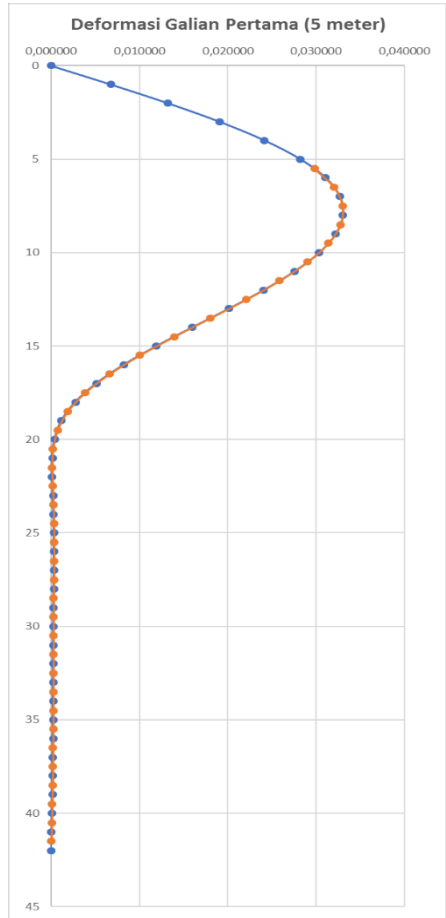
Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_6 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
						no	0
5,5	0,03	30330	0,02937	890,872	0,12	no	0
6,5	0,23	30330	0,03154	956,710	0,97	no	0
7,5	0,68	1438	0,03245	47,328	2,51	no	0
8,5	1,24	1438	0,03216	47,464	3,81	no	0
9,5	1,69	1438	0,03075	45,888	4,28	no	0
10,5	2,13	1438	0,02837	42,907	4,75	no	0
11,5	2,58	1438	0,02518	38,778	5,22	no	0
12,5	2,29	38716	0,02142	831,592	7,56	no	0
13,5	1,90	38716	0,01734	673,317	10,33	no	0
14,5	2,14	38716	0,01323	514,435	11,65	no	0
15,5	2,38	38716	0,00936	364,845	12,96	no	0
16,5	3,87	11396	0,00598	72,009	15,40	no	0
17,5	5,58	11396	0,00329	43,027	17,54	no	0
18,5	6,26	11396	0,00140	22,258	18,25	no	0
19,5	6,94	11396	0,00034	10,857	10,86	yes	11396
20,5	7,62	11396	-0,00011	6,351	6,35	yes	11396
21,5	8,29	11396	-0,00023	5,719	5,72	yes	11396
22,5	8,97	11396	-0,00020	6,751	6,75	yes	11396
23,5	9,65	11396	-0,00013	8,193	8,19	yes	11396
24,5	10,33	11396	-0,00007	9,498	9,50	yes	11396
25,5	11,04	15726	-0,00004	10,375	10,38	yes	15726
26,5	11,77	15726	-0,00003	11,344	11,34	yes	15726
27,5	12,50	15726	-0,00002	12,218	12,22	yes	15726
28,5	13,23	15726	-0,00001	13,045	13,05	yes	15726
29,5	13,97	15726	-0,00001	13,834	13,83	yes	15726
30,5	14,70	15726	-0,00001	14,594	14,59	yes	15726
31,5	15,43	15726	-0,00001	15,333	15,33	yes	15726
32,5	16,17	15726	-0,00001	16,067	16,07	yes	15726
33,5	16,90	15726	-0,00000	16,824	16,82	yes	15726
34,5	17,63	15726	-0,00000	17,629	17,63	yes	15726
35,5	18,36	15726	0,00001	18,500	18,50	yes	15726
36,5	19,10	15726	0,00002	19,427	19,43	yes	15726
37,5	19,83	15726	0,00004	20,396	20,40	yes	15726
38,5	20,56	15726	0,00005	21,302	21,30	yes	15726
39,5	21,30	15726	0,00005	22,051	22,05	yes	15726
40,5	22,03	15726	0,00003	22,516	22,52	yes	15726
41,5	22,76	15726	0,00000	22,789	22,79	yes	15726

Tabel 5. 51 Perhitungan Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Terakhir

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	$\delta\phi$ (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00666	-7,85	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,01303	-15,93	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,01884	-23,69	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,02384	-719,96	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,02782	-841,10	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,03061	-925,60	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,03215	-971,96	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,03245	-42,22	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,03159	-39,52	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,02967	-36,32	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,02686	-31,84	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,02336	-26,35	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,01941	-745,40	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,01528	-586,98	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,01125	-430,98	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,00760	-79,46	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,00454	-41,94	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,00224	-15,11	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,00078	2,21	2,21	yes	11396
20	11,82	11396	0,00006	11,11	11,11	yes	11396
21	12,50	11396	-0,00019	14,70	14,70	yes	11396
22	13,18	11396	-0,00022	15,64	15,64	yes	11396
23	13,86	11396	-0,00016	15,65	15,65	yes	11396
24	14,54	11396	-0,00009	15,60	15,60	yes	11396
25	15,21	11396	-0,00005	15,78	15,78	yes	11396
26	15,92	15726	-0,00003	16,36	16,36	yes	15726
27	16,65	15726	-0,00002	16,92	16,92	yes	15726
28	17,39	15726	-0,00001	17,53	17,53	yes	15726
29	18,12	15726	0,00000	18,19	18,19	yes	15726
30	18,85	15726	0,00000	18,87	18,87	yes	15726
31	19,58	15726	0,00000	19,59	19,59	yes	15726
32	20,32	15726	0,00000	20,31	20,31	yes	15726
33	21,05	15726	0,00000	21,03	21,03	yes	15726
34	21,78	15726	0,00000	21,72	21,72	yes	15726
35	22,52	15726	0,00001	22,34	22,34	yes	15726
36	23,25	15726	0,00002	22,90	22,90	yes	15726
37	23,98	15726	0,00004	23,40	23,40	yes	15726
38	24,71	15726	0,00005	23,91	23,91	yes	15726
39	25,45	15726	0,00006	24,53	24,53	yes	15726
40	26,18	15726	0,00005	25,39	25,39	yes	15726
41	26,91	15726	0,00003	26,50	26,50	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 52 Hasil Defleksi Iterasi Terakhir

Depth (m)	δ_7 (m)	Depth (m)	δ_7 (m)
0	0,000000	5,5	0,029794
1	0,006740	6,5	0,032022
2	0,013192	7,5	0,032992
3	0,019081	8,5	0,032749
4	0,024156	9,5	0,031383
5	0,028207	10,5	0,029030
6	0,031067	11,5	0,025867
7	0,032664	12,5	0,022115
8	0,033019	13,5	0,018033
9	0,032200	14,5	0,013906
10	0,030322	15,5	0,010004
11	0,027539	16,5	0,006573
12	0,024051	17,5	0,003817
13	0,020100	18,5	0,001852
14	0,015960	19,5	0,000696
15	0,011913	20,5	0,000204
16	0,008218	21,5	0,000099
17	0,005104	22,5	0,000157
18	0,002736	23,5	0,000243
19	0,001178	24,5	0,000301
20	0,000388	25,5	0,000319
21	0,000123	26,5	0,000312
22	0,000122	27,5	0,000294
23	0,000206	28,5	0,000276
24	0,000282	29,5	0,000262
25	0,000320	30,5	0,000252
26	0,000322	31,5	0,000245
27	0,000309	32,5	0,000239
28	0,000291	33,5	0,000233
29	0,000275	34,5	0,000226
30	0,000263	35,5	0,000215
31	0,000254	36,5	0,000200
32	0,000249	37,5	0,000179
33	0,000243	38,5	0,000149
34	0,000237	39,5	0,000109
35	0,000228	40,5	0,000057
36	0,000215	41,5	0,000005
37	0,000198		
38	0,000173		
39	0,000139		
40	0,000092		
41	0,000038		
42	0,000000		

**Gambar 5. 26** Defleksi dinding pada iterasi terakhir

b. Penggalian Kedua

Setelah penggalian pertama selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase kedua dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase kedua dilakukan, sehingga pada penggalian fase kedua akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase pertama dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian kedua dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian kedua dimulai pada elevasi - 5.00 hingga elevasi -8.20 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.53, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.54. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.55.

Tabel 5. 53 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian

Depth (m)	ketebalan (m)	γ' (t/m^3)	ϕ ($^{\circ}$)	cu (t/m^2)	$\sigma'v$ (t/m^2)	K_0	σ_0 (t/m^2)	K_p	σ_h max (t/m^2)
8,20	0,00	0,47	0,00	1,25	0,00	0,95	0,00	1,00	2,50
8,50	0,30	0,47	0,00	1,25	0,14	0,95	0,13	1,00	2,64
9,50	1,00	0,47	0,00	1,25	0,61	0,95	0,58	1,00	3,11
10,50	1,00	0,47	0,00	1,25	1,08	0,95	1,03	1,00	3,58
11,50	1,00	0,47	0,00	1,25	1,55	0,95	1,47	1,00	4,05
12,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,01	0,52	1,05	2,84	5,71
13,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,48	0,52	1,29	2,84	7,02
14,50	1,00	0,46	28,59	0,00	2,94	0,52	1,53	2,84	8,34
15,50	1,00	0,46	28,59	0,00	3,40	0,52	1,77	2,84	9,65
16,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,12	0,95	3,91	1,00	15,78
17,50	1,00	0,71	0,00	5,83	4,83	0,95	4,59	1,00	16,50
18,50	1,00	0,71	0,00	5,83	5,55	0,95	5,27	1,00	17,21
19,50	1,00	0,71	0,00	5,83	6,26	0,95	5,95	1,00	17,93

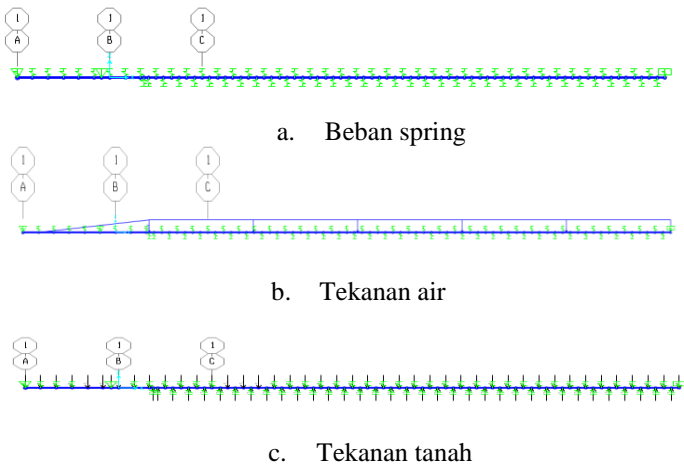
Tabel 5. 54 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Kedua

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m^2)
1	1	0
2	8,2	7,2
3	42	7,2

Tabel 5. 55 Gaya Lateral di Depan Dinding pada Penggalian Fase Kedua

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
8,2	0,00	0,00	1438
8,5	0,77	0,02	1438
9,5	2,88	0,36	1438
10,5	3,35	0,80	1438
11,5	3,82	1,25	1438
12,5	4,88	1,26	38716
13,5	6,37	1,17	38716
14,5	7,68	1,41	38716
15,5	8,99	1,65	38716
16,5	12,72	2,84	11396
17,5	16,14	4,25	11396
18,5	16,86	4,93	11396
19,5	17,57	5,61	11396
20,5	18,28	6,29	11396
21,5	19,00	6,97	11396
22,5	19,71	7,64	11396
23,5	20,43	8,32	11396
24,5	21,14	9,00	11396
25,5	22,72	9,71	15726
26,5	24,32	10,44	15726
27,5	25,09	11,17	15726
28,5	25,87	11,91	15726
29,5	26,64	12,64	15726
30,5	27,41	13,37	15726
31,5	28,18	14,10	15726
32,5	28,95	14,84	15726
33,5	29,72	15,57	15726
34,5	30,49	16,30	15726
35,5	31,27	17,04	15726
36,5	32,04	17,77	15726
37,5	32,81	18,50	15726
38,5	33,58	19,23	15726
39,5	34,35	19,97	15726
40,5	35,12	20,70	15726
41,5	35,89	21,43	15726
40,5	2,50	0,00	1438
41,5	2,64	0,02	1438

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian pertama iterasi terakhir akan dimasukkan sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian kedua ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.56 untuk beban di sisi belakang dan Tabel 5.57 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5. 27 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000

Tabel 5. 56 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua

Depth (m)	Po	Ks	Pa min	δ_0	Pa actual	Pa pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00674	-7,96	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,01319	-16,17	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01908	-24,03	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,02416	-729,55	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,02821	-852,89	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,03107	-939,40	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,03266	-987,61	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,03302	-43,03	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,03220	-40,40	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,03032	-37,26	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,02754	-32,81	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,02405	-27,35	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,02010	-772,31	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,01596	-613,46	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,01191	-456,53	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,00822	-86,52	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,00510	-48,38	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,00274	-20,72	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,00118	-2,28	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,00039	7,40	7,40	yes	11396
21	12,50	11396	1,49	0,00012	11,10	11,10	yes	11396
22	13,18	11396	2,21	0,00012	11,79	11,79	yes	11396
23	13,86	11396	2,92	0,00021	11,51	11,51	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00028	11,32	11,32	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00032	11,57	11,57	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00032	10,86	10,86	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00031	11,79	11,79	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00029	12,81	12,81	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00028	13,79	13,79	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00026	14,72	14,72	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00025	15,59	15,59	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00025	16,40	16,40	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00024	17,23	17,23	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00024	18,06	18,06	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00023	18,93	18,93	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00022	19,87	19,87	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00020	20,87	20,87	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	21,99	21,99	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00014	23,26	23,26	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00009	24,73	24,73	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,32	26,32	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 57 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Kedua

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ_0 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
							no	0
8,2	0,00	1438	0,00	0,03282	47,181	0,00	no	0
8,5	0,02	1438	0,77	0,03275	47,097	0,77	no	0
9,5	0,36	1438	2,88	0,03138	45,470	2,88	no	0
10,5	0,80	1438	3,35	0,02903	42,534	3,35	no	0
11,5	1,25	1438	3,82	0,02587	38,434	3,82	no	0
12,5	1,26	38716	4,88	0,02212	857,471	4,88	no	0
13,5	1,17	38716	6,37	0,01803	699,340	6,37	no	0
14,5	1,41	38716	7,68	0,01391	539,800	7,68	no	0
15,5	1,65	38716	8,99	0,01000	388,971	8,99	no	0
16,5	2,84	11396	12,72	0,00657	77,749	12,72	no	0
17,5	4,25	11396	16,14	0,00382	47,749	16,14	no	0
18,5	4,93	11396	16,86	0,00185	26,035	16,86	no	0
19,5	5,61	11396	17,57	0,00070	13,540	13,54	yes	11396
20,5	6,29	11396	18,28	0,00020	8,611	8,61	yes	11396
21,5	6,97	11396	19,00	0,00010	8,093	8,09	yes	11396
22,5	7,64	11396	19,71	0,00016	9,433	9,43	yes	11396
23,5	8,32	11396	20,43	0,00024	11,092	11,09	yes	11396
24,5	9,00	11396	21,14	0,00030	12,431	12,43	yes	11396
25,5	9,71	15726	22,72	0,00032	14,723	14,72	yes	15726
26,5	10,44	15726	24,32	0,00031	15,346	15,35	yes	15726
27,5	11,17	15726	25,09	0,00029	15,796	15,80	yes	15726
28,5	11,91	15726	25,87	0,00028	16,246	16,25	yes	15726
29,5	12,64	15726	26,64	0,00026	16,758	16,76	yes	15726
30,5	13,37	15726	27,41	0,00025	17,334	17,33	yes	15726
31,5	14,10	15726	28,18	0,00025	17,957	17,96	yes	15726
32,5	14,84	15726	28,95	0,00024	18,595	18,60	yes	15726
33,5	15,57	15726	29,72	0,00023	19,234	19,23	yes	15726
34,5	16,30	15726	30,49	0,00023	19,856	19,86	yes	15726
35,5	17,04	15726	31,27	0,00022	20,416	20,42	yes	15726
36,5	17,77	15726	32,04	0,00020	20,913	20,91	yes	15726
37,5	18,50	15726	32,81	0,00018	21,316	21,32	yes	15726
38,5	19,23	15726	33,58	0,00015	21,577	21,58	yes	15726
39,5	19,97	15726	34,35	0,00011	21,681	21,68	yes	15726
40,5	20,70	15726	35,12	0,00006	21,596	21,60	yes	15726
41,5	21,43	15726	35,89	0,00001	21,517	21,52	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/spring tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.58.

Tabel 5. 58 Hasil Defleksi pada Iterasi Pertama Penggalan Kedua

Depth (m)	δ_1 (m)	Depth (m)	δ_1 (m)
0	0,000000	8,2	0,037203
1	0,006233	8,5	0,037531
2	0,012282	9,5	0,037815
3	0,017977	10,5	0,036852
4	0,023169	11,5	0,034702
5	0,027752	12,5	0,031503
6	0,031686	13,5	0,027463
7	0,034825	14,5	0,022855
8	0,036923	15,5	0,017991
9	0,037831	16,5	0,013207
10	0,037489	17,5	0,008844
11	0,035920	18,5	0,005199
12	0,033224	19,5	0,002489
13	0,029574	20,5	0,000853
14	0,025213	21,5	0,000068
15	0,020437	22,5	-0,000197
16	0,015569	23,5	-0,000208
17	0,010955	24,5	-0,000133
18	0,006920	25,5	-0,000054
19	0,003720	26,5	0,000005
20	0,001549	27,5	0,000043
21	0,000379	28,5	0,000062
22	-0,000106	29,5	0,000070
23	-0,000217	30,5	0,000071
24	-0,000169	31,5	0,000070
25	-0,000086	32,5	0,000069
26	-0,000015	33,5	0,000069
27	0,000033	34,5	0,000073
28	0,000061	35,5	0,000081
29	0,000074	36,5	0,000091
30	0,000078	37,5	0,000100
31	0,000078	38,5	0,000102
32	0,000077	39,5	0,000087
33	0,000077	40,5	0,000052
34	0,000079	41,5	0,000006
35	0,000085		
36	0,000094		
37	0,000105		
38	0,000111		
39	0,000106		
40	0,000081		
41	0,000038		
42	0,000000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground displacement* tidak diubah sama sekali. Iterasi dilakukan sebanyak 4 (empat) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Untuk hasil iterasi lainnya akan di lampirkan pada lampiran. Hasil dari proses iterasi keempat akan ditunjukkan pada Tabel 5.59 dan Tabel 5.60. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian kedua selesai dapat dilihat pada Tabel 5.61 dan Gambar 5.28.

Tabel 5. 59 Beban Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat

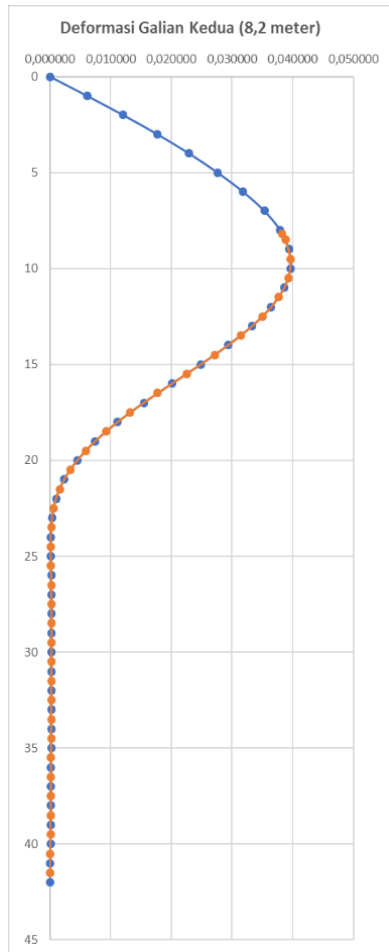
Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_3 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
8,2	0,00	1438	0,038221	54,943	0,00	no	0
8,5	0,02	1438	0,038696	55,646	0,77	no	0
9,5	0,36	1438	0,039490	57,124	2,88	no	0
10,5	0,80	1438	0,039051	56,940	3,35	no	0
11,5	1,25	1438	0,037412	55,030	3,82	no	0
12,5	1,26	38716	0,034681	1343,978	4,88	no	0
13,5	1,17	38716	0,031040	1202,922	6,37	no	0
14,5	1,41	38716	0,026732	1036,374	7,68	no	0
15,5	1,65	38716	0,022042	855,036	8,99	no	0
16,5	2,84	11396	0,017277	199,732	12,72	no	0
17,5	4,25	11396	0,012752	149,573	16,14	no	0
18,5	4,93	11396	0,008734	104,462	16,86	no	0
19,5	5,61	11396	0,005412	67,283	17,57	no	0
20,5	6,29	11396	0,002894	39,267	18,28	no	0
21,5	6,97	11396	0,001209	20,743	19,00	no	0
22,5	7,64	11396	0,000301	11,074	11,07	yes	11396
23,5	8,32	11396	-0,000066	7,570	7,57	yes	11396
24,5	9,00	11396	-0,000145	7,348	7,35	yes	11396
25,5	9,71	15726	-0,000109	7,992	7,99	yes	15726
26,5	10,44	15726	- 0,000046	9,716	9,72	yes	15726
27,5	11,17	15726	0,000005	11,257	11,26	yes	15726
28,5	11,91	15726	0,000038	12,503	12,50	yes	15726
29,5	12,64	15726	0,000056	13,519	13,52	yes	15726
30,5	13,37	15726	0,000065	14,393	14,39	yes	15726
31,5	14,10	15726	0,000069	15,189	15,19	yes	15726
32,5	14,84	15726	0,000071	15,953	15,95	yes	15726
33,5	15,57	15726	0,000074	16,733	16,73	yes	15726
34,5	16,30	15726	0,000079	17,545	17,54	yes	15726
35,5	17,04	15726	0,000086	18,388	18,39	yes	15726
36,5	17,77	15726	0,000095	19,262	19,26	yes	15726
37,5	18,50	15726	0,000102	20,105	20,10	yes	15726
38,5	19,23	15726	0,000101	20,822	20,82	yes	15726
39,5	19,97	15726	0,000086	21,319	21,32	yes	15726
40,5	20,70	15726	0,000051	21,501	21,50	yes	15726
41,5	21,43	15726	0,000006	21,527	21,53	yes	15726

Tabel 5. 60 Beban Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat

Depth (m)	Po	Ks	$\delta 4$	Pa actual	Pa pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		
0	0,00	1438	0,000000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,006121	-7,07	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,012081	-14,57	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,017732	-22,09	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,022950	-692,97	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,027651	-836,03	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,031822	-962,30	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,035313	-1067,95	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,037847	-49,97	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,039247	-50,53	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,039426	-50,34	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,038378	-48,39	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,036175	-44,78	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,032962	-1270,27	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,028954	-1116,54	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,024418	-940,68	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,019651	-216,81	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,014969	-160,80	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,010669	-111,12	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,006981	-68,41	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,004052	-34,36	0,78	no	0
21	12,50	11396	0,001953	-9,76	1,49	no	0
22	13,18	11396	0,000674	5,50	5,50	yes	11396
23	13,86	11396	0,000072	13,04	13,04	yes	11396
24	14,54	11396	-0,000123	15,94	15,94	yes	11396
25	15,21	11396	-0,000128	16,67	16,67	yes	11396
26	15,92	15726	-0,000071	17,04	17,04	yes	15726
27	16,65	15726	-0,000011	16,83	16,83	yes	15726
28	17,39	15726	0,000031	16,90	16,90	yes	15726
29	18,12	15726	0,000056	17,24	17,24	yes	15726
30	18,85	15726	0,000069	17,77	17,77	yes	15726
31	19,58	15726	0,000075	18,40	18,40	yes	15726
32	20,32	15726	0,000078	19,09	19,09	yes	15726
33	21,05	15726	0,000081	19,78	19,78	yes	15726
34	21,78	15726	0,000085	20,45	20,45	yes	15726
35	22,52	15726	0,000091	21,08	21,08	yes	15726
36	23,25	15726	0,000099	21,69	21,69	yes	15726
37	23,98	15726	0,000108	22,28	22,28	yes	15726
38	24,71	15726	0,000112	22,95	22,95	yes	15726
39	25,45	15726	0,000105	23,80	23,80	yes	15726
40	26,18	15726	0,000080	24,92	24,92	yes	15726
41	26,91	15726	0,000037	26,33	26,33	yes	15726
42	27,65	15726	0,000000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 61 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Kedua

Depth (m)	δ_4 (m)	Depth (m)	δ_4 (m)
0	0,000000	8,2	0,038319
1	0,006110	8,5	0,038808
2	0,012062	9,5	0,039654
3	0,017709	10,5	0,039269
4	0,022930	11,5	0,037686
5	0,027641	12,5	0,035009
6	0,031835	13,5	0,031418
7	0,035359	14,5	0,027156
8	0,037936	15,5	0,022502
9	0,039385	16,5	0,017765
10	0,039616	17,5	0,013254
11	0,038624	18,5	0,009236
12	0,036476	19,5	0,005897
13	0,033316	20,5	0,003344
14	0,029356	21,5	0,001601
15	0,024861	22,5	0,000616
16	0,020126	23,5	0,000214
17	0,015465	24,5	0,000134
18	0,011173	25,5	0,000179
19	0,007476	26,5	0,000242
20	0,004522	27,5	0,000281
21	0,002376	28,5	0,000292
22	0,001023	29,5	0,000285
23	0,000364	30,5	0,000269
24	0,000154	31,5	0,000253
25	0,000155	32,5	0,000238
26	0,000218	33,5	0,000226
27	0,000272	34,5	0,000214
28	0,000296	35,5	0,000203
29	0,000297	36,5	0,000190
30	0,000285	37,5	0,000174
31	0,000268	38,5	0,000150
32	0,000253	39,5	0,000114
33	0,000240	40,5	0,000062
34	0,000228	41,5	0,000008
35	0,000217		
36	0,000205		
37	0,000192		
38	0,000172		
39	0,000143		
40	0,000099		
41	0,000042		
42	0,000000		



Gambar 5. 28 Defleksi dinding pada akhir penggalian kedua

c. Penggalian Ketiga

Setelah penggalian kedua selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase ketiga dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase ketiga dilakukan, sehingga pada penggalian fase ketiga akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase pertama dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian ketiga dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian ketiga dimulai pada elevasi -8.20 hingga elevasi -11.40 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.62, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.63. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.64.

Tabel 5. 62 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga

Depth	ketebalan	γ'	ϕ	cu	σ'_v	Ko	σ_o	Kp	σ_h max
(m)	(m)	(t/m ³)	(°)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)		(t/m ²)
11.40	0.00	0.47	0.00	1.25	0.00	0.95	0.00	1.00	2.50
11.50	0.10	0.47	0.00	1.25	0.05	0.95	0.04	1.00	2.55
12.50	1.00	0.46	28.59	0.00	0.51	0.52	0.27	2.84	1.45
13.50	1.00	0.46	28.59	0.00	0.97	0.52	0.51	2.84	2.76
14.50	1.00	0.46	28.59	0.00	1.44	0.52	0.75	2.84	4.07
15.50	1.00	0.46	28.59	0.00	1.90	0.52	0.99	2.84	5.38
16.50	1.00	0.71	0.00	5.83	2.61	0.95	2.48	1.00	14.28
17.50	1.00	0.71	0.00	5.83	3.33	0.95	3.16	1.00	14.99
18.50	1.00	0.71	0.00	5.83	4.04	0.95	3.84	1.00	15.71
19.50	1.00	0.71	0.00	5.83	4.76	0.95	4.52	1.00	16.42
20.50	1.00	0.71	0.00	5.83	5.47	0.95	5.20	1.00	17.14
21.50	1.00	0.71	0.00	5.83	6.18	0.95	5.88	1.00	17.85
22.50	1.00	0.71	0.00	5.83	6.90	0.95	6.55	1.00	18.57
23.50	1.00	0.71	0.00	5.83	7.61	0.95	7.23	1.00	19.28
24.50	1.00	0.71	0.00	5.83	8.33	0.95	7.91	1.00	19.99
25.50	1.00	0.77	0.00	6.67	9.10	0.95	8.64	1.00	22.43

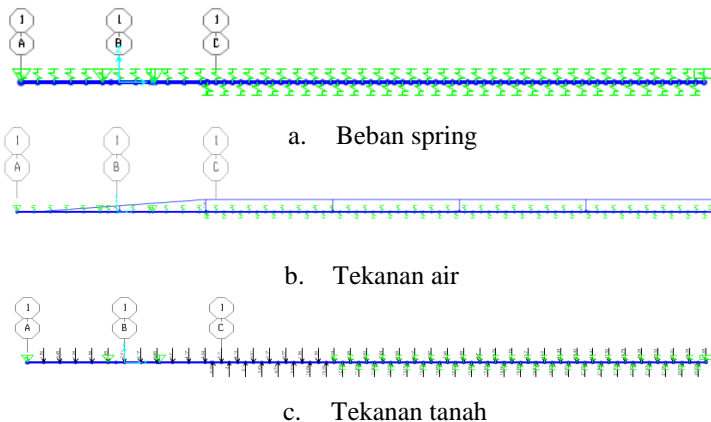
Tabel 5. 63 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Ketiga

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	11,4	10,4
3	42	10,4

Tabel 5. 64 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Ketiga

Depth	Pp max	Po	Ks
(m)	(t)	(t)	(t/m)
11,4	0,00	0,00	1438
11,5	0,25	0,00	1438
12,5	2,00	0,16	38716
13,5	2,10	0,39	38716
14,5	3,42	0,63	38716
15,5	4,73	0,87	38716
16,5	9,83	1,74	11396
17,5	14,64	2,82	11396
18,5	15,35	3,50	11396
19,5	16,07	4,18	11396
20,5	16,78	4,86	11396
21,5	17,49	5,54	11396
22,5	18,21	6,21	11396
23,5	18,92	6,89	11396
24,5	19,64	7,57	11396
25,5	21,21	8,28	15726
26,5	22,82	9,01	15726
27,5	23,59	9,74	15726
28,5	24,36	10,48	15726
29,5	25,13	11,21	15726
30,5	25,90	11,94	15726
31,5	26,68	12,67	15726
32,5	27,45	13,41	15726
33,5	28,22	14,14	15726
34,5	28,99	14,87	15726
35,5	29,76	15,61	15726
36,5	30,53	16,34	15726
37,5	31,30	17,07	15726
38,5	32,08	17,80	15726
39,5	32,85	18,54	15726
40,5	33,62	19,27	15726
41,5	34,39	20,00	15726

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian kedua iterasi terakhir akan dimasukkan sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian ketiga ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.65 untuk beban di sisi belakang dinding dan Tabel 5.66 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.29.



Gambar 5. 29 Beban Lateral Tanah dan Tekanan Air pada SAP 2000

Tabel 5. 65 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama
Penggalian Kedua

Depth	Po	Ks	Pa min	δ_0	Pa actual	Pa pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(t)	(m)	(t)	(t)		
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00611	-7,059	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,01206	-14,541	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01771	-22,060	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,02293	-692,362	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,02764	-835,727	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,03184	-962,696	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,03536	-1069,345	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,03794	-50,103	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,03939	-50,731	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,03962	-50,616	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,03862	-48,744	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,03648	-45,210	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,03332	-1283,980	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,02936	-1132,102	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,02486	-957,831	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,02013	-222,226	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,01547	-166,454	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,01117	-116,864	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,00748	-74,054	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,00452	-39,712	0,78	no	0
21	12,50	11396	1,49	0,00238	-14,577	1,49	no	0
22	13,18	11396	2,21	0,00102	1,520	2,21	no	0
23	13,86	11396	2,92	0,00036	9,709	9,71	yes	11396
24	14,54	11396	3,63	0,00015	12,781	12,78	yes	11396
25	15,21	11396	4,35	0,00016	13,448	13,45	yes	11396
26	15,92	15726	4,26	0,00022	12,491	12,49	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00027	12,375	12,38	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	0,00030	12,730	12,73	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00030	13,448	13,45	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00029	14,369	14,37	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00027	15,369	15,37	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00025	16,338	16,34	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00024	17,275	17,28	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00023	18,197	18,20	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00022	19,103	19,10	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00021	20,024	20,02	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00019	20,962	20,96	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	22,009	22,01	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00014	23,198	23,20	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00010	24,623	24,62	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,252	26,25	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

Tabel 5. 66 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Ketiga

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ_0 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
11,4	0,00	1438	0,00	0,03784	54,401	0,00	no	0
11,5	0,00	1438	0,25	0,03769	54,176	0,25	no	0
12,5	0,16	38716	2,00	0,03501	1355,571	2,00	no	0
13,5	0,39	38716	2,10	0,03142	1216,772	2,10	no	0
14,5	0,63	38716	3,42	0,02716	1052,005	3,42	no	0
15,5	0,87	38716	4,73	0,02250	872,061	4,73	no	0
16,5	1,74	11396	9,83	0,01777	204,187	9,83	no	0
17,5	2,82	11396	14,64	0,01325	153,865	14,64	no	0
18,5	3,50	11396	15,35	0,00924	108,754	15,35	no	0
19,5	4,18	11396	16,07	0,00590	71,381	16,07	no	0
20,5	4,86	11396	16,78	0,00334	42,966	16,78	no	0
21,5	5,54	11396	17,49	0,00160	23,781	17,49	no	0
22,5	6,21	11396	18,21	0,00062	13,235	13,23	yes	11396
23,5	6,89	11396	18,92	0,00021	9,332	9,33	yes	11396
24,5	7,57	11396	19,64	0,00013	9,099	9,10	yes	11396
25,5	8,28	15726	21,21	0,00018	11,093	11,09	yes	15726
26,5	9,01	15726	22,82	0,00024	12,816	12,82	yes	15726
27,5	9,74	15726	23,59	0,00028	14,163	14,16	yes	15726
28,5	10,48	15726	24,36	0,00029	15,068	15,07	yes	15726
29,5	11,21	15726	25,13	0,00029	15,691	15,69	yes	15726
30,5	11,94	15726	25,90	0,00027	16,172	16,17	yes	15726
31,5	12,67	15726	26,68	0,00025	16,654	16,65	yes	15726
32,5	13,41	15726	27,45	0,00024	17,151	17,15	yes	15726
33,5	14,14	15726	28,22	0,00023	17,695	17,69	yes	15726
34,5	14,87	15726	28,99	0,00021	18,239	18,24	yes	15726
35,5	15,61	15726	29,76	0,00020	18,799	18,80	yes	15726
36,5	16,34	15726	30,53	0,00019	19,327	19,33	yes	15726
37,5	17,07	15726	31,30	0,00017	19,808	19,81	yes	15726
38,5	17,80	15726	32,08	0,00015	20,164	20,16	yes	15726
39,5	18,54	15726	32,85	0,00011	20,331	20,33	yes	15726
40,5	19,27	15726	33,62	0,00006	20,246	20,25	yes	15726
41,5	20,00	15726	34,39	0,00001	20,122	20,12	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/*spring* tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.67.

Tabel 5. 67 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Ketiga

Depth (m)	$\delta 1$ (m)	Depth (m)	$\delta 1$ (m)
0	0,000000	11,4	0,043374
1	0,006187	11,5	0,043363
2	0,012196	12,5	0,042564
3	0,017862	13,5	0,040516
4	0,023044	14,5	0,037310
5	0,027640	15,5	0,033142
6	0,031599	16,5	0,028289
7	0,034951	17,5	0,023095
8	0,037797	18,5	0,017905
9	0,040349	19,5	0,013020
10	0,042300	20,5	0,008696
11	0,043296	21,5	0,005142
12	0,043122	22,5	0,002517
13	0,041694	23,5	0,000932
14	0,039049	24,5	0,000166
15	0,035332	25,5	-0,000098
16	0,030782	26,5	-0,000114
17	0,025715	27,5	-0,000041
18	0,020482	28,5	0,000040
19	0,015410	29,5	0,000100
20	0,010776	30,5	0,000136
21	0,006815	31,5	0,000154
22	0,003709	32,5	0,000161
23	0,001608	33,5	0,000164
24	0,000472	34,5	0,000166
25	-0,000005	35,5	0,000168
26	-0,000119	36,5	0,000170
27	-0,000076	37,5	0,000169
28	0,000007	38,5	0,000157
29	0,000080	39,5	0,000126
30	0,000128	40,5	0,000073
31	0,000154	41,5	0,000011
32	0,000166		
33	0,000170		
34	0,000172		
35	0,000175		
36	0,000178		
37	0,000179		
38	0,000173		
39	0,000153		
40	0,000111		
41	0,000049		
42	0,000000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground displacement* tidak diubah sama sekali. Iterasi dilakukan sebanyak 4 (keempat) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Untuk hasil iterasi lainnya akan di lampirkan pada lampiran. Hasil dari proses iterasi keempat akan ditunjukkan pada Tabel 5.68 dan Tabel 5.69. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian ketiga selesai dapat dilihat pada Tabel 5.70 dan Gambar 5.30.

Tabel 5. 68 Besar Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Keempat Penggalian Ketiga

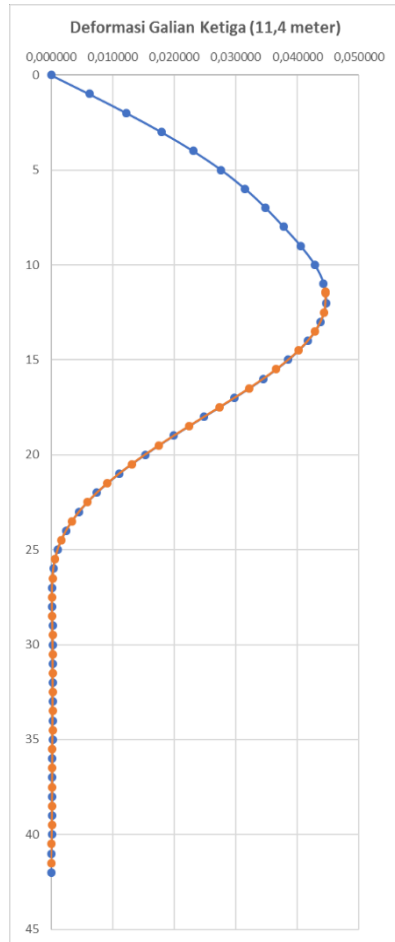
Depth (m)	Po	Ks	δ_3	Pp actual	Pp pakai	Spring	
	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		
11,4	0,00	1438	0,04445	63,90	0,00	no	0
11,5	0,002	1438	0,04449	63,95	0,25	no	0
12,5	0,16	38716	0,04418	1710,79	2,00	no	0
13,5	0,39	38716	0,04265	1651,63	2,10	no	0
14,5	0,63	38716	0,03995	1547,38	3,42	no	0
15,5	0,87	38716	0,03625	1404,37	4,73	no	0
16,5	1,74	11396	0,03180	364,14	9,83	no	0
17,5	2,82	11396	0,02691	309,53	14,64	no	0
18,5	3,50	11396	0,02191	253,15	15,35	no	0
19,5	4,18	11396	0,01705	198,49	16,07	no	0
20,5	4,86	11396	0,01258	148,16	16,78	no	0
21,5	5,54	11396	0,00866	104,20	17,49	no	0
22,5	6,21	11396	0,00543	68,11	18,21	no	0
23,5	6,89	11396	0,00297	40,74	18,92	no	0
24,5	7,57	11396	0,00130	22,38	19,64	no	0
25,5	8,28	15726	0,00038	14,25	14,25	yes	15726
26,5	9,01	15726	0,00001	9,13	9,13	yes	15726
27,5	9,74	15726	- 0,00007	8,66	8,66	yes	15726
28,5	10,48	15726	- 0,00003	10,07	10,07	yes	15726
29,5	11,21	15726	0,00004	11,85	11,85	yes	15726
30,5	11,94	15726	0,00010	13,45	13,45	yes	15726
31,5	12,67	15726	0,00013	14,74	14,74	yes	15726
32,5	13,41	15726	0,00015	15,78	15,78	yes	15726
33,5	14,14	15726	0,00016	16,69	16,69	yes	15726
34,5	14,87	15726	0,00017	17,52	17,52	yes	15726
35,5	15,61	15726	0,00017	18,30	18,30	yes	15726
36,5	16,34	15726	0,00017	19,04	19,04	yes	15726
37,5	17,07	15726	0,00017	19,73	19,73	yes	15726
38,5	17,80	15726	0,00016	20,24	20,24	yes	15726
39,5	18,54	15726	0,00012	20,47	20,47	yes	15726
40,5	19,27	15726	0,00007	20,39	20,39	yes	15726
41,5	20,00	15726	0,00001	20,16	20,16	yes	15726

Tabel 5. 69 Besar Tekanan Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Keempat Penggalan Ketiga

Depth	Po	Ks	δ_3	Pa actual	Pa pakai	Spring	
(m)	(t)	(t/m)	(m)	(t)	(t)		1438
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00621	-7,20	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,01223	-14,78	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,01790	-22,34	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,02307	-696,73	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,02764	-835,70	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,03154	-953,87	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,03487	-1054,51	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,03777	-49,87	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,04052	-52,36	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,04278	-55,17	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,04419	-56,74	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,04449	-56,73	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,04357	-1680,98	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,04144	-1599,91	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,03821	-1474,81	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,03410	-381,51	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,02939	-325,19	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,02441	-267,71	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,01945	-210,49	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,01476	-156,35	0,78	no	0
21	12,50	11396	0,01054	-107,63	1,49	no	0
22	13,18	11396	0,00696	-66,09	2,21	no	0
23	13,86	11396	0,00411	-32,94	2,92	no	0
24	14,54	11396	0,00204	-8,72	3,63	no	0
25	15,21	11396	0,00076	6,55	6,55	yes	11396
26	15,92	15726	0,00015	13,59	13,59	yes	15726
27	16,65	15726	-0,00005	17,41	17,41	yes	15726
28	17,39	15726	-0,00005	18,14	18,14	yes	15726
29	18,12	15726	0,00002	17,88	17,88	yes	15726
30	18,85	15726	0,00008	17,62	17,62	yes	15726
31	19,58	15726	0,00012	17,65	17,65	yes	15726
32	20,32	15726	0,00015	17,96	17,96	yes	15726
33	21,05	15726	0,00017	18,45	18,45	yes	15726
34	21,78	15726	0,00017	19,06	19,06	yes	15726
35	22,52	15726	0,00018	19,72	19,72	yes	15726
36	23,25	15726	0,00018	20,42	20,42	yes	15726
37	23,98	15726	0,00018	21,15	21,15	yes	15726
38	24,71	15726	0,00017	22,01	22,01	yes	15726
39	25,45	15726	0,00015	23,09	23,09	yes	15726
40	26,18	15726	0,00011	24,48	24,48	yes	15726
41	26,91	15726	0,00005	26,16	26,16	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 70 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalan Ketiga

Depth (m)	δ_4 (m)	Depth (m)	δ_4 (m)
0	0,000000	11,4	0,044561
1	0,006209	11,5	0,044603
2	0,012234	12,5	0,044350
3	0,017906	13,5	0,042872
4	0,023077	14,5	0,040230
5	0,027640	15,5	0,036585
6	0,031539	16,5	0,032186
7	0,034862	17,5	0,027344
8	0,037769	18,5	0,022372
9	0,040533	19,5	0,017541
10	0,042833	20,5	0,013074
11	0,044281	21,5	0,009150
12	0,044631	22,5	0,005897
13	0,043764	23,5	0,003388
14	0,041690	24,5	0,001644
15	0,038521	25,5	0,000629
16	0,034463	26,5	0,000211
17	0,029802	27,5	0,000127
18	0,024859	28,5	0,000170
19	0,019927	29,5	0,000229
20	0,015253	30,5	0,000262
21	0,011039	31,5	0,000267
22	0,007437	32,5	0,000254
23	0,004551	33,5	0,000235
24	0,002425	34,5	0,000216
25	0,001053	35,5	0,000201
26	0,000367	36,5	0,000188
27	0,000149	37,5	0,000175
28	0,000149	38,5	0,000156
29	0,000209	39,5	0,000123
30	0,000257	40,5	0,000070
31	0,000275	41,5	0,000010
32	0,000270		
33	0,000252		
34	0,000233		
35	0,000216		
36	0,000202		
37	0,000191		
38	0,000176		
39	0,000151		
40	0,000107		
41	0,000047		
42	0,000000		



Gambar 5. 30 Hasil Defleksi pada Iterasi Terakhir Penggalan Ketiga

d. Penggalian Keempat

Setelah penggalian ketiga selesai, pelat lantai akan dibangun sebelum dilakukan penggalian fase keempat dimana pelat lantai akan berfungsi sebagai strut/penahan dari dinding pada saat penggalian fase keempat dilakukan, sehingga pada penggalian fase keempat akan mempertimbangkan defleksi dinding pada penggalian fase ketiga dan juga penambahan strut berupa pelat lantai.

Penggalian keempat dimulai setelah pelat lantai cukup kuat untuk menahan beban sendiri dan tekanan lateral tanah. Penggalian keempat dimulai pada elevasi - 11.40 hingga elevasi -16.40 yang mengakibatkan tekanan tanah di depan dinding dan tekanan air pori berubah. Contoh perhitungan besar beban akibat tekanan tanah di depan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.71, sedangkan perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran dan tekanan air pori dapat dilihat pada Tabel 5.72. Tidak ada perubahan pada tekanan tanah di belakang dinding karena tidak ada penggalian, sehingga tidak ada perubahan elevasi. Perhitungan tekanan tanah sesuai dengan perhitungan sebelumnya dan dapat dilihat pada Tabel 5.73.

Tabel 5. 71 Tekanan Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat

Depth (m)	Ketebalan (m)	γ' (t/m ³)	ϕ (°)	cu (t/m ²)	σ'_v (t/m ²)	Ko	σ_o (t/m ²)	Kp	$\sigma_{h \max}$ (t/m ²)
16,4	0	0,71	0,00	5,83	0,00	0,95	0,00	1,00	11,67
16,5	0,1	0,71	0,00	5,83	0,07	0,95	0,07	1,00	11,74
17,5	1	0,71	0,00	5,83	0,79	0,95	0,75	1,00	12,45
18,5	1	0,71	0,00	5,83	1,50	0,95	1,43	1,00	13,17
19,5	1	0,71	0,00	5,83	2,21	0,95	2,10	1,00	13,88
20,5	1	0,71	0,00	5,83	2,93	0,95	2,78	1,00	14,60
21,5	1	0,71	0,00	5,83	3,64	0,95	3,46	1,00	15,31
22,5	1	0,71	0,00	5,83	4,36	0,95	4,14	1,00	16,02
23,5	1	0,71	0,00	5,83	5,07	0,95	4,82	1,00	16,74
24,5	1	0,71	0,00	5,83	5,79	0,95	5,50	1,00	17,45
25,5	1	0,77	0,00	6,67	6,56	0,95	6,23	1,00	19,89

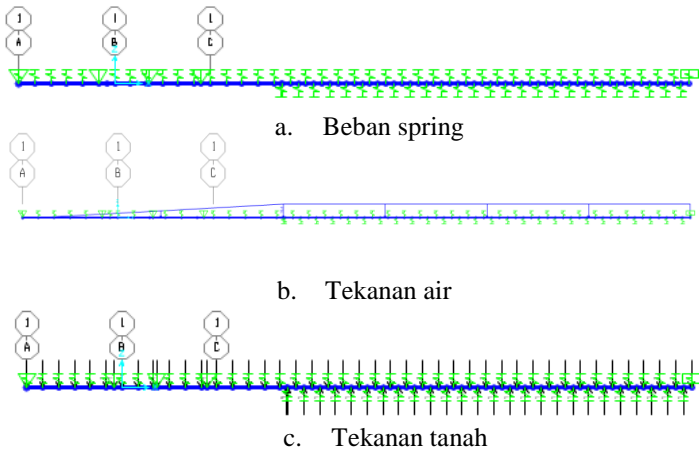
Tabel 5. 72 Tekanan Air Pori pada Penggalian Fase Keempat

Titik	H	σ_w
	(m)	(t/m ²)
1	1	0
2	16,4	15,4
3	42	15,4

Tabel 5. 73 Gaya Lateral Tanah di Depan Dinding pada Penggalian Fase Keempat

Depth (m)	Pp max (t)	Po (t)	Ks (t/m)
16,4	0,00	0,00	38716
16,5	1,17	0,003	11396
17,5	12,10	0,41	11396
18,5	12,81	1,09	11396
19,5	13,52	1,76	11396
20,5	14,24	2,44	11396
21,5	14,95	3,12	11396
22,5	15,67	3,80	11396
23,5	16,38	4,48	11396
24,5	17,10	5,16	11396
25,5	18,67	5,86	15726
26,5	20,28	6,60	15726
27,5	21,05	7,33	15726
28,5	21,82	8,06	15726
29,5	22,59	8,79	15726
30,5	23,36	9,53	15726
31,5	24,13	10,26	15726
32,5	24,90	10,99	15726
33,5	25,68	11,73	15726
34,5	26,45	12,46	15726
35,5	27,22	13,19	15726
36,5	27,99	13,92	15726
37,5	28,76	14,66	15726
38,5	29,53	15,39	15726
39,5	30,30	16,12	15726
40,5	31,08	16,86	15726
41,5	31,85	17,59	15726

Analisis dinding dapat dilakukan setelah beban terpusat dari dua sisi dinding dimasukkan. Defleksi dinding di penggalian kedua iterasi terakhir akan dimasukkan sebagai beban *ground displacement* pada analisis iterasi pertama penggalian keempat ini. Perhitungan beban terpusat pada iterasi pertama ini dapat dilihat pada Tabel 5.74 untuk beban di sisi belakang dinding dan Tabel 5.75 untuk beban di sisi depan dinding. Setelah itu, beban lateral tanah dan tekanan air dimasukkan ke dalam program bantu SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.31.



Gambar 5. 31 Beban lateral tanah dan tekanan air pada SAP2000

Tabel 5. 74 Beban Terpusat Tanah di Belakang Dinding pada Iterasi Pertama Penggalian Keempat

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pa min (t)	δ0 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
							yes	1438
0	0,00	1438	0,00	0,00000	0,000	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	-0,69	0,00429	-4,446	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,45	0,00846	-9,361	0,45	no	0
3	3,40	1438	1,08	0,01238	-14,403	1,08	no	0
4	3,10	30330	1,58	0,01596	-481,086	1,58	no	0
5	2,62	30330	1,85	0,01913	-577,591	1,85	no	0
6	2,85	30330	2,01	0,02183	-659,369	2,01	no	0
7	3,08	30330	2,17	0,02414	-729,016	2,17	no	0
8	4,43	1438	2,86	0,02614	-33,152	2,86	no	0
9	5,89	1438	3,70	0,02805	-34,441	3,70	no	0
10	6,33	1438	4,17	0,02965	-36,283	4,17	no	0
11	6,78	1438	4,64	0,03067	-37,314	4,64	no	0
12	7,22	1438	5,11	0,03098	-37,313	5,11	no	0
13	5,89	38716	4,13	0,03050	-1174,994	4,13	no	0
14	4,45	38716	3,01	0,02923	-1127,146	3,01	no	0
15	4,69	38716	3,17	0,02723	-1049,550	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,77	0,02463	-273,577	0,77	no	0
17	9,79	11396	-1,37	0,02161	-236,437	-1,37	no	0
18	10,46	11396	-0,65	0,01835	-198,664	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,06	0,01505	-160,345	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,78	0,01185	-123,256	0,78	no	0
21	12,50	11396	1,49	0,00890	-88,925	1,49	no	0
22	13,18	11396	2,21	0,00629	-58,537	2,21	no	0
23	13,86	11396	2,92	0,00411	-32,981	2,92	no	0
24	14,54	11396	3,63	0,00240	-12,804	3,63	no	0
25	15,21	11396	4,35	0,00118	1,790	4,35	no	0
26	15,92	15726	4,26	0,00044	9,047	9,05	yes	15726
27	16,65	15726	4,20	0,00010	15,159	15,16	yes	15726
28	17,39	15726	4,97	-0,00001	17,500	17,50	yes	15726
29	18,12	15726	5,74	0,00000	18,072	18,07	yes	15726
30	18,85	15726	6,51	0,00005	18,096	18,10	yes	15726
31	19,58	15726	7,28	0,00009	18,122	18,12	yes	15726
32	20,32	15726	8,05	0,00013	18,335	18,34	yes	15726
33	21,05	15726	8,82	0,00015	18,707	18,71	yes	15726
34	21,78	15726	9,60	0,00016	19,219	19,22	yes	15726
35	22,52	15726	10,37	0,00017	19,811	19,81	yes	15726
36	23,25	15726	11,14	0,00018	20,465	20,46	yes	15726
37	23,98	15726	11,91	0,00018	21,213	21,21	yes	15726
38	24,71	15726	12,68	0,00017	22,104	22,10	yes	15726
39	25,45	15726	13,45	0,00014	23,214	23,21	yes	15726
40	26,18	15726	14,22	0,00010	24,623	24,62	yes	15726
41	26,91	15726	15,00	0,00004	26,236	26,24	yes	15726
42	27,65	15726	15,77	0,00000	27,646	27,65	yes	15726

Tabel 5. 75 Beban Terpusat Tanah di Depan Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Keempat

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	Pp max (t)	δ_0 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
							no	0
16,4	0,00	38716	0,00	0,03263	1263,151	0,00	no	0
16,5	0,00	11396	1,17	0,02316	263,924	1,17	no	0
17,5	0,41	11396	12,10	0,01999	228,248	12,10	no	0
18,5	1,09	11396	12,81	0,01669	191,319	12,81	no	0
19,5	1,76	11396	13,52	0,01343	154,767	13,52	no	0
20,5	2,44	11396	14,24	0,01034	120,243	14,24	no	0
21,5	3,12	11396	14,95	0,00754	89,093	14,95	no	0
22,5	3,80	11396	15,67	0,00514	62,387	15,67	no	0
23,5	4,48	11396	16,38	0,00319	40,832	16,38	no	0
24,5	5,16	11396	17,10	0,00172	24,804	17,10	no	0
25,5	5,86	15726	18,67	0,00074	17,548	17,55	yes	15726
26,5	6,60	15726	20,28	0,00022	10,071	10,07	yes	15726
27,5	7,33	15726	21,05	0,00002	7,612	7,61	yes	15726
28,5	8,06	15726	21,82	-0,00002	7,810	7,81	yes	15726
29,5	8,79	15726	22,59	0,00002	9,093	9,09	yes	15726
30,5	9,53	15726	23,36	0,00007	10,565	10,57	yes	15726
31,5	10,26	15726	24,13	0,00011	11,911	11,91	yes	15726
32,5	10,99	15726	24,90	0,00013	13,069	13,07	yes	15726
33,5	11,73	15726	25,68	0,00015	14,085	14,08	yes	15726
34,5	12,46	15726	26,45	0,00016	14,991	14,99	yes	15726
35,5	13,19	15726	27,22	0,00017	15,833	15,83	yes	15726
36,5	13,92	15726	27,99	0,00017	16,614	16,61	yes	15726
37,5	14,66	15726	28,76	0,00017	17,268	17,27	yes	15726
38,5	15,39	15726	29,53	0,00015	17,733	17,73	yes	15726
39,5	16,12	15726	30,30	0,00012	17,931	17,93	yes	15726
40,5	16,86	15726	31,08	0,00006	17,862	17,86	yes	15726
41,5	17,59	15726	31,85	0,00001	17,746	17,75	yes	15726

Hasil yang didapatkan dari proses iterasi adalah besar defleksi dari tiap titik tangkap beban terpusat. Hasil defleksi akan mempengaruhi kerja pegas/spring tanah pada titik tersebut serta akan mempengaruhi besar tekanan aktif dan pasifnya. Hasil defleksi dari iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.76.

Tabel 5. 76 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Pertama Penggalan Keempat

Depth (m)	δ_1 (m)	Depth (m)	δ_1 (m)
0	0,000000	16,4	0,042855
1	0,003014	16,5	0,042576
2	0,006218	17,5	0,039252
3	0,009814	18,5	0,035093
4	0,014030	19,5	0,030314
5	0,019130	20,5	0,025152
6	0,025432	21,5	0,019861
7	0,031858	22,5	0,014710
8	0,037400	23,5	0,009973
9	0,041065	24,5	0,005933
10	0,043118	25,5	0,002869
11	0,044224	26,5	0,001063
12	0,045212	27,5	0,000272
13	0,046077	28,5	0,000073
14	0,046310	29,5	0,000131
15	0,045622	30,5	0,000249
16	0,043863	31,5	0,000340
17	0,041032	32,5	0,000384
18	0,037266	33,5	0,000390
19	0,032769	34,5	0,000375
20	0,027768	35,5	0,000351
21	0,022509	36,5	0,000325
22	0,017254	37,5	0,000296
23	0,012276	38,5	0,000256
24	0,007852	39,5	0,000195
25	0,004265	40,5	0,000109
26	0,001820	41,5	0,000018
27	0,000572		
28	0,000127		
29	0,000090		
30	0,000195		
31	0,000306		
32	0,000374		
33	0,000398		
34	0,000391		
35	0,000371		
36	0,000346		
37	0,000319		
38	0,000286		
39	0,000236		
40	0,000163		
41	0,000069		
42	0,000000		

Dengan hasil perhitungan di atas, proses iterasi berikutnya dapat dilakukan dan besar beban *ground displacement* tidak diubah sama sekali. Iterasi dilakukan sebanyak 5 (lima) kali guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Untuk hasil iterasi lainnya akan di lampirkan pada lampiran. Hasil dari proses iterasi kelima akan ditunjukkan pada Tabel 5.77 dan Tabel 5.78. Hasil dan bentuk defleksi dinding setelah penggalian ketiga selesai dapat dilihat pada Tabel 5.79 dan Gambar 5.32.

Tabel 5. 77 Besar Tekanan Lateral Tanah di Depan Dinding Pada Iterasi Kelima

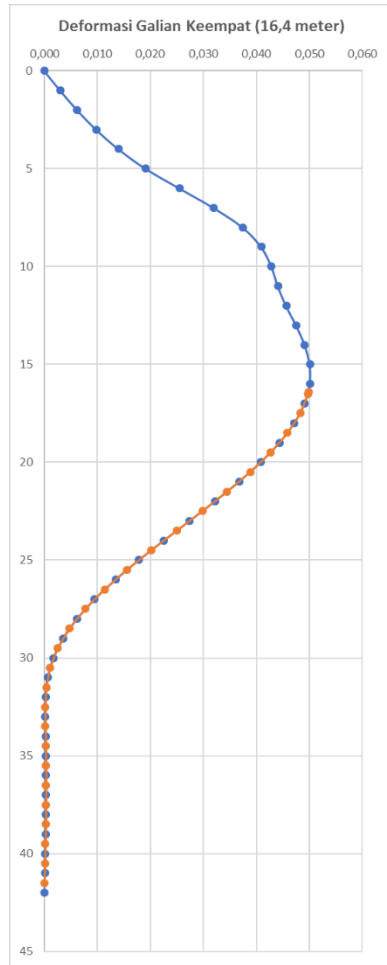
Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_4 (m)	Pp actual (t)	Pp pakai (t)	Spring	
						no	0
16,4	0,00	38716	0,049655	1922,45	0,00	no	0
16,5	0,00	11396	0,049558	564,77	1,17	no	0
17,5	0,41	11396	0,048032	547,78	12,10	no	0
18,5	1,09	11396	0,045590	520,63	12,81	no	0
19,5	1,76	11396	0,042349	484,37	13,52	no	0
20,5	2,44	11396	0,038451	440,63	14,24	no	0
21,5	3,12	11396	0,034057	391,24	14,95	no	0
22,5	3,80	11396	0,029339	338,15	15,67	no	0
23,5	4,48	11396	0,024478	283,43	16,38	no	0
24,5	5,16	11396	0,019660	229,20	17,10	no	0
25,5	5,86	15726	0,015071	242,88	18,67	no	0
26,5	6,60	15726	0,010889	177,84	20,28	no	0
27,5	7,33	15726	0,007276	121,75	21,05	no	0
28,5	8,06	15726	0,004353	76,52	21,82	no	0
29,5	8,79	15726	0,002197	43,35	22,59	no	0
30,5	9,53	15726	0,000844	22,80	22,80	yes	15726
31,5	10,26	15726	0,000194	13,31	13,31	yes	15726
32,5	10,99	15726	- 0,000024	10,62	10,62	yes	15726
33,5	11,73	15726	- 0,000036	11,16	11,16	yes	15726
34,5	12,46	15726	0,000022	12,80	12,80	yes	15726
35,5	13,19	15726	0,000087	14,56	14,56	yes	15726
36,5	13,92	15726	0,000135	16,05	16,05	yes	15726
37,5	14,66	15726	0,000163	17,22	17,22	yes	15726
38,5	15,39	15726	0,000166	18,00	18,00	yes	15726
39,5	16,12	15726	0,000141	18,34	18,34	yes	15726
40,5	16,86	15726	0,000085	18,19	18,19	yes	15726
41,5	17,59	15726	0,000015	17,82	17,82	yes	15726

Tabel 5. 78 Besar Tekanan Lateral Tanah di Belakang Dinding Pada Iterasi Kelima

Depth (m)	Po (t)	Ks (t/m)	δ_4 (m)	Pa actual (t)	Pa pakai (t)	Spring	
						yes	1438
0	0,00	1438	0,00000	0,00	0,00	yes	1438
1	1,72	1438	0,00300	-2,59	-0,69	no	0
2	2,80	1438	0,00619	-6,10	0,45	no	0
3	3,40	1438	0,00978	-10,67	1,08	no	0
4	3,10	30330	0,01401	-421,73	1,58	no	0
5	2,62	30330	0,01913	-577,59	1,85	no	0
6	2,85	30330	0,02547	-769,74	2,01	no	0
7	3,08	30330	0,03192	-965,01	2,17	no	0
8	4,43	1438	0,03742	-49,36	2,86	no	0
9	5,89	1438	0,04093	-52,95	3,70	no	0
10	6,33	1438	0,04286	-55,28	4,17	no	0
11	6,78	1438	0,04407	-56,58	4,64	no	0
12	7,22	1438	0,04561	-58,34	5,11	no	0
13	5,89	38716	0,04747	-1832,12	4,13	no	0
14	4,45	38716	0,04905	-1894,62	3,01	no	0
15	4,69	38716	0,04996	-1929,41	3,17	no	0
16	7,13	11396	0,04994	-562,02	0,77	no	0
17	9,79	11396	0,04892	-547,68	-1,37	no	0
18	10,46	11396	0,04692	-524,25	-0,65	no	0
19	11,14	11396	0,04406	-491,00	0,06	no	0
20	11,82	11396	0,04048	-449,43	0,78	no	0
21	12,50	11396	0,03631	-401,28	1,49	no	0
22	13,18	11396	0,03173	-348,42	2,21	no	0
23	13,86	11396	0,02692	-292,90	2,92	no	0
24	14,54	11396	0,02206	-236,81	3,63	no	0
25	15,21	11396	0,01733	-182,28	4,35	no	0
26	15,92	15726	0,01292	-187,31	4,26	no	0
27	16,65	15726	0,00901	-125,00	4,20	no	0
28	17,39	15726	0,00573	-72,68	4,97	no	0
29	18,12	15726	0,00318	-31,92	5,74	no	0
30	18,85	15726	0,00142	-3,53	6,51	no	0
31	19,58	15726	0,00045	12,44	12,44	yes	15726
32	20,32	15726	0,00005	19,47	19,47	yes	15726
33	21,05	15726	-0,00004	21,65	21,65	yes	15726
34	21,78	15726	0,00000	21,84	21,84	yes	15726
35	22,52	15726	0,00006	21,52	21,52	yes	15726
36	23,25	15726	0,00012	21,35	21,35	yes	15726
37	23,98	15726	0,00016	21,47	21,47	yes	15726
38	24,71	15726	0,00018	21,95	21,95	yes	15726
39	25,45	15726	0,00017	22,84	22,84	yes	15726
40	26,18	15726	0,00013	24,21	24,21	yes	15726
41	26,91	15726	0,00006	26,02	26,02	yes	15726
42	27,65	15726	0,00000	27,65	27,65	yes	15726

Tabel 5. 79 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Keempat

Depth (m)	δ_5 (m)	Depth (m)	δ_5 (m)
0	0,000000	16,4	0,049833
1	0,000061	16,5	0,049741
2	0,000144	17,5	0,048267
3	0,000311	18,5	0,045876
4	0,000664	19,5	0,042686
5	0,001364	20,5	0,038836
6	0,002623	21,5	0,034484
7	0,004219	22,5	0,029801
8	0,005999	23,5	0,024967
9	0,007895	24,5	0,020164
10	0,009855	25,5	0,015577
11	0,011919	26,5	0,011383
12	0,014296	27,5	0,007741
13	0,016775	28,5	0,004770
14	0,018914	29,5	0,002547
15	0,020446	30,5	0,001094
16	0,021247	31,5	0,000384
17	0,021350	32,5	0,000170
18	0,020816	33,5	0,000183
19	0,019695	34,5	0,000254
20	0,018071	35,5	0,000307
21	0,016048	36,5	0,000323
22	0,013745	37,5	0,000306
23	0,011294	38,5	0,000262
24	0,008830	39,5	0,000195
25	0,006492	40,5	0,000106
26	0,004417	41,5	0,000017
27	0,002726		
28	0,001502		
29	0,000794		
30	0,000521		
31	0,000480		
32	0,000516		
33	0,000546		
34	0,000546		
35	0,000516		
36	0,000467		
37	0,000409		
38	0,000343		
39	0,000266		
40	0,000173		
41	0,000071		
42	0,000000		



Gambar 5. 32 Hasil Defleksi Dinding pada Iterasi Terakhir Penggalian Keempat

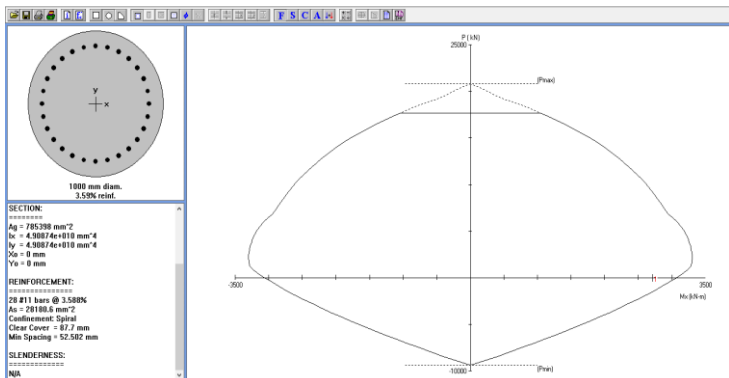
Setelah mendapatkan hasil defleksi iterasi terakhir untuk fase terakhir ini, hasil defleksi akan di kontrol dengan defleksi ijin maksimum. Jika memenuhi berarti *Secant Pile* yang di rencanakan aman. Selain itu, pada iterasi terakhir fase penggalian keempat ini didapatkan hasil momen maksimum yang akan di gunakan sebagai perencanaan struktur atau penulangan dari *Secant Pile*.

5.3.4. Perencanaan Penulangan *Secant Pile*

1. Tulangan Vertikal

Pada perhitungan sebelumnya, dinding *secant pile* akan menahan beban tekanan lateral tanah dan tekanan air pori. Salah satu hasil yang didapatkan dari program bantu SAP2000 adalah nilai dan bidang momen dari permodelan iterasi terakhir penggalian ketiga yang dapat digunakan untuk perhitungan tulangan *secant pile*. Bidang momen pada *secant pile* dapat dilihat pada Gambar 5.33.

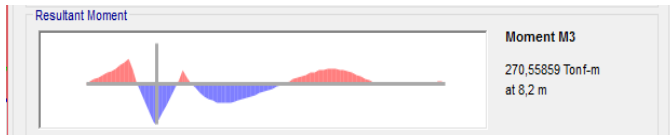
Untuk membantu perhitungan perencanaan tulangan *secant pile* digunakan program PCAColumn. Program ini akan membantu menentukan banyaknya tulangan yang dibutuhkan serta menampilkan diagram



Gambar 5. 33 Ouput penulangan dan diagram interaksi dari program PCACol

iterasi antara P-M. Hasil dari PCAColumn ditunjukkan

pada Gambar 5.34 berdasarkan masukkan data berupa nilai momen berdasarkan Gambar 5.33 .



Gambar 5. 34 Bidang Momen pada Dinding Secant Pile

Hasil pada Gambar 5.34 menunjukkan bahwa penulangan *Secant Pile* dengan tulangan 28 D36 persyaratan $\rho = 1\%-6\%$ sesuai syarat SNI, dimana nilai $\rho = 3,59\%$. Diagram interaksi menunjukkan bahwa tulangan 28 D36 mampu menahan momen sebesar 270,56 ton.m.

2. Tulangan Geser

Nilai V_u yang didapatkan dari hasil analisa program SAP2000 sebesar 147,38 kN. Jika nilai ini dibandingkan dengan nilai ϕV_n .

$$\phi V_n = 0.8 (0.17 \sqrt{f'c} x bw x d + 0.33 \sqrt{f'c} x bw x d)$$

$$\phi V_n = 2190,89 \text{ kN} > V_u = 147,38 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai V_u didapatkan lebih kecil dari ϕV_n , sehingga tulangan geser tidak diperlukan. Namun, untuk alasan keamanan, direncanakan tulangan geser dengan diameter $\phi 16$ yang dipasang secara spiral.

5.3.5. Kontrol Defleksi Maksimum

Batasan deformasi lateral izin dinding penahan tanah dan/atau *embedded walls* ditentukan oleh kondisi tanah, kedalaman galian serta jarak dan kondisi gedung terdekat yang besarnya ditentukan dalam rumusan seperti yang tercantum dalam Tabel 5.80. (SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik).

Tabel 5. 80 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, δw = defleksi dinding				
Batas izin maksimum deformasi ($\delta w/H$)	0,5%	0,7%	0,7%	1,0%

Perhitungan defleksi izin maksimum:

Data Perencanaan:

x = 5 m (jarak bangunan sekitar ke daerah galian)

H = 16,4 m

$x/H = 0,305 < 1$ (zona 1)

maka,

batas izin maksimum deformasi ($\delta w/H = 0,5\%$)

$\delta w/H = 0,5\%$

$\delta w/16,4 \text{ m} = 0,5\%$

$\delta w = 0,082 \text{ m} = 8,2 \text{ cm}$

Pada iterasi terakhir penggalian keempat untuk dinding penahan *Diaphragm Wall* maupun *Secant Pile* terdapat defleksi maksimum tiap jenis dinding penahan. Untuk *diaphragm wall* memiliki defleksi maksimum 3,65 cm berdasarkan Tabel 5.40, sedangkan *Secant Pile* memiliki defleksi maksimum 5,01 cm berdasarkan Tabel 5.79. Sehingga, dari kedua jenis dinding penahan tersebut masih memenuhi syarat batas izin defleksi maksimum yaitu 8,20 cm.

5.3.6. Analisa Stabilitas

Pada perencanaan dinding penahan tanah digunakan data-data perencanaan sebagai berikut:

a. *Diaphragm wall*

Tebal dinding	= 1 m
Luas penampang (A)	= 1m ²
Inersia penampang	= 0,08 m ⁴
Mutu beton	= 30 MPa
Mutu baja	= BJ37
Modulus elastisitas	= $4700\sqrt{f'c'} = 25742,96$ MPa
	= 25742960 kN/m ²
EA	= 25742960 kN
EI	= 2145246,7 kN.m ²
Berat (W)	= 22,425 kN/m/m

b. *Secant pile*

Diameter dinding	= 1 m
Luas penampang (A)	= 0,8 m ²
Inersia penampang	= 0,04 m ⁴
Mutu beton	= 30 MPa
Mutu baja	= BJ37
Modulus elastisitas	= $4700\sqrt{f'c'} = 25742,96$ MPa
	= 25742960 kN/m ²
EA	= 20594368 kN
EI	= 1098366 kN.m ²
Berat (W)	= 24 kN/m/m

c. Plat lantai semi basement, basement 1, dan 2

Tebal plat	= 0,2 m
Luas penampang (A)	= 0,2 m ²
Inersia penampang	= 0,0007 m ⁴
Mutu beton	= 25 MPa

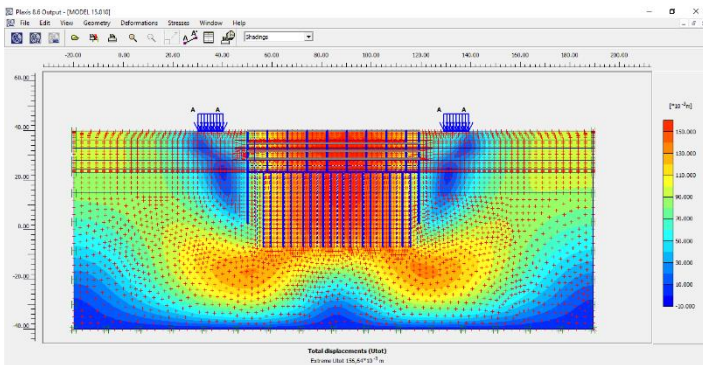
Mutu baja	= BJ37
Modulus elastisitas	= $4700\sqrt{f'c'} = 23500 \text{ MPa}$ = 23500000 kN/m^2
EA	= 4700000 kN
EI	= $15666,67 \text{ kN.m}^2$
Berat (W)	= $4,485 \text{ kN/m/m}$
d. Plat lantai basement 3	
Tebal plat	= $0,5 \text{ m}$
Luas penampang (A)	= $0,5 \text{ m}^2$
Inersia penampang	= $0,0104 \text{ m}^4$
Mutu beton	= 25 MPa
Mutu baja	= BJ37
Modulus elastisitas	= $4700\sqrt{f'c'} = 23500 \text{ MPa}$ = 23500000 kN/m^2
EA	= 11750000 kN
EI	= $244791,7 \text{ kN.m}^2$
Berat (W)	= $11,212 \text{ kN/m/m}$
e. Pondasi	
Diameter pondasi	= 1 m
Luas penampang (A)	= 1 m^2
Inersia penampang	= $0,08 \text{ m}^4$
Mutu beton	= 30 MPa
Mutu baja	= BJ37
Modulus elastisitas	= $4700\sqrt{f'c'} = 25742,96 \text{ MPa}$ = 25742960 kN/m^2
EA	= 25742960 kN
EI	= $2145246,7 \text{ kN.m}^2$
Berat (W)	= $22,425 \text{ kN/m/m}$

Analisa stabilitas akan dilakukan dengan menggunakan program bantu PLAXIS v8.5. Hasil analisa stabilitas ini berupa deformasi tanah maksimal, defleksi dinding penahan tanah serta SF / angka keamanan.

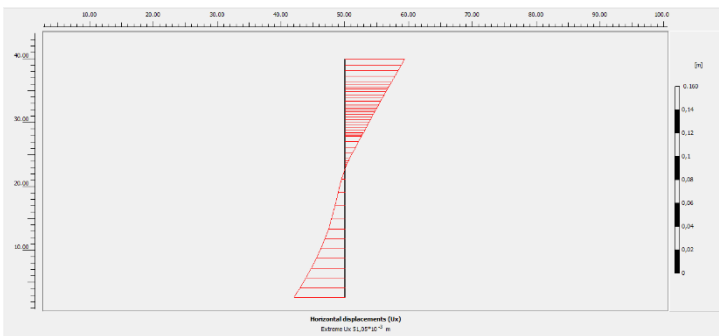
Berikut hasil permodelan *diaphragm wall* dan *secant pile* pada program bantu PLAXIS, kondisi *total displacement* dari dinding penahan, dan defleksi dari dinding penahan.

1. Fase A

Kondisi saat beban surcharge diaktifkan, dinding penahan dan pondasi sudah di install.

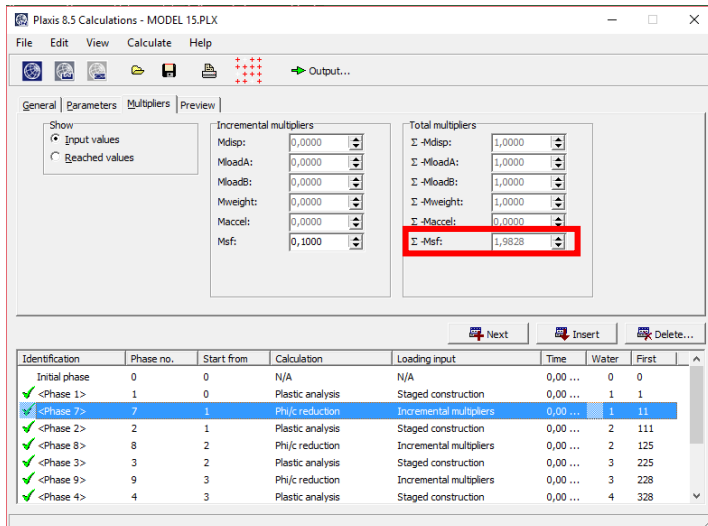


Gambar 5. 36 Total Displacement Fase A



Gambar 5. 35 Defleksi Horizontal Fase A

Berdasarkan hasil permodelan pada program bantu PLAXIS v8.5, nilai defleksi yang terjadi pada dinding penahan tanah adalah 5,105 cm.

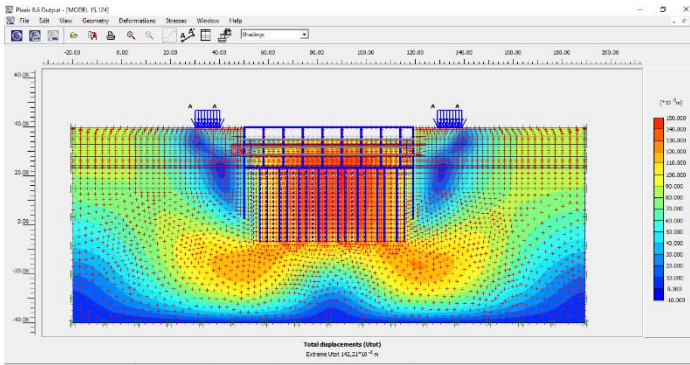


Gambar 5. 37 Safety Factor Fase A

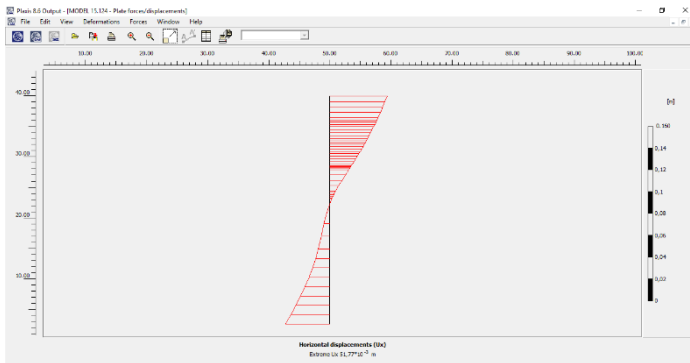
Safety Factor dari analisa stabilitas diatas di dapatkan hasil sebesar 1,98.

2. Fase B

Kondisi ini adalah saat galian mencapai 5 m, sesuai dengan kedalaman *basement* lantai *semi basement* / *Lower Ground*. Dan bersamaan dengan galian dilakukan instalasi plat lantai 1

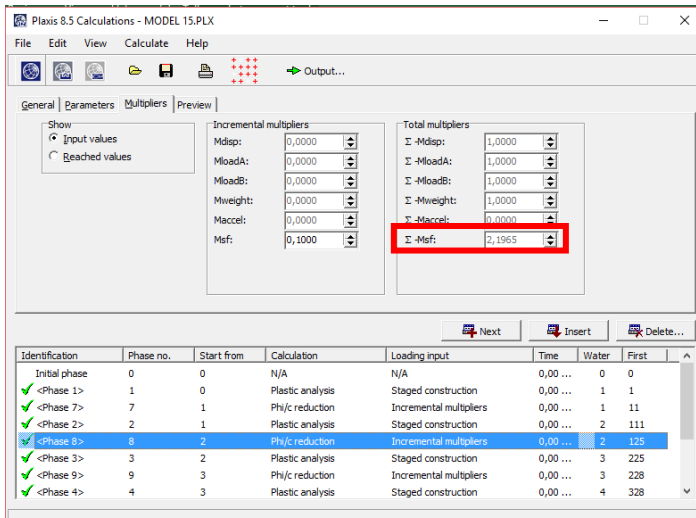


Gambar 5. 39 Total Displacement Fase B



Gambar 5. 38 Defleksi Horizontal Fase B

Berdasarkan hasil permodelan pada program bantu PLAXIS v8.5, nilai defleksi yang terjadi pada dinding penahan tanah adalah 5,177 cm

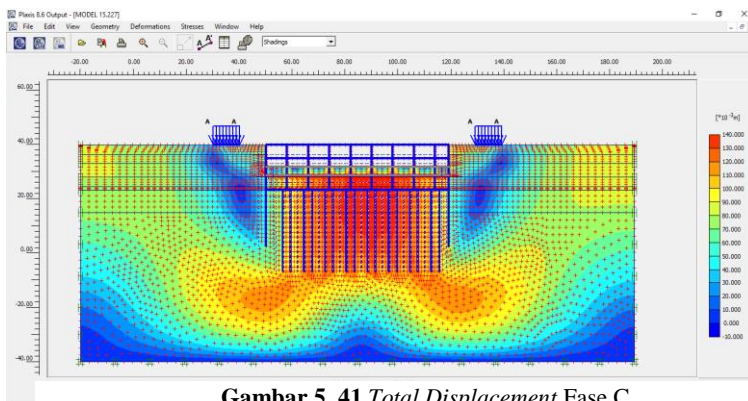


Gambar 5. 40 Safety Factor Fase B

Safety Factor dari analisa stabilitas diatas di dapatkan hasil sebesar 2,19.

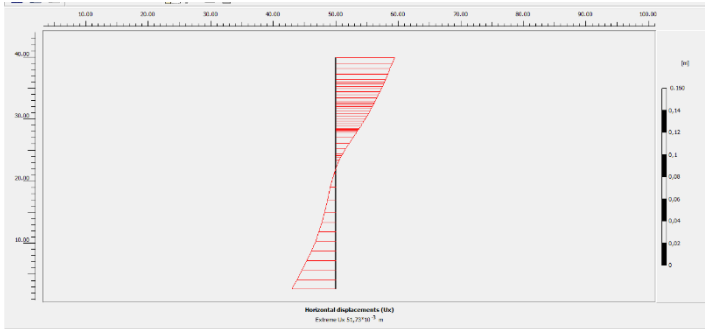
3. Fase C

Kondisi ini adalah saat galian mencapai 8,2 m, sesuai dengan kedalaman *basement* lantai pertama. Dan



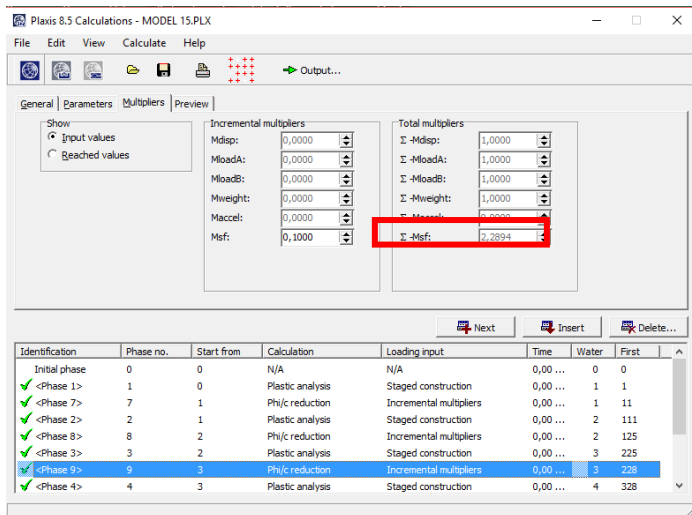
Gambar 5. 41 Total Displacement Fase C

bersamaan dengan galian dilakukan instalasi plat *basement* lantai 2.



Gambar 5. 42 Defleksi Horizontal Fase C

Berdasarkan hasil permodelan pada program bantu PLAXIS v8.5, nilai defleksi yang terjadi pada dinding penahan tanah adalah 5,173 cm

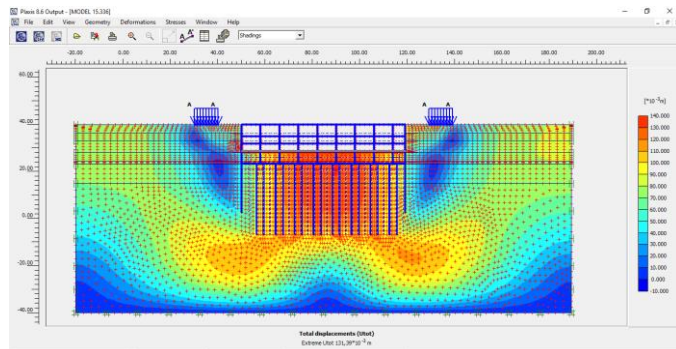


Gambar 5. 43 Safety Factor Fase C

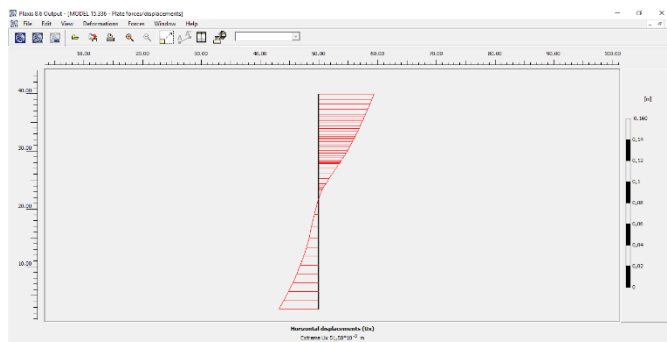
Safety Factor dari analisa stabilitas diatas di dapatkan hasil sebesar 2,29

4. Fase D

Kondisi ini adalah saat galian mencapai 11,4 m, sesuai dengan kedalaman *basement* lantai kedua. Dan bersamaan dengan galian dilakukan instalasi plat *basement* lantai 1.

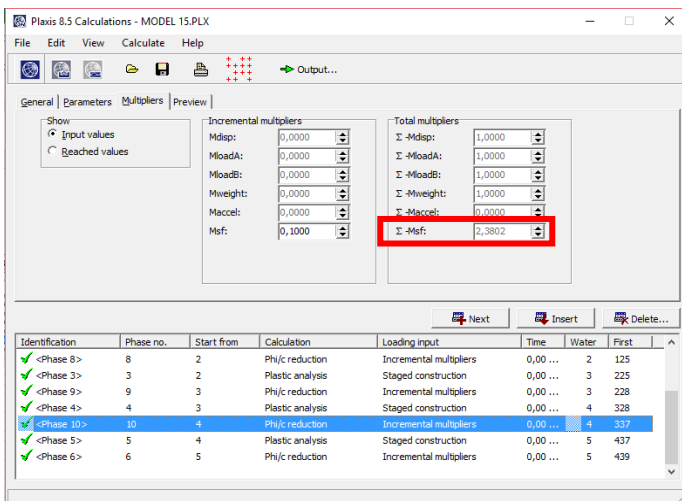


Gambar 5. 45 Total Displacement Fase D



Gambar 5. 44 Defleksi Horizontal Fase D

Berdasarkan hasil permodelan pada program bantu PLAXIS v8.5, nilai defleksi yang terjadi pada dinding penahan tanah adalah 5,158 cm

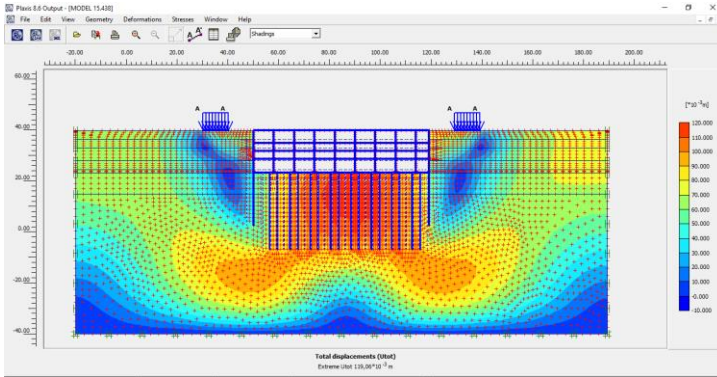


Gambar 5. 46 Safety Factor Fase D

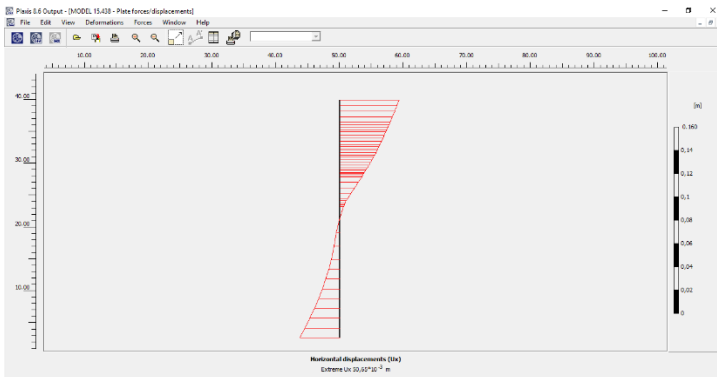
Safety Factor dari analisa stabilitas diatas di dapatkan hasil sebesar 2,38

5. Fase E

Kondisi ini adalah saat galian mencapai 16,4 m, sesuai dengan kedalaman *basement* lantai ketiga. Dan bersamaan dengan galian dilakukan instalasi plat *basement* lantai 2 dan lantai 3.

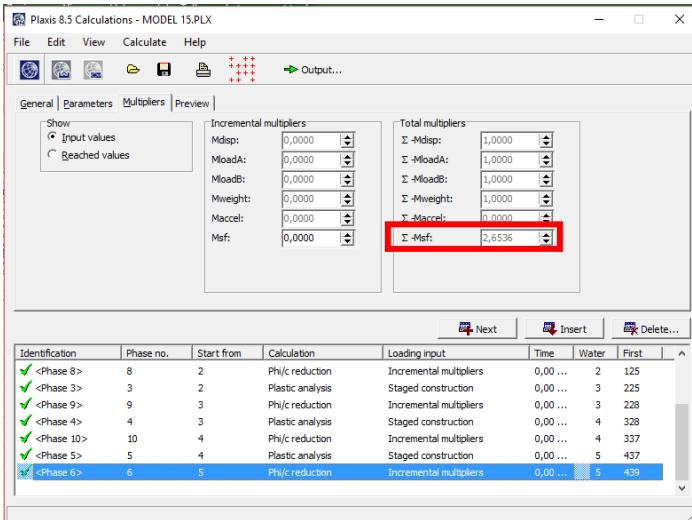


Gambar 5. 48 Total Displacement Fase E



Gambar 5. 47 Defleksi Horizontal Fase E

Berdasarkan hasil permodelan pada program bantu PLAXIS v8.5, nilai defleksi yang terjadi pada dinding penahan tanah adalah 5,065 cm



Gambar 5. 49 Safety Factor Fase E

Safety Factor dari analisa stabilitas diatas di dapatkan hasil sebesar 2,65.

5.3.7. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Dinding Penahan Tanah

A. Diaphragm Wall

No	Fase Penggalian	Iterasi	Defleksi	Momen maksimum	SF
1	Penggalian -5m	Iterasi ke-7	3,65 cm	179,22 t.m	2,19
2	Penggalian -8,2 m	Iterasi ke-4		176,48 t.m	2,29
3	Penggalian -11,4 m	Iterasi ke-5		172,29 t.m	2,38
4	Penggalian -16,4 m	Iterasi ke-6		149,92 t.m	2,65

B. Secant Pile

No	Fase Penggalian	Iterasi	Defleksi	Momen maksimum	SF
1	Penggalian -5m	Iterasi ke-7	5,01 cm	161,82 t.m	2,19
2	Penggalian -8,2 m	Iterasi ke-4		160,56 t.m	2,29
3	Penggalian -11,4 m	Iterasi ke-4		156,38 t.m	2,38
4	Penggalian -16,4 m	Iterasi ke-5		270,56 t.m	2,65

5.4. Perencanaan Pondasi *Bored Pile*

5.4.1. Koreksi N-SPT

Data SPT (*Standard Penetration Test*) yang didapatkan dari lapangan tidak bisa langsung dipakai untuk perencanaan pondasi. Data tersebut harus dikoreksi dahulu. Bazaraa (1967) melakukan koreksi nilai N_{SPT} terhadap muka air tanah dan juga *overburden pressure*.

Koreksi terhadap muka air tanah dilakukan untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$. Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah tanah lempung dan pasir halus dan muka air tinggi yaitu -1,00 meter dari permukaan tanah. Maka, koreksi terhadap muka air hanya diperlukan untuk pasir, sedangkan pada tanah lempung tidak diperlukan koreksi N_{SPT} .

Selanjutnya, tanah dikoreksi terhadap *overburden pressure*. *Overburden pressure* adalah tekanan secara vertikal akibat tanah yang berada di atas titik yang di tinjau. Dengan menggunakan nilai γ yang terdapat di data tanah. Nilai γ yang digunakan untuk menghitung tegangan *overburden* adalah nilai efektif, karena terdapat muka air dari kedalaman -1,00 m. Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai N yang sudah dikoreksi (N_2) hingga pada kedalaman 5,0 meter dari permukaan tanah.

1) Koreksi terhadap muka air tanah

Data tanah pada kedalaman -5,00 meter pada DB-1 digunakan sebagai contoh perhitungan.

Nilai $N_{SPT} = 6$

Jenis tanah = pasir

\therefore Nilai $N_{SPT} < 15$, sehingga nilai N_{SPT} tidak ada koreksi. Jadi, $N_1 = N$

2) Koreksi terhadap *overburden pressure*

$$\begin{aligned} P_o &= P_o \text{ (pada 4,5 meter)} + (\gamma_5 \cdot h_5) \\ &= 1,83 \text{ (t/m}^2\text{)} + (0,33 \text{ t/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m}) \\ &= 1,99 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Bila $P_o \leq 7,5 \text{ t/m}^2$, maka :

$$N_2 = \frac{4 \cdot N_1}{1 + 0,4 P_o}$$

$$N_2 = \frac{4 \cdot 6 \text{ t/m}^2}{1 + 0,4 \cdot 1,99 \text{ t/m}^2} = 13,35$$

$N_2 \leq 2N_1 \rightarrow 13,35 \leq 2(6) \rightarrow 13,35 > 12 \dots$ (tidak ok)

Apabila nilai N_2 lebih besar dari nilai $2N_1$ maka yang diambil adalah $2N_1$.

Maka, N_2 diambil nilai = $2N_1 = 12$

Berikut adalah perhitungan N koreksi sampai kedalaman 5,00 meter yang akan disajikan pada Tabel 5.80. sedangkan perhitungan N koreksi untuk semua titik bor dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 5. 81 Perhitungan N Koreksi

Depth (m)	N-SPT	C/S	N>15, sand		N1	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N2	2N1	N Corr
			+ 0,5 (N-1)	0,6 N							
1,00	2,00	C	2,00	2,00	2,00	1,60	0,60	0,30	7,14	4,00	4,00
1,50	2,50	C	2,50	2,50	2,50	1,45	0,45	0,53	8,26	5,00	5,00
2,00	3,00	C	3,00	3,00	3,00	1,70	0,70	0,88	8,89	6,00	6,00
2,50	3,50	C	3,50	3,50	3,50	1,55	0,55	1,15	9,59	7,00	7,00
3,00	4,00	C	4,00	4,00	4,00	1,56	0,56	1,43	10,18	8,00	8,00
3,50	4,50	S	4,50	4,50	4,50	1,23	0,23	1,54	11,13	9,00	9,00
4,00	5,00	S	5,00	5,00	5,00	1,27	0,27	1,68	11,97	10,00	10,00
4,50	5,50	S	5,50	5,50	5,50	1,30	0,30	1,83	12,71	11,00	11,00
5,00	6,00	S	6,00	6,00	6,00	1,33	0,33	1,99	13,35	12,00	12,00

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan N-koreksi.

Tabel 5. 82 Rekapitulasi N Koreksi

Kedalaman (m)	N Koreksi			
	DB-1	DB-2	DB-3	DB-4
1,00	4,00	6,00	4,00	8,00
1,50	5,00	8,00	4,50	10,50
2,00	6,00	10,00	5,00	13,00
2,50	7,00	12,00	5,50	15,50
3,00	8,00	14,00	6,00	18,00
3,50	9,00	15,50	7,50	19,00
4,00	10,00	17,00	9,00	19,26
4,50	11,00	18,28	10,50	19,06
5,00	12,00	18,65	12,00	18,83
5,50	9,00	13,45	14,50	13,56
6,00	6,00	8,75	17,00	8,82
6,50	3,00	4,34	19,09	4,37
7,00	0,00	0,00	18,78	0,00
7,50	0,00	0,00	12,75	0,00
8,00	0,00	0,00	7,92	0,00
8,50	0,00	0,00	3,78	0,00
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,50	3,34	2,83	0,32	1,33

10,00	6,35	5,43	0,64	2,58
10,50	8,96	7,73	0,94	3,75
11,00	11,40	9,90	1,22	4,84
11,50	24,49	17,10	15,44	17,02
12,00	35,49	23,63	28,04	27,78
12,50	27,81	18,04	24,05	22,92
13,00	33,59	21,60	30,56	28,57
13,50	30,24	18,07	29,84	25,95
14,00	27,20	14,77	29,54	23,66
14,50	24,44	11,80	29,26	21,43
15,00	36,57	14,79	47,84	31,82
15,50	31,37	14,93	39,13	28,51
16,00	26,39	15,07	30,90	25,33
16,50	21,60	15,21	23,02	22,27
17,00	16,95	15,34	15,39	19,30
17,50	17,05	15,70	14,83	19,12

Tabel 5.82 Rekapitulasi N Koreksi (*lanjutan*)
Kedalaman N Koreksi

(m)	DB-1	DB-2	DB-3	DB-4
18,00	17,14	16,05	14,28	18,94
18,50	17,22	16,40	13,75	18,77
19,00	17,31	16,73	13,22	18,60
19,50	17,17	16,14	13,36	17,56
20,00	17,02	15,56	13,49	16,55

20,50	16,89	15,00	13,62	15,56
21,00	16,75	14,44	13,75	14,59
21,50	16,83	14,35	13,88	15,34
22,00	16,91	14,25	14,00	16,07
22,50	16,99	14,16	14,11	16,77
23,00	17,06	14,06	14,23	17,46
23,50	16,92	15,27	14,13	17,93
24,00	16,78	16,45	14,04	18,38
24,50	16,64	17,59	13,95	18,81
25,00	16,51	18,71	13,85	19,23
25,50	18,20	18,54	13,96	24,14
26,00	19,85	18,37	14,07	28,85
26,50	21,43	18,20	14,18	33,32
27,00	22,97	18,04	14,28	37,54
27,50	21,93	17,48	15,94	31,75
28,00	20,92	16,93	17,56	26,22
28,50	19,95	16,40	19,13	20,90
29,00	19,00	15,87	20,65	15,73
29,50	18,63	16,14	19,31	15,26
30,00	18,27	16,40	18,01	14,80
30,50	17,93	16,66	16,75	14,34
31,00	17,59	16,90	15,51	13,90
31,50	17,43	16,76	15,58	13,98

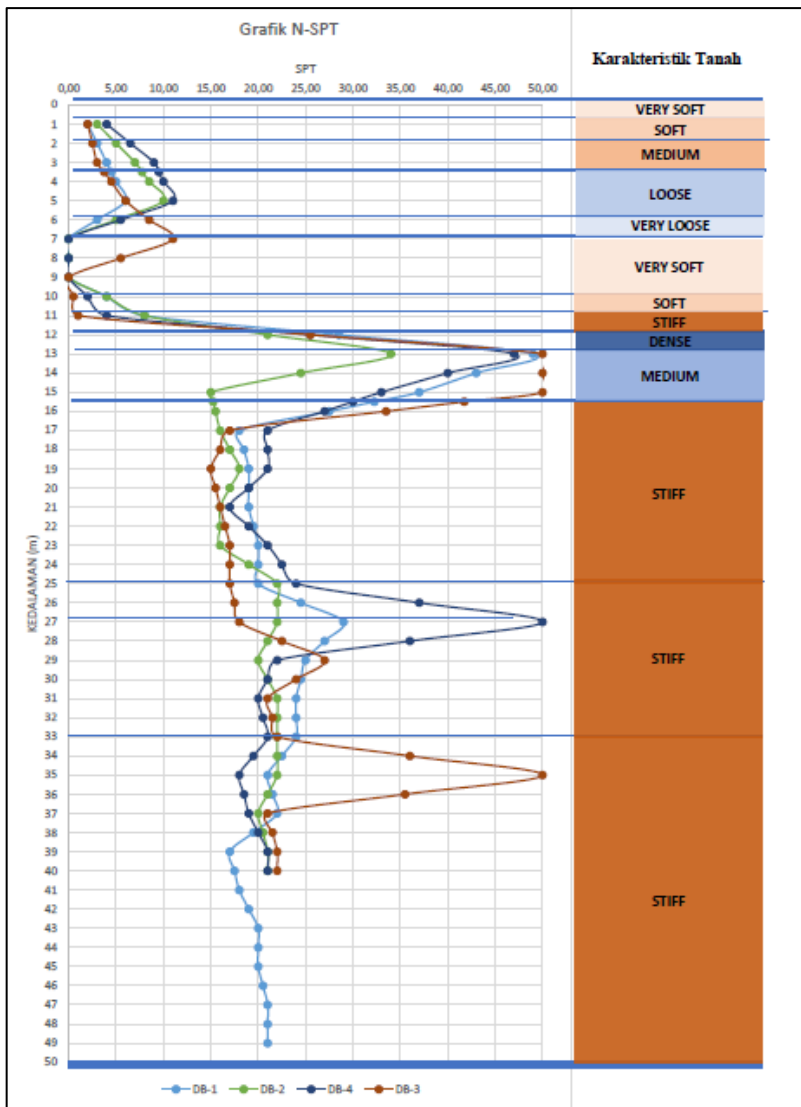
32,00	17,28	16,63	15,64	14,05
32,50	17,14	16,49	15,70	14,13
33,00	16,99	16,36	15,76	14,20
33,50	16,33	16,23	20,55	13,60
34,00	15,68	16,10	25,18	13,01
34,50	15,04	15,97	29,61	12,44
35,00	14,42	15,85	33,82	11,87
35,50	14,49	15,37	28,48	11,97
36,00	14,56	14,90	23,37	12,06
36,50	14,62	14,45	18,42	12,15

Tabel 5.82 Rekapitulasi N Koreksi (*lanjutan*)

Kedalaman (m)	N Koreksi			
	DB-1	DB-2	DB-3	DB-4
37,00	14,68	14,00	13,60	12,24
37,50	13,75	14,08	13,67	12,49
38,00	12,84	14,15	13,74	12,73
38,50	11,95	14,22	13,81	12,96
39,00	11,08	14,29	13,87	13,20
39,50	11,02	14,20	13,78	13,11
40,00	10,96	14,10	13,68	13,03

Dari rekapitulasi perhitungan N koreksi diatas dapat dilihat bahwa kedalaman tanah stiff, yaitu saat nilai N koreksi > 10 adalah – 11,5 meter. Namun, pada kedalaman tanah antara 12 m sampai 17 m grafik SPT berbentuk lensa (tanah keras yang tipis). Meletakkan dasar pondasi pada lapisan lensa akan berpotensi mengalami penurunan / *settlemet* yang sangat besar. Maka, pada perencanaan ini pemasangan pondasi *bored pile* ditempatkan pada tanah stiff dengan kedalaman lebih dari 17 meter.

Berikut adalah geometri tanah untuk DB-1, DB-2, DB-3, dan DB-4. (lihat pada Gambar 5.38)



Gambar 5. 50 Grafik N-SPT dan karakteristik tanah

5.4.2. Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi

Perhitungan daya dukung aksial pondasi menggunakan cara seperti yang sudah tertera pada Bab 2. Selain memperhitungkan daya dukung pondasi terhadap tanah, perlu juga memperhitungankan daya dukung ijin bahan dari pondasi itu sendiri. Berikut ini adalah contoh perhitungan daya dukung ijin bahan dan daya dukung aksial pondasi pada elevasi -5 meter untuk pondasi *bored pile* dengan diameter 120 cm.

a. Daya dukung ijin bahan pondasi

Data perencanaan :

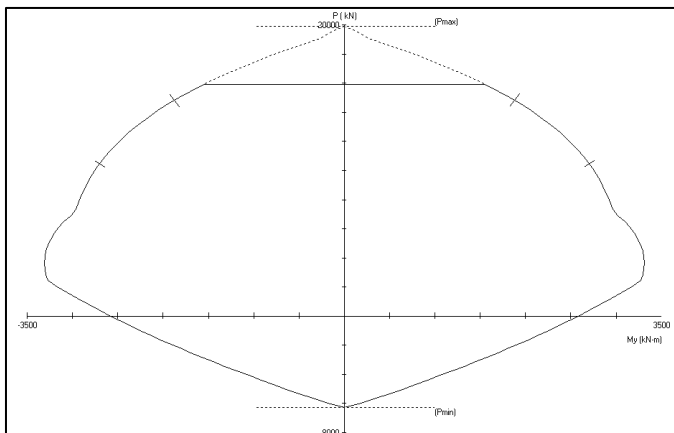
Spesifikasi pondasi bored pile yang digunakan adalah sebagai berikut

Diameter = 120 cm

F_c = 25 MPa

F_y = BJ 37

Dengan program bantu PCA-Column , berikut adalah kapasitas daya dukung ijin bahan pondasi *bored pile* yaitu sebesar 1989,64 ton



Gambar 5. 51 Output program bantu PCA-Column

b. Daya dukung aksial pondasi

Untuk contoh perhitungan diambil data pada DB-3

$$Q = \alpha K N_b A_b + \beta A_s \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right)$$

$N_{b \text{ } -5m}$ = rata-rata dari harga N SPT yang telah dikoreksi mulai 4D dibawah ujung tiang sampai 4D diatas tiang

$$N_{b \text{ } -5m} = 8,79$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (untuk sand)}$$

$$\beta = 0,5 \text{ (untuk sand)}$$

$$K = 40 \text{ (untuk sand)}$$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi (1,2 \text{ m})^2 = 1,131 \text{ m}^2$$

$$A_s = \pi D t = \pi (1,2 \text{ m}) 5 \text{ m} = 18,85 \text{ m}^2$$

N_m = rata-rata nilai N SPT sampai dengan elevasi yang ditinjau

$$N_m = 7,11$$

$$Q = \alpha K N_b A_b + \beta A_s \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right)$$

$$Q = 0,5 \cdot 40 \cdot 8,79 \cdot 1,131 + 0,5 \cdot 18,85 \left(\frac{7,11}{3} + 1 \right)$$

$$Q = 230,48$$

$$P_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{230,48}{2,5} = 92,19$$

Hasil perhitungan daya dukung aksial pondasi *bored pile* untuk seluruh kedalaman akan disajikan dalam bentuk tabel pada Lampiran 3.

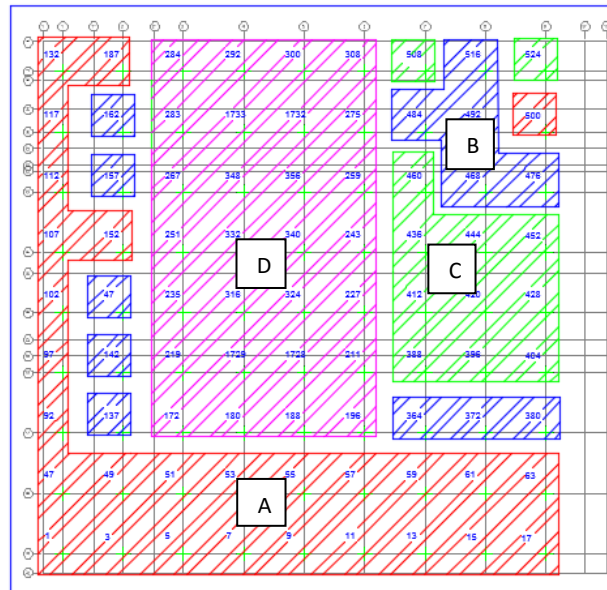
Pondasi *bored pile* direncanakan masuk sampai elevasi -30 meter. Daya dukung pondasi *bored pile* untuk kedalaman 30 meter diambil dari daya dukung terendah yaitu DB-2 dengan nilai $Q_{ijin} = 276,67$ ton. Karena P_{ijin} bahan $\geq Q_{ijin}$ tanah, maka *bored pile* dengan diameter 120 cm dapat digunakan.

5.4.3. Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Cara mengetahui jumlah pondasi bored pile yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

$$n = \frac{P_n}{P_{ijin}}$$

Terdapat beberapa tipe susunan tiang bor berdasarkan kolom yang dipikulnya seperti Gambar 5.40.



Gambar 5. 52 Perencanaan pengelompokan tiang bor

Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan tiang bor pada titik 132 pada tipe A.

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 P_n &= 372,04 \text{ ton} \\
 P_{ijin} &= \text{daya dukung aksial pondasi di kedalaman } -30\text{m} \\
 &= 276,67 \text{ ton} \\
 n &= \frac{P_n}{P_{ijin}} \\
 n &= \frac{372,04 \text{ ton}}{276,67 \text{ ton}} \\
 n &= 1,34 \\
 &\approx 2 \text{ buah tiang bor}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung daya dukung aksial pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (E_f). Efisiensi daya dukung pondasi kelompok yang disarankan oleh *Converse-Labarre Formula* adalah sebagai berikut: (Sumber : *Foundation Analysis And Design (Fifth Edition)* – Bowles).

$$E_f = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 m n'}$$

dimana:

E_f = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s , dalam derajat

s = jarak pusat ke pusat tiang

d = diameter tiang

Hasil perhitungan efisiensi daya dukung tiang dalam grup akan ditunjukkan pada Tabel 5.83

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times E_f$$

Hasil dari $Q_L (\text{group}) > P$ yang terjadi (OK). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.84

Tabel 5. 83 Efisiensi Tiang Dalam Group

Tipe	d	n	m	s	θ	Ef
	(cm)			(cm)	(°)	
A	120	2	1	300	21,8	0,88
B	120	2	2	300	21,8	0,76
C	120	2	2	300	21,8	0,76
D	120	16	10	300	21,8	0,55

Tabel 5. 84 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Grup

Tipe	Ef	P tiang	n	QL group	Syarat
		(t)		(t)	QL Group > P max yg terjadi
A	0,879	276,67	2	486,32	OK
B	0,758	276,67	3	628,95	OK
C	0,758	276,67	4	838,60	OK
D	0,555	339,20	168	31602,51	OK

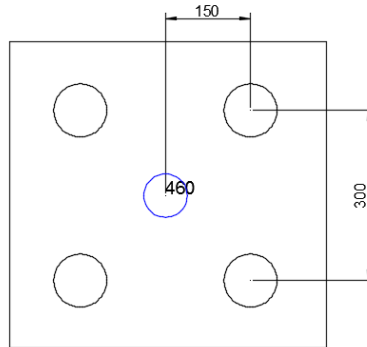
5.4.4. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\sum P_y}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} \leq P_{ijin} \text{ (1 tiang)}$$

Kontrol dilakukan pada tiap jenis susunan tiang bor. Untuk perencanaan ini digunakan P_{ijin} yang berbeda dikarenakan terdapat perbedaan kedalaman pada masing-masing tipe.

Untuk tipe A, B, dan C memiliki P_{ijin} sebesar 276,67 ton sedangkan tipe D memiliki P_{ijin} sebesar 339,20 ton. Contoh perhitungan beban maksimum 1 tiang untuk tipe C pada titik 460 adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 53 Jarak kolom dan pondasi *bored pile* untuk tipe C

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 n &= 4 \text{ buah} \\
 \sum X^2 &= 36 \text{ m} \\
 \sum Y^2 &= 36 \text{ m} \\
 P_v &= 877,13 \text{ t} \\
 M_x &= 0,001 \text{ t.m} \\
 M_y &= 1,17 \text{ t.m} \\
 X_{max} &= 1,50 \text{ m} \\
 Y_{max} &= 1,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \frac{\sum P_v}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} \\
 P_{max} &= \frac{877,13}{4} \pm \frac{1,17 \cdot 1,50}{36} \pm \frac{0,001 \cdot 1,50}{36} \\
 P_{max} &= 219,28 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$P_{max} \leq P_{ijin}$$

219,28 ton \leq 276,67 ton (memenuhi)

Hasil perhitungan beban maksimum 1 tiang untuk semua tipe akan ditampilkan dalam bentuk tabel pada Tabel 5.85 sampai Tabel 5.87

Tabel 5. 85 Pondasi Bored Pile Tipe A

A							
n	=	2					
P _{ijin}	=	276,67t					
$\sum X$	=	3 m		$\sum X^2$	=	9 m	
$\sum Y$	=	0 m		$\sum Y^2$	=	0 m	
Titik	Pu	My	Mx	X max	Y max	P max	CEK
	(t)	(t.m)	(t.m)	(m)	(m)	(t)	
1	263,15	0,19	0,04	1,5	0	131,61	OK
132	372,04	0,67	0,27	1,5	0	186,13	OK
92	367,48	2,41	0,00	1,5	0	184,14	OK
97	362,89	2,58	0,02	1,5	0	181,87	OK
15	539,14	2,02	0,27	1,5	0	269,90	OK
47	367,89	2,48	0,02	1,5	0	184,36	OK
117	410,95	1,28	0,48	1,5	0	205,69	OK
13	479,67	1,59	0,00	1,5	0	240,10	OK
102	385,76	0,11	0,13	1,5	0	192,90	OK
11	427,64	1,45	0,14	1,5	0	214,06	OK
9	395,10	1,27	0,08	1,5	0	197,76	OK
7	376,84	1,18	0,02	1,5	0	188,62	OK
5	371,45	1,12	0,05	1,5	0	185,91	OK
107	389,26	0,11	0,13	1,5	0	194,65	OK
3	371,33	0,80	0,00	1,5	0	185,80	OK
112	405,04	1,49	0,15	1,5	0	202,77	OK
61	212,85	0,17	0,03	1,5	0	106,45	OK
59	237,30	0,44	0,25	1,5	0	118,72	OK
57	281,15	1,56	0,10	1,5	0	140,83	OK
63	347,02	6,02	0,26	1,5	0	174,51	OK
49	286,63	1,61	0,03	1,5	0	143,59	OK
51	308,59	1,48	0,02	1,5	0	154,54	OK
53	310,87	1,76	0,06	1,5	0	155,73	OK
55	312,75	1,84	0,03	1,5	0	156,68	OK
167	515,59	0,66	0,39	1,5	0	257,91	OK
500	543,85	5,73	0,06	1,5	0	272,88	OK
152	552,72	0,99	0,07	1,5	0	276,52	OK

Tabel 5. 86 Pondasi Bored Pile Tipe B

B							
n	=	3					
P _{ijin}	=	276,67					
$\sum X$	=	1,50		$\sum X^2$	=	2,25	
$\sum Y$	=	3,90		$\sum Y^2$	=	15,19	
Titik	Pu	My	Mx	X max	Y max	P max	CEK
	(t)	(t.m)	(t.m)	(m)	(m)	(t)	
516	820,09	1,26	0,06	1,50	1,30	274,21	272,52
17	650,74	7,13	0,05	1,50	1,30	221,67	212,15
380	622,91	2,30	0,11	1,50	1,30	209,18	206,10
476	621,43	4,41	0,02	1,50	1,30	210,09	204,20
147	685,49	1,41	0,03	1,50	1,30	229,44	227,55
162	674,63	19,54	0,28	1,50	1,30	237,92	211,83
492	712,88	1,61	0,02	1,50	1,30	238,70	236,55
372	730,54	1,62	0,06	1,50	1,30	244,60	242,43
364	769,57	1,85	0,09	1,50	1,30	257,76	255,29
484	813,09	1,33	0,02	1,50	1,30	271,92	270,14
468	820,80	0,32	0,05	1,50	1,30	273,82	273,38
157	557,84	4,36	0,32	1,50	1,30	188,88	183,01
142	575,61	1,02	0,02	1,50	1,30	192,56	191,19
137	561,19	0,96	0,04	1,50	1,30	187,70	186,42

Tabel 5. 87 Pondasi Bored Pile Tipe C

C							
n	=	4					
P _{ijin}	=	276,67t					
$\sum X$	=	6 m		$\sum X^2$	=	36 m	
$\sum Y$	=	6 m		$\sum Y^2$	=	36 m	
Titik	Pu	My	Mx	X max	Y max	P max	CEK
	(t)	(t.m)	(t.m)	(m)	(m)	(t)	
524	842,93	3,78	0,09	1,50	1,50	210,89	210,57
460	877,13	1,17	0,00	1,50	1,50	219,33	219,23
404	914,39	2,39	0,16	1,50	1,50	228,70	228,49
428	939,19	3,13	0,05	1,50	1,50	234,93	234,66
388	997,59	3,25	0,23	1,50	1,50	249,54	249,25
412	1026,11	2,22	0,11	1,50	1,50	256,63	256,43
444	1007,93	1,65	0,09	1,50	1,50	252,05	251,91
396	1052,96	2,43	0,06	1,50	1,50	263,34	263,14
420	1090,39	1,54	0,17	1,50	1,50	272,67	272,53
508	832,89	1,56	0,11	1,50	1,50	208,29	208,15
452	834,72	2,77	0,05	1,50	1,50	208,80	208,56
436	870,27	1,31	0,13	1,50	1,50	217,63	217,51

Perhitungan Pondasi Bored Pile tipe D

1. Menghitung eksentrisitas pada pondasi

a. Perhitungan titik berat beban dari pilecap

titik kolom	Vi	xi	yi	Vi.xi	Vi.yi
	t	m	m	tm	tm
172	1378,18	2,78	2,2	3831,33	3031,99
180	1592,77	10,78	2,2	17170,08	3504,10
188	1794,32	18,78	2,2	33697,25	3947,50
196	1647,70	26,78	2,2	44125,48	3624,95
219	1725,29	2,78	10,2	4796,31	17597,97
1729	3132,94	10,78	10,2	33773,07	31955,97
1728	3296,65	18,78	10,2	61911,13	33625,85
211	2100,21	26,78	10,2	56243,76	21422,19
235	1748,49	2,78	18,2	4860,79	31822,47
316	1916,26	10,78	18,2	20657,31	34875,97
324	1879,60	18,78	18,2	35298,90	34208,73
227	1861,04	26,78	18,2	49838,62	33870,90
251	1768,62	2,78	26,2	4916,76	46337,78
332	2059,18	10,78	26,2	22197,95	53950,49
340	1885,48	18,78	26,2	35409,37	49399,66
243	1636,26	26,78	26,2	43819,05	42870,02
267	1554,68	2,78	34,2	4322,01	53170,06
348	1841,62	10,78	34,2	19852,61	62983,25
356	1849,05	18,78	34,2	34725,11	63237,41
259	1622,70	26,78	34,2	43455,92	55496,36
283	1520,55	2,78	42,2	4227,12	64167,08
1733	3066,07	10,78	42,2	33052,26	129388,27
1732	3118,29	18,78	42,2	58561,41	131591,66
275	1582,76	26,78	42,2	42386,21	66792,31
284	1264,87	2,78	50,2	3516,34	63496,45
292	1477,97	10,78	50,2	15932,56	74194,29
300	1531,29	18,78	50,2	28757,63	76870,77
308	1418,32	26,78	50,2	37982,55	71199,55
	53271,15			799327,57	1358636,33

$$x = \frac{\sum Wi}{\sum Wi.xi} = \frac{53271,15 t}{799327,57 t.m} = 15,005 m$$

$$y = \frac{\sum Wi}{\sum Wi.yi} = \frac{53271,15 t}{1358636,33 t.m} = 25,504 m$$

b. Perhitungan titik berat penampang dari pilecap

Dimensi pilecap rencana :

Lebar (B) = 30 m

Panjang (L) = 51 m

Maka, titik berat penampang berada di tengah-tengah penampang karena penampang berbentuk persegi.

$$x = \frac{B}{2} = \frac{30 \text{ m}}{2} = 15 \text{ m}$$

$$y = \frac{L}{2} = \frac{51 \text{ m}}{2} = 25,5 \text{ m}$$

dengan demikian

eksentrisitas arah x (e_x) = 15,005-15 = 0,005 meter

eksentrisitas arah y (e_y) = 25,504-25,5 = 0,004 meter

$$M_x = P_v \cdot e_y = 53271,15 \text{ ton} \cdot 0,004 \text{ m} = 222,03 \text{ t.m}$$

$$M_y = P_v \cdot e_x = 53271,15 \text{ ton} \cdot 0,005 \text{ m} = 260,33 \text{ t.m}$$

$$P_{\max} = \frac{\sum P_v}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ijin}} \text{ (1 tiang)}$$

$$P_{\max} = \frac{53271,15 \text{ t}}{168} + \frac{260,33 \cdot 12,22}{50176} + \frac{222,03 \cdot 24,70}{149601,48}$$

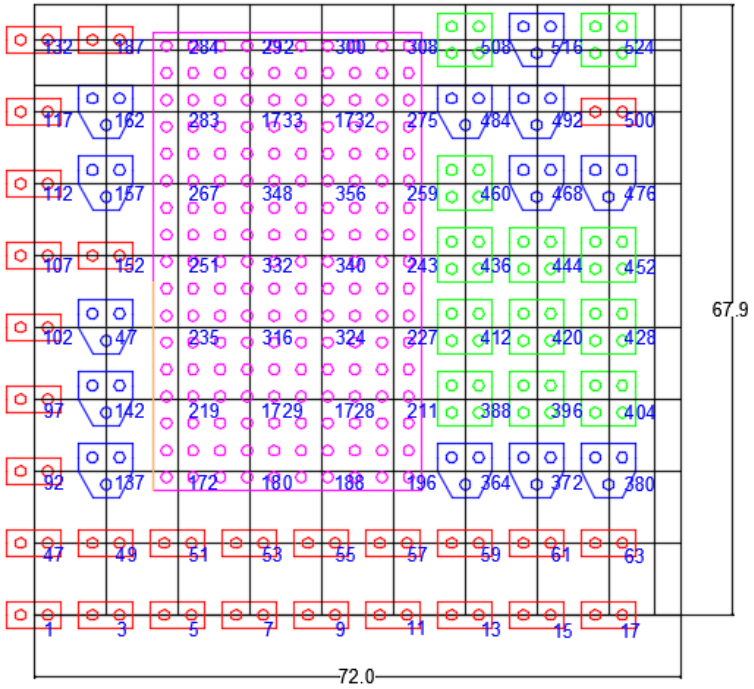
$$P_{\max} = 317,19 \text{ t.m}$$

Syarat :

$$P_{\max} \leq P_{\text{ijin}} \text{ (1 tiang)}$$

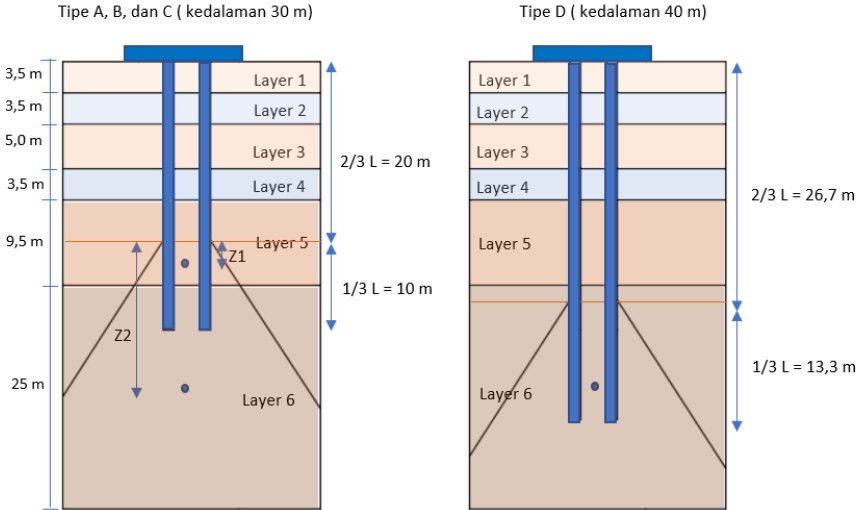
$$317,19 \text{ t.m} \leq 339,00 \text{ t.m} \quad (\text{memenuhi})$$

Gambar titik rencana pondasi dapat dilihat pada Gambar 5.39 dibawah ini.



Gambar 5. 54 Layout titik rencana pondasi

5.4.5. Perhitungan Penurunan Bored Pile Penurunan Konsolidasi



Gambar 5. 55 Distribusi beban pada tiang kelompok

Parameter tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.89 dibawah ini

Tabel 5. 88 Data tanah untuk perhitungan settlement Consolidation

Layer	Depth (m)	Jenis Tanah	γ sat (t/m ³)	eo	Cc
layer 1	0-3,5	Clay & Silt	1,63	1,70	0,27
layer 2	3,5-7	Fine Sand	1,40	3,29	0,00
layer 3	7-12	Clay & Silt	1,47	2,62	0,42
layer 4	12-15,5	Fine Sand	1,46	2,70	0,00
layer 5	15,5-25	Clay & Silt	1,71	1,39	0,23
layer 6	25-50	Clay & Silt	1,77	1,22	0,20

Contoh perhitungan untuk tipe A:

$$Q_g = 553,05 \text{ t}$$

$$L_g = 6 \text{ m}$$

$$B_g = 3 \text{ m}$$

$$Z_1 = 2,5 \text{ m}$$

$$Z_2 = 17,5 \text{ m}$$

Layer 5

Perhitungan peningkatan distribusi tegangan

$$\Delta\sigma_1 = \frac{Q_g}{(B_g + Z_1)(L_g + Z_1)}$$

$$\Delta\sigma_1 = \frac{553,05 \text{ t}}{(3 + 2,5)(6 + 2,5)} = 6,70 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan tegangan overburden

$$\sigma_1 = \gamma_1 x H_1 + \gamma_2 x H_2 + \gamma_3 x H_3 + \gamma_4 x H_4 + \gamma_5 x 1/2 H_5$$

$$\sigma_1 = ((1,63 - 1) \times 3,5 \text{ m}) + ((1,40 - 1) \times 3,5 \text{ m}) + ((1,47 - 1) \times 5 \text{ m}) + ((1,46 - 1) \times 3,5 \text{ m}) + ((1,71 - 1) \times (9,5 - 2,5))$$

$$\sigma_1 = 12,575 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan settlement consolidation

$$\Delta S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left[\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{1 + \sigma'_o} \right]$$

$$\Delta S_c = \frac{0,23 \times 5}{1 + 1,39} \log \left[\frac{12,575 + 6,70}{1 + 12,575} \right]$$

$$= 0,087 \text{ m}$$

Layer 6

Perhitungan peningkatan distribusi tegangan

$$\Delta\sigma_2 = \frac{Q_g}{(B_g + Z_2)(L_g + Z_2)}$$

$$\Delta\sigma_2 = \frac{553,05 \text{ t}}{(3 + 17,5)(6 + 17,5)} = 0,26 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan tegangan overburden

$$\sigma_2 = \gamma_1 x H_1 + \gamma_2 x H_2 + \gamma_3 x H_3 + \gamma_4 x H_4 + \gamma_5 x H_5 \\ + \gamma_6 x \frac{1}{2} H_6 = 16,933 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan settlement Consolidation

$$\Delta S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left[\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{1 + \sigma'_o} \right] \\ = 0,015 \text{ m}$$

Total penurunan konsolidasi untuk pondasi tipe A adalah:

$$\Delta S_{c1} + \Delta S_{c2} = 0,087 + 0,015 \text{ m} = 0,10203 \text{ m}$$

Berikut merupakan rekapitulasi untuk semua tipe pondasi.

Tipe Pondasi	Layer	Depth	Qg	Bg	Lg	z _i	$\Delta\sigma$	σ'	ΔS_c	$\sum \Delta S_c$
			(t)	(m)	(m)	(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	(m)
Tipe A	layer 5	15,5-25	553,05	3,00	6,00	2,50	6,70	12,58	0,087	0,102
	layer 6	25-50	553,05	3,00	6,00	17,50	0,26	16,93	0,015	
Tipe B	layer 5	15,5-25	822,63	5,60	6,00	2,50	6,77	12,58	0,088	0,107
	layer 6	25-50	822,63	5,60	6,00	17,50	0,34	16,93	0,019	
Tipe C	layer 5	15,5-25	1090,68	6,00	6,00	2,50	8,55	12,58	0,106	0,131
	layer 6	25-50	1090,68	6,00	6,00	17,50	0,44	16,93	0,025	
Tipe D	layer 6	25-50	53878,91	30,00	51,00	11,67	2,17	24,65	0,082	0,082

- **Penurunan yang diijinkan**

Pada SNI 8460:2017 Geoteknik, menyebutkan bahwa penurunan pondasi yang diijinkan sebagai berikut :

$$S_{ijin} = 15 \text{ cm} + b/600 \text{ (b dalam cm)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan penurunan yang diijinkan:

$$s_{ijin} < 15 \text{ cm} + b/600$$

$$\text{TIPE A} \quad 10,203 < 15,5 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

$$\text{TIPE B} \quad 10,737 < 15,9 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

TIPE C	13,118	<	16,0	cm	OK
TIPE D	8,208	<	20,0	cm	OK

5.4.6. Perencanaan Struktur Bored Pile

a. Kontrol terhadap gaya lateral

- Menentukan letak jepit maksimum

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

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

$$E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{25} = 23500000 \text{ kN/m}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4 = \frac{1}{64} \pi 1,2^4 = 0,102 \text{ m}^4$$

$$n_h = 3518 \text{ kN/m}^3 \text{ (Reese dan Matlock, 1956)}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{23500000 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,102 \text{ m}^4}{3518 \text{ kN/m}^3}} = 3,68 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \cdot T$$

$$= 1,8 \cdot 3,68 \text{ m}$$

$$= 5,53 \text{ m}$$

Sehingga, letak jepit pondasi *bored pile* berada 5,53 m dari permukaan pondasi *bored pile*.

b. Perhitungan momen maksimum pada *bored pile*

$$H = \gamma_t \cdot Z_f \cdot K_a$$

$$= 1,77 \cdot 5,53 \cdot 1$$

$$= 9,79 \text{ ton}$$

$$M_{\text{max}} = H \times Z_f \times 0,5$$

$$= 9,79 \times 5,53 \times 0,5$$

$$= 27,064 \text{ t.m}$$

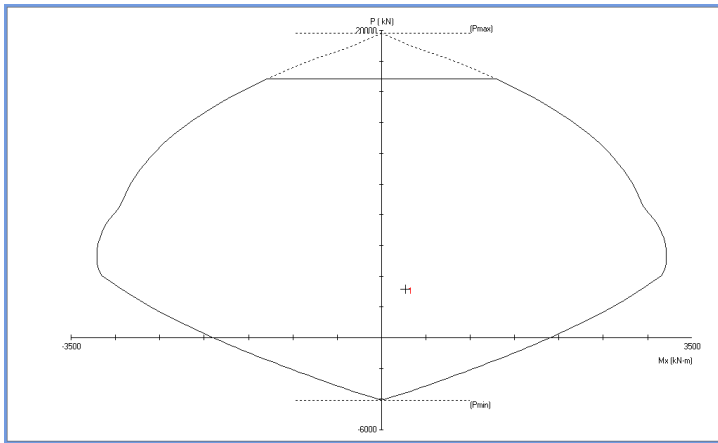
Setelah mendapatkan M_{max} akibat gaya lateral tanah, M_{max} digunakan untuk mencari penulangan pada

penampang *bored pile* menggunakan alat bantu PCAColumn seperti pada Gambar 5.40

Bored pile direncanakan memiliki diameter, axial load dan momen maksimum. Bored pile direncanakan menggunakan program bantu PCACol dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'c &= 25 \text{ Mpa} \\ P_{\max} &= 317,09 \text{ t} = 3170,9 \text{ kN} \\ M_{\max} &= 270,64 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Berikut adalah output dari program bantu PCACol



Gambar 5. 56 Ouput program bantu PCACol (1)

Dari hasil PCACol, didapatkan kebutuhan *tulangan bored pile* sebanyak 24 D25 ($A_s = 12232,2 \text{ mm}^2$)

Penulangan Geser Bored Pile

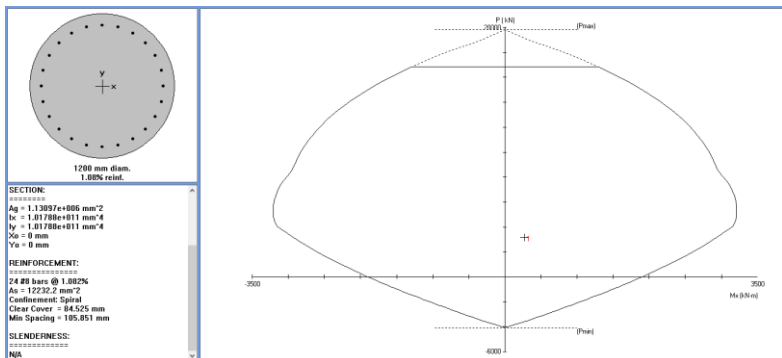
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.3 rasio volume tulangan spiral, ρ_s tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}\rho_s &= 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \\ &= 0,45 \left(\frac{1130973,36}{994019,55} - 1 \right) \frac{25}{240} \\ &= 0,00646\end{aligned}$$

Jarak spiral maksimal 150 mm

$$\begin{aligned}s &= \frac{a_s \pi (D_c - d_b)}{\left(\frac{\pi}{4} \right) D_c^2 \rho_s} \\ &= \frac{201,06 \pi (1112,5 - 16)}{\left(\frac{\pi}{4} \right) 1112,5^2 \cdot 0,00646} \\ &= 110,29 \text{ mm}\end{aligned}$$

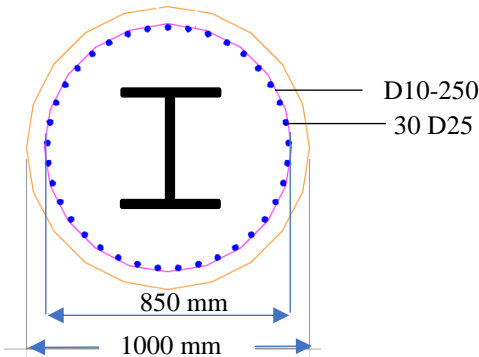
Dipasang tulangan spiral D16-100 mm



Gambar 5. 57 Diagram interaksi (akibat gaya lateral tanah)

Dari Gambar 5.41 dapat dilihat bahwa momen yang terjadi akibat gaya lateral masih didalam diagram interaksi kolom, maka *bored pile* yang direncanakan mampu menahan momen akibat gaya lateral tanah.

5.5. Perencanaan Kingpost



Gambar 5. 58 King post

Data perencanaan :

King post WF 400.400.30.50

As = 52860 mm²

BJ = 37

Fy = 240 Mpa

Fu = 370 Mpa

Zx = 8170 cm³

Zy = 2900 cm³

Ix = 188 mm

Iy = 107 mm

D. tulangan longitudinal = D25

D. tulangan sengkang = D10

Fy tulangan= 400 Mpa

BJ Beton = 2400 kg/m³

Tebal selimut= 75 mm

5.5.1. Pengecekan Luas Penampang Minimum Profil

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{52860 \text{ mm}^2}{785398,16 \text{ mm}^2} = 0,067 > 4\% \quad \dots \text{ (OK)}$$

$$\text{Jarak sengkang} = 250 \text{ mm} < 2/3 \times 1000 = 666,7 \quad \dots \text{ (OK)}$$

Luas Tulangan Longitudinal / Utama

$$A_{si} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 > (0,18 \times 850) \\ 490,84 \text{ mm}^2 > 153 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Luas Tulangan Sengkang

$$A_{si} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 > (0,18 \times 250) \\ 78,54 \text{ mm}^2 > 45 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Mutu beton yang digunakan $f'c = 25 \text{ Mpa}$

$$\text{Syarat : } \quad 21 \text{ Mpa} < f'c < 55 \text{ Mpa} \\ \quad \quad \quad 21 \text{ Mpa} < 25 \text{ Mpa} < 55 \text{ Mpa} \dots (\text{OK})$$

5.5.2. Perhitungan Tegangan Leleh untuk King postLuas total tulangan longitudinal, Ar

$$A_r = n \cdot A_{si} \\ = 30 \cdot 490,84 \\ = 14725,2 \text{ mm}$$

Luas bersih penampang beton

$$A_c \text{ netto} = A_c - A_s - A_r = 785398,16 - 52860 - 14725,2 \\ = 717812,96 \text{ mm}^2$$

Untuk profil baja terselebung beton

$$C_1=0,7 ; C_2=0,6 ; C_3=0,2$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 \cdot f'_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right) \\ = 240 + 0,7 \cdot 400 \left(\frac{14725,2}{52860} \right) + 0,6 \cdot 25 \left(\frac{785398,16}{52860} \right) \\ = 540,87 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,041 w^{1,5} \sqrt{f'_c} \\ = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \sqrt{25} \\ = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_m = E + c_3 \cdot E_c \frac{A_c}{A_s} \\ = 200000 + 0,2 \cdot 24102,98 \cdot \frac{785398,16}{52860} \\ = 271624,81 \text{ Mpa}$$

5.5.3. Menghitung Kuat Tekan *King post*

Parameter kelangsingan

$$\lambda_c = \frac{k \cdot L}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{3200}{360 \cdot \pi} \sqrt{\frac{540,87}{271624,81}} = 0,126$$

Jika, $\lambda_c < 0,25$; maka, $\omega = 1$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{540,87}{1} = 540,87$$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = 52860 \cdot 540,87 = 28590388,2 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot N_n = 0,85 \cdot 28590388,2 \text{ N} = 24301829,97 \text{ N}$$

Kuat tekan aksial rencana dari profil WF

400.400.30.50

$$\Phi \cdot N_{ns} = \Phi \cdot A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot 52860 \cdot 240 = 10783440 \text{ N}$$

Beban tekan aksial rencana yang dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned} \Phi \cdot N_{nc} &= \Phi \cdot N_n - \Phi \cdot N_{ns} \\ &= 24301829,97 - 10783440 \\ &= 13518389,97 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$1,7 \cdot \Phi \cdot f_c \cdot A_b > \Phi \cdot N_{nc}$$

$$1,7 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 1130973,35 > 13518389,97 \text{ N}$$

$$40856412,27 \text{ N} > 13518389,97 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

5.6. Perencanaan *Pilecap*

Perencanaan perhitungan pilecap diambil tipe A untuk contoh perhitungan.

5.6.1. Kontrol Geser Pons pada *Pilecap*

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

- a. Geser dua arah di sekitar kolom

Data perencanaan :

$$P_u = 552,72 \text{ t}$$

$$P_{\max} = 276,52 \text{ t}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi Poer} = 6000 \times 3000 \times 800 \text{ mm}^3$$

$$\text{Selimut Beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

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

$$\text{Diameter pondasi} = 1200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal poer-tebal selimut}-1/2 \phi \\ &= 800 \text{ mm}-75 \text{ mm}- 1/2 \cdot 25 \text{ mm} \\ &= 712,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal poer-tebal selimut}-\phi-1/2 \phi \\ &= 800 \text{ mm}-75 \text{ mm}- 25 - 1/2 \cdot 25 \\ &= 687,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

$$as = 40 \text{ (kolom interior)}$$

$$\beta = 1$$

Penampang kritis adalah daerah di bawah kolom. Oleh karena itu, keliling penampang kritis (b_o) di tentukan dengan perumusan berikut :

$$b_o = (4 \cdot dx) + (\pi \cdot D)$$

$$= (4 \cdot 712,5 \text{ mm}) + (\pi \cdot 1000 \text{ mm}) = 5992 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17x\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o . d$$

$$V_c = 0,17x\left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{30} . 5992 . 712,5$$

$$= 11924988 \text{ N}$$

$$2. V_c = 0,083x\left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o . d$$

$$V_c = 0,083x\left(\frac{40 x 712,5}{5992} + 2\right) 1 \sqrt{30} . 5992 . 712,5$$

$$= 13112885 \text{ N}$$

$$3. V_c = 0,33 x \lambda \sqrt{f'c} b_o . d$$

$$= 0,33 x 1 \sqrt{30} . 5992 . 712,5 = 7716169 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser geser adalah 7716169 N.

$$\phi V_c = 0,75 x 7716169 \text{ N} = 5787127 \text{ N} = 578,7127 \text{ t}$$

Kontrol :

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$578,71 \text{ t} \geq 552,72 \text{ t}$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser poer akibat kolom.

b. Geser dua arah akibat pondasi

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek beton dari daerah beban terpusat

$$\beta = 3000/6000 = 0,5$$

$$b_o = 4713$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17x\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o . d$$

$$V_c = 0,17x\left(1 + \frac{2}{0,5}\right) 1 \sqrt{30} . 4713 . 712,5$$

$$= 15632045 \text{ N}$$

$$2. \quad V_c = 0,083x \left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,083x \left(\frac{40 \times 712,5}{4713} + 2 \right) 1 \sqrt{30} \cdot 4713 \cdot 712,5$$

$$= 15618528 \text{ N}$$

$$3. \quad V_c = 0,33 \times \lambda \sqrt{f'c} b_o \cdot d$$

$$= 0,33 \times 1 \sqrt{30} \cdot 4713 \cdot 712,5 = 6068911 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser geser adalah 6068911 N.

$$\phi V_c = 0,75 \times 6068911 \text{ N} = 4551684 \text{ N} = 455,1684 \text{ t}$$

Kontrol :

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$455,17 \text{ t} \geq 276,52 \text{ t}$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser poer akibat pondasi.

5.6.2. Perhitungan Penulangan Pilecap

Dalam melakukan perencanaan *pilecap* dalam Tugas Akhir ini, *pilecap* berfungsi sebagai penyalur beban yang diterima oleh *bored pile*. Untuk penulangan *pilecap* sesuai dengan SNI 2847-2013.

Data perencanaan :

Diambil tipe A sebagai contoh perhitungan.

Dimensi poer = 3000 x 6000 mm²

Tebal poer = 800 mm

Mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa

Diameter kolom = 1200 mm

Diameter tul. lentur = 25

Mutu baja (f_y) = 370

Tebal selimut beton = 75 mm

dx = tebal poer-tebal selimut- $1/2 \phi$

$$= 800 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$$

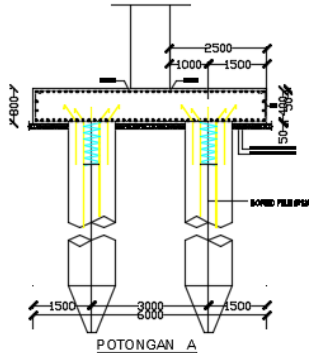
$$= 712,5 \text{ mm}$$

dy = tebal poer-tebal selimut- ϕ - $1/2 \phi$

$$= 800 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$$

$$= 687,5 \text{ mm}$$

Arah X



Gambar 5. 59 Lengan momen pada poer dan pondasi

lengan momen pondasi pada arah X

n tiang arah X = 2

$b_1 = 2500 \text{ mm}$

$b_2 = 1000 \text{ mm}$

$b_3 = 1500$

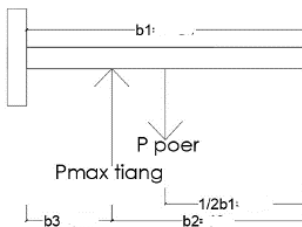
Beban yang terjadi:

$$P_{\text{poer}} = b_1 \times \text{lebar poer} \times \text{tebal poer} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 28800 \text{ kg}$$

$$P_{\text{max tiang}} = 276,52 \text{ t} = 276523,34 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi :



$$\begin{aligned}
 Mu &= \text{momen poer} - \text{momen pondasi} \\
 &= P \text{ poer} \times \frac{1}{2} b_1 - P \text{ max tiang} \times n \text{ tiang} \times b_3 \\
 &= 28800 \times \frac{1}{2} \cdot 2,5 - 276523,34 \times 2 \times 1,5 \\
 &= 793570 \text{ kg.m} = 7,94 \times 10^8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{7,94 \times 10^8 \text{ N.mm}}{0,9} = 8,82 \times 10^8 \text{ N.mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{370} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,84 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,84 \times 0,85 \times 30}{370} \times \frac{600}{600 + 370} = 0,04$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,04 = 0,03$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{370}{0,85 \times 30} = 14,5$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{8,82 \times 10^8}{1000 \cdot 712,5^2} = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14,5} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,5 \cdot 0,32}{370}} \right) = 0,0009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times dx \\
 &= 0,0038 \times 1000 \times 712,5 = 2848 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{\frac{\text{As perlu}}{\text{As pakai}}} = \frac{1000}{\frac{2848}{491}} = 172 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

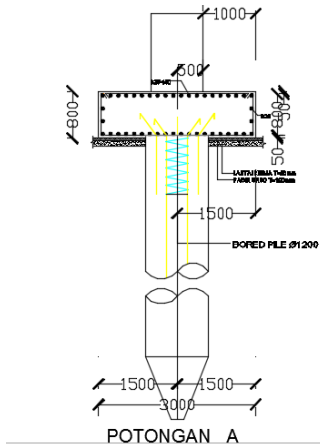
$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1000/s \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 1000/150 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 3272 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\text{As pasang} \geq \text{As perlu}$$

$$3272 \text{ mm}^2 \geq 2848 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka, digunakan D25-150 mm

Arah Y

Gambar 5. 60 Lengan momen pada poer dan pondasi

Lengan momen pondasi pada arah Y

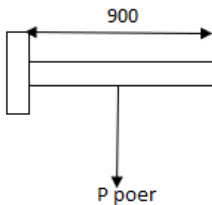
n tiang arah Y = 1

Beban yang terjadi:

$$P_{\text{poer}} = b_l \times \text{lebar poer} \times \text{tebal poer} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 0,9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 5184 \text{ kg}$$

$$P_{\text{max tiang}} = 276,52 \text{ t} = 276523,34 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi :



$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{momen poer} \\ &= P_{\text{poer}} \times \frac{1}{2} \cdot 0,9 \text{ m} \\ &= 5184 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \cdot 0,9 \\ &= 2332,8 \text{ kg.m} = 2332800 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{2332800 \text{ N.mm}}{0,9} = 2592000 \text{ N.mm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{370} = 0,0038 \\
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,84 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,84 \times 0,85 \times 30}{370} \times \frac{600}{600 + 370} = 0,04 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,04 = 0,03 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{370}{0,85 \times 30} = 14,5 \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{2592000}{1000 \cdot 687,5^2} = 0,002 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14,5} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,5 \cdot 0,002}{370}} \right) = 0,0000055 \\
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times dx \\
 &= 0,0038 \times 1000 \times 687,5 = 2748 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 = 491 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{1000}{\frac{\text{As perlu}}{\text{As pakai}}} = \frac{1000}{\frac{2748}{491}} = 178,6 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{As pasang} &= 1000/s \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 1000/150 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 3272 \text{ mm}^2 \\
 \text{Syarat :} \\
 \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\
 3272 \text{ mm}^2 &\geq 2748 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi}) \\
 \text{Maka, digunakan D25-150 mm}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi hasil perhitungan dari tipe-tipe yang lain (lihat pada Tabel 5.88)

Tabel 5. 89 Rekapitulasi Penulangan Pilecap

Tipe	Jumlah tiang Bored Pile	Dimensi	Penulangan Pilecap	
		(cm)	Arah X	Arah Y
A	2	300 x 600x800	D 25 - 150 mm	D 25 - 150 mm
B	3	600 x 600x1000	D 25 - 125 mm	D 25 - 125 mm
C	4	600 x 560x1200	D 25 - 100 mm	D 25 - 100 mm
D	168	3000 x 5020x1300	D 25 - 100 mm	D 25 - 100 mm

5.7. Perencanaan Pelat Lantai Dasar *Basement*

5.7.1. Kontrol Geser Pons pada Pelat Lantai

Perencanaan tebal plat lantai harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Geser dua arah di sekitar kolom

Data perencanaan :

$$P_u = 1090,39 \text{ t}$$

$$P_{max} = 272,67 \text{ t}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal poer-tebal selimut} - 1/2 \phi \\ &= 1500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 1/2 \cdot 25 \text{ mm} \\ &= 1412,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal poer-tebal selimut} - \phi - 1/2 \phi \\ &= 1500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 - 1/2 \cdot 25 \\ &= 1387,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

$$\alpha_s = 40 \text{ (kolom interior)}$$

$$\beta = 1$$

Penampang kritis adalah daerah di bawah kolom. Oleh karena itu, keliling penampang kritis (b_o) di tentukan dengan perumusan berikut :

$$\begin{aligned} b_o &= (4 \cdot dx) + (\pi \cdot D) \\ &= (4 \cdot 1412,5 \text{ mm}) + (\pi \cdot 1000 \text{ mm}) = 8792 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17x \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17x \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{30} \cdot 8792 \cdot 1412,5 \\ &= 34688604 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2. V_c = 0,083x \left(\frac{as \cdot d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083x \left(\frac{40 \cdot 712,5}{5992} + 2\right) 1 \sqrt{30} \cdot 8792 \cdot 1412,5 \\ &= 47571498 \text{ N} \end{aligned}$$

$$3. V_c = 0,33 \cdot x \cdot \lambda \sqrt{f'c} b_o \cdot d$$

$$= 0,33 \cdot x \cdot 1 \sqrt{30} \cdot 8792 \cdot 1412,5 = 22445567 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser geser adalah 22445567 N.

$$\phi V_c = 0,75 \cdot x \cdot 22445567 \text{ N} = 16834175 \text{ N} = 1683,4175 \text{ t}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_c &\geq P_u \\ 1683,4175 \text{ t} &\geq 1090,39 \text{ t} \end{aligned}$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser poer akibat kolom.

5.7.2. Perhitungan Peulangan Pelat Lantai

Pelat lantai terdiri dari 2 jenis penulangan. Pelat satu arah dan pelat dua arah. Jika rasio panjang plat terpanjang dan panjang pendek pada suatu pelat lebih besar dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan pelat satu arah. Namun, jika rasio nya lebih

kecil dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan sebagai pelat dua arah.

Direncanakan yang bekerja pada pelat lantai basement adalah beban mati yaitu gaya *uplift* yang mendorong ke atas pelat lantai *basement* sehingga kombinasi pembebanan untuk pelat lantai basement disesuaikan dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.(1) yaitu:

$$Q_u = 1,4 D$$

Data Perencanaan :

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal pelat} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 4700 \sqrt{f'c} = 25742,96$$

$$\text{Kuat tarik (Fy)} = 400 \text{ Mpa}$$

Pembebanan pelat :

Pelat direncanakan mampu beban gaya angkat / *uplift* yaitu sebesar :

Beban mati (D)

$$\begin{aligned} \text{Beban uplift} &= \gamma_w \cdot h_w \\ &= 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 15,4 \text{ m} \\ &= 154 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban berat sendiri plat

$$\begin{aligned} &= t \cdot \text{BJ beton} \\ &= 1,5 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3 \\ &= 36 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban} &= 154 \text{ kN/m}^2 - 36 \text{ kN/m}^2 \\ &= 118 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= 1,4D \\ &= 1,4 \times 118 \text{ kN/m}^2 = 165,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan $q_u = 165,2 \text{ kN/m}^2$

Penulangan pelat lantai dasar basement :



- $L_y/L_x = 8000/8000 = 1 < 2$ (Pelat 2 arah)
- $M_{tx} = M_{lx} = -0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X_x$
 $= -0,001 \times 165,2 \times 8^2 \times 21$
 $= -222,03 \text{ kN.m}$
- $M_{ty} = M_{ly} = -0,001 \times q_u \times L_y^2 \times X_y$
 $= -0,001 \times 165,2 \times 8^2 \times 52$
 $= -549,79 \text{ kN.m}$
- $dx = t \text{ pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi$
 $= 1500 - 75 - (0,5 \times 19)$
 $= 1415,5 \text{ mm}$
- $dy = t \text{ pelat} - \text{decking} - \phi - \frac{1}{2} \phi$
 $= 1500 - 75 - 19 - (0,5 \times 19)$
 $= 1396,5 \text{ mm}$
- ρ_{\min} untuk pelat = 0,002
 sehingga, nilai ρ perlu dapat dihitung sebagai berikut :

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

Penulangan Arah X (lapangan = tumpuan)

Direncanakan menggunakan $\phi 22$

$$M_u = 222,03 \text{ kN.m} = 22203000 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{22203000}{0,9 \times 1000 \times 1415,5^2} = 0,012 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,012}{400}} \right)$$

$$= 0,00003 < \rho_{\min} \dots\dots\dots (\text{digunakan } \rho_{\min})$$

Sehingga, didapatkan :

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 415,5 = 828 \text{ mm}^2$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D22 mm

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 1000/s = \frac{1}{4} \pi 19^2 1000/250$$

$$= 1134,11 \text{ mm}^2$$

Jadi dipasang tulangan D19 – 250 mm.

Penulangan Arah Y (lapangan = tumpuan)

Direncanakan menggunakan $\phi 19$

$$M_u = 549,79 \text{ kN.m} = 54979000 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{54979000}{0,9 \times 1000 \times 1396,5^2} = 0,031 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,031}{400}} \right)$$

$$= 0,0001 < \rho_{\min} \dots\dots\dots (\text{digunakan } \rho_{\min})$$

Sehingga, didapatkan :

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 396,5 = 793 \text{ mm}^2$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan : D19 mm

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 1000/s = \frac{1}{4} \pi 19^2 1000/250$$

$$= 1134,11 \text{ mm}^2$$

Jadi dipasang tulangan D19 – 250 mm.

5.8. Kontrol Uplift

Adanya beban *uplift* dan air tanah dapat membahayakan basement akibat beban angkat keatas. Keadaan ini sangat berbahaya karena mempengaruhi

kestabilan struktur basement terutama pada saat pembangunan pelat paling dasar pada kedalaman -16,4 m sudah selesai. Untuk itu perlu dilakukan analisa kesetimbangan beban antara *uplift* dengan beban gedung dengan rumus :

$$SF = \frac{W_{struktur}}{F_u}, \text{ dengan } SF = 1,5$$

Untuk perhitungan kontrol terhadap uplift muka air tanah diambil adalah muka air tanah kritis yaitu

$$\begin{aligned} F_u &= \gamma_w \cdot h_w \cdot A_{pelat} \\ &= 1 \cdot 15,4 \cdot (72 \times 67,932) = 75323 \text{ t} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kontrol terhadap *uplift* muka air tanah yang diambil adalah

Berat pelat lt. *basement* =

$$\begin{aligned} W_1 &= \gamma_{beton} \times t \times A \\ &= 2,4 \times 1,5 \times (72 \times 67,932) = 17607,97 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat akibat Qs dari *bored pile* =

$$\begin{aligned} W_2 &= Q_S (-30m) \cdot n + Q_S (-40m) \cdot n \\ &= 517,03 \text{ t} \cdot 144 + 682,16 \text{ t} \cdot 168 \\ &= 189055,2 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF &= (W_1 + W_2) / F_u \\ &= (17607,97 + 189055,2) \text{ t} / 75323 \text{ t} \\ &= 2,74..... \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk ketebalan lantai basement 1,5 m dapat menahan gaya *uplift*.

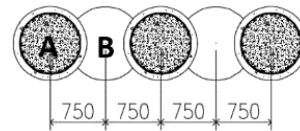
5.9. Perhitungan Biaya Perencanaan

5.9.1. Perhitungan Biaya Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Tabel 5. 90 Perhitungan Biaya *Diaphragm Wall* dan *Secant Pile*

Jenis Dinding	Lebar (m)	keliling dinding (m)	Depth (m)	tul. vertikal			tul. horizontal			tul. geser			volume total			biaya per kg		Total Biaya Penulangan	volume pengecoran (m3)	fc= 30 / K350 biaya per m3 Rp	Total Biaya Pengecoran	Total Biaya			
				dia (mm)	n (buah)	total (m)	dia (mm)	n (buah)	total (m)	dia (mm)	n (buah)	total (m)	dia (mm)	panjang / m2 (m)	total (m)	tul. vertikal (kg)	tul. horizontal (kg)						tul. geser (kg)	D25	D16
<i>Diaphragm Wall</i>	1	279,864	42	29	7	82280	25	5	58771	16	125,3506	1473407,05	426621,88	226446,36	2325036,33	Rp	8.732	Rp	8.732	Rp 26.004.809.118	11754,288	Rp	900.000	Rp 10.578.859.200	Rp 36.583.668.318

Jenis Dinding	Dia (m)	jumlah tiang		Depth (m)	tul. vertikal			tul. geser			volume total		biaya per kg		Total Biaya Penulangan	volume pengecoran (m3)	fc= 30 / K350 biaya per m3 Rp	Total Biaya Pengecoran	Total Biaya	
		tipe A (buah)	tipe B (buah)		dia (mm)	n (buah)	total (m)	dia (mm)	n (buah)	total (m)	tul. vertikal (kg)	tul. geser (kg)	D25	D16						
<i>Secant Pile</i>	1	186	370	42	36	28	218736	16	211	39246	1747700,64	61.930,19	Rp 8.732,00	Rp 8.732,00	Rp 15.801.696.390	23352	Rp	900.000	Rp 21.016.800.000	Rp 36.818.496.390



Gambar 5. 61 Perencanaan *Secant Pile*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

5.9.2. Perhitungan Biaya Perencanaan *Bored Pile*

Tabel 5. 91 Perhitungan Biaya Pondasi *Bored Pile*

Tipe	Jumlah Titik	Tiang per titik	Panjang Tertanam	pgj. Penyaluran	Panjang Tiang Total	diameter		jumlah		jarak	vol		vol		biaya per kg		Total Biaya Penulangan	Volume Pengecoran	f _c = 25 / K300 biaya per m3	total biaya
						tul. utama	spiral	tul. utama	spiral		spiral	tul. utama	spiral	tul. utama	spiral	D25				
	n	n	meter	meter	meter	mm	mm	n	n	mm	m	m	kg	kg	Rp	Rp		m ³	Rp	
A	27	2	30	0,4	1641,6	25	16	25	31	100	41040	109,563	158127	172,89	Rp 8.732,00	Rp 8.732,00	Rp 1.382.275.691,54	1832,177	Rp 800.000	Rp 1.465.741.468
B	14	3	30	0,4	1276,8	25	16	25	31	100	31920	109,563	122988	172,89	Rp 8.732,00	Rp 8.732,00	Rp 1.075.438.800,02	1425,026	Rp 800.000	Rp 1.140.021.142
C	12	4	30	0,4	1459,2	25	16	25	31	100	36480	109,563	140557	172,89	Rp 8.732,00	Rp 8.732,00	Rp 1.228.857.245,78	1628,602	Rp 800.000	Rp 1.302.881.305
D	1	170	40	0,4	6868	25	16	25	41	101	171700	143,506	661560	226,453	Rp 8.732,00	Rp 8.732,00	Rp 5.778.720.179,48	7690,619	Rp 800.000	Rp 6.152.495.053
																	Rp 9.465.291.917			Rp 10.061.138.969

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

5.10. Analisa Kualitatif Penyebab Keretakan

Pada pembangunan proyek Gubeng *Mixed Use Development* Surabaya terjadi keretakan-keretakan pada bangunan sekitar. Berikut ini alasan kemungkinan terjadinya keretakan pada bangunan sekitar proyek.

Pada proyek Gubeng *Mixed Use Development* Surabaya, dinding penahan pada basement menggunakan *secant pile*. *Secant pile* terdiri dari dua pile yaitu *primary pile* dan *secondary pile*. *Primary pile* merupakan pile yang berisikan cairan bentonite tanpa tulangan. Sedangkan *secondary pile* merupakan pile yang berisikan beton dan tulangan. Cairan *bentonite* pada *primary pile* berfungsi sebagai lapisan kedap air mengingat juga bahwa muka air di lapangan sangat tinggi yaitu mencapai -1,00 m. Menurut sumber di lapangan, pada dinding penahan di proyek ini *bentonite / primary pile* mengalami kebocoran. Menurut Prof. Indrasurya B Mochtar, ada beberapa kemungkinan yang mengakibatkan bentonite bocor, antara lain:

1. Mutu pekerjaan yang kurang baik.
2. Pembiaran di dalam tanah selama 1,5 tahun lebih sebelum galian basement dilakukan. Air tanah kemungkinan selama itu sudah melarutkan sebagian dari partikel bentonitenya, sehingga air tanah mudah merembes di sela-selanya.
3. Adanya lapisan pasir halus yang sangat renggang (*loose fine sand*) yang mungkin dapat menyebabkan pengerjaan tirai bentonite tidak sempurna.

Dari kebocoran *primary pile/bentonite* tersebut, menyebabkan air tanah di luar galian merembes masuk ke dalam galian. Sehingga, menyebabkan *differential settlement* pada muka tanah sekitar galian termasuk rumah warga, RS. Siloam dan bangunan sekitar proyek. Penurunan muka tanah tersebut menyebabkan keretakan-keretakan pada bangunan sekitar proyek seperti dinding rumah warga, dinding BPJS RS. Siloam, dinding Ruang Medical RS. Siloam, trotoar dan dinding toko elizabeth.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

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

1. Kondisi tanah di kawasan pembangunan Gedung Gubeng Mixed-Use Development Surabaya didominasi oleh tanah kohesif berupa tanah berlanau dan berlempung dengan konsistensi tanah yang bervariasi. Selain itu, Muka Air Tanah (MAT) cukup tinggi yaitu -1,00 m.
2. Dinding penahan tanah *Diaphragm Wall* direncanakan dengan tebal 1 meter dan kedalaman 42 meter dari permukaan tanah memiliki defleksi maksimum sebesar 3,65 cm berdasarkan Tabel 5.40 dan momen maksimum 149,92 t.m, sedangkan *Secant Pile* direncanakan dengan diameter 1 meter dan kedalaman 42 meter dari permukaan tanah memiliki defleksi maksimum 5,00 cm berdasarkan Tabel 5.79 dan momen maksimum 270,56 t.m . Keduanya tidak melebihi defleksi ijin maksimum yaitu 8,20 cm. Penulangan pada dinding penahan *diaphragm wall*, tulangan vertikal menggunakan D29-125 mm dan tulangan horizontal D25-150 mm sedangkan pada *secant pile* tulangan vertikal menggunakan 28 D36. Tulangan geser keduanya menggunakan ϕ 16 mm.
3. Biaya perencanaan dengan material *diaphragm wall* adalah Rp. 36.583.668.318, sedangkan biaya perencanaan dengan material *secant pile* adalah Rp. 36.818.496.390.
4. Berdasarkan analisa perencanaan biaya dari segi material pada Tabel 5.89, dinding penahan tanah *diaphragm wall* lebih ekonomis dibandingkan dengan *secant pile*.
5. Pondasi *bored pile* di rencanakan dengan kedalaman 30 meter dan 40 meter. pada tipe A, B, dan C menggunakan

kedalaman 30 meter, sedangkan tipe D menggunakan kedalaman 40 meter.

Penulangan *bored pile* menggunakan diameter D25-100 mm. Analisa biaya perencanaan dengan material pondasi *bored pile* adalah Rp 19.526.430.390.

6. Analisa keretakan pada bangunan sekitar proyek Gubeng Mixed-Use Development Surabaya disebabkan karena adanya kebocoran air tanah pada bentonite sehingga menyebabkan muka tanah pada sekitar proyek mengalami penurunan dan menyebabkan bangunan sekitar proyek retak-retak.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah di lakukan, maka disarankan :

1. Perencanaan dinding penahan tanah yang dipilih adalah *diaphragm wall* dengan pertimbangan defleksi maksimum dan analisa perencanaan biaya material dinding penahan tanah yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan *secant pile*.
2. Tugas akhir dapat diteliti lebih lanjut dengan menganalisa struktur keseluruhan basement karena pada tugas akhir ini hanya memperhitungkan struktur dinding penahan tanah dan pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2017. Rancangan Standar Nasional Indonesia 3. **Persyaratan Perancangan Geoteknik**. Bandung : BSN
- Bowles, Joseph E. 1997. *Foundation Analysis And Design (Fifth Edition)*. International : The McGraw-Hill Companies, Inc
- Chang-Yu Ou. 2006. *Deep Excavation: Theory and Practice*. Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 2016. **Principles of Foundation Engineering (Eight Edition)**. United States of America.
- Hardiyatmo, Cristady H. 2012. **Mekanika Tanah 1 edisi ke enam**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Mochtar, Indrasurya B. 2019. **Kemungkinan Penyebab Kelongsoran Tanah pada Kasus di Jalan Raya Gubeng, Surabaya**. Surabaya.
- Schnaid, Fernando. 2009. *In Situ Testing in Geomechanics, The Main Tests*. London and New York: Taylor & Francis Group
- Setiawan, Agus (2016). **Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013**. Jakarta: Erlangga

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Tanah DB-01

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.2.1. BORING LOG				BOREHOLE # : DB-1						
PROJECT : Mixed Used Bldg. Hospital (Phase 1)		COORDINATE : -		GROUND WATER LEVEL : 4.128 m								
LOCATION : Jl. Raya Kelapa, Surabaya		DEPTH : - 40 m		GROUND SURFACE LEVEL : 4.520 m								
DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST				SOIL TEST RESULTS		
		qc	qs	gf	gv	cu	cv	su	su	w	LL	PI
0	Fill material (sand, gravel) down, trace silt											
1	Clay and silt, brownish grey, inorganic, little to some fine sand, soft	10				QT	0.30	21	-	1.83	2.80	1.80
2	Fine sand and silt, brownish grey											
3	Fine sand, dark grey, little silt, loose											
4	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft	15				QU	0.18	8	-	1.48	2.80	2.71
5	Clay and silt, grey, loose											
6	Clay and silt, brown to grey, little silt, dense	20										
7	Clay and silt, yellowish brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	30										
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand	40										
9	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace to little fine sand, very soft	50										
10	Silt and fine sand, brown, medium dense	60										
11	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace to little fine sand, weakly cemented at some depth, very soft	70										
12	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand	80										
13	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, contain gravel (2-5 cm) at 30.5 m depth, very soft	90										
14		100										
15		110										
16		120										
17		130										
18		140										
19		150										
20		160										
21		170										
22		180										
23		190										
24		200										
25		210										
26		220										
27		230										
28		240										
29		250										
30		260										
31		270										
32		280										
33		290										
34		300										
35		310										
36		320										
37		330										
38		340										
39		350										
40		360										
41		370										
42		380										
43		390										
44		400										
45		410										
46		420										
47		430										
48		440										
49		450										
50		460										
51		470										
52		480										
53		490										
54		500										
55		510										
56		520										
57		530										
58		540										
59		550										
60		560										
61		570										
62		580										
63		590										
64		600										
65		610										
66		620										
67		630										
68		640										
69		650										
70		660										
71		670										
72		680										
73		690										
74		700										
75		710										
76		720										
77		730										
78		740										
79		750										
80		760										
81		770										
82		780										
83		790										
84		800										
85		810										
86		820										
87		830										
88		840										
89		850										
90		860										
91		870										
92		880										
93		890										
94		900										
95		910										
96		920										
97		930										
98		940										
99		950										
100		960										
101		970										
102		980										
103		990										
104		1000										

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 25 % = Little
- 25 to 50 % = Some
- 50 to 85 % = Much

- ☐ = The voided
- ☐ = SPT
- ☐ = Conehead diameter, light
- ☐ = Sleeve friction length, long
- ☐ = Consolidated undrained
- ☐ = Consolidated drained
- ☐ = Standard penetration test (blows/30)
- ☐ = Unconfined compression strength, light
- ☐ = Ultimate friction length, long
- ☐ = Maximum content, %
- ☐ = Plastic limit, %
- ☐ = Liquid limit, %
- ☐ = Bulk density, gm/cm³
- ☐ = Specific gravity
- ☐ = Void ratio

Data Tanah DB-03

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.2.4. BORING LOG		BOREHOLE #: DB-4					
PROJECT: Masjid Uluwatu Hospital (Phase 1)		COORDINATE: -		GROUND WATER LEVEL: 4-1.88 m					
LOCATION: Gubug, Surabaya		DEPTH: -48 m		GROUND SURFACE LEVEL: 88.00 m					
DEPTH (m)	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST		STRENGTH TEST		ATTENDING LIMITS			
		Blows/30 cm	ft	qtz	kg/cm ²	1	Ca	W	
0	Fill material (sand, gravel, brown, trace silt)								
1	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace sand, soft	10	0.3						
2	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace sand, soft	10	0.3						
3	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace sand, soft	10	0.3						
4	Fine sand and silt, dark grey	10	0.3						
5	Fine sand, dark grey, little silt, loose to medium dense	10	0.3	QT	0.28	32	1.87	3.82	1.28
6	Fine sand, dark grey, little silt, loose to medium dense	10	0.3						
7	Fine sand, dark grey, little silt, loose to medium dense	10	0.3						
8	Fine sand, dark grey, little silt, loose to medium dense	10	0.3						
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, contain crushed shells, very soft	10	0.3						
10	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, contain crushed shells, very soft	10	0.3						
11	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, contain crushed shells, very soft	10	0.3						
12	Silt and fine sand, greenish grey, cemented at some depths	10	0.3						
13	Silt and fine sand, greenish grey, cemented at some depths	10	0.3						
14	Silt and fine sand, greenish grey, cemented at some depths	10	0.3						
15	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
16	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
17	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
18	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
19	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
20	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
21	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
22	Sand, brown, fine to medium grained, (little gravel), contain cobble (10 cm) at 15 m depth, very dense	10	0.3						
23	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3	UU	1.86	2	1.72	3.80	1.08
24	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
25	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
26	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
27	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
28	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
29	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
30	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
31	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
32	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
33	Clay and silt, brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	10	0.3						
34	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
35	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
36	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
37	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
38	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
39	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
40	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to hard	10	0.3						
41	Bottom filling								
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 30 % = Some
 30 to 60 % = A lot
 60 to 90 % = Much
 90 to 100 % = Very much

U = Undisturbed sample
 SPT = Standard Penetration Test
 P = Partially undisturbed sample
 C = Compression intensity, kg/cm²
 α = Internal friction angle, deg

UU = Unconfined undrained
 CU = Consolidated undrained
 CD = Consolidated drained
 SPT = Standard penetration test (blows/30 cm)
 σ_c = Unconfined compression strength, kg/cm²

U_u = Moisture content, %
 W_u = Plastic limit, %
 L_u = Liquid limit, %
 I_p = Plasticity index, %
 γ = Bulk density, kg/m³
 G_s = Specific gravity
 e_u = Void ratio

Data Tanah DB-04

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.2.3. BORING LOG				BOREHOLE #: DB-3									
PROJECT: Mixed Used Bldg Hospital (Phase 1)		COORDINATE: -		GROUND WATER LEVEL: 2.149 m											
LOCATION: J. Raya Gelumbang, Sarabaya		DEPTH: - 49 m		GROUND SURFACE LEVEL: 2.000 m											
DEPTH (m)	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERRBURG LIMITS						
		1	2	3	4	q _{tip}	c _u	s _u	w _L	w _P	w _U	γ	G _s	ρ _d	
0	Clay intercalated organic brown, trace sil.					q _{tip}	0.22	20	-	19	19	19	1.91	2.54	1.82
1	Clay and silt, brownish grey, inorganic, little to and fine sand, soft	1	2	3	4										
2															
3															
4															
5	Fine sand, dark grey, little silt, loose to medium dense	5	6	7	8										
6															
7															
8															
9															
10	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, carbon crushed shells, very soft to soft	10	11	12	13										
11															
12	Fine sand and silt, greyish brown, cemented at 10 to 15 depth, carbon crushed shells	12	13	14	15										
13															
14	Fine sand, brown, little silt, dense	14	15	16	17										
15															
16															
17	Clay and silt, yellowish brown mottled with grey, inorganic, trace sand, very soft	17	18	19	20										
18															
19															
20	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand	20	21	22	23										
21															
22	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace to little fine sand, very soft	22	23	24	25										
23															
24															
25	Clay and silt, light brown, trace of sand	25	26	27	28										
26															
27	Clay and fine sand, grey, stiff	27	28	29	30										
28															
29	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand, hard	29	30	31	32										
30															
31															
32															
33	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft	33	34	35	36										
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41	End of Boring														

0 to 10 % = Trace
 10 to 30 % = Little
 30 to 50 % = Some
 50 to 80 % = And

[] = Thin bedded
 [] = SPT
 C = Correction (intercept), lighter
 α = Interior friction angle, deg

UU = Unconfined (shear) undrained
 CU = Consolidated undrained
 CD = Consolidated drained
 SPT = Standard penetration test (blows/ft)
 q_u = Unconfined compression strength, lighter

γ = Moisture content, %
 ρ_d = Plastic limit, %
 w_L = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, g/cc³
 G_s = Specific gravity
 ρ = Void ratio

LAMPIRAN 2

Data N-Koreksi DB-01

Depth (m)	N-SPT	C/S	N>15, sand		N>15, sand + 0.5 (N-1)	N>15, sand	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr	2N	N Corr
1.00	2.00	C	2.00	2.00	2.00	2.00	1.60	0.60	0.30	7.14	4.00	5.00
1.50	2.50	C	2.50	2.50	2.50	2.50	1.45	0.45	0.53	8.26	5.00	5.00
2.00	3.00	C	3.00	3.00	3.00	3.00	1.70	0.70	0.88	8.89	6.00	6.00
2.50	3.50	C	3.50	3.50	3.50	3.50	1.55	0.55	1.15	9.59	7.00	7.00
3.00	4.00	C	4.00	4.00	4.00	4.00	1.56	0.56	1.43	10.18	8.00	8.00
3.50	4.50	S	4.50	4.50	4.50	4.50	1.23	0.23	1.54	11.13	9.00	9.00
4.00	5.00	S	5.00	5.00	5.00	5.00	1.27	0.27	1.68	11.97	10.00	10.00
4.50	5.50	S	5.50	5.50	5.50	5.50	1.30	0.30	1.83	12.71	11.00	11.00
5.00	6.00	S	6.00	6.00	6.00	6.00	1.33	0.33	1.99	13.35	12.00	12.00
5.50	4.50	S	4.50	4.50	4.50	4.50	1.23	0.23	2.11	9.76	9.00	9.00
6.00	3.00	S	3.00	3.00	3.00	3.00	1.13	0.13	2.18	6.41	6.00	6.00
6.50	1.50	S	1.50	1.50	1.50	1.50	1.03	0.03	2.19	3.20	3.00	3.00
7.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	2.39	0.00	0.00	0.00
7.50	0.00	C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	2.59	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	2.79	0.00	0.00	0.00
8.50	0.00	C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	2.99	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	3.19	0.00	0.00	0.00
9.50	2.00	C	2.00	2.00	2.00	2.00	1.60	0.60	3.49	3.34	4.00	3.34
10.00	4.00	C	4.00	4.00	4.00	4.00	1.60	0.60	3.79	6.35	8.00	6.35
10.50	6.00	C	6.00	6.00	6.00	6.00	1.80	0.80	4.19	8.96	12.00	8.96
11.00	8.00	C	8.00	8.00	8.00	8.00	1.64	0.64	4.52	11.40	16.00	11.40
11.50	18.25	C	18.25	18.25	18.25	18.25	1.87	0.87	4.95	24.49	36.50	24.49
12.00	28.50	C	28.50	28.50	28.50	28.50	2.16	1.16	5.53	35.49	57.00	35.49
12.50	38.75	S	26.88	23.25	23.25	23.25	1.66	0.66	5.86	27.81	46.50	27.81
13.00	49.00	S	32.00	29.40	29.40	29.40	1.79	0.79	6.25	33.59	58.80	33.59
13.50	46.00	S	30.50	27.60	27.60	27.60	1.75	0.75	6.63	30.24	55.20	30.24
14.00	43.00	S	29.00	25.80	25.80	25.80	1.71	0.71	6.98	27.20	51.60	27.20
14.50	40.00	S	27.50	24.00	24.00	24.00	1.67	0.67	7.32	24.44	48.00	24.44
15.00	37.00	C	37.00	37.00	37.00	37.00	2.29	1.29	7.97	36.57	74.00	36.57
15.50	32.25	C	32.25	32.25	32.25	32.25	2.32	1.32	8.63	31.37	64.50	31.37
16.00	27.50	C	27.50	27.50	27.50	27.50	2.11	1.11	9.18	26.39	55.00	26.39
16.50	22.75	C	22.75	22.75	22.75	22.75	1.90	0.90	9.63	21.60	45.50	21.60
17.00	18.00	C	18.00	18.00	18.00	18.00	1.69	0.69	9.98	16.95	36.00	16.95
17.50	18.25	C	18.25	18.25	18.25	18.25	1.70	0.70	10.33	17.05	36.50	17.05
18.00	18.50	C	18.50	18.50	18.50	18.50	1.71	0.71	10.68	17.14	37.00	17.14
18.50	18.75	C	18.75	18.75	18.75	18.75	1.72	0.72	11.04	17.22	37.50	17.22
19.00	19.00	C	19.00	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	11.41	17.31	38.00	17.31
19.50	19.00	C	19.00	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	11.78	17.17	38.00	17.17
20.00	19.00	C	19.00	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	12.14	17.02	38.00	17.02
20.50	19.00	C	19.00	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	12.51	16.89	38.00	16.89
21.00	19.00	C	19.00	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	12.88	16.75	38.00	16.75
21.50	19.25	C	19.25	19.25	19.25	19.25	1.74	0.74	13.25	16.83	38.50	16.83
22.00	19.50	C	19.50	19.50	19.50	19.50	1.76	0.76	13.63	16.91	39.00	16.91
22.50	19.75	C	19.75	19.75	19.75	19.75	1.77	0.77	14.01	16.99	39.50	16.99
23.00	20.00	C	20.00	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	14.40	17.06	40.00	17.06
23.50	20.00	C	20.00	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	14.79	16.92	40.00	16.92
24.00	20.00	C	20.00	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	15.18	16.78	40.00	16.78
24.50	20.00	C	20.00	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	15.57	16.64	40.00	16.64
25.00	20.00	C	20.00	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	15.95	16.51	40.00	16.51
25.50	22.25	C	22.25	22.25	22.25	22.25	1.88	0.88	16.39	18.20	44.50	18.20
26.00	24.50	C	24.50	24.50	24.50	24.50	1.98	0.98	16.88	19.85	49.00	19.85
26.50	26.75	C	26.75	26.75	26.75	26.75	2.08	1.08	17.42	21.43	53.50	21.43
27.00	29.00	C	29.00	29.00	29.00	29.00	2.18	1.18	18.01	22.97	58.00	22.97
27.50	28.00	C	28.00	28.00	28.00	28.00	2.13	1.13	18.58	21.93	56.00	21.93
28.00	27.00	C	27.00	27.00	27.00	27.00	2.09	1.09	19.12	20.92	54.00	20.92
28.50	26.00	C	26.00	26.00	26.00	26.00	2.04	1.04	19.64	19.95	52.00	19.95
29.00	25.00	C	25.00	25.00	25.00	25.00	2.00	1.00	20.14	19.00	50.00	19.00
29.50	24.75	C	24.75	24.75	24.75	24.75	1.99	0.99	20.64	18.63	49.50	18.63
30.00	24.50	C	24.50	24.50	24.50	24.50	1.98	0.98	21.13	18.27	49.00	18.27
30.50	24.25	C	24.25	24.25	24.25	24.25	1.97	0.97	21.61	17.93	48.50	17.93
31.00	24.00	C	24.00	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	22.09	17.59	48.00	17.59
31.50	24.00	C	24.00	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	22.57	17.43	48.00	17.43
32.00	24.00	C	24.00	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	23.04	17.28	48.00	17.28
32.50	24.00	C	24.00	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	23.52	17.14	48.00	17.14
33.00	24.00	C	24.00	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	24.00	16.99	48.00	16.99
33.50	23.25	C	23.25	23.25	23.25	23.25	1.92	0.92	24.46	16.33	46.50	16.33
34.00	22.50	C	22.50	22.50	22.50	22.50	1.89	0.89	24.90	15.68	45.00	15.68
34.50	21.75	C	21.75	21.75	21.75	21.75	1.86	0.86	25.33	15.04	43.50	15.04
35.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	25.74	14.42	42.00	14.42
35.50	21.25	C	21.25	21.25	21.25	21.25	1.83	0.83	26.16	14.49	42.50	14.49
36.00	21.50	C	21.50	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	26.58	14.56	43.00	14.56
36.50	21.75	C	21.75	21.75	21.75	21.75	1.86	0.86	27.01	14.62	43.50	14.62
37.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	27.44	14.68	44.00	14.68
37.50	20.75	C	20.75	20.75	20.75	20.75	1.81	0.81	27.85	13.75	41.50	13.75
38.00	19.50	C	19.50	19.50	19.50	19.50	1.76	0.76	28.23	12.84	39.00	12.84
38.50	18.25	C	18.25	18.25	18.25	18.25	1.70	0.70	28.58	11.95	36.50	11.95
39.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	28.90	11.08	34.00	11.08
39.50	17.00	C	17.00	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	29.22	11.02	34.00	11.02
40.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	29.54	10.96	34.00	10.96

DATA N-KOREKSI DB-02

Depth (m)	N-sPT	C/S	N>15, sand		N>15, sand (t/m ³)	γ _{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ³)	N _{Corr}	2N	N _{Corr}
			+ 0.5 (N-1)	0.6 N							
1.00	3.00	C	3.00	3.00	3.00	1.70	0.70	0.35	10.53	6.00	6.00
1.50	4.00	C	4.00	4.00	4.00	1.60	0.60	0.65	12.70	8.00	8.00
2.00	5.00	C	5.00	5.00	5.00	1.90	0.90	1.10	13.89	10.00	10.00
2.50	6.00	C	6.00	6.00	6.00	1.80	0.80	1.50	15.00	12.00	12.00
3.00	7.00	C	7.00	7.00	7.00	1.62	0.62	1.81	16.24	14.00	14.00
3.50	7.75	S	7.75	7.75	7.75	1.45	0.45	2.04	17.09	15.50	15.50
4.00	8.50	S	8.50	8.50	8.50	1.50	0.50	2.29	17.76	17.00	17.00
4.50	9.25	S	9.25	9.25	9.25	1.55	0.55	2.56	18.28	18.50	18.28
5.00	10.00	S	10.00	10.00	10.00	1.60	0.60	2.86	18.65	20.00	18.65
5.50	7.50	S	7.50	7.50	7.50	1.43	0.43	3.08	13.45	15.00	13.45
6.00	5.00	S	5.00	5.00	5.00	1.27	0.27	3.21	8.75	10.00	8.75
6.50	2.50	S	2.50	2.50	2.50	1.10	0.10	3.26	4.34	5.00	4.34
7.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	3.46	0.00	0.00	0.00
7.50	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	3.66	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	3.86	0.00	0.00	0.00
8.50	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	4.06	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	4.26	0.00	0.00	0.00
9.50	2.00	C	2.00	2.00	2.00	1.60	0.60	4.56	2.83	4.00	2.83
10.00	4.00	C	4.00	4.00	4.00	1.60	0.60	4.86	5.43	8.00	5.43
10.50	6.00	C	6.00	6.00	6.00	1.80	0.80	5.26	7.73	12.00	7.73
11.00	8.00	C	8.00	8.00	8.00	1.64	0.64	5.58	9.90	16.00	9.90
11.50	14.50	C	14.50	14.50	14.50	1.79	0.79	5.98	17.10	29.00	17.10
12.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	6.39	23.63	42.00	23.63
12.50	27.50	S	21.25	16.50	16.50	1.52	0.52	6.65	18.04	33.00	18.04
13.00	34.00	S	24.50	20.40	20.40	1.60	0.60	6.95	21.60	40.80	21.60
13.50	29.25	S	22.13	17.55	17.55	1.54	0.54	7.21	18.07	35.10	18.07
14.00	24.50	S	19.75	14.70	14.70	1.48	0.48	7.45	14.77	29.40	14.77
14.50	19.75	S	17.38	11.85	11.85	1.42	0.42	7.66	11.80	23.70	11.80
15.00	15.00	C	15.00	15.00	15.00	1.80	0.80	8.06	14.79	30.00	14.79
15.50	15.25	C	15.25	15.25	15.25	1.57	0.57	8.35	14.93	30.50	14.93
16.00	15.50	C	15.50	15.50	15.50	1.58	0.58	8.63	15.07	31.00	15.07
16.50	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	8.93	15.21	31.50	15.21
17.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	9.23	15.34	32.00	15.34
17.50	16.50	C	16.50	16.50	16.50	1.62	0.62	9.54	15.70	33.00	15.70
18.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	9.86	16.05	34.00	16.05
18.50	17.50	C	17.50	17.50	17.50	1.67	0.67	10.20	16.40	35.00	16.40
19.00	18.00	C	18.00	18.00	18.00	1.69	0.69	10.54	16.73	36.00	16.73
19.50	17.50	C	17.50	17.50	17.50	1.67	0.67	10.87	16.14	35.00	16.14
20.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	11.20	15.56	34.00	15.56
20.50	16.50	C	16.50	16.50	16.50	1.62	0.62	11.51	15.00	33.00	15.00
21.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	11.81	14.44	32.00	14.44
21.50	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	12.11	14.35	32.00	14.35
22.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	12.41	14.25	32.00	14.25
22.50	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	12.71	14.16	32.00	14.16
23.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	13.01	14.06	32.00	14.06
23.50	17.50	C	17.50	17.50	17.50	1.67	0.67	13.34	15.27	35.00	15.27
24.00	19.00	C	19.00	19.00	19.00	1.73	0.73	13.71	16.45	38.00	16.45
24.50	20.50	C	20.50	20.50	20.50	1.80	0.80	14.11	17.59	41.00	17.59
25.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	14.54	18.71	44.00	18.71
25.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	14.97	18.54	44.00	18.54
26.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	15.41	18.37	44.00	18.37
26.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	15.84	18.20	44.00	18.20
27.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	16.27	18.04	44.00	18.04
27.50	21.50	C	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	16.70	17.48	43.00	17.48
28.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	17.11	16.93	42.00	16.93
28.50	20.50	C	20.50	20.50	20.50	1.80	0.80	17.51	16.40	41.00	16.40
29.00	20.00	C	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	17.90	15.87	40.00	15.87
29.50	20.50	C	20.50	20.50	20.50	1.80	0.80	18.30	16.14	41.00	16.14
30.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	18.71	16.40	42.00	16.40
30.50	21.50	C	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	19.13	16.66	43.00	16.66
31.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	19.56	16.90	44.00	16.90
31.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	20.00	16.76	44.00	16.76
32.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	20.43	16.63	44.00	16.63
32.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	20.86	16.49	44.00	16.49
33.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	21.30	16.36	44.00	16.36
33.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	21.73	16.23	44.00	16.23
34.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	22.16	16.10	44.00	16.10
34.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	22.60	15.97	44.00	15.97
35.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	23.03	15.85	44.00	15.85
35.50	21.50	C	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	23.45	15.37	43.00	15.37
36.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	23.86	14.90	42.00	14.90
36.50	20.50	C	20.50	20.50	20.50	1.80	0.80	24.26	14.45	41.00	14.45
37.00	20.00	C	20.00	20.00	20.00	1.78	0.78	24.65	14.00	40.00	14.00
37.50	20.25	C	20.25	20.25	20.25	1.79	0.79	25.05	14.08	40.50	14.08
38.00	20.50	C	20.50	20.50	20.50	1.80	0.80	25.45	14.15	41.00	14.15
38.50	20.75	C	20.75	20.75	20.75	1.81	0.81	25.85	14.22	41.50	14.22
39.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	26.26	14.29	42.00	14.29
39.50	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	26.67	14.20	42.00	14.20
40.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	27.08	14.10	42.00	14.10

DATA N-KOREKSI DB-03

Depth (m)	N-SPT	C/S	N>15, sand		N>15, sanc	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr	2N	N Corr
			+ 0.5 (N-1)	0.6 N							
1.00	2.00	C	2.00	2.00	2.00	1.60	0.60	0.30	7.14	4.00	4.00
1.50	2.25	C	2.25	2.25	2.25	1.43	0.43	0.51	7.47	4.50	4.50
2.00	2.50	C	2.50	2.50	2.50	1.65	0.65	0.84	7.49	5.00	5.00
2.50	2.75	C	2.75	2.75	2.75	1.48	0.48	1.08	7.69	5.50	5.50
3.00	3.00	C	3.00	3.00	3.00	1.53	0.53	1.34	7.81	6.00	6.00
3.50	3.75	S	3.75	3.75	3.75	1.18	0.18	1.43	9.53	7.50	7.50
4.00	4.50	S	4.50	4.50	4.50	1.23	0.23	1.55	11.11	9.00	9.00
4.50	5.25	S	5.25	5.25	5.25	1.28	0.28	1.69	12.52	10.50	10.50
5.00	6.00	S	6.00	6.00	6.00	1.33	0.33	1.86	13.77	12.00	12.00
5.50	7.25	S	7.25	7.25	7.25	1.42	0.42	2.07	15.88	14.50	14.50
6.00	8.50	S	8.50	8.50	8.50	1.50	0.50	2.32	17.65	17.00	17.00
6.50	9.75	S	9.75	9.75	9.75	1.58	0.58	2.61	19.09	19.50	19.09
7.00	11.00	C	11.00	11.00	11.00	2.50	1.50	3.36	18.78	22.00	18.78
7.50	8.25	C	8.25	8.25	8.25	2.23	1.23	3.97	12.75	16.50	12.75
8.00	5.50	C	5.50	5.50	5.50	1.95	0.95	4.45	7.92	11.00	7.92
8.50	2.75	C	2.75	2.75	2.75	1.68	0.68	4.78	3.78	5.50	3.78
9.00	0.00	C	0.00	0.00	0.00	1.40	0.40	4.98	0.00	0.00	0.00
9.50	0.25	C	0.25	0.25	0.25	1.43	0.43	5.20	0.32	0.50	0.32
10.00	0.50	C	0.50	0.50	0.50	1.25	0.25	5.32	0.64	1.00	0.64
10.50	0.75	C	0.75	0.75	0.75	1.28	0.28	5.46	0.94	1.50	0.94
11.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	1.49	0.49	5.70	1.22	2.00	1.22
11.50	13.25	C	13.25	13.25	13.25	1.76	0.76	6.08	15.44	26.50	15.44
12.00	25.50	C	25.50	25.50	25.50	2.02	1.02	6.59	28.04	51.00	28.04
12.50	37.75	S	26.38	22.65	22.65	1.65	0.65	6.92	24.05	45.30	24.05
13.00	50.00	S	32.50	30.00	30.00	1.80	0.80	7.32	30.56	60.00	30.56
13.50	50.00	S	32.50	30.00	30.00	1.80	0.80	7.72	29.84	60.00	29.84
14.00	50.00	S	32.50	30.00	30.00	1.80	0.80	8.12	29.54	60.00	29.54
14.50	50.00	S	32.50	30.00	30.00	1.80	0.80	8.52	29.26	60.00	29.26
15.00	50.00	C	50.00	50.00	50.00	2.58	1.58	9.31	47.84	###	47.84
15.50	41.75	C	41.75	41.75	41.75	2.74	1.74	10.18	39.13	83.50	39.13
16.00	33.50	C	33.50	33.50	33.50	2.38	1.38	10.87	30.90	67.00	30.90
16.50	25.25	C	25.25	25.25	25.25	2.01	1.01	11.37	23.02	50.50	23.02
17.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	12.01	15.39	34.00	15.39
17.50	16.50	C	16.50	16.50	16.50	1.62	0.62	12.01	14.83	33.00	14.83
18.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	12.31	14.28	32.00	14.28
18.50	15.50	C	15.50	15.50	15.50	1.58	0.58	12.59	13.75	31.00	13.75
19.00	15.00	C	15.00	15.00	15.00	1.56	0.56	12.87	13.22	30.00	13.22
19.50	15.25	C	15.25	15.25	15.25	1.57	0.57	13.16	13.36	30.50	13.36
20.00	15.50	C	15.50	15.50	15.50	1.58	0.58	13.44	13.49	31.00	13.49
20.50	15.75	C	15.75	15.75	15.75	1.59	0.59	13.74	13.62	31.50	13.62
21.00	16.00	C	16.00	16.00	16.00	1.60	0.60	14.04	13.75	32.00	13.75
21.50	16.25	C	16.25	16.25	16.25	1.61	0.61	14.34	13.88	32.50	13.88
22.00	16.50	C	16.50	16.50	16.50	1.62	0.62	14.66	14.00	33.00	14.00
22.50	16.75	C	16.75	16.75	16.75	1.63	0.63	14.97	14.11	33.50	14.11
23.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	15.29	14.23	34.00	14.23
23.50	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	15.62	14.13	34.00	14.13
24.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	15.94	14.04	34.00	14.04
24.50	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	16.26	13.95	34.00	13.95
25.00	17.00	C	17.00	17.00	17.00	1.64	0.64	16.58	13.85	34.00	13.85
25.50	17.25	C	17.25	17.25	17.25	1.66	0.66	16.91	13.96	34.50	13.96
26.00	17.50	C	17.50	17.50	17.50	1.67	0.67	17.24	14.07	35.00	14.07
26.50	17.75	C	17.75	17.75	17.75	1.68	0.68	17.58	14.18	35.50	14.18
27.00	18.00	C	18.00	18.00	18.00	1.69	0.69	17.93	14.28	36.00	14.28
27.50	20.25	C	20.25	20.25	20.25	1.79	0.79	18.32	15.94	40.50	15.94
28.00	22.50	C	22.50	22.50	22.50	1.89	0.89	18.77	17.56	45.00	17.56
28.50	24.75	C	24.75	24.75	24.75	1.99	0.99	19.26	19.13	49.50	19.13
29.00	27.00	C	27.00	27.00	27.00	2.09	1.09	19.81	20.65	54.00	20.65
29.50	25.50	C	25.50	25.50	25.50	2.02	1.02	20.32	19.31	51.00	19.31
30.00	24.00	C	24.00	24.00	24.00	1.96	0.96	20.79	18.01	48.00	18.01
30.50	22.50	C	22.50	22.50	22.50	1.89	0.89	21.24	16.75	45.00	16.75
31.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	21.65	15.51	42.00	15.51
31.50	21.25	C	21.25	21.25	21.25	1.83	0.83	22.07	15.58	42.50	15.58
32.00	21.50	C	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	22.49	15.64	43.00	15.64
32.50	21.75	C	21.75	21.75	21.75	1.86	0.86	22.92	15.70	43.50	15.70
33.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	23.35	15.76	44.00	15.76
33.50	29.00	C	29.00	29.00	29.00	2.18	1.18	23.94	20.55	58.00	20.55
34.00	36.00	C	36.00	36.00	36.00	2.49	1.49	24.68	25.18	72.00	25.18
34.50	43.00	C	43.00	43.00	43.00	2.80	1.80	25.58	29.61	86.00	29.61
35.00	50.00	C	50.00	50.00	50.00	3.11	2.11	26.64	33.82	###	33.82
35.50	42.75	C	42.75	42.75	42.75	2.79	1.79	27.53	28.48	85.50	28.48
36.00	35.50	C	35.50	35.50	35.50	2.47	1.47	28.27	23.37	71.00	23.37
36.50	28.25	C	28.25	28.25	28.25	2.14	1.14	28.84	18.42	56.50	18.42
37.00	21.00	C	21.00	21.00	21.00	1.82	0.82	29.25	13.60	42.00	13.60
37.50	21.25	C	21.25	21.25	21.25	1.83	0.83	29.67	13.67	42.50	13.67
38.00	21.50	C	21.50	21.50	21.50	1.84	0.84	30.09	13.74	43.00	13.74
38.50	21.75	C	21.75	21.75	21.75	1.86	0.86	30.52	13.81	43.50	13.81
39.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	30.95	13.87	44.00	13.87
39.50	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	31.38	13.78	44.00	13.78
40.00	22.00	C	22.00	22.00	22.00	1.87	0.87	31.82	13.68	44.00	13.68

DATA N-KOREKSI DB-04

Depth (m)	N-SPT	C/S	N>15, sand + 0.5 (N-1)	N>15, sand	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr	2N	N Corr
1.00	4.00	C	4.00	4.00	1.80	0.80	0.40	13.79	8.00	8.00
1.50	5.25	C	5.25	5.25	1.73	0.73	0.76	16.09	10.50	10.50
2.00	6.50	C	6.50	6.50	2.05	1.05	1.29	17.16	13.00	13.00
2.50	7.75	C	7.75	7.75	1.98	0.98	1.78	18.13	15.50	15.50
3.00	9.00	C	9.00	9.00	1.67	0.67	2.11	19.53	18.00	18.00
3.50	9.50	S	9.50	9.50	1.57	0.57	2.39	19.42	19.00	19.00
4.00	10.00	S	10.00	10.00	1.60	0.60	2.69	19.26	20.00	19.26
4.50	10.50	S	10.50	10.50	1.63	0.63	3.01	19.06	21.00	19.06
5.00	11.00	S	11.00	11.00	1.67	0.67	3.34	18.83	22.00	18.83
5.50	8.25	S	8.25	8.25	1.48	0.48	3.58	13.56	16.50	13.56
6.00	5.50	S	5.50	5.50	1.30	0.30	3.73	8.82	11.00	8.82
6.50	2.75	S	2.75	2.75	1.12	0.12	3.79	4.37	5.50	4.37
7.00	0.00	C	0.00	0.00	1.40	0.40	3.99	0.00	0.00	0.00
7.50	0.00	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.19	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.39	0.00	0.00	0.00
8.50	0.00	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.59	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.79	0.00	0.00	0.00
9.50	1.00	C	1.00	1.00	1.50	0.50	5.04	1.33	2.00	1.33
10.00	2.00	C	2.00	2.00	1.40	0.40	5.24	2.58	4.00	2.58
10.50	3.00	C	3.00	3.00	1.50	0.50	5.49	3.75	6.00	3.75
11.00	4.00	C	4.00	4.00	1.56	0.56	5.77	4.84	8.00	4.84
11.50	14.75	C	14.75	14.75	1.79	0.79	6.17	17.02	29.50	17.02
12.00	25.50	C	25.50	25.50	2.02	1.02	6.68	27.78	51.00	27.78
12.50	36.25	S	36.25	21.75	1.63	0.63	6.99	22.92	43.50	22.92
13.00	47.00	S	31.00	28.20	1.76	0.76	7.37	28.57	56.40	28.57
13.50	43.50	S	29.25	26.10	1.72	0.72	7.73	25.95	52.20	25.95
14.00	40.00	S	27.50	24.00	1.67	0.67	8.07	23.66	48.00	23.66
14.50	36.50	S	25.75	21.90	1.63	0.63	8.38	21.43	43.80	21.43
15.00	33.00	C	33.00	33.00	2.20	1.20	8.98	31.82	66.00	31.82
15.50	30.00	C	30.00	30.00	2.22	1.22	9.59	28.51	60.00	28.51
16.00	27.00	C	27.00	27.00	2.09	1.09	10.14	25.33	54.00	25.33
16.50	24.00	C	24.00	24.00	1.96	0.96	10.62	22.27	48.00	22.27
17.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	11.03	19.30	42.00	19.30
17.50	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	11.44	19.12	42.00	19.12
18.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	11.85	18.94	42.00	18.94
18.50	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	12.26	18.77	42.00	18.77
19.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	12.67	18.60	42.00	18.60
19.50	20.00	C	20.00	20.00	1.78	0.78	13.06	17.56	40.00	17.56
20.00	19.00	C	19.00	19.00	1.73	0.73	13.43	16.55	38.00	16.55
20.50	18.00	C	18.00	18.00	1.69	0.69	13.77	15.56	36.00	15.56
21.00	17.00	C	17.00	17.00	1.64	0.64	14.09	14.59	34.00	14.59
21.50	18.00	C	18.00	18.00	1.69	0.69	14.44	15.34	36.00	15.34
22.00	19.00	C	19.00	19.00	1.73	0.73	14.80	16.07	38.00	16.07
22.50	20.00	C	20.00	20.00	1.78	0.78	15.19	16.77	40.00	16.77
23.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	15.60	17.46	42.00	17.46
23.50	21.75	C	21.75	21.75	1.86	0.86	16.03	17.93	43.50	17.93
24.00	22.50	C	22.50	22.50	1.89	0.89	16.48	18.38	45.00	18.38
24.50	23.25	C	23.25	23.25	1.92	0.92	16.94	18.81	46.50	18.81
25.00	24.00	C	24.00	24.00	1.96	0.96	17.42	19.23	48.00	19.23
25.50	30.50	C	30.50	30.50	2.24	1.24	18.04	24.14	61.00	24.14
26.00	37.00	C	37.00	37.00	2.53	1.53	18.80	28.85	74.00	28.85
26.50	43.50	C	43.50	43.50	2.82	1.82	19.72	33.32	87.00	33.32
27.00	50.00	C	50.00	50.00	3.11	2.11	20.77	37.54	###	37.54
27.50	43.00	C	43.00	43.00	2.80	1.80	21.67	31.75	86.00	31.75
28.00	36.00	C	36.00	36.00	2.49	1.49	22.42	26.22	72.00	26.22
28.50	29.00	C	29.00	29.00	2.18	1.18	23.00	20.90	58.00	20.90
29.00	22.00	C	22.00	22.00	1.87	0.87	23.44	15.73	44.00	15.73
29.50	21.50	C	21.50	21.50	1.84	0.84	23.86	15.26	43.00	15.26
30.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	24.27	14.80	42.00	14.80
30.50	20.50	C	20.50	20.50	1.80	0.80	24.67	14.34	41.00	14.34
31.00	20.00	C	20.00	20.00	1.78	0.78	25.06	13.90	40.00	13.90
31.50	20.25	C	20.25	20.25	1.79	0.79	25.45	13.98	40.50	13.98
32.00	20.50	C	20.50	20.50	1.80	0.80	25.85	14.05	41.00	14.05
32.50	20.75	C	20.75	20.75	1.81	0.81	26.26	14.13	41.50	14.13
33.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	26.67	14.20	42.00	14.20
33.50	20.25	C	20.25	20.25	1.79	0.79	27.07	13.60	40.50	13.60
34.00	19.50	C	19.50	19.50	1.76	0.76	27.44	13.01	39.00	13.01
34.50	18.75	C	18.75	18.75	1.72	0.72	27.80	12.44	37.50	12.44
35.00	18.00	C	18.00	18.00	1.69	0.69	28.15	11.87	36.00	11.87
35.50	18.25	C	18.25	18.25	1.70	0.70	28.50	11.97	36.50	11.97
36.00	18.50	C	18.50	18.50	1.71	0.71	28.85	12.06	37.00	12.06
36.50	18.75	C	18.75	18.75	1.72	0.72	29.22	12.15	37.50	12.15
37.00	19.00	C	19.00	19.00	1.73	0.73	29.58	12.24	38.00	12.24
37.50	19.50	C	19.50	19.50	1.76	0.76	29.96	12.49	39.00	12.49
38.00	20.00	C	20.00	20.00	1.78	0.78	30.35	12.73	40.00	12.73
38.50	20.50	C	20.50	20.50	1.80	0.80	30.75	12.96	41.00	12.96
39.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	31.16	13.20	42.00	13.20
39.50	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	31.57	13.11	42.00	13.11
40.00	21.00	C	21.00	21.00	1.82	0.82	31.98	13.03	42.00	13.03

LAMPIRAN 3

Rekapitulasi Daya Dukung

Depth (m)	Daya Dukung Quik/5F															
	DB-1				DB-2				DB-3				DB-4			
	d 60	d 80	d 100	d 120	d 60	d 80	d 100	d 120	d 60	d 80	d 100	d 120	d 60	d 80	d 100	d 120
1.00	8.91	16.23	27.98	40.19	26.58	45.54	64.93	7.66	14.04	25.13	39.04	18.36	33.20	53.94	75.81	
1.50	10.34	18.40	29.73	41.02	29.86	47.61	65.44	9.03	16.25	28.80	44.43	20.71	36.28	55.73	75.99	
2.00	11.87	20.70	30.71	41.04	33.11	48.63	64.98	10.51	18.60	30.55	50.09	23.07	39.40	56.69	75.42	
2.50	13.50	22.31	31.15	40.49	35.29	49.03	63.88	12.10	21.29	37.09	55.13	25.51	41.62	57.19	74.43	
3.00	14.77	23.46	31.23	40.52	36.86	49.05	63.79	13.88	24.24	40.92	57.81	27.50	43.36	57.47	74.64	
3.50	22.07	35.73	47.36	62.64	57.08	75.71	100.21	27.33	43.33	71.74	100.31	41.11	66.24	87.82	116.23	
4.00	22.71	34.54	46.08	60.95	55.06	75.53	97.49	27.24	43.24	72.00	98.21	41.81	63.84	85.21	116.23	
4.50	22.59	33.71	45.24	59.78	53.69	72.02	95.33	31.05	49.13	70.92	94.73	41.07	62.02	83.18	110.05	
5.00	22.33	33.92	44.78	60.74	53.83	70.99	95.24	33.62	51.56	68.91	92.19	39.79	61.58	81.62	108.52	
5.50	21.65	33.49	45.80	62.82	52.92	71.54	95.96	35.27	52.88	69.47	90.60	37.63	59.94	80.87	107.35	
6.00	20.56	32.51	47.23	66.29	50.99	71.78	98.21	36.12	53.19	70.22	91.77	34.63	57.14	79.12	106.74	
6.50	19.06	31.93	48.91	70.04	48.92	71.64	99.95	36.02	53.63	71.12	93.09	31.13	53.62	76.38	104.86	
7.00	18.62	28.83	41.76	59.39	41.97	58.99	80.12	30.89	44.48	57.85	76.88	29.32	45.52	62.48	85.10	
7.50	18.38	29.16	45.29	66.82	41.13	59.94	83.38	31.46	45.65	62.30	85.55	27.80	43.56	62.65	88.50	
8.00	18.32	29.71	50.71	72.14	40.40	61.86	84.83	31.38	45.95	67.98	92.10	26.44	41.74	64.67	90.14	
8.50	18.84	32.04	54.51	78.64	40.54	62.45	86.79	30.63	47.53	71.88	98.98	25.76	41.75	65.74	92.92	
9.00	21.04	35.84	59.21	84.10	41.60	63.49	87.54	30.71	50.20	76.07	104.53	26.86	43.38	67.93	95.03	
9.50	25.08	39.43	63.69	89.28	43.01	65.94	87.80	31.93	51.98	79.00	109.72	29.70	45.27	69.92	96.92	
10.00	28.94	44.73	68.70	94.20	46.01	68.94	87.80	32.81	54.40	83.28	114.56	32.63	48.86	72.70	98.60	
10.50	33.68	50.35	74.22	103.34	49.45	68.31	90.28	35.03	56.45	86.18	123.37	36.28	52.89	76.16	104.34	
11.00	38.33	56.30	83.00	112.45	53.36	72.46	94.39	37.72	58.55	92.26	129.53	39.77	57.38	82.62	110.66	
11.50	44.03	63.68	93.67	123.83	57.83	78.71	101.12	42.32	63.49	99.24	136.18	44.30	63.26	91.41	119.85	
12.00	50.59	74.37	105.30	137.07	63.66	86.12	110.30	48.59	73.61	108.01	143.62	49.72	72.16	101.48	131.61	
12.50	73.13	110.95	159.61	211.01	78.29	109.96	147.35	68.48	105.73	156.41	209.72	64.20	96.92	141.27	188.12	
13.00	80.63	121.68	169.81	233.85	84.72	119.26	157.98	78.55	117.49	164.31	217.34	71.56	106.90	151.79	201.28	
13.50	86.35	129.28	179.67	246.29	90.06	127.30	168.91	86.82	126.82	173.30	226.56	77.85	115.39	161.95	214.01	
14.00	90.39	135.40	188.00	248.37	94.41	134.06	178.37	93.39	133.84	181.94	237.29	83.14	122.46	171.29	226.36	
14.50	90.59	140.06	194.94	258.53	97.94	139.67	186.85	95.45	140.58	190.23	247.56	85.16	128.95	179.87	237.69	
15.00	77.22	116.21	155.92	200.39	89.28	120.96	155.53	83.15	121.42	159.09	201.05	76.72	113.42	151.52	193.24	
15.50	79.62	119.84	162.87	209.38	91.60	125.16	161.07	86.44	126.93	168.58	212.74	79.52	117.97	159.28	202.79	
16.00	80.91	121.18	166.46	216.71	93.03	127.92	165.97	88.14	129.37	173.98	222.68	81.38	120.47	164.00	211.17	
16.50	82.05	122.95	172.12	219.83	95.21	129.37	169.01	89.04	131.33	175.66	227.55	83.17	123.10	165.97	215.71	
17.00	83.01	123.21	168.39	219.33	96.80	131.78	170.47	89.19	131.29	176.80	227.81	84.79	124.35	168.17	212.20	
17.50	84.26	123.95	168.61	220.73	98.87	133.57	173.33	89.33	131.31	176.64	228.95	86.52	125.81	169.40	220.01	
18.00	84.23	125.13	169.49	220.77	101.40	140.40	175.38	87.48	131.31	176.55	228.42	87.03	127.44	171.24	221.59	
18.50	84.74	126.74	170.96	221.65	104.39	139.22	178.34	86.49	131.29	176.44	227.99	87.77	129.49	173.61	223.92	
19.00	85.78	126.59	172.89	223.25	106.97	142.98	182.45	86.53	128.50	176.32	227.50	88.90	130.09	176.49	226.89	
19.50	87.33	127.20	172.68	225.46	109.44	146.30	187.45	87.03	127.03	172.70	227.08	90.33	131.13	177.33	230.30	
20.00	89.35	128.53	173.29	224.66	111.79	151.79	191.88	88.55	126.79	170.72	222.16	92.03	132.61	178.70	231.08	
20.50	91.36	130.52	174.80	225.06	114.22	153.21	196.63	90.15	127.71	170.31	219.36	93.72	134.46	180.59	232.56	
21.00	93.33	133.15	177.16	227.06	116.73	156.80	200.79	91.82	129.75	171.38	218.60	95.39	136.68	182.96	235.81	
21.50	95.28	135.74	180.73	230.63	119.34	159.34	160.32	205.06	93.54	131.88	173.94	119.82	139.10	186.95	241.09	
22.00	97.22	138.34	184.60	233.73	122.05	163.72	209.24	95.32	134.10	176.64	222.94	99.13	141.70	191.98	248.34	
22.50	99.16	141.17	188.77	241.20	124.67	167.01	213.26	97.09	136.42	179.48	226.24	101.30	145.14	198.01	256.80	
23.00	101.31	144.23	192.22	246.41	127.20	170.19	217.05	98.87	138.85	182.47	230.40	104.16	149.39	204.99	264.03	
23.50	103.63	147.54	197.44	251.32	129.96	173.40	220.87	100.64	141.26	185.84	234.47	107.66	154.51	210.99	270.06	
24.00	106.11	151.06	201.47	255.95	132.94	176.82	224.71	102.40	143.66	189.49	239.32	111.78	160.46	216.21	274.94	
24.50	108.73	154.44	205.31	260.35	136.08	180.45	228.81	104.14	146.27	193.38	244.50	116.31	165.77	220.70	278.89	
25.00	111.22	157.67	208.99	264.67	139.37	184.27	233.34	106.04	149.08	197.53	249.30	120.20	170.46	224.47	283.06	
25.50	113.77	160.98	212.90	269.28	142.57	188.22	238.04	108.10	152.12	201.42	253.77	123.93	174.94	229.17	288.37	
26.00	116.38	164.36	217.02	274.18	145.69	192.21	242.89	110.33	155.38	205.05	257.93	127.52	179.19	234.45	294.77	
26.50	119.07	167.89	221.33	279.30	148.84	196.23	247.80	112.74	158.44	208.45	261.77	130.98	183.89	240.27	301.79	
27.00	121.89	171.57	225.82	284.68	152.01	152.01	252.66	115.03	161.31	211.61	265.63	134.77	188.98	246.58	309.51	
27.50	124.58	175.08	230.08	289.79	154.97	204.24	257.39	117.36	164.24	215.04	269.81	137.87	193.16	251.80	315.89	
28.00	127.14	178.41	234.18	294.64	157.72	207.85	262.00	119.74	167.22	218.77	274.31	140.31	196.44	255.99	320.99	
28.50	129.39	181.62	238.10	299.29	160.21	211.12	266.18	122.43	170.43	222.81	279.17	141.65	198.94	259.21	324.91	
29.00	131.36	184.69	241.86	303.61	162.44	214.05	269.93	124.68	173.88	227.18	285.53	141.97	200.69	261.47	327.51	
29.50	133.10	187.44	245.46	307.74	164.71	216.80	273.42	127.08	177.13	232.14	292.76	141.78	201.67	263.46	329.76	
30.00	134.63	189.88	248.56	311.67	167.02	219.60	276.67	129.35	180.20	237.78	300.82	141.11	201.90	264.34	331.68	
30.50	136.22	191.94	251.17	314.96	169.38	222.45	279.98	131.31	183.79	244.03	309.62	141.01	201.33	264.15	332.18	
31.00	137.81	193.63	253.30	317.81	171.77	225.35	283.26	133.49	187.86	250.83	316.84	141.38	200.00	262.93	331.47	
31.50	139.42	195.37	255.13	320.25	174.20	228.17	286.45	135.99	192.36	256.62	322.81	142.25	199.44	260.94	329.71	
32.00	141.05	197.14	257.14	322.31	176.68	230.98	289.53	138.81	197.24	261.15	327.57	143.61	199.61	260.08	326.96	
32.50	142.63	199.04	259.33	324.60	179.15	233.78	292.61	142.21	201.12	264.45	330.76	144.98	200.60	260.29	325.66	
33.00	144.25	201.07	261.69	326.88	181.60	236.58	295.82	145.19	204.03	266.55	333.59	146.40	202.36	261.53	325.78	
33.50	145.84	203.08	263.94	329.04	183.94	239.47	299.14	148.27	207.02	269.19	337.03	147.83	204.12	263.69	327.12	
34.00	147.41	205.05	265.98	331.09	186.15	242.30	302.59	151.42	210.22	272.89	341.07	149.25	205.89	265.89	329.66	
34.50	148.93	206.86	267.81	332.88	188.32	245.07	305.96	154.51	214.17	277.60	346.35	150.61	207.68	268.12	332.25	
35.00	150.31	208.50	269.43	334.62	190.45	247.79	309.22	158.03	218.88	283.27	352.77	151.94	209.49	270.39	334.81	

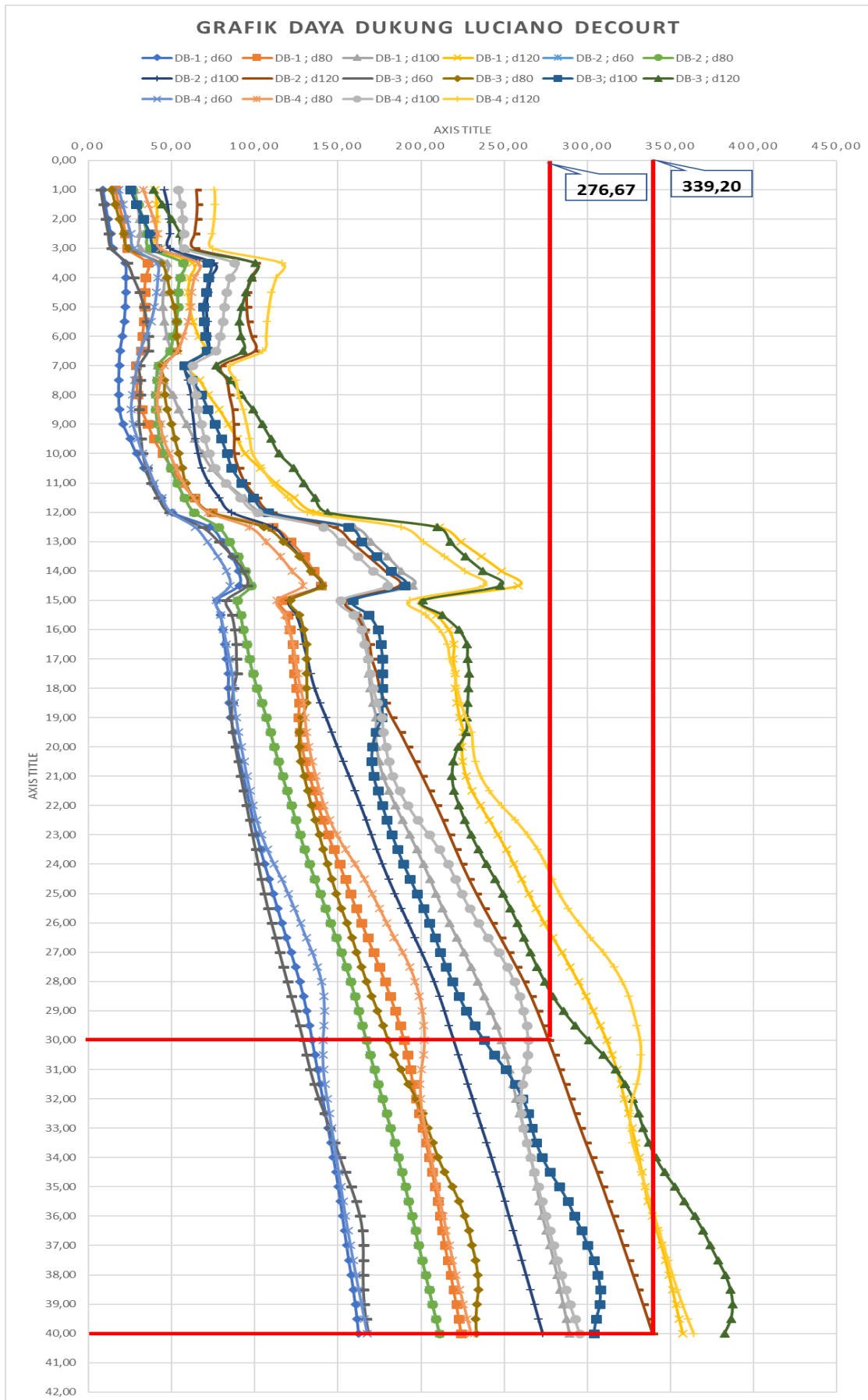
Perhitungan Daya Dukung DB-2 (diameter 120 cm)

Bor No. : DB-2
 Project : PROYEK GEBANG MIXED-USE DEVELOPMENT
 Pile dim : 120 cm

AL. 0.5 m
 4D bawah 4.8 m
 4D atas 4.8 m
 Ab 1.13097 m²

Depth (m)	N _{63.5} SPT	C/S	N>15, sand +0.5(N-0.6N)	γ _{sat} (t/m ³)	γ (t/m ³)	P _o (t/m ²)	N _{Corr} 2N	N _{Corr}	Np	α	K (ton/m ²)	Op (ton)	β	N _m	As (ton)	Q _s (ton)	Q (ton)	P _{ijin} = Qult/SF SF=2.5 (ton)		
1.00	300	C	3.00	3.00	1.70	0.70	0.35	105.5	6.00	6.00	13.29	0.85	12.00	153.28	0.80	6.00	3.71	9.05	162.33	64.93
1.50	400	C	4.00	4.00	1.60	0.60	0.65	12.70	8.00	8.00	12.88	0.85	12.00	148.53	0.80	7.00	5.65	15.08	163.61	65.44
2.00	500	C	5.00	5.00	1.90	0.90	1.10	13.89	10.00	10.00	12.16	0.85	12.00	140.32	0.80	8.00	7.54	22.12	162.44	64.98
2.50	600	C	6.00	6.00	1.80	0.80	1.30	15.00	12.00	12.00	11.23	0.85	12.00	129.53	0.80	9.00	9.42	30.16	159.69	63.88
3.00	700	C	7.00	7.00	1.62	0.62	1.81	16.24	14.00	14.00	10.43	0.85	12.00	120.28	0.80	10.00	11.31	39.21	159.49	63.79
3.50	775	S	7.75	7.75	1.45	0.45	2.04	17.09	15.50	15.50	9.73	0.50	40.00	220.12	0.50	10.92	13.19	30.60	250.72	100.29
4.00	850	S	8.50	8.50	1.50	0.50	2.29	17.76	17.00	17.00	9.12	0.50	40.00	206.36	0.50	11.79	15.08	37.16	243.52	97.41
4.50	925	S	9.25	9.25	1.55	0.55	2.56	18.28	18.50	18.28	8.59	0.50	40.00	194.22	0.50	12.60	16.96	44.10	238.32	95.33
5.00	1000	S	10.00	10.00	1.60	0.60	2.86	18.65	20.00	18.65	8.27	0.50	40.00	186.99	0.50	13.27	18.85	51.11	238.10	95.24
5.50	750	S	7.50	7.50	1.43	0.43	3.08	13.45	15.00	15.45	8.12	0.50	40.00	183.62	0.50	13.29	20.73	56.29	239.90	95.96
6.00	500	S	5.00	5.00	1.27	0.27	3.21	8.75	10.00	8.75	8.21	0.50	40.00	185.68	0.50	12.88	22.62	59.85	245.53	98.21
6.50	250	S	2.50	2.50	1.10	0.10	3.26	4.34	5.00	4.34	8.31	0.50	40.00	187.94	0.50	12.16	24.50	61.93	249.87	99.95
7.00	000	C	0.00	0.00	1.40	0.40	3.46	0.00	0.00	0.00	8.68	0.85	12.00	100.16	0.80	11.23	26.39	100.13	200.29	80.12
7.50	000	C	0.00	0.00	1.40	0.40	3.66	0.00	0.00	0.00	9.29	0.85	12.00	107.22	0.80	10.43	28.27	101.23	208.45	83.38
8.00	000	C	0.00	0.00	1.40	0.40	3.86	0.00	0.00	0.00	9.51	0.85	12.00	109.67	0.80	9.73	30.16	102.39	212.06	84.83
8.50	000	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.06	0.00	0.00	0.00	9.83	0.85	12.00	113.37	0.80	9.12	32.04	103.59	216.97	86.79
9.00	000	C	0.00	0.00	1.40	0.40	4.26	0.00	0.00	0.00	9.88	0.85	12.00	114.02	0.80	8.59	33.93	104.83	218.85	87.54
9.50	200	C	2.00	2.00	1.60	0.60	4.56	2.83	4.00	2.83	9.70	0.85	12.00	111.89	0.80	8.27	35.81	107.60	219.49	87.80
10.00	400	C	4.00	4.00	1.60	0.60	4.86	5.43	8.00	5.43	9.34	0.85	12.00	107.73	0.80	8.12	37.70	111.77	219.50	87.80
10.50	600	C	6.00	6.00	1.80	0.80	5.26	7.73	12.00	7.73	9.41	0.85	12.00	108.55	0.80	8.00	39.58	117.15	225.70	90.28
11.00	800	C	8.00	8.00	1.64	0.64	5.58	9.90	16.00	9.90	9.73	0.85	12.00	112.30	0.80	8.18	41.47	123.68	235.98	94.39
11.50	1450	C	14.50	14.50	1.79	0.79	5.98	17.10	29.00	17.10	10.30	0.85	12.00	118.82	0.80	8.59	43.35	133.99	252.80	101.12
12.00	2100	C	21.00	21.00	1.82	0.82	6.39	23.63	42.00	23.63	11.10	0.85	12.00	128.05	0.80	9.24	45.24	147.70	275.75	110.30
12.50	2750	S	21.25	16.50	1.65	0.65	6.65	18.04	33.00	18.04	11.91	0.85	40.00	269.33	0.50	9.61	47.12	99.04	368.37	147.35
13.00	3400	S	24.50	20.40	1.60	0.60	6.95	21.60	33.00	21.60	12.73	0.50	40.00	298.02	0.50	10.09	49.01	106.91	394.94	157.98
13.50	2925	S	22.13	17.55	1.54	0.54	7.21	18.07	35.10	18.07	13.58	0.50	40.00	307.13	0.50	10.40	50.89	113.63	420.76	168.31
14.00	2450	S	19.75	14.70	1.48	0.48	7.45	14.77	29.40	14.77	14.44	0.50	40.00	326.65	0.50	10.56	52.78	119.26	445.91	178.37
14.50	1975	S	17.38	11.85	1.42	0.42	7.66	11.80	23.00	16.14	15.26	0.85	40.00	343.20	0.50	10.60	54.66	123.93	467.12	185.83
15.00	1500	C	15.00	15.00	1.80	0.80	8.06	14.79	30.00	14.79	15.74	0.85	12.00	181.53	0.80	10.75	56.55	207.30	388.83	156.35
15.50	1525	C	15.25	15.25	1.57	0.57	8.35	14.93	30.50	14.93	16.15	0.85	12.00	186.28	0.80	10.89	58.43	216.38	402.67	161.07
16.00	1550	C	15.50	15.50	1.58	0.58	8.58	15.07	31.00	15.07	16.42	0.85	12.00	189.38	0.80	11.02	60.32	225.53	414.91	165.97
16.50	1575	C	15.75	15.75	1.575	0.575	8.93	15.21	31.50	15.21	16.28	0.85	12.00	187.77	0.80	11.15	62.20	234.75	422.52	169.01
17.00	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	9.23	15.34	32.00	15.34	15.79	0.85	12.00	182.13	0.80	11.28	64.09	244.03	426.17	170.47
17.50	1650	C	16.50	16.50	1.62	0.62	9.54	15.70	33.00	15.70	15.59	0.85	12.00	179.83	0.80	11.41	65.97	253.50	433.33	173.33
18.00	1700	C	17.00	17.00	1.64	0.64	9.86	16.05	34.00	16.05	15.20	0.85	12.00	175.32	0.80	11.54	67.86	263.14	438.46	175.38
18.50	1750	C	17.50	17.50	1.67	0.67	10.20	16.40	35.00	16.40	14.99	0.85	12.00	172.89	0.80	11.68	69.74	272.96	445.84	178.34
19.00	1800	C	18.00	18.00	1.69	0.69	10.54	16.73	36.00	16.73	15.01	0.85	12.00	173.19	0.80	11.81	71.63	282.94	456.13	182.45
19.50	1750	C	17.50	17.50	1.67	0.67	10.87	16.14	35.00	16.14	15.26	0.85	12.00	176.01	0.80	11.93	73.51	292.62	466.63	187.45
20.00	1700	C	17.00	17.00	1.64	0.64	11.20	15.56	34.00	15.56	15.41	0.85	12.00	172.71	0.80	12.02	75.40	302.00	479.71	191.88
20.50	1650	C	16.50	16.50	1.62	0.62	11.51	15.00	33.00	15.00	15.60	0.85	12.00	180.00	0.80	12.09	77.28	311.08	491.99	196.45
21.00	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	11.81	14.44	32.00	14.44	15.79	0.85	12.00	182.11	0.80	12.15	79.17	319.88	500.79	200.79
21.50	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	12.11	14.35	32.00	14.35	15.95	0.85	12.00	184.03	0.80	12.20	81.05	328.62	512.65	205.26
22.00	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	12.41	14.25	32.00	14.25	16.10	0.85	12.00	185.77	0.80	12.25	82.94	337.32	523.09	209.24
22.50	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	12.71	14.16	32.00	14.16	16.23	0.85	12.00	187.19	0.80	12.30	84.82	345.97	533.16	213.26
23.00	1600	C	16.00	16.00	1.60	0.60	13.01	14.06	32.00	14.06	16.30	0.85	12.00	188.06	0.80	12.33	86.71	354.56	542.62	217.05
23.50	1750	C	17.50	17.50	1.67	0.67	13.34	15.27	35.00	15.27	16.33	0.85	12.00	188.39	0.80	12.40	88.59	363.78	552.16	220.87
24.00	1900	C	19.00	19.00	1.73	0.73	13.71	16.45	38.00	16.45	16.31	0.85	12.00	188.19	0.80	12.48	90.48	373.60	561.78	224.71
24.50	2050	C	20.50	20.50	1.80	0.80	14.11	17.59	41.00	17.59	16.30	0.85	12.00	188.02	0.80	12.59	92.36	384.00	572.03	228.34
25.00	2200	C	22.00	22.00	1.87	0.87	14.54	18.71	44.00	18.71	16.33	0.85	12.00	188.38	0.80	12.72	94.25	394.98	583.35	233.81
25.50	2200	C	22.00	22.00	1.87	0.87	14.97	18.54	44.00	18.54	16.40	0.85	12.00	189.23	0.80	12.83	96.13	405.86	593.09	238.04
26.00	2200	C	22.00	22.00	1.87	0.87	15.41	18.37	44.00	18.37	16.52	0.85	12.00	190.57	0.80	12.94	98.02	416.66	607.23	242.89
26.50	2200	C	22.00	22.00	1.87	0.87	15.84	18.20	44.00	18.20	16.65	0.85	12.00	192.13	0.80	13.04	99.90	427.37	619.49	247.80
27.00	2200	C	22.00	22.00	1.87	0.87	16.27	18.04	44.00	18.04	16.79	0.85	12.00	193.65	0.80	13.14	101.79	437.99	631.64	252.66
27.50	2150	C	21.50	21.50	1.84	0.84	16.70	17.48	43.00	17.48	16.92	0.85	12.00	195.15	0.80	13.22	103.67	448.32	645.48	257.39
28.00	2100	C	21.00	21.00	1.82	0.82	17.11	16.93	42.00	16.93	17.04	0.85	12.00	196.62	0.80	13.28	105.56	458.38	655.00	262.00
28.50	2050	C	20.50	20.50	1.80	0.80	17.51	16.40	41.00	16.40	17.10	0.85	12.00	197.28	0.80	13.34	107.44	468.16	665.44	266.18
29.00	2000	C	20.00	20.00	1.78	0.78	17.90	15.87	40.00	15.87	17.09	0.85	12.00	197.15	0.80	13.38	109.33	477.67	674.82	269.93
29.50	2050	C	20.50	20.50	1.80	0.80	18.30	16.14	41.00	16.14	17.01	0.85	12.00	196.24</						

Grafik Daya Dukung



LAMPIRAN 5

Tekanan Tanah Di Belakang Dinding

Depth	ketebalan	γ'	beban surcharge	ϕ	cu	$\sigma'v$	K_0	σ_0	ka	σ_h min
(m)	(m)	(t/m ³)	(t/m ²)	(o)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)		(t/m ²)
0	0	1,63	1	0,00	1,25	1,00	0,95	0,95	1,00	-1,50
1	1	1,63	1	0,00	1,25	2,63	0,95	2,50	1,00	0,13
2	1	0,63	1	0,00	1,25	3,26	0,95	3,10	1,00	0,76
3	1	0,63	1	0,00	1,25	3,89	0,95	3,70	1,00	1,39
4	1	0,40	1	24,67	0,00	4,29	0,58	2,50	0,41	1,76
5	1	0,40	1	24,67	0,00	4,69	0,58	2,73	0,41	1,93
6	1	0,40	1	24,67	0,00	5,09	0,58	2,97	0,41	2,09
7	1	0,40	1	24,67	0,00	5,49	0,58	3,20	0,41	2,26
8	1	0,47	1	0,00	1,25	5,96	0,95	5,66	1,00	3,46
9	1	0,47	1	0,00	1,25	6,43	0,95	6,11	1,00	3,93
10	1	0,47	1	0,00	1,25	6,90	0,95	6,56	1,00	4,40
11	1	0,47	1	0,00	1,25	7,37	0,95	7,00	1,00	4,87
12	1	0,47	1	0,00	1,25	7,84	0,95	7,45	1,00	5,34
13	1	0,46	1	28,59	0,00	8,30	0,52	4,33	0,35	2,93
14	1	0,46	1	28,59	0,00	8,77	0,52	4,57	0,35	3,09
15	1	0,46	1	28,59	0,00	9,23	0,52	4,81	0,35	3,26
16	1	0,71	1	0,00	5,83	9,94	0,95	9,45	1,00	-1,72
17	1	0,71	1	0,00	5,83	10,66	0,95	10,12	1,00	-1,01
18	1	0,71	1	0,00	5,83	11,37	0,95	10,80	1,00	-0,29
19	1	0,71	1	0,00	5,83	12,09	0,95	11,48	1,00	0,42
20	1	0,71	1	0,00	5,83	12,80	0,95	12,16	1,00	1,13
21	1	0,71	1	0,00	5,83	13,51	0,95	12,84	1,00	1,85
22	1	0,71	1	0,00	5,83	14,23	0,95	13,52	1,00	2,56
23	1	0,71	1	0,00	5,83	14,94	0,95	14,20	1,00	3,28
24	1	0,71	1	0,00	5,83	15,66	0,95	14,87	1,00	3,99
25	1	0,71	1	0,00	5,83	16,37	0,95	15,55	1,00	4,71
26	1	0,77	1	0,00	6,67	17,14	0,95	16,29	1,00	3,81
27	1	0,77	1	0,00	6,67	17,91	0,95	17,02	1,00	4,58
28	1	0,77	1	0,00	6,67	18,69	0,95	17,75	1,00	5,35
29	1	0,77	1	0,00	6,67	19,46	0,95	18,48	1,00	6,12
30	1	0,77	1	0,00	6,67	20,23	0,95	19,22	1,00	6,90
31	1	0,77	1	0,00	6,67	21,00	0,95	19,95	1,00	7,67
32	1	0,77	1	0,00	6,67	21,77	0,95	20,68	1,00	8,44
33	1	0,77	1	0,00	6,67	22,54	0,95	21,42	1,00	9,21
34	1	0,77	1	0,00	6,67	23,31	0,95	22,15	1,00	9,98
35	1	0,77	1	0,00	6,67	24,09	0,95	22,88	1,00	10,75
36	1	0,77	1	0,00	6,67	24,86	0,95	23,61	1,00	11,52
37	1	0,77	1	0,00	6,67	25,63	0,95	24,35	1,00	12,30
38	1	0,77	1	0,00	6,67	26,40	0,95	25,08	1,00	13,07
39	1	0,77	1	0,00	6,67	27,17	0,95	25,81	1,00	13,84
40	1	0,77	1	0,00	6,67	27,94	0,95	26,55	1,00	14,61
41	1	0,77	1	0,00	6,67	28,71	0,95	27,28	1,00	15,38
42	1	0,77	1	0,00	6,67	29,49	0,95	28,01	1,00	16,15

Fase 1 – Tekanan Tanah Di Depan Dinding

Kedalaman	ketebalan	γ'	ϕ	cu	$\sigma'v$	Ko	σ_o	kp	σ_h max
(m)	(m)	(t/m ³)	(o)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)		(t/m ²)
5,5	0,5	0,40	24,67	0,00	0,20	0,58	0,12	2,43	0,49
6,5	1	0,40	24,67	0,00	0,60	0,58	0,35	2,43	1,46
7,5	1	0,47	0,00	1,25	1,07	0,95	1,02	1,00	3,57
8,5	1	0,47	0,00	1,25	1,54	0,95	1,46	1,00	4,04
9,5	1	0,47	0,00	1,25	2,01	0,95	1,91	1,00	4,51
10,5	1	0,47	0,00	1,25	2,48	0,95	2,36	1,00	4,98
11,5	1	0,47	0,00	1,25	2,95	0,95	2,80	1,00	5,45
12,5	1	0,46	28,59	0,00	3,41	0,52	1,78	2,84	9,68
13,5	1	0,46	28,59	0,00	3,88	0,52	2,02	2,84	10,99
14,5	1	0,46	28,59	0,00	4,34	0,52	2,26	2,84	12,30
15,5	1	0,46	28,59	0,00	4,80	0,52	2,50	2,84	13,61
16,5	1	0,71	0,00	5,83	5,52	0,95	5,24	1,00	17,18
17,5	1	0,71	0,00	5,83	6,23	0,95	5,92	1,00	17,90
18,5	1	0,71	0,00	5,83	6,95	0,95	6,60	1,00	18,61
19,5	1	0,71	0,00	5,83	7,66	0,95	7,28	1,00	19,33
20,5	1	0,71	0,00	5,83	8,37	0,95	7,95	1,00	20,04
21,5	1	0,71	0,00	5,83	9,09	0,95	8,63	1,00	20,75
22,5	1	0,71	0,00	5,83	9,80	0,95	9,31	1,00	21,47
23,5	1	0,71	0,00	5,83	10,52	0,95	9,99	1,00	22,18
24,5	1	0,71	0,00	5,83	11,23	0,95	10,67	1,00	22,90
25,5	1	0,77	0,00	6,67	12,00	0,95	11,40	1,00	25,34
26,5	1	0,77	0,00	6,67	12,77	0,95	12,13	1,00	26,11
27,5	1	0,77	0,00	6,67	13,55	0,95	12,87	1,00	26,88
28,5	1	0,77	0,00	6,67	14,32	0,95	13,60	1,00	27,65
29,5	1	0,77	0,00	6,67	15,09	0,95	14,33	1,00	28,42
30,5	1	0,77	0,00	6,67	15,86	0,95	15,07	1,00	29,19
31,5	1	0,77	0,00	6,67	16,63	0,95	15,80	1,00	29,96
32,5	1	0,77	0,00	6,67	17,40	0,95	16,53	1,00	30,74
33,5	1	0,77	0,00	6,67	18,17	0,95	17,26	1,00	31,51
34,5	1	0,77	0,00	6,67	18,95	0,95	18,00	1,00	32,28
35,5	1	0,77	0,00	6,67	19,72	0,95	18,73	1,00	33,05
36,5	1	0,77	0,00	6,67	20,49	0,95	19,46	1,00	33,82
37,5	1	0,77	0,00	6,67	21,26	0,95	20,20	1,00	34,59
38,5	1	0,77	0,00	6,67	22,03	0,95	20,93	1,00	35,36
39,5	1	0,77	0,00	6,67	22,80	0,95	21,66	1,00	36,14
40,5	1	0,77	0,00	6,67	23,57	0,95	22,39	1,00	36,91
41,5	1	0,77	0,00	6,67	24,35	0,95	23,13	1,00	37,68

Fase 2 - Tekanan Tanah Di Depan Dinding

Kedalaman (m)	ketebalan (m)	γ' (t/m ³)	ϕ (o)	cu (t/m ²)	$\sigma'v$ (t/m ²)	Ko	σ_o (t/m ²)	kp	σ_h max (t/m ²)
8,2	0	0,47	0,00	1,25	0,00	0,95	0,00	1,00	2,50
8,5	0,3	0,47	0,00	1,25	0,14	0,95	0,13	1,00	2,64
9,5	1	0,47	0,00	1,25	0,61	0,95	0,58	1,00	3,11
10,5	1	0,47	0,00	1,25	1,08	0,95	1,03	1,00	3,58
11,5	1	0,47	0,00	1,25	1,55	0,95	1,47	1,00	4,05
12,5	1	0,46	28,59	0,00	2,01	0,52	1,05	2,84	5,71
13,5	1	0,46	28,59	0,00	2,48	0,52	1,29	2,84	7,02
14,5	1	0,46	28,59	0,00	2,94	0,52	1,53	2,84	8,34
15,5	1	0,46	28,59	0,00	3,40	0,52	1,77	2,84	9,65
16,5	1	0,71	0,00	5,83	4,12	0,95	3,91	1,00	15,78
17,5	1	0,71	0,00	5,83	4,83	0,95	4,59	1,00	16,50
18,5	1	0,71	0,00	5,83	5,55	0,95	5,27	1,00	17,21
19,5	1	0,71	0,00	5,83	6,26	0,95	5,95	1,00	17,93
20,5	1	0,71	0,00	5,83	6,97	0,95	6,63	1,00	18,64
21,5	1	0,71	0,00	5,83	7,69	0,95	7,30	1,00	19,36
22,5	1	0,71	0,00	5,83	8,40	0,95	7,98	1,00	20,07
23,5	1	0,71	0,00	5,83	9,12	0,95	8,66	1,00	20,78
24,5	1	0,71	0,00	5,83	9,83	0,95	9,34	1,00	21,50
25,5	1	0,77	0,00	6,67	10,60	0,95	10,07	1,00	23,94
26,5	1	0,77	0,00	6,67	11,37	0,95	10,81	1,00	24,71
27,5	1	0,77	0,00	6,67	12,15	0,95	11,54	1,00	25,48
28,5	1	0,77	0,00	6,67	12,92	0,95	12,27	1,00	26,25
29,5	1	0,77	0,00	6,67	13,69	0,95	13,00	1,00	27,02
30,5	1	0,77	0,00	6,67	14,46	0,95	13,74	1,00	27,79
31,5	1	0,77	0,00	6,67	15,23	0,95	14,47	1,00	28,57
32,5	1	0,77	0,00	6,67	16,00	0,95	15,20	1,00	29,34
33,5	1	0,77	0,00	6,67	16,77	0,95	15,94	1,00	30,11
34,5	1	0,77	0,00	6,67	17,55	0,95	16,67	1,00	30,88
35,5	1	0,77	0,00	6,67	18,32	0,95	17,40	1,00	31,65
36,5	1	0,77	0,00	6,67	19,09	0,95	18,13	1,00	32,42
37,5	1	0,77	0,00	6,67	19,86	0,95	18,87	1,00	33,19
38,5	1	0,77	0,00	6,67	20,63	0,95	19,60	1,00	33,97
39,5	1	0,77	0,00	6,67	21,40	0,95	20,33	1,00	34,74
40,5	1	0,77	0,00	6,67	22,17	0,95	21,07	1,00	35,51
41,5	1	0,77	0,00	6,67	22,95	0,95	21,80	1,00	36,28

Fase 3 - Tekanan Tanah Di Depan Dinding

Kedalaman (m)	ketebalan (m)	γ' (t/m ³)	ϕ (o)	cu (t/m ²)	$\sigma'v$ (t/m ²)	Ko	σ_o (t/m ²)	kp	σ_h max (t/m ²)
11,4	0	0,47	0,00	1,25	0,00		0,95		0,00
11,5	0,1	0,47	0,00	1,25	0,05	0,95	0,04	1,00	2,55
12,5	1	0,46	28,59	0,00	0,51	0,52	0,27	2,84	1,45
13,5	1	0,46	28,59	0,00	0,97	0,52	0,51	2,84	2,76
14,5	1	0,46	28,59	0,00	1,44	0,52	0,75	2,84	4,07
15,5	1	0,46	28,59	0,00	1,90	0,52	0,99	2,84	5,38
16,5	1	0,71	0,00	5,83	2,61	0,95	2,48	1,00	14,28
17,5	1	0,71	0,00	5,83	3,33	0,95	3,16	1,00	14,99
18,5	1	0,71	0,00	5,83	4,04	0,95	3,84	1,00	15,71
19,5	1	0,71	0,00	5,83	4,76	0,95	4,52	1,00	16,42
20,5	1	0,71	0,00	5,83	5,47	0,95	5,20	1,00	17,14
21,5	1	0,71	0,00	5,83	6,18	0,95	5,88	1,00	17,85
22,5	1	0,71	0,00	5,83	6,90	0,95	6,55	1,00	18,57
23,5	1	0,71	0,00	5,83	7,61	0,95	7,23	1,00	19,28
24,5	1	0,71	0,00	5,83	8,33	0,95	7,91	1,00	19,99
25,5	1	0,77	0,00	6,67	9,10	0,95	8,64	1,00	22,43
26,5	1	0,77	0,00	6,67	9,87	0,95	9,38	1,00	23,20
27,5	1	0,77	0,00	6,67	10,64	0,95	10,11	1,00	23,98
28,5	1	0,77	0,00	6,67	11,41	0,95	10,84	1,00	24,75
29,5	1	0,77	0,00	6,67	12,18	0,95	11,58	1,00	25,52
30,5	1	0,77	0,00	6,67	12,96	0,95	12,31	1,00	26,29
31,5	1	0,77	0,00	6,67	13,73	0,95	13,04	1,00	27,06
32,5	1	0,77	0,00	6,67	14,50	0,95	13,77	1,00	27,83
33,5	1	0,77	0,00	6,67	15,27	0,95	14,51	1,00	28,60
34,5	1	0,77	0,00	6,67	16,04	0,95	15,24	1,00	29,38
35,5	1	0,77	0,00	6,67	16,81	0,95	15,97	1,00	30,15
36,5	1	0,77	0,00	6,67	17,58	0,95	16,71	1,00	30,92
37,5	1	0,77	0,00	6,67	18,36	0,95	17,44	1,00	31,69
38,5	1	0,77	0,00	6,67	19,13	0,95	18,17	1,00	32,46
39,5	1	0,77	0,00	6,67	19,90	0,95	18,90	1,00	33,23
40,5	1	0,77	0,00	6,67	20,67	0,95	19,64	1,00	34,00
41,5	1	0,77	0,00	6,67	21,44	0,95	20,37	1,00	34,78

Fase 4 - Tekanan Tanah Di Depan Dinding

Kedalaman (m)	ketebalan (m)	γ' (t/m ³)	ϕ (o)	cu (t/m ²)	$\sigma'v$ (t/m ²)	Ko	σ_o (t/m ²)	kp	oh max (t/m ²)
16,4	0	0,71	0,00	5,83	0,00	0,95	0,00	1,00	11,67
16,5	0,1	0,71	0,00	5,83	0,07	0,95	0,07	1,00	11,74
17,5	1	0,71	0,00	5,83	0,79	0,95	0,75	1,00	12,45
18,5	1	0,71	0,00	5,83	1,50	0,95	1,43	1,00	13,17
19,5	1	0,71	0,00	5,83	2,21	0,95	2,10	1,00	13,88
20,5	1	0,71	0,00	5,83	2,93	0,95	2,78	1,00	14,60
21,5	1	0,71	0,00	5,83	3,64	0,95	3,46	1,00	15,31
22,5	1	0,71	0,00	5,83	4,36	0,95	4,14	1,00	16,02
23,5	1	0,71	0,00	5,83	5,07	0,95	4,82	1,00	16,74
24,5	1	0,71	0,00	5,83	5,79	0,95	5,50	1,00	17,45
25,5	1	0,77	0,00	6,67	6,56	0,95	6,23	1,00	19,89
26,5	1	0,77	0,00	6,67	7,33	0,95	6,96	1,00	20,66
27,5	1	0,77	0,00	6,67	8,10	0,95	7,70	1,00	21,43
28,5	1	0,77	0,00	6,67	8,87	0,95	8,43	1,00	22,20
29,5	1	0,77	0,00	6,67	9,64	0,95	9,16	1,00	22,98
30,5	1	0,77	0,00	6,67	10,41	0,95	9,89	1,00	23,75
31,5	1	0,77	0,00	6,67	11,19	0,95	10,63	1,00	24,52
32,5	1	0,77	0,00	6,67	11,96	0,95	11,36	1,00	25,29
33,5	1	0,77	0,00	6,67	12,73	0,95	12,09	1,00	26,06
34,5	1	0,77	0,00	6,67	13,50	0,95	12,83	1,00	26,83
35,5	1	0,77	0,00	6,67	14,27	0,95	13,56	1,00	27,60
36,5	1	0,77	0,00	6,67	15,04	0,95	14,29	1,00	28,38
37,5	1	0,77	0,00	6,67	15,81	0,95	15,02	1,00	29,15
38,5	1	0,77	0,00	6,67	16,59	0,95	15,76	1,00	29,92
39,5	1	0,77	0,00	6,67	17,36	0,95	16,49	1,00	30,69
40,5	1	0,77	0,00	6,67	18,13	0,95	17,22	1,00	31,46
41,5	1	0,77	0,00	6,67	18,90	0,95	17,96	1,00	32,23



PROGRAM SEJAJAR LINTAS JALAN TENGAH SML
 SEWAIKEMER TENGAH SML
 RAKAJAR TENGAH SML, LINDUNGAN DAN
 KEMAMAM
 INTIYI TBAKUKI SEKALUH NEPEMER
 SURABAYA
 2019

JADIL TUGAS AMER

PERDICHANAN ULANG ENGINO BAGIMET DIA
 FONDASI PASA PROYER GUBERU MOODI USE
 DEVELOPMENT - SURABAYA

DOOR FOUWENING

I. SURING, M. Dy
 II. WIRAWINDI FEBRY S., ST. WT

MAKODERA

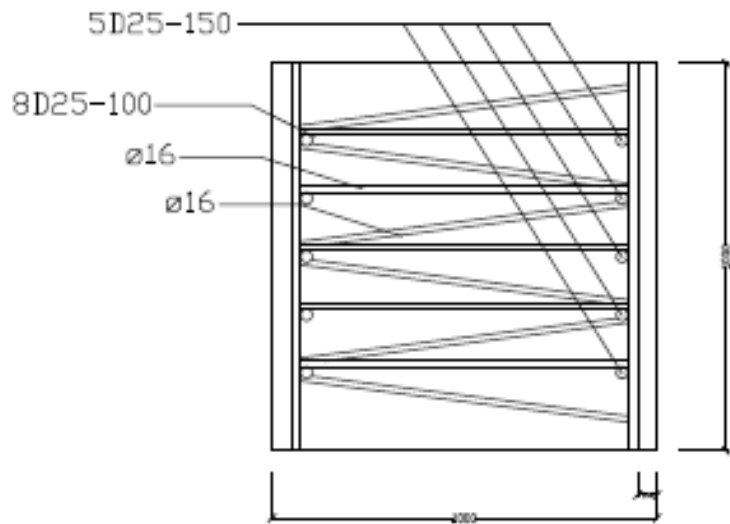
JULIA SACHA GAMB
 NIP 0311174500000

NO	JADIL GAMBAR	SKALA
1	DINDING PENAHAN TANAH DIAPHRAGM WALL	1:20
2		

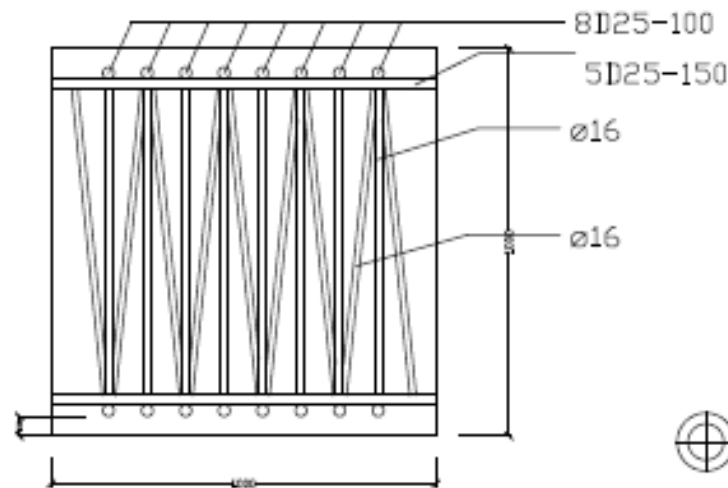
KETIDINGAN

MITU BAWA :
 BAYAN = Fc 33 MPa
 BAK = B1 37 (fy=240 MPa ; fr=370 MPa)

KOD	NO. GAMBAR	JAL. GAMBAR



TAMPAK SAMPING DIAPHRAGM WALL
 SKALA 1:20



TAMPAK DEPAN DIAPHRAGM WALL
 SKALA 1:20



PROGRAM STUDI LINDA, JALUR TEKNIK SIPIL
 SARANAN TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN LANSI ENDUNG DAEKMENT DAN
 FONDASI PADA PROYEK GEDUNG MIXED USE
 DEVELOPMENT - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SURWINDO, N. Dju
 Dr. WIDHAYATI FEBRY S., ST. MT

NAMA

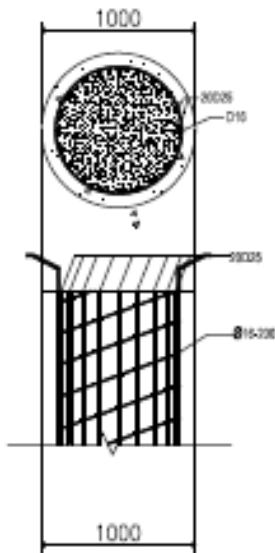
ZULHA SYAHMA GAMBILA
 NIM 03111745000009

NO	JUMLAH GAMBAR	SKALA
1	DINDING PENAHAN TANAH SECANT PILE	1:50
2		

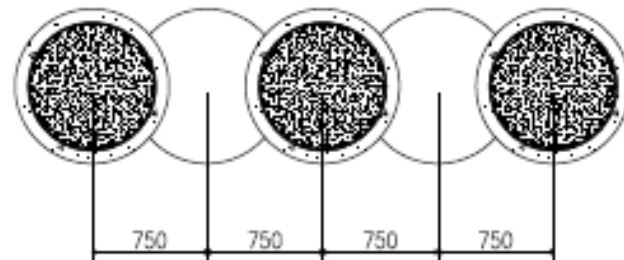
KETERANGAN

MATERIAL :
 BENTON = Fc 30 Mpa
 DAM = BU 37 (fy=240 Mpa ; fm=370 Mpa)

NO. DAFTAR	NO. GAMBAR	JUML. GAMBAR



POTONGAN SECANT PILE
 SKALA 1:50



DETAIL SECANT PILE
 SKALA 1:50



PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL
 KEWAJIBAN TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KESAMAHAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN LANSING ENGINE FOUNDATION DAN
 FONDASI PADA PROYEK GUIDING WOOD USE
 DEVELOPMENT - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Y. SURWANTO, M. Eng.
 D. BIRHAYUNO KHEDY S., ST. MT

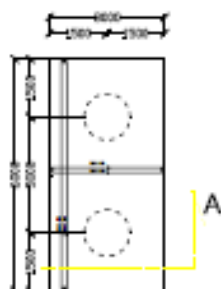
MAHASISWA

ZULHA NADHIA CAHAYA
 NIP. 0311174500000

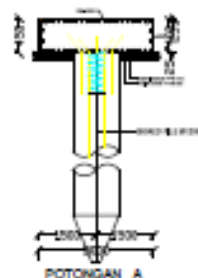
NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	DETAIL FONDASI DAN PCER	1:200

KETERANGAN

MATU BAHAN :
 BETON = Fc 30 MPa
 BAJA = E237 (fy=240 MPa ; fw=370 Mpa)



DETAIL PC TYPE A

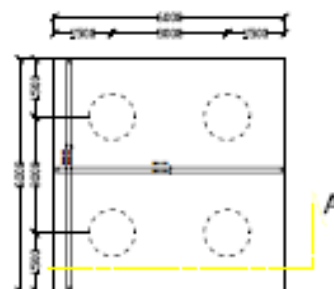


DITONGKANG A

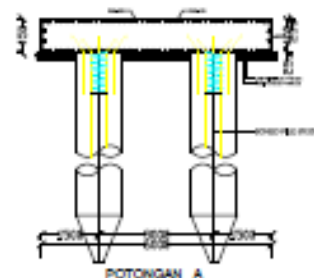


TYPE A

SKALA 1:200



DETAIL PC TYPE B

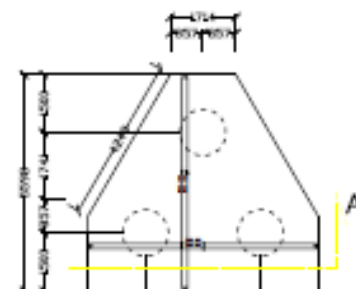


DITONGKANG A

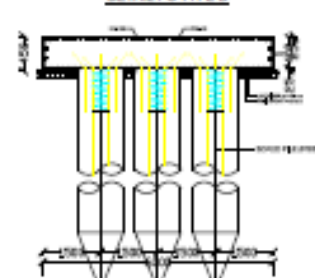


TYPE B

SKALA 1:200



DETAIL PC TYPE C



DITONGKANG A



TYPE C

SKALA 1:200

NO.	NO. GAMBAR	JWL. GAMBAR



PROGRAM STUDI LANS JALUR TEKNIK SIPIL
KEWAJIBAN TEKNIK SIPIL
MULAI TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEMAMPUAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN LANS ENJANG BAWAH DAN
PONDASI PADA PROYEK GUGUNAN MIXED USE
DEVELOPMENT - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SURIPNO, M. Eng
Dr. PRHAYUNO KEBAY S., ST. MT

MAHASISWA

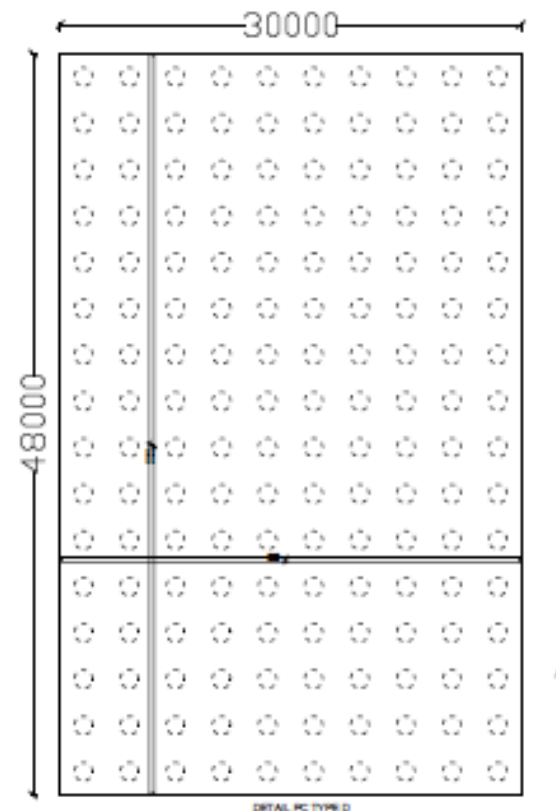
ZULWA RAHMA GAWIR
NIP. 2311174500000

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	DETAIL PONDASI DAN POER	1:500

REVISI

MATERIAL :
BETON = Fc 35 MPa
BAM = E237 (fy=240 MPa ; fu=370 MPa)

NO	NO. GAMBAR	JUL. GAMBAR



DETAIL PO TYPE D



POTONGAN A-A

TYPE D
SKALA 1:500

BIODATA PENULIS



Zuliva Rachma Camilia

Penulis dilahirkan di Kediri, 27 Juli 1996, Penulis adalah anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharmawanita, SDN Pandansari I, SMPN 1 Kertosono, dan SMAN 2 Pare. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi D3 Teknik Sipil ITS. Selama perkuliahan, penulis mengambil konsentrasi Bangunan Gedung. Setelah lulus, penulis selanjutnya melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya pada tahun 2017 melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP 0311174500009.

Di Departemen Teknik Sipil ITS, penulis mengambil bidang studi Geoteknik. Penulis aktif mengikuti beberapa seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh ITS. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Pembangunan Perumahan, Tbk pada Proyek Transmart Surabaya.

Narahubung

:

Email: zulivarachmac@gmail.com