



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN *BASEMENT* DAN PONDASI
MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN
PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK
APARTEMEN ARUNDAYA SURABAYA**

YULIO ANDREAS KUSUMA
NRP. 03111540000106

Dosen Pembimbing I
Dr. Trihanyndio Rendy S., S.T. M.T

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN *BASEMENT* DAN PONDASI
MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN
PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK
ARUNDAYA SURABAYA**

YULIO ANDREAS KUSUMA
NRP. 0311154000106

Dosen Pembimbing I
Dr. Trihanyndio Rendy S., S.T. M.T

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng.

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



FINAL PROJECT – RC18-4803

**BASEMENT AND FOUNDATION DESIGN USING
2010 EARTHQUAKE ZONING MAP AND 2017
EARTHQUAKE ZONING MAP ON THE ARUNDAYA
APARTEMENT PROJECT IN SURABAYA**

YULIO ANDREAS KUSUMA
NRP. 03111540000106

Academic Supervisor I
Dr. Trihanyndio Rendy S., S.T. M.T

Academic Supervisor II
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng.

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

**PERANCANGAN BASEMENT DAN PONDASI
MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN
PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK
APARTEMEN ARUNDAYA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

YULIO ANDREAS KUSUMA

NRP. 03111540000106

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Trihanyndio Rendy S. S., M. T.
2. Dr. Ir. Ria A. A. Soemitri, S. T., Eng.



**SURABAYA
JULI, 2019**

**PERANCANGAN BASEMENT DAN PONDASI
MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN
PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK
APARTEMEN ARUNDAYA SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Yulio Andreas Kusuma
NRP : 0311154000106
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi : Dr. Trihanyndio R. S. ST, MT
Dr. Ir. Ria A. A. S. M.Eng.

ABSTRAK

Apartemen Arundaya merupakan proyek PT Kopel Lahan Andalan (KOPELLAND) yang terdiri dari tiga tower, 47 lantai di atas permukaan tanah dan empat lantai di bawah permukaan tanah. Berdiri di atas lahan seluas 1,2 ha dengan lokasi bersebelahan dengan Rumah Sakit Mitra Keluarga, Kenjeran, Surabaya. Hasil pengetestan pada laboratorium menunjukkan bahwa lapisan tanah kompresibel proyek tersebut tebal dengan muka air tanah tinggi.

Meningkatnya aktivitas gempa di Indonesia menjadi pertimbangan penting dalam merencanakan suatu bangunan stuktur. Adanya pembaharuan Peta Zonasi Gempa 2010 menjadi Peta Zonasi gempa 2017 mendorong penulis untuk melakukan perancangan desain basement dan pondasi pada proyek ini,

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem pondasi dan dinding penahan pada Proyek Apartemen Arundaya Surabaya. Dinding diafragma digunakan sebagai dinding penahan tanah, pondasi dalam bored pile sebagai sistem pondasi yang memikul gaya struktur bangunan atas, dan Top-down Construction digunakan sebagai metode pelaksanaan konstruksi. Analisa dinding diafragma menggunakan metode perhitungan Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation.

Hasil yang didapatkan berdasarkan analisa dan perhitungan pada Diaphragm Wall didapatkan tebal 0,8 meter dengan

kedalaman 30 meter, tulangan vertikal D19-70, tulangan transversal D13-100, deformasi maksimal 22,24 mm dari perhitungan beban pseudo-static 0,255g pada peta gempa 2017 dengan nilai SF terendah 3,0723 pada tahap Galian I. Bored pile yang digunakan berdiameter tiang 1,5 meter, diameter bell 2 meter, panjang 41 meter menggunakan 36D25 sebagai tulangan utama, D16-60 tulangan spiral, defleksi axial sebesar 16,429 cm dan defleksi lateral sebesar 0,8mm dengan SF bernilai 3. Perbandingan hasil analisis menunjukkan bahwa adanya pembesaran nilai deformasi dan penurunan nilai SF akibat beban pengaruh peta gempa 2017.

Kata kunci : *basement, dinding diafragma, beam on elastic foundation, bored pile, gempa, top-down, apartemen Arundaya, Surabaya*

BASEMENT AND FOUNDATION DESIGN USING 2010 EARTHQUAKE ZONING MAP AND 2017 EARTHQUAKE ZONING MAP ON THE ARUNDAYA APARTEMEN PROJECT IN SURABAYA

Student's Name : Yulio Andreas Kusuma
NRP : 03111540000106
Major : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Advisor : Dr. Trihanyndio R. S. ST, MT
Dr. Ir. Ria A. A. S. M.Eng.

ABSTRACT

Arundaya Apartemen is a project by PT Kopel Lahan Andalan (KOPELLAND) which consists of three towers, 47 floors above ground level and four floors below ground level. Constructed at an area of 1,2 ha with a location adjacent to Mitra Keluarga Hospital, Kenjeran, Surabaya. Test results on the laboratory stated that the compressible soil layer of the project is thick with high groundwater level.

Increased earthquake activity in Indonesia is an important consideration in planning a structural building. The renewal of the 2010 Indonesia's Earthquake Zonation Map into the 2017 Indonesia's Earthquake Zonation Map prompted the authors to carry out a comparative design study on this project,

This Final Project discuss the design of foundation systems and retaining walls in the Arundaya Surabaya Apartment Project. Using the diaphragm wall as a retaining wall, bored pile as a foundation system that holds the upper structure, Top-down construction method and the Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation calculation method are used.

The results obtained based on analysis and calculations are 0.8 meters thick Diaphragm Wall with a depth of 30 meters, vertical rebar using D19-70, transversal rebar using D13-100, maximal deformation obtained from pseudo-static method from

2017 Indonesia's Seismic Map is 22,24 mm with minimum SF value 3,0723 from First Excavation Phase. Using 1,5 meter diameter and 2 meter bell diameter Bored Pile with 41 meter length, 36D25 as main rebar and D16-60 for spiral rebar, the settlement of the bored pile that was calculated is 16,429 cm and its lateral deflection is 0,8mm with SF value 3. The result from comparative analysis shows that there is increase on deformation and decrease on SF value due to 2017 Indonesia's Earthquake Zonation Map load's.

Keywords: basement, diaphragm wall, beam on elastic foundation, bored pile, earthquake, top-down, Arundaya apartment, Surabaya

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, segala puji dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa, atas petunjuk dan kemudahan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*PERANCANGAN BASEMENT DAN PONDASI MENGGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK APARTEMEN ARUNDAYA SURABAYA*”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, atas segala berkat-Nya yang berlimpah dalam kehidupan penulis.
2. Kedua Orang Tua penulis yang tidak pernah berhenti mendoakan keberhasilan penulis, memberikan dukungan moral dan material.
3. Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST, MT dan Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ir Wahyu Herijanto MT. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama proses perkuliahan.
5. Seluruh dosen pengajar dan staff Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan.
6. Teman-teman seperjuangan dan rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil FTSLK-ITS.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Lingkup Pekerjaan.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Manfaat.....	5
1.7 Lokasi Proyek.....	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Penyelidikan Tanah	8
2.2.1 Sondir	8
2.2.2 <i>Deep Boring</i>	8
2.2.3 <i>Standard Penetration Test</i>	8
2.3 Tekanan Tanah Lateral	10

2.3.1	Tekanan Tanah Aktif (K_a)	12
2.3.2	Tekanan Tanah Pasif (K_p) menurut Rankine	13
2.3.3	Tekanan tanah dalam keadaan diam (K_0)	13
2.3.4	Tekanan tanah dengan pengaruh gempa.....	14
2.3.5	<i>Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation</i>	16
2.4	Kontrol Uplift.....	18
2.5	<i>Diaphragm Wall</i>	19
2.5.1	Tulangan Vertikal.....	20
2.5.2	Perencanaan Penulangan Horisontal	22
2.5.3	Menghitung Tulangan Geser	22
2.6	Pondasi Tiang Bor.....	23
2.6.1	Perhitungan dimensi penampang tiang bor	23
2.6.2	Perhitungan daya dukung tiang bor.....	23
2.6.3	Penulangan <i>Bored Pile</i>	25
2.6.4	Penurunan Tiang Tunggal	27
2.6.5	Beban Lateral Pada Pondasi	28
2.6.6	Pengaruh Gempa	32
BAB III.....		35
METODOLOGI		35
3.1	Kerangka Perencanaan	35
3.2	Rangkaian Kegiatan Perencanaan	37
BAB IV		39
ANALISA DATA TANAH DAN PERENCANAAN.....		39

4.1	Data Tanah	39
4.1.1	Data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT).....	39
4.1.2	Penggabungan Data SPT	40
4.1.3	Korelasi Parameter Tanah	41
4.1.4	Rangkuman Data Tanah	45
4.2	Analisa Data Pembebanan.....	46
4.2.1	Rangkuman Data Tanah	46
4.2.2	Analisa Pembebanan Dinding Diafragma	48
4.2.3	Analisa Terhadap Pengaruh Gempa	48
BAB V		49
ANALISA DAN PEMBAHASAN		49
5.1	Umum.....	49
5.2	Perhitungan Dinding Penahan Tanah	49
5.2.1	Perencanaan <i>Diaphragm Wall</i>	52
5.2.2	Perencanaan Struktur Dinding <i>Diaphragm Wall</i>	86
5.3	Perencanaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	89
5.3.1	Perencanaan Diameter	89
5.3.2	Perhitungan Daya Dukung <i>Bored Pile</i>	89
5.3.3	Perhitungan Penurunan <i>Bored Pile</i>	91
5.3.4	Perencanaan Struktur <i>Bored Pile</i>	92
5.4	Perencanaan <i>Kingpost</i>	99
5.4.1	Perhitungan Tegangan Leleh untuk kolom komposit	101
5.4.2	Menghitung Momen Nominal Penampang dan Kekuatan Aksial <i>Kingpost</i>	101

5.4.3	Diagram Interaksi	102
5.5	Perencanaan Pelat Lantai <i>Basement</i>	102
5.5.1	Desain Pelat Lantai <i>Basement</i>	102
5.5.2	Pembebanan Pelat.....	102
5.5.3	Penulangan Pelat Lantai <i>Basement</i>	103
5.6	Kontrol <i>Uplift</i>	105
5.7	Kontrol Terhadap Pengaruh Gempa	106
BAB VI		117
METODE PELAKSANAAN.....		117
6.1	Urutan Pelaksanaan <i>Diaphragm Wall</i>	118
6.1.1	Pekerjaan Persiapan.....	118
6.1.2	Pekerjaan Penggalian, Pemasangan Besi Tulangan dan pengecoran.....	118
6.2	Urutan Pelaksanaan <i>Bored Pile</i>	123
6.2.1	Pekerjaan Persiapan.....	123
6.2.2	Pekerjaan Pengeboran dan Pemasangan Besi Tulangan	123
BAB VII		129
KESIMPULAN		129
7.1	Kesimpulan.....	129
7.2	Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA.....		131
LAMPIRAN		133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Updating Sesar Aktif di Jawa	2
Gambar 1. 2 Perbedaan Peta Gempa 2010 dan 2017	2
Gambar 1. 3 Lokasi Proyek.....	6
Gambar 2. 1 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding.....	11
Gambar 2. 2 Tegangan Tanah Aktif dan Pasif dalam pengaruh gempa.	15
Gambar 2. 3 Ilustrasi Metode <i>Stress and Deformation Analysis</i> . 16	
Gambar 2. 4 Tegangan Tanah Dengan Harga Maksimum dan Minimum Dibandingkan Dengan Defleksi.	17
Gambar 2. 5 Konstruksi Diaphragm Wall.....	19
Gambar 2. 6 Desain penulangan diaphragm wall.....	20
Gambar 2. 7 Tegangan pada kondisi ultimate pada beton bertulang.....	21
Gambar 2. 8 Pengaruh beban lateral pada tiang.....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi	36
Gambar 4. 1 Data Hasil N-SPT	39
Gambar 4. 2 Data SPT 5 Titik Bor	40
Gambar 5. 1 Tekanan Tanah kondisi <i>at-rest</i>	49
Gambar 5. 2 Permodelan untuk Menentukan Kedalaman Dinding	50
Gambar 5. 3 Perubahan Tegangan Tahap Iterasi.....	51
Gambar 5. 4 Asumsi Kedalaman Diaphragm Wall	52
Gambar 5. 5 Permodelan untuk Menentukan Kedalaman Dinding	53
Gambar 5. 6 Hasil analisa program bantu	55
Gambar 5. 7 Penampang kondisi Galian I.....	56
Gambar 5. 8 Iterasi I.....	58

Gambar 5. 9 Iterasi II	58
Gambar 5. 10 Iterasi III	60
Gambar 5. 11 Defleksi pada penggalian pertama.....	62
Gambar 5. 12 Penampang kondisi Galian II	63
Gambar 5. 13 Iterasi I.....	63
Gambar 5. 14 Iterasi II	65
Gambar 5. 15 Defleksi pada penggalian kedua	69
Gambar 5. 16 Penampang kondisi Galian III	70
Gambar 5. 17 Iterasi I.....	70
Gambar 5. 18 Iterasi II	72
Gambar 5. 19 Iterasi III	74
Gambar 5. 20 Defleksi pada penggalian ketiga.....	76
Gambar 5. 21 Penampang kondisi Galian IV	77
Gambar 5. 22 Iterasi I.....	77
Gambar 5. 23 Iterasi II	79
Gambar 5. 24 Iterasi III	81
Gambar 5. 25 Defleksi pada penggalian keempat	83
Gambar 5. 26 Momen pada galian keempat.....	84
Gambar 5. 27 Defleksi pada tiap tahapan penggalian	85
Gambar 5. 28 Diagram Interaksi (Akibat Reaksi Tumpuan)....	93
Gambar 5. 29 Deformasi, Perputaran sudut, dan Momen tiang akibat beban lateral gempa	97
Gambar 5. 30 Gaya Geser Tiang akibat beban lateral dan Reaksi tanah akibat beban lateral	98
Gambar 5. 31 Diagram Interaksi (Akibat Gaya Lateral Tanah). 99	
Gambar 5. 32 <i>King Post</i>	100
Gambar 5. 33 Dimensi Pelat Lantai	103
Gambar 5. 34 Uplift pada pelat basement	105
Gambar 5. 35 Geometri Input Pada Program Plaxis V.8.2	109
Gambar 5. 36 <i>Generate Mesh</i>	109
Gambar 5. 37 <i>Initial Condition</i>	110
Gambar 5. 38 <i>Generate Water Pressure</i>	110
Gambar 5. 39 <i>Initial Stress Generation</i>	111

Gambar 5. 40 Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.2.....	113
Gambar 5. 41 Defleksi Maksimum <i>Diaphragm Wall</i>	114
Gambar 6. 1 Metode pelaksanaan <i>Top-Down</i>	117
Gambar 6. 2 <i>Guide Wall</i>	118
Gambar 6. 3 <i>Guide Wall</i>	118
Gambar 6. 4 <i>Clamshell</i>	119
Gambar 6. 5 Konsep Perencanaan Penggalian	119
Gambar 6. 6 <i>Panel Stop</i> dan <i>Water Stop</i>	120
Gambar 6. 7 Penggalian Tanah Untuk <i>Diaphragm Wall</i>	121
Gambar 6. 8 Pemasangan Tulangan <i>Diaphragm Wall</i>	121
Gambar 6. 9 <i>Pengecoran Diaphragm Wall</i>	122
Gambar 6. 10 Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i> pada panel 3	122
Gambar 6. 11 Pengeboran Tanah untuk Bored Pile	125
Gambar 6. 12 <i>Pemasangan Tulangan dan King Post</i>	126
Gambar 6. 13 Pengecoran Bored Pile dan King Post	127

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi nilai N-SPT pada tanah cohesionless	9
Tabel 2. 2 Korelasi Nilai N pada tanah kohesif.....	9
Tabel 2. 3 Korelasi Konsistensi Tanah dengan nilai E.....	10
Tabel 2. 4 Hubungan Jenis tanah, tinggi dinding perpindahan untuk tekanan aktif	11
Tabel 2. 5 Hubungan Jenis tanah, tinggi dinding perpindahan untuk tekanan pasif.....	12
Tabel 2. 6 Base coefficient α Decourt et all (1996)	24
Tabel 2. 7 Base coefficient β Decourt et all (1996)	24
Tabel 2. 8 Koefisien tiang panjang (flexible) akibat beban Lateral	31
Tabel 2. 9 Nilai n_p	31
Tabel 2. 10 Klasifikasi Situs.....	33
Tabel 2. 11 Tabel Nilai Koefisien FPGA	33
Tabel 2. 12 Pengaruh beban lateral pada pondasi tiang	96
Tabel 4. 1 Rekapitulasi nilai SPT	40
Tabel 4. 2 Rangkuman Data Tanah	41
Tabel 4. 3 Korelasi Nilai N Pada Tanah Cohesive	42
Tabel 4. 4 Korelasi Nilai N Pada Tanah Berpasir	42
Tabel 4. 5 Korelasi Konsistensi Tanah untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung.....	43
Tabel 4. 6 Korelasi Tanah Dengan k_s	44
Tabel 4. 7 Rangkuman Data Tanah	45
Tabel 4. 8 Perhitungan Bangunan Atas dengan Peta Gempa 2010	47
Tabel 4. 9 Perhitungan Bangunan Atas dengan Peta Gempa 2017	47
Tabel 5. 1 Tekanan Tanah at rest pada dinding.....	54
Tabel 5. 2 Tekanan Air Pori Tanah	54
Tabel 5. 3 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I	57
Tabel 5. 4 Tekanan Air Pori Tanah	57

Tabel 5. 5 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II	59
Tabel 5. 6 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III.....	61
Tabel 5. 7 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir	62
Tabel 5. 8 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I	64
Tabel 5. 9 Tekanan Air Pori Tanah	64
Tabel 5. 10 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II	66
Tabel 5. 11 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III.....	68
Tabel 5. 12 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir	69
Tabel 5. 13 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I	71
Tabel 5. 14 Tekanan Air Pori Tanah	71
Tabel 5. 15 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II	73
Tabel 5. 16 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III.....	75
Tabel 5. 17 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir	76
Tabel 5. 18 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I	78
Tabel 5. 19 Tekanan Air Pori Tanah	78
Tabel 5. 20 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II	80
Tabel 5. 21 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III.....	82
Tabel 5. 22 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir	83
Tabel 5. 23 Rangkuman hasil analisa <i>Beam on Elastic Foundation</i>	86
Tabel 5. 24 Data Tanah	90
Tabel 5. 25 Hasil Analisa menggunakan PLAXIS	115

BAB I

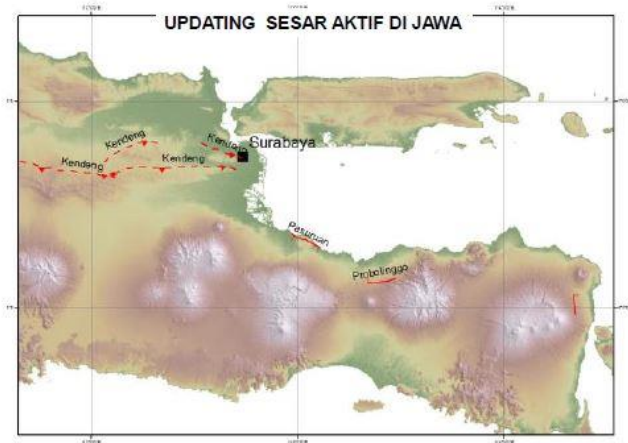
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

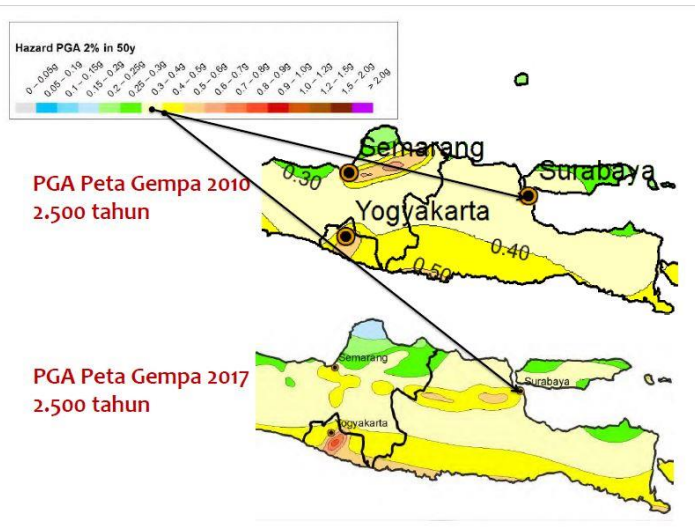
Perencanaan struktur bangunan bagian bawah (*basement* dan pondasi) suatu gedung merupakan hal yang penting, khususnya pada gedung tingkat tinggi. Pertumbuhan jumlah penduduk di kota-kota besar tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan yang ada untuk hunian, termasuk kota Surabaya yang saat ini sedang sedang berkembang pesat sebagai kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta, maka dari itu basement digunakan agar lahan yang terbatas bisa dimanfaatkan secara maksimal sebagai tempat parkir kendaraan, gudang, generator, maupun utilitas yang lainnya.

Perencanaan suatu struktur atas dan bawah gedung sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah dasar dan frekuensi gempa. Gempa menyebabkan percepatan lateral dan vertikal, peningkatan tekanan aktif di luar dinding, dan penurunan tekanan pasif di dalam dinding penahan. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika, terdapat adanya peningkatan aktivitas gempa di Indonesia, pada tahun 2016 telah terjadi gempa sebanyak 5578 kali dan pada tahun 2017 sebanyak 6929 kali. Terdapat juga penambahan jalur sesar aktif sebanyak 6 buah pada pulau Jawa yang salah satunya melintasi kota Surabaya seperti ditunjukkan **Gambar 1.1**. Diterbitkannya Peta Zonasi Gempa 2017 yang menggantikan Peta Zonasi Gempa 2010 menjelaskan bahwa terdapat adanya peningkatan resiko gempa pada kota Surabaya terlihat pada **Gambar 1.2**

Pembangunan basement seringkali menemui kendala jika jenis tanah dasar yang ada pada proyek adalah tanah lunak dengan muka air tanah tinggi. Tanah lunak berpengaruh pada perencanaan bukaan untuk basement dan mengakibatkan daya dukung tanah yang rendah pada pondasi. Pada tanah lunak, tidak dapat dilakukan penggalian secara terbuka, tetapi menggunakan suatu sistem dinding penahan agar tanah di sekitar tidak mengalami keruntuhan.



Gambar 1. 1 Updating Sesar Aktif di Jawa
Sumber : BMKG



Gambar 1. 2 Perbedaan Peta Gempa 2010 dan 2017
Sumber : Pusat Studi Gempa Nasional

Makin dalam suatu galian, makin rumit juga sistem konstruksi agar tanah di sekitarnya tetap stabil. Selain itu, muka air tanah yang tinggi akan mempengaruhi gaya tekan ke atas dan ke samping pada *basement*. Permasalahan-permasalahan ini terdapat pada Proyek Apartemen Arundaya, Kenjeran, Surabaya.

Apartemen Arundaya merupakan proyek PT Kopel Lahan Andalan (KOPELLAND). Apartemen ini terdiri dari tiga tower, 47 lantai di atas permukaan tanah dan empat lantai di bawah permukaan tanah. Berdiri di atas lahan seluas 1,2 ha. Kondisi tanah lunak mencapai kedalaman -17,00 meter dan mempunyai elevasi muka air tanah yang relatif tinggi di kedalaman -1,10 meter yang akan mempengaruhi gaya tekan ke samping dan ke atas pada basement. Kedalaman *basement* adalah -12,50 meter yang berarti lapisan tanah lunak yang tersisa di bawahnya adalah 4,50 meter. Sedangkan tanah keras (*hard*) dengan N-SPT lebih dari 30 berada pada kedalaman -19,00 meter sehingga diperlukan *bored pile* sebagai alternatif pondasi. Pemakaian pondasi dalam ini diharapkan mampu meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan sehingga tanah dapat menahan beban struktur di atasnya. Selain itu, penggunaan pondasi dalam juga mampu menyebarkan beban kolom menjadi lebih seragam sehingga kemungkinan terjadi *differential settlement* dapat dihindari.

Untuk itu dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan perencanaan dinding *basement* menggunakan *diaphragma wall* dan pondasi dalam berupa *bored pile* menggunakan Peta Zonasi Gempa 2010 dan Peta Zonasi Gempa 2017 dan metode perhitungan *Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation*. *Diaphragma wall* dipilih sebagai alternatif perencanaan dinding penahan pada basemen dikarenakan posisi proyek Apartemen Arundaya yang bersebelahan langsung dengan Rumah Sakit Mitra Keluarga Kenjeran sehingga jika digunakan jenis dinding penahan lain seperti : *soldier piles*, *sheet piles*, atau *column piles* menimbulkan kebisingan dan getaran pada saat pemasangan yang akan mengganggu para pasien. Konstruksi ini selain harus direncanakan dengan benar juga harus dilaksanakan dengan teliti dan sesuai

prosedur agar tidak terjadi penurunan tanah di sekitar area pembangunan proyek, tidak terjadi kebocoran pada dinding *basement*, dan juga tidak terjadi perbedaan pemampatan. Faktor keamanan terhadap bidang longsor gedung sendiri maupun terhadap gedung atau bangunan sekelilingnya juga harus diperhatikan dengan seksama pada saat perencanaan. Jika tidak, gedung disamping proyek akan retak bahkan akan runtuh karena kehilangan daya dukung tanah akibat penggalian.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dari latar belakang di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

- a. Menganalisa keadaan tanah dasar dan merencanakan struktur basement dan pondasi yang tepat untuk Proyek Apartemen Arundaya.
- b. Stabilitas dan displacement pada struktur pondasi Apartemen Arundaya
- c. Pengaruh Peta Zonasi Gempa 2010 dan Peta Zonasi Gempa 2017 pada perencanaan struktur bawah Apartemen Arundaya.
- d. Perencanaan dan pelaksanaan proyek yang aman terhadap kondisi sekitar.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk :

- a. Mengetahui asumsi beban-beban yang bekerja pada perencanaan basement.
- b. Didapatkan alternatif dinding penahan tanah basement yang tahan terhadap kondisi muka air normal dan muka air di permukaan tanah.
- c. Mengetahui desain profil struktur dinding penahan tanah dan pondasi.
- d. Menganalisa kestabilan dinding penahan tanah dan pondasi.
- e. Mengetahui tahap pelaksanaan galian.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Adapun lingkup pekerjaan yang dilakukan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan preliminary desain struktur atas untuk mengetahui besaran gaya-gaya yang bekerja pada basement.
- b. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada pondasi dan dinding basement menggunakan Peta Zonasi Gempa 2010 dan Peta Zonasi Gempa 2017.
- c. Menghitung konstruksi diaphragm wall yang mampu menahan beban yang bekerja.
- d. Menghitung konstruksi pondasi bored pile yang mampu menahan beban yang bekerja.
- e. Menentukan metode pelaksanaan konstruksi basement yang dapat digunakan pada proyek Apartemen Arundaya Surabaya.

1.5 Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu :

1. Tidak menghitung Rancangan Anggaran Biaya *basement* dan pondasi Apartemen Arundaya, Kenjeran, Surabaya.
2. Tidak merencanakan dan menghitung *upper structure*.
3. Dinding penahan tanah direncanakan menggunakan *diaphragm wall* dan pondasi direncanakan menggunakan *bored pile*.
4. Pengaruh Peta Zonasi Gempa 2010 dan Peta Zonasi Gempa 2017 hanya ditinjau pada *diaphragm wall* dan *bored pile*.

1.6 Manfaat

Dapat menjadi referensi terhadap perencanaan *basement* yang menggunakan *diaphragm wall* dan pondasi *bored pile* yang nantinya dapat diterapkan pada proyek sejenis.

1.7 Lokasi Proyek

Dalam tugas akhir ini lokasi perencanaan berada pada Jalan Kenjeran No. 504, Kalijudan, Mulyorejo, Surabaya dapat dilihat di **Gambar 1.3**.



Gambar 1. 3 Lokasi Proyek

Sumber: Google Maps

Bangunan sekeliling proyek:

- Utara : Jalan Kenjeran
- Selatan : Lahan kosong
- Barat : Pemukiman warga
- Timur : RS Mitra Keluarga

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sebuah konstruksi bangunan sipil biasanya terdiri dari bangunan atas dan bangunan bawah. Bangunan atas dapat berupa: gedung, tower, jembatan, dan yang lainnya. Konstruksi bangunan bawah seperti pilar pangkal jembatan, basement, dan sistem pondasi.

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

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

Hasil penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh soil engineer antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
- b. Analisa daya dukung tanah.
- c. Nilai SPT dari beberapa titik bor.
- d. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
- e. Hasil tes laboratorium untuk mengetahui Volumetrik, Gravimetric, Consolidation dari tanah pada lokasi proyek.

2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan Tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisannya. Berikut berbagai cara untuk melakukan penyelidikan tanah:

2.2.1 Sondir

Tes Sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus dan hambatan lekat secara langsung di lapangan.

Hasil tes sondir disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (q_c) serta jumlah hambatan pelekat (TF).

2.2.2 Deep Boring

Deep Boring dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan Standard Penetration Test juga dilakukan pada saat pekerjaan boring.

2.2.3 Standard Penetration Test

Dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Didapatkan jumlah pukulan terhadap penetrasi konus

yang dapat dipergunakan untuk identifikasi per-lapisan tanah.

2.2.3.1 Korelasi Standard Penetration Test

Korelasi SPT digunakan pada tugas akhir ini karena data tanah yang didapat adalah hasil dari SPT Bowles(1983) , dalam Wahyudi(1999) mengemukakan bahwa korelasi antara nilai pukulan (N) pada SPT dengan parameter tanah lainnya, terlihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2. 1 Korelasi nilai N-SPT pada tanah cohesionless

N-SPT	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m ³)	-	16-25	14-18	16-20	18-23
ϕ	0	25-32	28-36	30-40	>33
Kerapatan	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
D _r (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100

Tabel 2. 2 Korelasi Nilai N pada tanah kohesif

N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-16	16-18	16-18	16-20	18-23
Q _u (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
<i>Consistency</i>	<i>Very soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: Bowles(1983)

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

Tabel 2. 3 Korelasi Konsistensi Tanah dengan nilai E

Konsistensi Tanah	Nilai E (Modulus Young)
Lempung Lunak	1380 - 3450 (kN/m ²)
Lempung Keras	5865 - 13800 (kN/m ²)
Pasir Lepas	10350 – 37600 (kN/m ²)
Pasir Padat	34500 – 69000 (kN/m ²)

Sumber: Herman Wahyudi, 1999

Beberapa tokoh yang mengemukakan tentang korelasi parameter tanah:

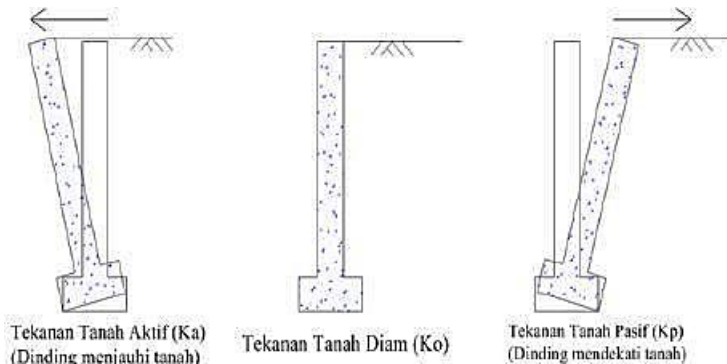
- a. Dunham
 $\phi = (12N)^{0.5} + 25$
- b. Osaki
 $\phi = (20N)^{0.5} + 15$
- c. Terzaghi dan Peck(1943), korelasi N dan C_u untuk tanah lempung. C_u dalam kPa.
 Untuk lempung plastis : $C_u = 12.5 N$
 Untuk lempung berlanau : $C_u = 10 N$
 Untuk lempung berpasir: $C_u = 6.7 N$

2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap, galian yang diperkokoh, tekanan tanah pada dinding diafragma, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles, 1988). Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

- Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K_0)

- Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah sehingga 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)



Gambar 2. 1 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding

Sumber: Weber, 2010

Tekanan tanah, tinggi dinding dan tekanan tanah lateral yang bekerja pada dinding dapat mempengaruhi besarnya perpindahan dinding penahan tanah.

Tabel 2. 4 Hubungan Jenis tanah, tinggi dinding perpindahan untuk tekanan aktif

Jenis Tanah	Δ_x Aktif
Pasir padat	0.001 H – 0.002 H
Pasir lepas	0.002 H – 0.004 H
Lempung keras	0.01 H – 0.02 H
Lempung lunak	0.02 H – 0.05 H

Sumber : Gouw, 2009

Tabel 2. 5 Hubungan Jenis tanah, tinggi dinding perpindahan untuk tekanan pasif

Jenis Tanah	Δ_x Pasif
Pasir padat	0,005 H
Pasir lepas	0,01 H
Lempung keras	0,01 H
Lempung lunak	0,05 H

Sumber : Gouw, 2009

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 tanah lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding.
- Resultan gaya bersifat paralel terhadap permukaan urugan.

2.3.1 Tekanan Tanah Aktif (K_a)

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

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan menahan tekanan tanah horizontal, tekanan tanah dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tekanan tanah K_a .

Untuk mendapatkan tekanan tanah horizontal, K_a adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertikal tersebut menjadi tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_a = 0.5 K_a \gamma H^2 \quad (2.1)$$

Dimana harga K_a

Untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} = \tan^2(45 - \frac{\emptyset}{2}) \quad (2.2)$$

Tekanan tanah aktif berkohesi

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

$$P_a = K_a \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.3)$$

2.3.2 Tekanan Tanah Pasif (K_p) menurut Rankine

Dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang mampu menahan tekanan tanah aktif karena saling berlawanan arah.

Tekanan tanah pasif (K_p) yang besarnya sebagai berikut :

$$K_p = \frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset} = \tan^2(45 + \frac{\emptyset}{2}) \quad (2.4)$$

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

$$P_p = 0.5 K_p \gamma H^2 \quad (2.5)$$

Tahanan pasif suatu tanah datar dengan kohesi

$$P_p = K_p \gamma H^2 + 2c\sqrt{K_p} \quad (2.6)$$

2.3.3 Tekanan tanah dalam keadaan diam (K_0)

Pada saat dinding penahan tanah dalam keadaan diam, yaitu saat dinding tidak bergerak ke arah horisontal, maka massa tanah berada dalam keadaan kesetimbangan elastis. Rasio tekanan tanah arah horisontal dan vertikal

dinamakan “koefisien tanah dalam keadaan tanah diam”, K_o , dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.7)$$

Karena $\sigma_v = \gamma Z$, maka $\sigma_v = K_o \gamma Z$

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

$$K_o = 1 - \sin\emptyset \quad (2.8)$$

Broker dan Ireland (1965) mengemukakan hubungan empiris untuk menghitung K_o dari tanah lempung terkonsolidasi normal

$$K_o = 0,95 - \sin\emptyset \quad (2.9)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal, persamaan empiris yang lain untuk K_o juga dikemukakan oleh Alpeng (1967)

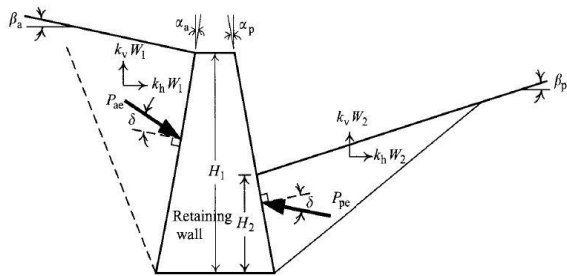
$$K_o = 0,19 + 0,233 \text{ Log}(\text{PI}) \quad (2.10)$$

Keterangan : PI = Indeks Plastik

2.3.4 Tekanan tanah dengan pengaruh gempa

Pada saat terjadi gempa, terdapat adanya percepatan lateral dan vertikal yang berakibat meningkatnya tekanan tanah aktif di luar dinding penahan dan mengurangi tekanan tanah pasif di dalam dinding penahan.

Dihitung menggunakan persamaan Mononobe-Okabe (Okabe, 1926; Mononobe, 1929)



Gambar 2. 2 Tegangan Tanah Aktif dan Pasif dalam pengaruh gempa.

Sumber : Chang-Yu Ou, 2006

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma H_1^2 (1 - k_v) K_a \quad (2.11)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\theta - \alpha_a - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha_a + \theta) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - \beta_a - \theta)}{\cos(\delta + \alpha_a + \theta) \cos(\beta_a - \alpha_a)} \right]^{1/2} \right\}^2} \quad (2.12)$$

$$P_{pe} = \frac{1}{2} \gamma H_2^2 (1 - k_v) K_p \quad (2.13)$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\theta - \alpha_p - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha_p + \theta) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - \beta_p - \theta)}{\cos(\delta + \alpha_p + \theta) \cos(\beta_p - \alpha_p)} \right]^{1/2} \right\}^2} \quad (2.14)$$

Dimana

W_1 = Berat irisan di zona aktif

W_2 = Berat irisan di zona pasif

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

k_v = koefisien vertikal gempa

k_h = koefisien horisontal gempa

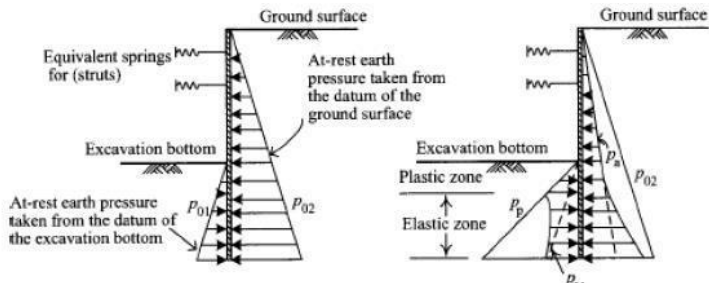
dirumuskan sebagai :

$$k_v = \frac{\text{percepatan gempa vertikal } (a_v)}{\text{percepatan gempa } (g)}$$

$$k_h = \frac{\text{percepatan gempa horisontal } (a_h)}{\text{percepatan gempa } (g)}$$

2.3.5 *Stress and Deformation : Beam on Elastic Foundation*

Pada perhitungan dinding diafragma, asumsi tekanan tanah arah horizontal baik pada kondisi aktif maupun pasif umumnya yang digunakan adalah pada kondisi maksimum. Padahal pada kenyataan dilapangan, kondisi maksimum pada tekanan arah horizontal tersebut belum tentu terjadi. Metode analisis ini menggunakan susunan struktur tanah yang akan diasumsikan sebagai susunan pegas yang nilainya diambil dari *coefficient of subgrade reactions*. Ilustrasi dari perhitungan metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Metode *Stress and Deformation Analysis*.

Sumber : Chang-Yu Ou, 2006

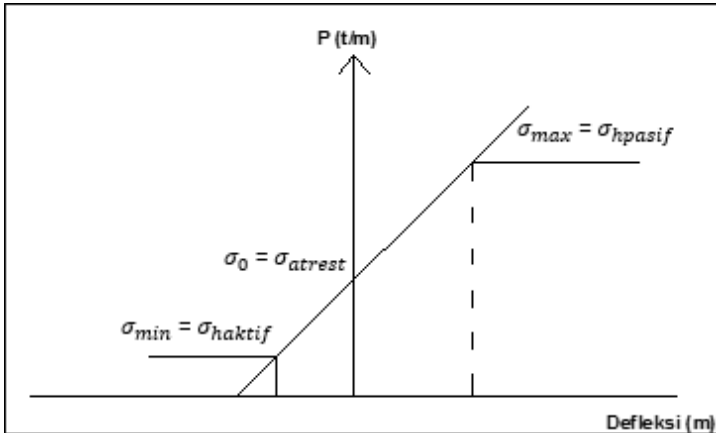
Gambar 2.3 menunjukkan bahwa pada perhitungan ketika awal penggalian, tekanan tanah di kedua sisi dinding diasumsikan dalam kondisi at-rest. Pada kondisi ini terjadi ketidakseimbangan tekanan di kedua sisi dinding yang akan menyebabkan dinding penahan tanah mengalami deformasi, sehingga besar tekanan 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.

Pada **Gambar** 2.4 di bawah, dapat disimpulkan bahwa tegangan (P) mempunyai hubungan dengan defleksi. Tegangan (P)

adalah σ/m^2 , sehingga dapat kita asumsikan bahwa $\sigma = P$, apabila kita ambil luasan $A = 1 m^2$.

$$P = \frac{\sigma}{A}, A = 1 t/m^2$$

$$P = A$$



Gambar 2. 4 Tegangan Tanah Dengan Harga Maksimum dan Minimum Dibandingkan Dengan Defleksi.

Sumber : Artha dan Wibowo, 2009

Dengan asumsi $P = \sigma$ tersebut, dapat diketahui hubungan antara tekanan tanah arah horizontal baik pada kondisi aktif maupun pasif dengan asumsi defleksi yang mendekati keadaan sesungguhnya.

Untuk mencari pendekatan defleksi yang terjadi sehingga mendekati kondisi asli, digunakan asumsi tekanan tanah horizontal dengan rumus :

$$\sigma_{hi} = \sigma^2_{vi} \cdot k_{oi} + k_s \cdot x$$

Dimana :

σ_{hi} = Tegangan efektif arah horizontal pada kedalaman (t/m^2)

σ'_{vi} = Tegangan efektif arah vertikal pada tiap kedalaman (t/m^2)

k_{oi} = Koefisien tanah lateral pada kondisi at rest

k_s = Konstanta Spring yang nilainya berdasarkan pada jenis tanah (Modulus of soil reaction) (t/m^3)

x = Asumsi defleksi arah lateral (m), bernilai positif (+) apabila dinding mendorong menuju arah tanah, sebaliknya bernilai negative (-) apabila dinding menjauhi tanah.

2.4 Kontrol Uplift

Struktur bangunan bawah tanah juga dikontrol terhadap kestabilan terhadap gaya angkat ke atas akibat tekanan air. Kontrol uplift pressure dilakukan terutama pada pelat lantai bawah yang bersinggungan langsung dengan tanah dasar. Lapisan kedap air seperti lempung dan pelat akan ikut sebagai penahan gaya angkat.

Persamaan dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_b = \frac{W_{struktur} + \sum_i \gamma_{ti} h_i + \frac{Q_s}{3}}{H_w \gamma_w A} \quad (2.15)$$

Dimana,

F_b = FS terhadap gaya angkat $\geq 1,2$

$W_{struktur}$ = Berat struktur di atas tanah

γ_{ti} = Berat jenis tanah kedap air

h_i = Tebal lapisan tanah kedap air

Q_s = Skin friction

$$q_{si} A_{si} = \sum_{i=0}^{i=i} \left(\frac{N_{si}}{3} + 1 \right) A_{si} \quad (\text{Luciano DeCourt, 1982}) \quad (2.16)$$

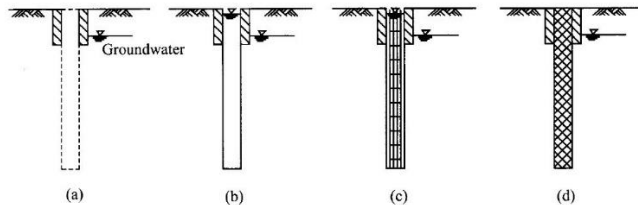
H_w = Tinggi muka air tanah

γ_w = Berat jenis tanah

A = Luasan pelat paling bawah

2.5 Diaphragm Wall

Dinding diafragma merupakan selaput beton bertulang yang relatif tipis (30 cm – 120 cm) yang dicor ke dalam suatu lubang galian, dimana sisi-sisi galian tersebut sebelum dicor didukung oleh tekanan hidrostatik dari air yang dicampur dengan bentonit. Tindakan tersebut akan membentuk suatu suspensi koloid yang memiliki sifat-sifat tiksotropik (membentuk gel jika tidak digerakan) (R.F.Craig:1987). Berikut adalah **Gambar 2.5** proses konstruksi dinding diafragma :

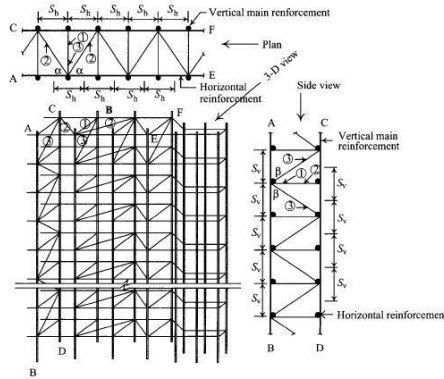


Gambar 2.5 Konstruksi Diaphragm Wall

Sumber : Chang Yu-Ou, 2006

Merencanakan diaphragm wall terdiri dari perencanaan ketebalan dinding dan penulangannya. Ditentukan oleh analisa tegangan, deformasi, dan studi kelayakan penulangan dinding. Menurut Chang Yu-Ou (2006), ketebalan dinding dapat diasumsikan sebesar 5% dari kedalaman galian preliminary desain.

Perhitungan penulangan diaphragm wall mengikuti metode LFRD. Desain utama penulangan meliputi tulangan vertikal, tulangan horisontal, dan tulangan geser seperti pada **Gambar 2.6**. Perhitungan penulangan didasarkan pada bending moment dan shear envelope.



Gambar 2. 6 Desain penulangan diaphragm wall
Sumber : Chang Yu-Ou, 2006

2.5.1 Tulangan Vertikal

Momen penahan nominal dapat dicari menggunakan persamaan :

$$M_R = \frac{1}{\phi} \left[\rho_{max} f_y \left(1 - 0,59 \frac{\rho_{max} f_y}{f'_c} \right) \right] b d^2 \quad (2.28)$$

Dimana,

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

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

ϕ = faktor reduksi bending moment = 0,9

f'_c = mutu beton

f_y = mutu tulangan

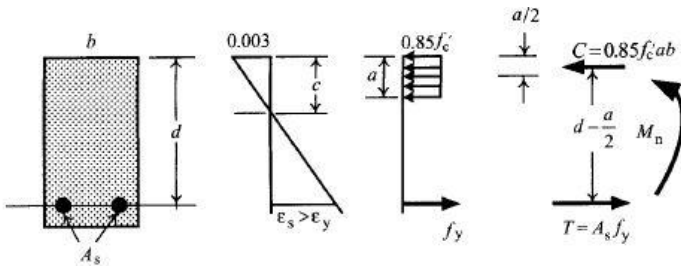
Rasio tulangan saat keadaan balanced dapat dihitung dengan persamaan :

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right) \quad (2.29)$$

Dimana,

$$\beta_1 \begin{cases} 0,85 ; f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'_c - 280}{70} \right) \geq 0,65 ; f'_c > 280 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \quad (2.30)$$

Saat $M_u \leq \phi M_R$



Gambar 2. 7 Tegangan pada kondisi ultimate pada beton bertulang

Sumber : *Chang Yu-Ou, 2006*

Desain penulangan yang perlu direncanakan hanyalah tulangan tarik seperti berikut :

- Menentukan rasio kekuatan material

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (2.31)$$

- Menentukan rasio penulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m M_n}{f_y b d^2}} \right) \quad (2.32)$$

- Menentukan luasan tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho b d \quad (2.33)$$

Saat $M_u > \phi M_R$

Kondisi ini menunjukkan bahwa tulangan tarik telah mencapai tegangan maksimumnya, dimana momen penahan nominal masih lebih kecil dibanding momen lenturnya. Hal ini menyebabkan perlunya penulangan tekan sebagai berikut :

- Mencari nilai a

$$a = \frac{T_1}{0,85 f'_c} = \frac{\rho_1 b d f_y}{0,85 f'_c b} \quad (2.34)$$

- Menentukan rasio penulangan

$$M_2 = M_n - M_1 = M_n - T_1 \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.35)$$

- Menentukan luasan tulangan yang diperlukan

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = \rho_1 b d + \frac{M_2}{f_y (d - d')} \quad (2.36)$$

2.5.2 Perencanaan Penulangan Horizontal

Tulangan horizontal diperlukan karena efek susut oleh suhu dengan perhitungan sebagai berikut :

$$A_s = \begin{cases} 0,002 A_g (f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2) \\ 0,0018 A_g (f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2) \\ 0,0018 \left(\frac{4200}{f_y}\right) A_g \geq 0,00144 A_g (f_y > 4200 \text{ kg/cm}^2) \end{cases} \quad (2.37)$$

Dimana, A_g = tebal dinding \times lebar unit

2.5.3 Menghitung Tulangan Geser

Tulangan geser direncanakan apabila $V_u > V_c = \emptyset 0,53 \sqrt{f'_c} b d$ dimana $\emptyset = 0,85$. Apabila melihat pada **Gambar 2.6**, terdapat tiga jenis tulangan geser seperti yang dinomori yaitu terdiri dari satu tulangan utama dan satu tulangan miring. Apabila jarak horizontal antar dua tulangan geser sama, dengan asumsi $b = 100 \text{ cm}$, maka

$$A_v = \frac{100 A_b}{S_h} \quad (2.38)$$

Dimana,

A_v = luasan total seluruh tulangan geser pada jarak horisontal

A_b = luasan bagian dari sebuah tulangan geser

S_h = jarak horisontal antar tulangan miring

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

$$V_{s1} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \quad (2.39)$$

$$V_{s2} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \sin \alpha \quad (2.40)$$

$$V_{s3} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \sin \beta \quad (2.41)$$

Dimana,

V_{s1} = kekuatan geser nominal tulangan utama

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

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

α = sudut antara tulangan miring dengan tulangan horisontal

β = sudut antara tulangan miring dengan tulangan vertikal

Kekuatan geser nominal seluruh tulangan geser pada diaphragm wall dapat dihitung sebagai berikut

$$V_n = V_c + V_s = V_c + V_{s1} + V_{s2} + V_{s3} \quad (2.42)$$

2.6 Pondasi Tiang Bor

Salah satu alternatif pemakaian pondasi dalam adalah tiang bor. Saat pemasangan, dibuat lubang pada tanah di kedalaman tertentu dengan cara dibor, kemudian dimasukkan rangkaian tulangan, selanjutnya dimasukkan adonan beton.

2.6.1 Perhitungan dimensi penampang tiang bor

$$A = \frac{Q_w}{f'_c} \quad (2.42)$$

Dimana

A = luas penampang tiang bor

Q_w = beban yang bekerja di atas tiang

f'_c = kekuatan izin beton

2.6.2 Perhitungan daya dukung tiang bor

Menurut Luciano Decourt (1996) untuk menghitung daya dukung sebuah tiang dapat menggunakan persamaan di bawah ini

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (2.43)$$

Dimana :

Q_L = daya dukung tanah maksimum

Q_P = daya dukung ujung tiang

Q_S = resistance ultimate akibat lekatan lateral

I. Daya dukung di ujung tiang (Q_p)

$$Q_p = qP \times A_p = \alpha \cdot N_p \cdot K \cdot A_p \quad (2.44)$$

Dimana,

N_p = Harga rata-rata SPT sekitar 4B di atas hingga di bawah tiang pondasi.

B = Diameter pondasi

- K = Koefisien karakteristik tanah dasar pondasi
 12 t/m² = untuk lempung
 20 t/m² = untuk lempung berlanau
 25 t/m² = untuk pasir berlanau
 40 t/m² = untuk pasi

II. Daya dukung pada selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = q_s \times AS = \beta \left(\frac{NS}{3} + 1 \right) AS \quad (2.45)$$

Dimana,

q_s = tegangan akibat lekatan lateral (t/m²)

NS = harga rata-rata sepanjang tiang yang terbenam

dengan batasan $3 \leq N \leq 50$, khusus aspek friction

AS = Keliling x panjang tiang yang terbenam
 (luas selimut)

Koefisien α dan β adalah merupakan berturut-turut base coefficient dan shaft coefficient menurut Decourt et all (1996) yang nilainya seperti Tabel 2.6 dan Tabel 2.7

Tabel 2. 6 Base coefficient α Decourt et all (1996)

Soil / Pile	Driven pile	Bored pile	Bored pile (bentonite)	Continuous hollow auger	Root pile	Injected pile (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

Tabel 2. 7 Base coefficient β Decourt et all (1996)

Soil / Pile	Driven pile	Bored pile	Bored pile (bentonite)	Continuous hollow auger	Root pile	Injected pile (high pressure)
Clay	1.0	0.80	0.90	1.0	1.5	3.0
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

Sumber : Wahyudi (2013)

2.6.3 Penulangan Bored Pile

- **Menghitung Tulangan Utama**

Untuk menghitung tulangan utama dapat menggunakan persamaan dari SNI 2847-2013, Lampiran B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \quad (2.50)$$

Dimana,

ρ_b = rasio tulangan berimbang

f'_c = kekuatan tekan beton

f_y = tegangan leleh baja

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7 nilai β_1 ditentukan sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } 17 \text{ Mpa} \leq f_c \leq 28 \text{ Mpa} \quad (2.51)$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * \left(\frac{f_c - 28 \text{ Mpa}}{7 \text{ Mpa}} \right) \geq 0,65$$

Rasio tulangan maksimum dibatasi senilai :

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \quad (2.52)$$

Rasio tulangan minimum dibatasi senilai :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \quad (2.53)$$

Dengan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (2.54)$$

$$\rho_{perlu} = 0,5 \rho_b \quad (2.55)$$

$$R_n = 0,5 \rho_b f_y \left(1 - \frac{0,588 \rho_{perlu} f_y}{f'_c} \right) \quad (2.56)$$

Jika $b = \frac{A_g}{0,8D}$ dan $d = 0,8D$, maka luasan tulangan yang diperlukan adalah :

$$A_{sperlu} = \rho b d \quad (2.57)$$

- **Menghitung Tulangan Geser**

Menghitung tulangan geser dengan perencanaan lentur menurut SNI 2847-2013 pasal 11.1.1

$$\emptyset V_n > V_u \quad (2.58)$$

Dimana,

$\emptyset V_n$ = kapasitas kekuatan geser penampang

V_u = gaya geser ultimate yang ditahan penampang

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.3, bila pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral digunakan sebagai tulangan geser, maka V_s harus dihitung menggunakan Pers. (2.60) untuk struktur bulat, dan d boleh diambil sebesar 0,8 kali diameter penampang beton.

A_v harus diambil sebagai dua kali luas batang tulangan pada pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral dengan spasi s , s diukur dalam arah parallel terhadap tulangan longitudinal dan f_{yt} adalah kekuatan leleh tulangan pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral yang disyaratkan.

$$V_n = V_s + V_c \quad (2.59)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (2.60)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2.61)$$

Dimana :

V_n = kekuatan geser nominal

V_s = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan beton

A_v = luas tulangan geser berspasi δ

f_{yt} = kekuatan leleh tulangan transversal

d = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tari longitudinal

2.6.4 Penurunan Tiang Tunggal

Untuk penurunan pada tiang tunggal yang terjadi pada dikatakan oleh Vesic (1977) akan diakibatkan oleh 3 jenis penurunan yaitu penurunan elastik dari tiangnya, penurunan tiang akibat beban pada ujung tiang, dan penurunan tiang akibat penyebaran beban sepanjang selimut tiang. Rumus penurunan ini sering dikenal dengan sebutan *Vesic's Method* sebagai berikut :

$$S = S_e + S_{pp} + S_{ps} \quad (2.62)$$

dimana :

- s = total penurunan tiang
- S_e = penurunan elastik tiang
- S_{pp} = penurunan tiang akibat beban pada ujung tiang
- S_{ps} = penurunan tiang akibat penyebaran beban sepanjang selimut tiang

- **Penurunan S_e**

Apabila material diasumsikan elastis, maka penurundan dari pile ditentukan dengan persamaan dasar mekanika bahan sebagai berikut :

$$S_e = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (2.63)$$

Dimana,

Q_{wp} = beban yang ditahan ujung pile dalam keadaan layan

Q_{ws} = beban yang ditahan oleh resistensi gesekan dalam keadaan layan

A_p = area penampang pile

E_p = modulus elastisitas material pile

L = panjang pile\

- **Penurunan S_{pp}**

$$S_{pp} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (2.64)$$

Dimana,

q_{wp} = beban terpusat per unit area pada titik pile = $\frac{Q_{wp}}{A_p}$

D = diameter pile

E_s = modulus elastisitas tanah di bawah titik pile

μ_s = Poisson's rasio tanah (0,3)

I_{wp} = faktor pengaruh $\approx 0,85$

- **Penurunan S_{ps}**

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (2.65)$$

Dimana,

p = perimeter dari pile

L = panjang pile

I_{ws} = faktor pengaruh

2.6.5 Beban Lateral Pada Pondasi

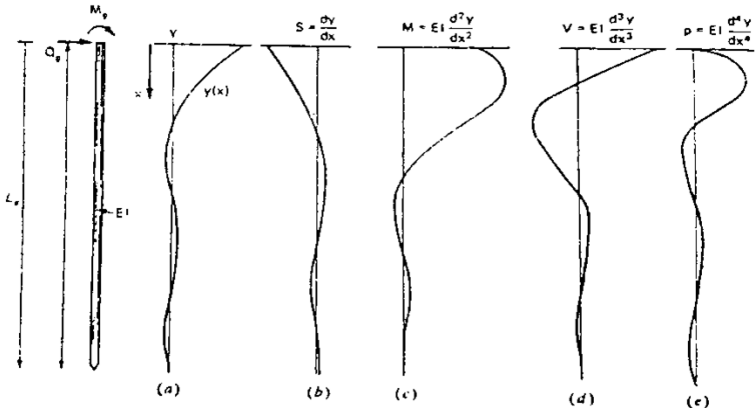
Gempa mengakibatkan adanya beban lateral pada ujung tiang pondasi. Beban tersebut menimbulkan reaksi tanah yang tergantung pada:

- Kekuatan tiang
- Kekakuan tanah
- Kekakuan ujung tiang.

Umumnya beban lateral tiang dibagi dalam 2 kategori yaitu :

- Tiang pendek atau tiang rigid
- Tiang panjang atau elastik tiang

Gambar 2.8 menunjukkan variasi lendutan tiang dan distribusi momen dan gaya geser sepanjang tiang ketika beban lateral bekerja dengan L_s adalah panjang tiang sedemikian rupa sehingga deformasi lateral ujung atas tiang yang terjadi tidak dipengaruhi oleh kekakuan tiang (EI dan k).



Gambar 2. 8 Pengaruh beban lateral pada tiang.

Sumber : Sidharta, 2009

1. Metoda MATLOCK dan REESE (1960).
Berdasarkan model sederhana Winkler's, modulus subgrade reaction, k

$$k = \frac{p'(kN/m)}{x(m)}$$

Dimana :

P' = tekanan tanah

X = deflection

Modulus subgrade untuk tanah = $k_z = n_h z$

n_h = Konstanta modulus subgrade reaction

Dari Gambar 2.8 di atas dan menggunakan teori balok pada pondasi elastik reaksi tanah dapat dirumuskan sebagai :

$$E_p I_p \frac{d^4 x}{dz^4} = p'$$

E_p = Modulus elastisitas tiang

I_p = momen inersia tiang

Berdasarkan model Winkler's,

$$p' = -kx$$

$$E_p I_p \frac{d^4 x}{dz^4} - kx = 0$$

Momen lateral gempa

$$M_g = -0,93 Q_g T$$

Lendutan tiang untuk kedalaman z adalah :

$$x_z(z) = A_x \frac{Q_g T^3}{E_p I_p} + B_x \frac{M_g T^2}{E_p I_p}$$

Kemiringan tiang untuk kedalaman z adalah :

$$S_z(z) = A_s \frac{Q_g T^2}{E_p I_p} + B_s \frac{M_g T}{E_p I_p}$$

Momen tiang untuk kedalaman z adalah :

$$M_z(z) = A_m Q_g T + B_m M_g$$

Gaya geser untuk tiap kedalaman z adalah :

$$V_z(z) = A_v Q_g + B_v \frac{M_g}{T}$$

Reaksi tanah untuk kedalaman z adalah :

$$p'_z(z) = A_p \frac{Q_g}{T} + B'_p \frac{M_g}{T^2}$$

Dimana :

Q_g = beban lateral

T = karakteristik panjang tiang

$A_x, B_x, A_s, B_s, A_m, B_m, A_v, B_v, A_p, B'_p$ adalah koefesien yang diambil dari Tabel 2.8

Karakteristik panjang tiang = T ,

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

$$Z = \frac{z}{T}$$

$$Z_{maks} = \frac{L}{T}$$

Jika $L \geq 5T \rightarrow$ Tiang panjang.

Jika $L \leq 2T \rightarrow$ Tiang rigid.

Tabel 2. 8 Koefisien tiang panjang (flexible) akibat beban Lateral

Ay	By	As	Bs	Am	Bm	Av	Bv	Ap	Bp
y =		s =		M =		V =		p =	
akibat Q	akibat M	akibat Q	akibat M	akibat Q	akibat M	akibat Q	akibat M	akibat Q	akibat M
2,435	1,623	-1,623	-1,75	0	1	1	0	0	0
2,273	1,453	-1,618	-1,65	0,1	1	0,989	-0,007	-0,227	-0,145
2,112	1,293	-1,603	-1,55	0,198	0,999	0,956	-0,028	-0,422	-0,259
1,952	1,143	-1,578	-1,45	0,291	0,994	0,906	-0,058	-0,586	-0,343
1,796	1,003	-1,545	-1,351	0,379	0,987	0,84	-0,095	-0,718	-0,401
1,644	0,873	-1,503	-1,253	0,459	0,976	0,764	-0,137	-0,822	-0,436
1,496	0,752	-1,454	-1,156	0,532	0,96	0,677	-0,181	-0,897	-0,451
1,353	0,642	-1,397	-1,061	0,595	0,939	0,585	-0,226	-0,947	-0,449
1,216	0,54	-1,335	-0,968	0,649	0,914	0,489	-0,27	-0,973	-0,432
1,086	0,448	-1,268	-0,878	0,693	0,885	0,392	-0,312	-0,977	-0,403
0,962	0,364	-1,197	-0,792	0,727	0,852	0,295	-0,35	-0,962	-0,364
0,738	0,223	-1,047	-0,629	0,767	0,775	0,109	-0,414	-0,885	-0,268
0,544	0,112	-0,893	-0,482	0,772	0,688	-0,056	-0,456	-0,761	-0,157
0,381	0,029	-0,741	-0,354	0,746	0,594	-0,193	-0,477	-0,609	-0,047
0,247	-0,03	-0,596	-0,245	0,696	0,498	-0,298	-0,476	-0,445	0,054
0,142	-0,07	-0,464	-0,155	0,628	0,404	-0,371	-0,456	-0,283	0,14
-0,03	-0,078	-0,2	-0,025	0,42	0,22	-0,4	-0,333	0,05	0,22
-0,075	-0,089	-0,04	0,057	0,225	0,059	-0,349	-0,213	0,226	0,268
-0,05	-0,028	0,052	0,049	0	-0,042	-0,106	0,017	0,201	0,112
-0,009	0	0,025	0,011	-0,033	-0,026	0,013	0,029	0,046	-0,002

Sumber : After Matlock and Reese (1961 and 1962)

Nilai n_h dapat diambil pada Tabel 2.9 dibawah ini :

Tabel 2. 9 Nilai n_h

Tanah	$N_h(\text{kN/m}^2)$	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166-3518	Reese dan Matlock (1956)
	277-554	Davisson – Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi normal organik	111-277	Peck dan Davidson (1962)
	111-831	Davidson (1970)
Gambut	55	Davidson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hitls (1967)
Lanau	8033-11080	Bowles (1968)

2.6.6 Pengaruh Gempa

Penyebab kerusakan tiang akibat gempa (*earthquake-induced damage*) dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Tanggapan tanah (*ground response*), yaitu berupa gerakan yang diterima oleh tiang akibat respons terhadap tanah sekitar yang mengakibatkan terjadinya tegangan tekuk dan geser pada tiang;
2. Gaya-gaya inersia, yaitu berupa beban aksial dan horizontal yang besar akibat respons struktur atas sebagai beban tambahan pada beban akibat tanah sekitar tiang;
3. Likuifaksi/goyangan tanah (*ground motion*), yaitu berupa pengurangan kekakuan tanah pada lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi (*liquifiable*) tanpa terjadinya perpindahan permanen arah lateral yang signifikan disertai dengan pengurangan kekuatan penahan lateral secara signifikan;
4. Likuifaksi/*lateral spreading*, yaitu berupa tegangan residual signifikan akibat perpindahan permanen pada kepala tiang.

Dengan banyaknya resiko yang telah disebutkan di atas, analisa kestabilan diaphragm wall dan pondasi bored pile terhadap pengaruh gempa perlu dilakukan pada Tugas Akhir ini. Efek beban dinamik pengaruh gempa digambarkan dengan percepatan pseudostatik yang menimbulkan gaya inersia, F_h dan F_v yang bekerja pada pusat massa keruntuhan.

Koefisien seismik yang digunakan adalah percepatan puncak di permukaan batuan keras (PGA) dengan faktor keamanan minimum terhadap gempa ($FK \geq 1.0$). Koefisien seismik horizontal, k_h , ditentukan sebesar 0.5 dari percepatan puncak horizontal dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi.

Berdasarkan SNI 8460:2017, gempa rencana untuk struktur bangunan gedung ditetapkan dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur rencana struktur bangunan 50 tahun adalah 2% dan periode ulang 2500 tahun.

Percepatan yang terjadi di permukaan tanah dapat diketahui dengan mengamplifikasi nilai percepatan di batuan dasar dengan koefisien situs, FPGA. Nilai koefisien FPGA didapat dari Tabel 2.11 yang nilainya juga bergantung terhadap klasifikasi situs tanah berdasarkan lokasi daerah. Jenis profil tanah tersebut harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke permukaan tanah. Jenis profil tanah di lokasi bangunan yang direncanakan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2. 10 Klasifikasi Situs

Klasifikasi Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N}_{SP} atau $\bar{N}_{SP_{Fh}}$	\bar{s}_w (kPa)
SA (batuan keras)	>1.500	N/A	N/A
SB (batuan dasar)	750 sampai 1.500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut:		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks Plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $(w) \geq 40\%$, dan 3. Kuat geser niralir, $\bar{s}_w < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan penyelidikan geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan, $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas tinggi (ketebalan, $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_w < 50$ kPa 		

Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2. 11 Tabel Nilai Koefisien FPGA

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

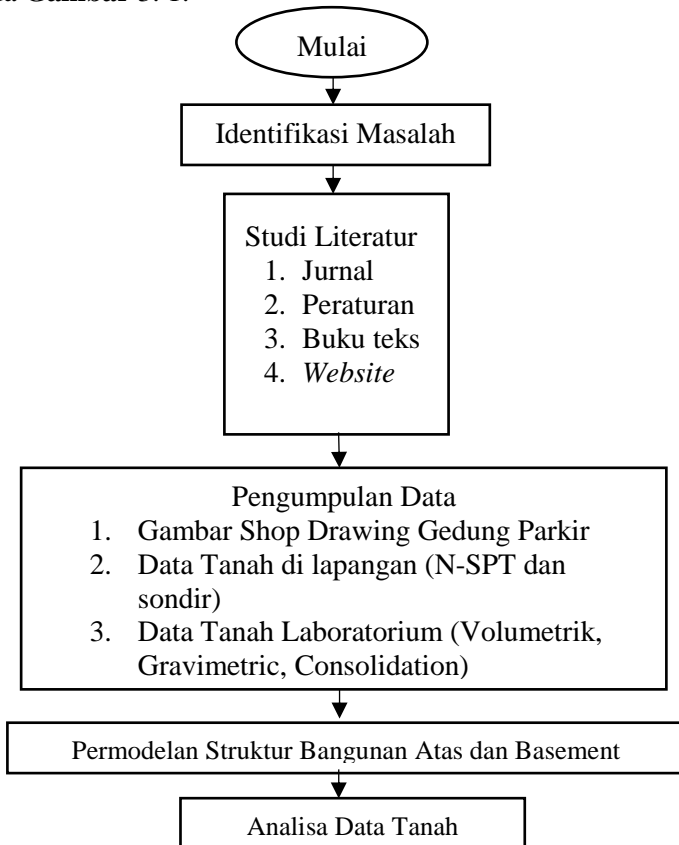
Sumber : SNI 1726:2012

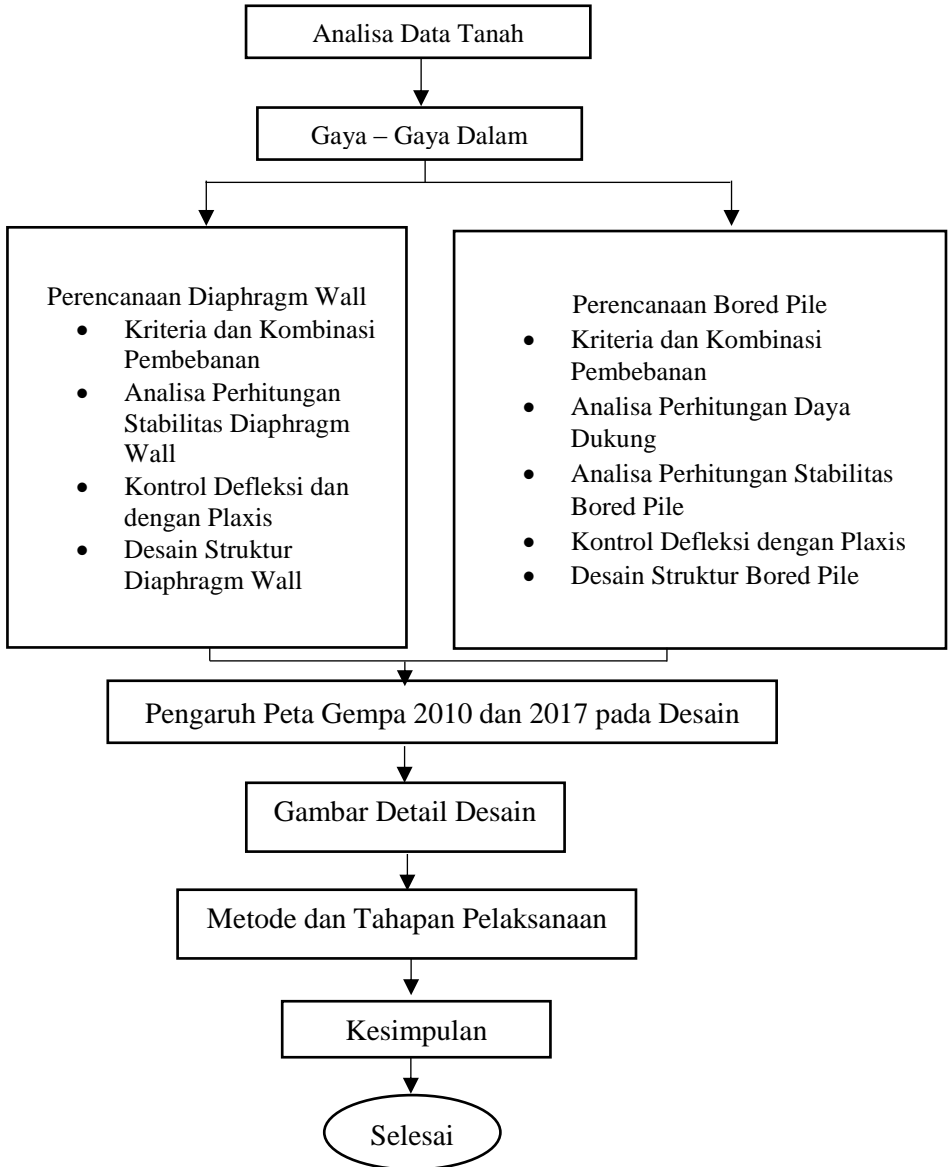
“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB III METODOLOGI

3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka Perencanaan merupakan dasar pemikiran dari seluruh tahapan penyelesaian tugas akhir secara umum yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat terlihat urutan pekerjaan yang sistematis dan terencana. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 3. 1**:





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

Rangkaian kegiatan perencanaan yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir adalah :

1. Identifikasi masalah

Mengetahui dan memahami masalah-masalah apa yang berpengaruh terhadap desain basement dan pondasi untuk menunjang metode pelaksanaan konstruksi.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan acuan dalam memahami dan menentukan penyelesaian yang dipilih untuk menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari segala sumber informasi dari buku teks maupun jurnal penelitian yang berkaitan dengan penyelesaian masalah yang terjadi dalam tugas akhir ini, antara lain :

- a. Referensi mengenai perencanaan basement pada gedung
- b. Referensi tentang pemodelan dan analisis menggunakan program bantu SAP2000, Plaxis, dan pcaColumn
- c. Referensi tentang perencanaan dan perhitungan sistem diaphragm wall
- d. Referensi tentang perencanaan dan perhitungan pondasi pada gedung

3. Pengumpulan data untuk perencanaan

- a. Gambar shop drawing gedung parkir Apartemen Arundaya
- b. Data tanah di lapangan : N-SPT dan Sondir
- c. Data tanah Laboratorium : Volumetrik, Gravimetric, Consolisation

4. Pembahasan, meliputi :
 - a. Pemilihan desain untuk basement proyek Apartemen Arundaya Surabaya yang sesuai dengan kondisi lapangan
 - b. Desain stuktur bangunan bawah tanah pada proyek Apartemen Arundaya, yang meliputi dinding diafragma, pondasi utama berupa tiang bor dan *kingpost*, dan pelat lantai basement
 - c. Analisis kestabilan dinding diafragma pondasi tiang bor utama, serta slab basement terhadap dua jenis gaya gempa yang bekerja
 - d. Menganalisis defleksi pada tiang-tiang dan dinding yang telah direncanakan dengan program bantu
 - e. Membandingkan kapasitas material akibat desain menggunakan Peta Zonasi Gempa 2010 dan Peta Zonasi Gempa 2017
 - f. Gambar dari desain
 - g. Metode pelaksanaan, meliputi
 - 1) Metode pelaksanaan konstruksi *top-down*
 - 2) Metode pelaksanaan dinding diafragma
 - 3) Metode pengeboran tiang dan pemasangan *kingpost*

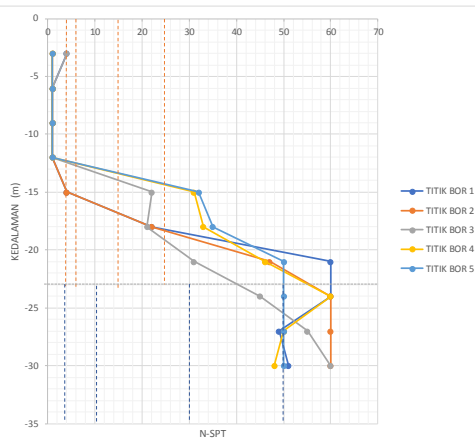
4.1.2 Penggabungan Data SPT

Dari data yang ada, perlu dilakukan rekapitulasi nilai SPT tiap titik bor.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi nilai SPT

KEDALAMAN	N-SPT TITIK BOR				
	1	2	3	4	5
-3	4	1	4	1	1
-6	1	1	1	1	1
-9	1	1	1	1	1
-12	1	1	1	1	1
-15	4	4	22	31	32
-18	22	22	21	33	35
-21	60	47	31	46	50
-24	60	60	45	60	50
-27	49	60	55	50	50
-30	51	60	60	48	50

Data SPT pada gambar 4.1 tidak dapat digunakan langsung sebagai data perencanaan karena terdapat 5 titik pengeboran, sehingga perlu dikelompokkan menurut konsistensinya, dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Data SPT 5 Titik Bor

Berdasarkan grafik SPT 5 titik bor tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai SPT dari berbagai titik bor tidak terpaut begitu jauh. Setelah mengetahui grafik SPT 5 titik bor, dilakukan perbandingan data borlog guna mengetahui 90% data tanah yang paling kritis untuk digunakan pada perencanaan dinding penahan tanah dengan cara menggabungkan nilai SPT dari kelima data borlog, kemudian diambil nilai rata-rata SPT dari konsistensi terendah. Data tanah tersebut terangkum dalam Tabel 4.2. dibawah ini:

Tabel 4. 2 Rangkuman Data Tanah

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata
0 – 15	Lempung Lanau	2
15 - 23	Lempung Lanau	22
23 - 30	Pasir Berlempung	49

4.1.3 Korelasi Parameter 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 menggunakan tabel korelasi dari J.E. Bowles (1984), untuk tanah berpasir digunakan tabel korelasi dari Teng (1962).
- b. Untuk mengetahui taksiran nilai kekuatan geser undrained (C_u), serta konsistensi tanah digunakan tabel dari tabel korelasi dari Mochtar (2006)
- c. Untuk mengetahui taksiran sudut geser (ϕ) untuk tanah lempung dan lanau menggunakan tabel korelasi Burt Look(2007), untuk tanah berpasir digunakan tabel korelasi dari Teng (1962).

- d. Untuk mengetahui taksiran angka pori (e) dan taksiran harga koefisien konsolidasi (C_v) menggunakan tabel korelasi Biarez.

Contoh penggunaan tabel korelasi :

1. Korelasi berat volume jenuh (γ_{sat})

- Untuk tanah lapisan 1 berjenis lempung berlanau dengan nilai N_{spt} 2, maka dengan menggunakan tabel 4.3 didapatkan $\gamma_{sat} = 1,4 \text{ t/m}^3$
- Untuk tanah lapisan 3 berjenis pasir berlempung dengan nilai N_{spt} 49, maka dengan menggunakan tabel 4.4 didapatkan $\gamma_{sat} = 1,727 \text{ t/m}^3$

Tabel 4. 3 Korelasi Nilai N Pada Tanah Cohesive

N	< 4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-16	16-18	16-18	16-20	18-23
qu (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>

Sumber : Bowles (1984)

Tabel 4. 4 Korelasi Nilai N Pada Tanah Berpasir

Konsistensi Kepadatan	Relative Density (kepadatanRelatif)Rd	Perkiraan Harga N_{spt}	Perkiraan harga ϕ (°)	Perkiraan Berat Volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
Sangat Regang (<i>very loose</i>)	0 % s.d. 15%	0 s.d. 4	0 s.d. 28	< 1,60
Regang (<i>loose</i>)	15% s.d. 35%	4 s.d. 10	28 s.d. 30	1,5 s.d. 2
Menengah (<i>medium</i>)	35% s.d. 65%	10 s.d. 30	30 s.d. 36	1,75 s.d. 2,1
Rapat (<i>dense</i>)	65% s.d. 85%	30 s.d. 50	36 s.d. 41	1,75 s.d. 2,25
Sangat rapat (<i>very dense</i>)	85% s.d. 100%	> 50	41°	-

Sumber : Teng (1962)

2. Korelasi kekuatan geser undrained (C_u)

Untuk tanah lapisan 1 berjenis lempung berlanau bernilai N_{spt} 2 menggunakan Tabel 4.5 didapatkan $C_u = 1,25 \text{ ton/m}^2$

Tabel 4. 5 Korelasi Konsistensi Tanah untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung

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. Korelasi sudut geser (ϕ)

- Untuk tanah lapisan 1 berjenis lempung berlanau dengan nilai N_{spt} 2, maka dianggap tidak memiliki sudut geser, $\phi = 0^\circ$
- Untuk tanah lapisan 3 berjenis pasir berlempung dengan nilai N_{spt} 49, maka dengan menggunakan tabel 4.5 didapatkan $\phi = 40^\circ$

4. Korelasi angka pori (e) :

- Untuk tanah lapisan 1 berjenis lempung berlanau dengan nilai N_{spt} 2, dengan menggunakan tabel Biarez (terlampir) didapatkan $e = 3,29$

5. Korelasi nilai konstanta spring (K_s) :
- Untuk tanah lapisan 1 berjenis lempung berlanau dengan nilai N_{spt} 2, dengan menggunakan tabel 4.6 didapatkan $K_s = 1600 \text{ ton/m}^3$
 - Untuk tanah lapisan 3 berjenis pasir berlempung dengan nilai N_{spt} 49, dengan menggunakan tabel 4.6 didapatkan $K_s = 9600 \text{ ton/m}^3$

Tabel 4. 6 Korelasi Tanah Dengan k_s

Soil	K_s (kN/m ³)	K_s (t/m ³)
Sandy Soil		
Loose sand	4800 - 16000	480 - 1600
Medium dense sand	9600 - 80000	960 - 8000
Dense Sand	32000 - 128000	6400 - 12800
Clayey medium dense sand	32000 - 80000	3200 - 8000
Silty medium dense sand	24000 - 48000	2400 - 4800
Clayey Soil		
$q_s < 200 \text{ kPa}$	12000 - 24000	1200 - 2400
$200 < q_s < 800 \text{ kPa}$	24000 - 48000	2400 - 4800
$q_s > 800 \text{ kPa}$	> 48000	> 4800

Sumber : Bowles, 1960

4.1.4 Rangkuman Data Tanah

Hasil dari parameter tanah tiap lapisan yang telah dikorelasikan terangkum pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Rangkuman Data Tanah

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	C_u (kg/cm ²)	ϕ (°)	e	n	K_s (t/m ³)	Konsistensi
0 - 15	Lempung Lanau	2	1,4	1,052	0,125	-	3,29	70	1600	Sgt Lunak
15 - 23	Lempung Lanau	22	1,8	1,204	1,08	-	1,14	58,49	4800	Kaku
23 - 30	Pasir Berlempung	49	1,727	1,182	-	40	1,36	54,48	9600	Rapat

4.2 Analisa Data Pembebanan

4.2.1 Rangkuman Data Tanah

- **Beban Mati (Dead Load)**

Beban mati terdiri dari berat semua material konstruksi yang menyatu dalam gedung. Berat sendiri elemen struktural dihitung otomatis pada program bantu ETABS v9.6.0. Sedangkan berat beban mati lainnya diinput manual menurut SNI 1727-2013, diantaranya:

1. A Mutu beton (f_c') = 35 MPa (untuk beton)
40 MPa (untuk kolom)
2. Berat beton bertulang = 24 kN/m³
3. Berat keramik = 0,24 kN/m²
4. Berat batu bata = 2,5 kN/m²
5. Berat spesi ($t = 1\text{cm}$) = 0,21 kN/m²
6. Berat plafond + penggantung = 0,18 kN/m²
7. Berat *ducting* + *plumbing* = 0,30 kN/m²

- **Beban Hidup (Live Load)**

1. Beban hidup (Lt Basement) = 11,97 kN/ m²
2. Beban hidup (Lt 1 s/d Lt 47) = 250 kg/m² = 1,92 kN/ m²
3. Berat keramik = 0,24 kN/m²

- **Output Program**

Dengan menggunakan program bantu ETABS v9.6.0. dengan titik jepit bangunan sedalam $Z_f = 8,019$ m didapat dari rumusan sebagai berikut :

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

$$E_p = 254742960 \text{ kN/m}^2$$

$$I_p = 0.24 \text{ m}^4$$

$$n_h = 3518 \text{ kN/m}^2 \text{ (Reese dan Matlook, 1956)}$$

Maka,

$$T = \sqrt[5]{\frac{25742960 \times 0.24}{3518}} = 4.455 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8T = 1,8 \times 4,455 = 8,019 \text{ m}$$

Diperoleh besarnya reaksi perletakan untuk proses perencanaan pondasi, sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Perhitungan Bangunan Atas dengan Peta Gempa 2010

	Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY
Joint Label		(ton)	(ton)	(ton)	(ton-m)	(ton-m)
63	1D + 1L + E	4,68	4,60	2428,92	106,74	7,12
10	1D + 1L + E	0,02	0,02	2399,01	102,51	11,06
64	1D + 1L + E	-0,02	-0,02	2399,01	100,04	12,50
14	1D + 1L + E	3,81	3,80	2398,05	104,84	13,30
60	1D + 1L + E	-0,44	-0,53	2398,05	117,90	9,66
15	1D + 1L + E	0,01	0,01	2088,50	111,42	12,58
59	1D + 1L + E	0,07	0,07	2087,05	107,54	13,90
11	1D + 1L + E	-3,62	-3,92	2087,00	112,32	14,68

Tabel 4. 9 Perhitungan Bangunan Atas dengan Peta Gempa 2017

	Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY
Joint Label		(ton)	(ton)	(ton)	(ton-m)	(ton-m)
63	1D + 1L + E	5,80	4,68	2428,92	108,76	9,22
10	1D + 1L + E	0,02	0,02	2399,01	112,60	13,06
64	1D + 1L + E	-0,02	-0,02	2399,01	110,04	10,50
14	1D + 1L + E	4,81	5,50	2398,05	114,84	15,30
60	1D + 1L + E	-0,44	-0,53	2398,05	107,90	8,36
15	1D + 1L + E	0,01	0,01	2088,50	113,42	13,88
59	1D + 1L + E	0,07	0,07	2087,05	109,54	10,00
11	1D + 1L + E	-3,62	-3,92	2087,00	114,22	14,68

4.2.2 Analisa Pembebanan Dinding Diafragma

Terdapat dua beban yang bekerja dalam melakukan perhitungan pembebanan pada dinding diafragma, yaitu :

1. Beban Luar: Berupa beban dari luar selama proses konstruksi dinding diafragma sebesar $1,2 \text{ ton/m}^2$
2. Beban dalam : Berupa beban yang ditimbulkan dari tekanan tanah aktif, serta air tanah

4.2.3 Analisa Terhadap Pengaruh Gempa

Analisis gempa dilakukan dikarenakan adanya kenaikan potensi gempa di Indonesia sehingga diperlukan adanya perencanaan gedung yang tahan terhadap gempa. Perencanaan ini berdasarkan Peta Gempa 2010 dan Peta Gempa 2017. Diambil Peak Ground Acceleration (PGA) terbesar dari tiap peta. Untuk bangunan gedung bertingkat menggunakan periode ulang 2500 tahun.

Mencari nilai k_h dan k_v dengan persamaan :

$$k_h = 0.5 \times PGA \times F_{PGA}$$

1. Peta Gempa 2010

$$k_h = 0.5 \times 0.4g \times 0.9 = 0.180g$$

2. Peta Gempa 2017

$$k_h = 0.5 \times 0.5g \times 0.9 = 0.225g$$

k_v diabaikan karena pada percepatan vertikal lebih kecil dari horizontal sehingga tidak menentukan. Nilai k_h dapat dimasukkan dalam software PLAXIS sebagai ΣM_{accel} untuk analisa menggunakan metode pseudo-static.

$F_{PGA} =$ Untuk tanah lunak (SE) pada diafragma wall adalah
0.9

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

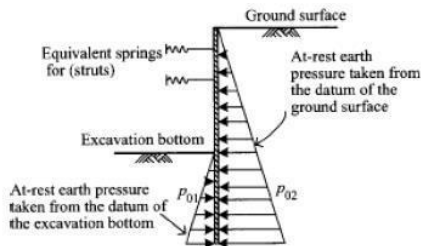
5.1 Umum

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 0. Untuk membantu perhitungan defleksi, maka digunakan program bantu SAP2000.

5.2 Perhitungan Dinding Penahan Tanah

Langkah-langkah dalam perencanaan struktur dinding penahan tanah metode *Stress and Deformation: Beam on Elastic Foundation* 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 seperti terlihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Tekanan Tanah kondisi *at-rest*
Sumber : Chang-Yu Ou, 2006

Menggunakan persamaan di bawah ini :

$$P'_o = \sigma_v \times k_o \quad (5.1)$$

$$k_o = 0.95 - \sin \emptyset \quad (5.2)$$

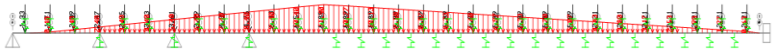
$$P_{a_{\min}} = \sigma_v \times k_a - 2c\sqrt{k_a} \quad (5.3)$$

$$P_{p_{\max}} = \sigma_v \times k_p + 2c\sqrt{k_p} \quad (5.4)$$

$$P(t) = P_h \times A \rightarrow A = 1\text{m}^2 \quad (5.5)$$

Kemudian tekanan lateral tanah tersebut dijadikan beban terpusat yang bekerja terhadap dinding di setiap meter serta k_s (*coefficient of subgrade reactions*) yang nilainya telah didapatkan berdasarkan korelasi pada BAB IV;

- Memperkirakan kedalaman *Diaphragm Wall* dengan permodelan pada program bantu SAP2000 yang ditunjukkan oleh Gambar 5.2.

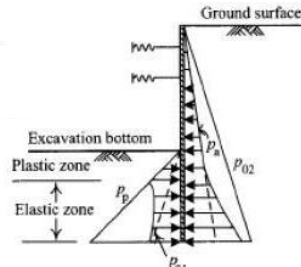


Gambar 5. 2 Permodelan untuk Menentukan Kedalaman Dinding

Kedalaman dinding diasumsikan sangat dalam, kemudian gaya-gaya lateral tanah dalam kondisi *at-rest* (P_o) dan pegas tanah (k_s) pada tahap galian terakhir diinputkan pada program bantu SAP2000 untuk dilihat bentuk bidang momennya. Panjang dinding dapat ditentukan pada saat bidang momen sudah mendekati 0 di kedalaman tertentu;

- 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;
- Melakukan iterasi dengan cara mengkalkulasikan hasil defleksi yang didapatkan dengan beban *at-rest*. Tegangan-

tegangan baru yang berubah sesuai besar defleksi diilustrasikan pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Perubahan Tegangan Tahap Iterasi

Sumber : Chang-Yu Ou, 2006

Menggunakan persamaan di bawah ini :

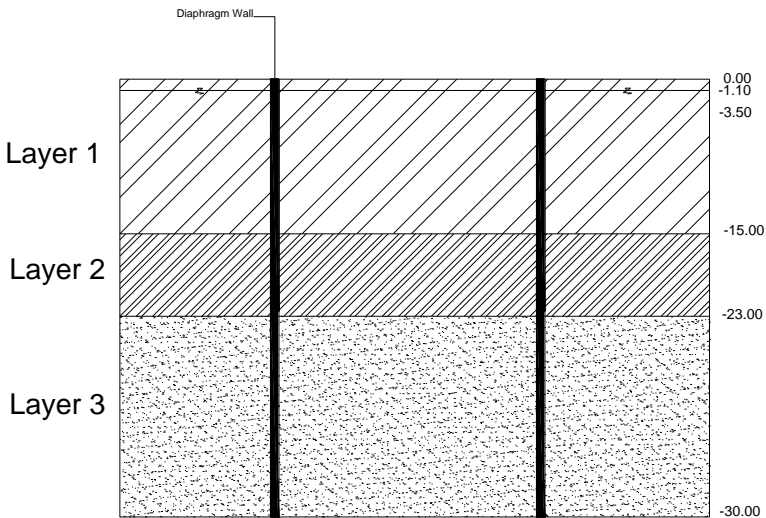
$$P_{ha} = P_o - \delta x k_s < P_{amin} ; A \approx 1 m^2 \quad (5.6)$$

$$P_{hp} = P_o + \delta x k_s > P_{pmax} ; A \approx 1 m^2 \quad (5.7)$$

jika P_a telah melebihi batas P_{a-min} , dan P_p telah melebihi batas P_{p-max} , maka beban P_{a-min} dan P_{p-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 $P_{ha} = 0$ dan pegas tanah di titik tersebut dihilangkan;

6. Mengulangi langkah 4-5 hingga perbedaan defleksi setelah dilakukan iterasi mendekati 0. Dilakukan perhitungan pada tiap tahapan penggalan.

5.2.1 Perencanaan Diaphragm Wall



Gambar 5. 4 Asumsi Kedalaman Diaphragm Wall

Pada perencanaan ini, penggalian akan dilaksanakan hingga elevasi -12,5 meter. Fase penggalian akan dibagi menjadi 4 (empat), penggalian pertama pada elevasi -3.5 meter, penggalian kedua pada elevasi -6,5 meter, penggalian ketiga pada elevasi -9,5 meter, penggalian keempat pada elevasi -12,5 meter. Data Perencanaan awal :

1. Tebal D-Wall = 0,8 meter
2. Panjang kedalaman awal 30 meter
3. Beban surcharge tambahan sebesar $1,2 \text{ t/m}^2$

Dengan menggunakan data perencanaan awal ini dengan penampang tanah seperti terlihat pada Gambar 5.4, maka dapat ditentukan kedalaman dinding. Dalam menentukan kedalaman dinding, digunakan permodelan pada program bantu SAP2000 pada galian terakhir, yaitu elevasi -12.50 meter dengan 4 perletakan sendi

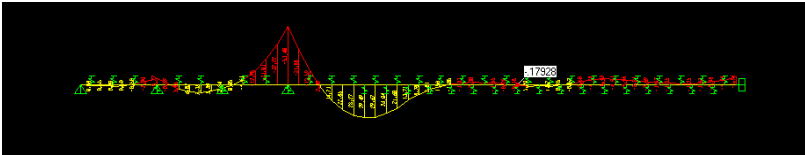
Tabel 5. 1 Tekanan Tanah at rest pada dinding

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	Aktif									Pasif							Akhir	Xo	Kspring
			c	Ø	Ko	y'	Beban Luar	σva	P'o	Ka	c	Ø	Ko	y'	σvp	P'o	Kp	P'o			
			t/m ²	°		t/m ³	t/m ³	t/m ²	t/m		t/m ²	°		t/m ³	t/m ²	t/m		t/m	m	t/m ³	
-0,5	Lempung	Sangat Lunak	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,4	1,33	1								1,33	3,2E-06	1600	
-1,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,8	1,71	1									1,71	5,1E-06	1600
-2,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,2	2,09	1									2,09	5,5E-07	1600
-3,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,6	2,47	1									2,47	0	1600
-4,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3	2,85	1									2,85	4,1E-05	1600
-5,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,4	3,23	1									3,23	0,00005	1600
-6,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,8	3,61	1									3,61	0	1600
-7,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,2	3,99	1									3,99	-8,5E-05	1600
-8,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,6	4,37	1									4,37	-0,00013	1600
-9,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5	4,75	1									4,75	0	1600
-10,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,4	5,13	1									5,13	0,00055	1600
-11,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,8	5,51	1									5,51	0,0012	1600
-12,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,2	5,89	1	1,25	0	0,95	0,4	0	0	1	5,89	0,00175	1600	
-13,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,6	6,27	1	1,25	0	0,95	0,4	0,4	0,38	1	5,89	0,00208	1600	
-14,5	1,25	0	0,95	0,4	1,2	7	6,65	1	1,25	0	0,95	0,4	0,8	0,76	1	5,89	0,00219	1600			
-15,5	Lempung	Kaku	10,8	0	0,95	0,8	1,2	7,6	7,22	1	10,8	0	0,95	0,8	1,4	1,33	1	5,89	0,00211	4800	
-16,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	8,4	7,98	1	10,8	0	0,95	0,8	2,2	2,09	1	5,89	0,00195	4800	
-17,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	9,2	8,74	1	10,8	0	0,95	0,8	3	2,85	1	5,89	0,00176	4800	
-18,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10	9,5	1	10,8	0	0,95	0,8	3,8	3,61	1	5,89	0,00157	4800	
-19,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10,8	10,3	1	10,8	0	0,95	0,8	4,6	4,37	1	5,89	0,00137	4800	
-20,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	11,6	11	1	10,8	0	0,95	0,8	5,4	5,13	1	5,89	0,00118	4800	
-21,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	12,4	11,8	1	10,8	0	0,95	0,8	6,2	5,89	1	5,89	0,00098	4800	
-22,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	13,2	12,5	1	10,8	0	0,95	0,8	7	6,65	1	5,89	0,00077	4800	
-23,5	Pasir Berlempung	Rapat	0	40	0,357	0,727	1,2	13,964	4,99	0,22	0	40	0,357	0,727	7,8	2,77	4,6	2,215	0,00056	9600	
-24,5			0	40	0,357	0,727	1,2	14,691	5,25	0,22	0	40	0,357	0,727	8,5	3,03	4,6	2,215	0,0004	9600	
-25,5			0	40	0,357	0,727	1,2	15,418	5,51	0,22	0	40	0,357	0,727	9,2	3,29	4,6	2,215	0,00029	9600	
-26,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,145	5,77	0,22	0	40	0,357	0,727	9,9	3,55	4,6	2,215	0,0002	9600	
-27,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,872	6,03	0,22	0	40	0,357	0,727	11	3,81	4,6	2,215	0,00012	9600	
-28,5			0	40	0,357	0,727	1,2	17,599	6,29	0,22	0	40	0,357	0,727	11	4,07	4,6	2,215	5,7E-05	9600	
-29,5			0	40	0,357	0,727	1,2	18,326	6,55	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,33	4,6	2,215	0,00001	9600	

Tabel 5. 2 Tekanan Air Pori Tanah

Elv (m)	σ _w (t/m ²)
0,00	0
1,10	0
12,50	11,4
30,00	0

Dalam menentukan kedalaman dari dinding, maka digunakan metode pada perhitungan sebelumnya, sehingga didapatkan bidang momen akibat dari tekanan lateral tanah berdasarkan **Tabel 5.1**. Hasil analisa program bantu dapat dilihat pada **Gambar 5.6**.



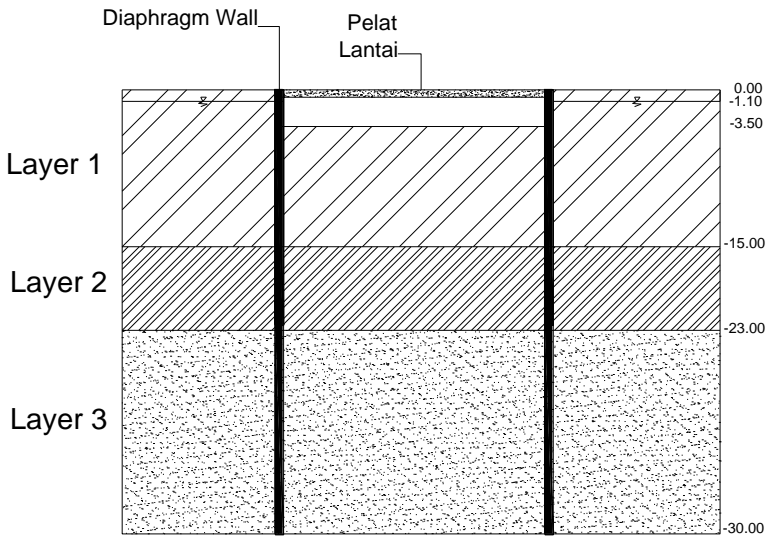
Gambar 5. 6 Hasil analisa program bantu

Berdasarkan diagram bidang momen di atas, kedalaman dinding dapat diambil pada kedalaman 20 meter dan untuk angka keamanan, maka kedalaman dinding ditanamkan sampai dengan kedalaman 30 meter.

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. Dinding penahan tanah yang direncanakan harus mampu menahan beban tanah pada proses penggalian dan masa operasionalnya.

1. Penggalian Pertama

Penggalian pertama direncanakan digali hingga elevasi -3.50 meter seperti terlihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7 Penampang kondisi Galian I

Perhitungan tekanan lateral tanah, tekanan aktif minimum dan tekanan pasif maksimum tidak perlu dilakukan kembali karena kedalaman dinding asumsi awal sama dengan hasil analisa. Tekanan Tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 3.5 meter. Contoh perhitungan Tekanan Tanah *at-rest*, aktif minimum dan pasif maksimum, bagian belakang dinding dan bagian depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.3, sedangkan tekanan air pori yang bekerja sebagai beban pada dinding ditunjukkan oleh Tabel 5.4. Tidak ada tekanan air pori pada dasar dinding.

Tabel 5. 3 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	Aktif							Pasif							Akhir	Xo	Kspring		
			c	Ø	Ko	γ'	Beban Luar	σva	P'o	Ka	c	Ø	Ko	γ'	σvp	P'o				Kp	P'o
			t/m ²	°		t/m ³	t/m ³	t/m ²	t/m		t/m ²	°		t/m ³	t/m ²	t/m		t/m	m	t/m ³	
-0,5	Lempung	Sangat Lunak	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,4	1,33	1								1,33	0,00026	1600	
-1,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,8	1,71	1									1,71	0,00076	1600
-2,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,2	2,09	1									2,09	0,00124	1600
-3,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,6	2,47	1	1,25	0	0,95	0,4	0	0	1	2,47	0,00167	1600	
-4,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3	2,85	1	1,25	0	0,95	0,4	1,6	1,52	1	2,47	0,00206	1600	
-5,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,4	3,23	1	1,25	0	0,95	0,4	0,8	0,76	1	2,47	0,00241	1600	
-6,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,8	3,61	1	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,14	1	2,47	0,00272	1600	
-7,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,2	3,99	1	1,25	0	0,95	0,4	1,6	1,52	1	2,47	0,003	1600	
-8,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,6	4,37	1	1,25	0	0,95	0,4	2	1,9	1	2,47	0,00323	1600	
-9,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5	4,75	1	1,25	0	0,95	0,4	2,4	2,28	1	2,47	0,00338	1600	
-10,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,4	5,13	1	1,25	0	0,95	0,4	2,8	2,66	1	2,47	0,00344	1600	
-11,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,8	5,51	1	1,25	0	0,95	0,4	3,2	3,04	1	2,47	0,00337	1600	
-12,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,2	5,89	1	1,25	0	0,95	0,4	3,6	3,42	1	2,47	0,00317	1600	
-13,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,6	6,27	1	1,25	0	0,95	0,4	4	3,8	1	2,47	0,00284	1600	
-14,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	7	6,65	1	1,25	0	0,95	0,4	4,4	4,18	1	2,47	0,00241	1600	
-15,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	7,6	7,22	1	10,8	0	0,95	0,8	5	4,75	1	2,47	0,00196	4800			
-16,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	8,4	7,98	1	10,8	0	0,95	0,8	5,8	5,51	1	2,47	0,00157	4800			
-17,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	9,2	8,74	1	10,8	0	0,95	0,8	6,6	6,27	1	2,47	0,00128	4800			
-18,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	10	9,5	1	10,8	0	0,95	0,8	7,4	7,03	1	2,47	0,00107	4800			
-19,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	10,8	10,3	1	10,8	0	0,95	0,8	8,2	7,79	1	2,47	0,00091	4800			
-20,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	11,6	11	1	10,8	0	0,95	0,8	9	8,55	1	2,47	0,00078	4800			
-21,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	12,4	11,8	1	10,8	0	0,95	0,8	9,8	9,31	1	2,47	0,00066	4800			
-22,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	13,2	12,5	1	10,8	0	0,95	0,8	11	10,1	1	2,47	0,00052	4800			
-23,5	Pasir Berlempung	Rapat	0	40	0,357	0,727	1,2	13,964	4,99	0,22	0	40	0,357	0,727	11	4,06	4,6	0,929	0,0004	9600	
-24,5			0	40	0,357	0,727	1,2	14,691	5,25	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,32	4,6	0,929	0,00029	9600	
-25,5			0	40	0,357	0,727	1,2	15,418	5,51	0,22	0	40	0,357	0,727	13	4,58	4,6	0,929	0,00021	9600	
-26,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,145	5,77	0,22	0	40	0,357	0,727	14	4,84	4,6	0,929	0,00015	9600	
-27,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,872	6,03	0,22	0	40	0,357	0,727	14	5,1	4,6	0,929	9,3E-05	9600	
-28,5			0	40	0,357	0,727	1,2	17,599	6,29	0,22	0	40	0,357	0,727	15	5,36	4,6	0,929	4,4E-05	9600	
-29,5			0	40	0,357	0,727	1,2	18,326	6,55	0,22	0	40	0,357	0,727	16	5,62	4,6	0,929	7,9E-06	9600	

Tabel 5. 4 Tekanan Air Pori Tanah

Elv (m)	σ _w (t/m ²)
-0,00	0
-1,10	0
-12,50	11,4
-30,00	0

Tekanan tanah dihitung kembali sebagai beban terpusat di tiap meternya dengan memperhitungkan batas minimum (P_{amin}) dan batas maksimum (P_{pmax}) dari tekanan tanah, sehingga dapat digunakan pada iterasi selanjutnya. Perhitungan beban di belakang dinding dan beban terpusat di depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.3. Beban terpusat ini digunakan sebagai masukan data dengan keluaran data berupa defleksi dari tiap meter titik tangkap beban. Masukan data dalam program bantu SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Iterasi I

Setelah didapatkan hasil defleksi dari Tabel 5.3, selanjutnya perlu dilakukan iterasi kedua yang ditunjukkan oleh Gambar 5.9 dengan mempertimbangkan nilai defleksi pada Tabel 5.3. Begitupun selanjutnya pada iterasi ketiga mempertimbangkan hasil defleksi dari iterasi kedua, dst. Tekanan lateral tanah yang dijadikan beban terpusat di tiap titik tangkap beban pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.5.



Gambar 5. 9 Iterasi II

Proses iterasi berlanjut hingga tidak ada perbedaan defleksi dan beban pada iterasi terakhir dengan iterasi sebelumnya. Pada iterasi ketiga yang ditunjukkan oleh Gambar 5.10, tidak didapatkan perbedaan nilai defleksi dan beban lateral, sehingga proses iterasi pada penggalan pertama telah selesai.

Tabel 5. 5 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II

Kedalaman	Xo	P'o	Pha	Pamin	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha-Php	Xoi	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	Pamin	.	.	Pasif	.	.	Ppmax	.	.			Xoi/Xo
(m)	m	t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0.5	0,000258	1,33	1,743	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	0,000319	1,236
-1.5	0,000763	1,71	2,931	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	0,00095	1,245
-2.5	0,001241	2,09	4,076	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	0,001564	1,260
-3.5	0,001671	2,47	5,144	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	2,674	2,5	NO	2,5	0	-0,03	0,00215	1,287
-4.5	0,002057	2,85	6,141	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0,38	3,671	2,9	NO	2,9	0	-0,05	0,00271	1,317
-5.5	0,002407	3,23	7,081	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0,76	4,611	3,3	NO	3,3	0	-0,07	0,003237	1,345
-6.5	0,002724	3,61	7,968	1,3	1,3	YES	3,61	1600	1,14	5,498	3,7	NO	3,7	0	-0,09	0,003715	1,364
-7.5	0,003002	3,99	8,793	1,7	1,7	YES	3,99	1600	1,52	6,323	4,1	NO	4,1	0	-0,11	0,00412	1,372
-8.5	0,003228	4,37	9,535	2,1	2,1	YES	4,37	1600	1,9	7,065	4,5	NO	4,5	0	-0,13	0,004422	1,370
-9.5	0,003381	4,75	10,160	2,5	2,5	YES	4,75	1600	2,28	7,690	4,9	NO	4,9	0	-0,15	0,00459	1,358
-10.5	0,003438	5,13	10,631	2,9	2,9	YES	5,13	1600	2,66	8,161	5,3	NO	5,3	0	-0,17	0,004592	1,336
-11.5	0,003374	5,51	10,908	3,3	3,3	YES	5,51	1600	3,04	8,438	5,7	NO	5,7	0	-0,19	0,004406	1,306
-12.5	0,003173	5,89	10,967	3,7	3,7	YES	5,89	1600	3,42	8,497	6,1	NO	6,1	0	-0,21	0,004027	1,269
-13.5	0,00284	6,27	10,814	4,1	4,1	YES	6,27	1600	3,8	8,344	6,5	NO	6,5	0	-0,23	0,003478	1,225
-14.5	0,002408	6,65	10,503	4,5	4,5	YES	6,65	1600	4,18	8,033	6,9	NO	6,9	0	-0,25	0,002825	1,173
-15.5	0,001956	7,22	16,609	-14	0	YES	7,22	4800	4,75	14,139	26,6	YES	4,75	4800	2,47	0,002186	1,118
-16.5	0,001573	7,98	15,530	-13,2	0	YES	7,98	4800	5,51	13,060	27,4	YES	5,51	4800	2,47	0,001671	1,062
-17.5	0,001281	8,74	14,889	-12,4	0	YES	8,74	4800	6,27	12,419	28,2	YES	6,27	4800	2,47	0,001299	1,014
-18.5	0,00107	9,5	14,636	-11,6	0	YES	9,5	4800	7,03	12,166	29	YES	7,03	4800	2,47	0,001048	0,979
-19.5	0,000912	10,26	14,638	-10,8	0	YES	10,26	4800	7,79	12,168	29,8	YES	7,79	4800	2,47	0,000877	0,962
-20.5	0,000781	11,02	14,769	-10	0	YES	11,02	4800	8,55	12,299	30,6	YES	8,55	4800	2,47	0,000747	0,956
-21.5	0,000655	11,78	14,924	-9,2	0	YES	11,78	4800	9,31	12,454	31,4	YES	9,31	4800	2,47	0,000628	0,959
-22.5	0,000523	12,54	15,050	-8,4	0	YES	12,54	4800	10,07	12,580	32,2	YES	10,07	4800	2,47	0,000506	0,967
-23.5	0,000395	4,9879	8,780	3,036	3,0363	YES	4,98794	9600	4,059	7,851	52,26	YES	4,05918	9600	0,92875	0,000386	0,977
-24.5	0,000291	5,2476	8,041	3,194	3,1943	YES	5,24763	9600	4,319	7,112	55,603	YES	4,31888	9600	0,92875	0,000288	0,990
-25.5	0,000212	5,5073	7,543	3,352	3,3524	YES	5,50732	9600	4,579	6,614	58,947	YES	4,57857	9600	0,92875	0,000212	1,000
-26.5	0,000148	5,767	7,188	3,511	3,5105	YES	5,76702	9600	4,838	6,259	62,29	YES	4,83826	9600	0,92875	0,000149	1,007
-27.5	0,000093	6,0267	6,920	3,669	3,6686	YES	6,02671	9600	5,098	5,991	65,633	YES	5,09796	9600	0,92875	0,000094	1,011
-28.5	0,000044	6,2864	6,709	3,827	3,8267	YES	6,2864	9600	5,358	5,780	68,977	YES	5,35765	9600	0,92875	0,000045	1,023
-29.5	7,93E-06	6,5461	6,622	3,985	3,9847	YES	6,5461	9600	5,617	5,693	72,32	YES	5,61734	9600	0,92875	8,02E-06	1,011



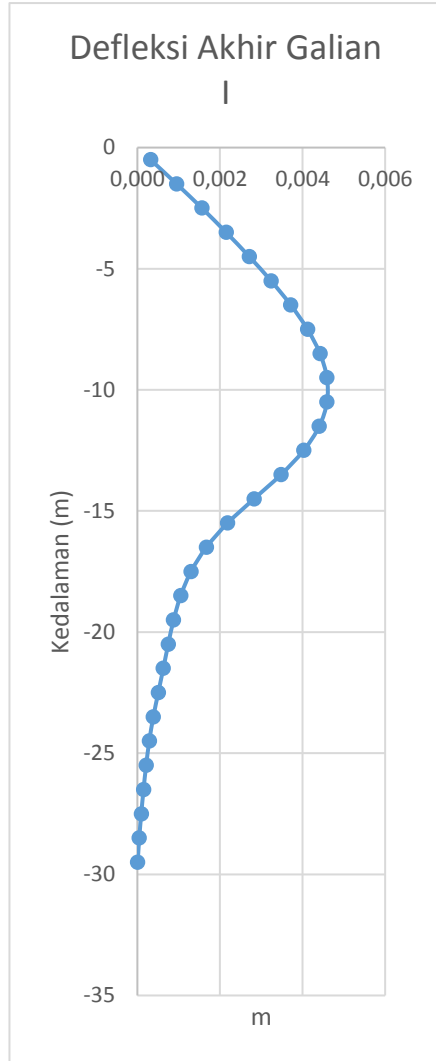
Gambar 5. 10 Iterasi III

Tabel 5. 6 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III

Kedalaman	Xoi	P'o	Pha	Pami n	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha- Php	Xoii	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	Pamin	.	.	Pasif	.	.	Ppmax	.	.	.		Xoii/Xoi
(m)	m	t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0,5	0,00032	1,33	1,840	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0,000	0	NO	0	0	1,33	0,00032	1
-1,5	0,00096	1,71	3,230	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0,000	0	NO	0	0	1,71	0,00095	1
-2,5	0,00157	2,09	4,592	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0,000	0	NO	0	0	2,09	0,00156	1
-3,5	0,00216	2,47	5,910	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	3,440	2,5	NO	2,5	0	-0,03	0,00215	1
-4,5	0,00271	2,85	7,186	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0,38	4,716	2,9	NO	2,9	0	-0,05	0,00271	1
-5,5	0,00322	3,23	8,409	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0,76	5,939	3,3	NO	3,3	0	-0,07	0,00324	1
-6,5	0,00368	3,61	9,554	1,3	1,3	YES	3,61	1600	1,14	7,084	3,7	NO	3,7	0	-0,09	0,00372	1
-7,5	0,00405	3,99	10,582	1,7	1,7	YES	3,99	1600	1,52	8,112	4,1	NO	4,1	0	-0,11	0,00412	1
-8,5	0,00431	4,37	11,445	2,1	2,1	YES	4,37	1600	1,9	8,975	4,5	NO	4,5	0	-0,13	0,00442	1
-9,5	0,00444	4,75	12,094	2,5	2,5	YES	4,75	1600	2,28	9,624	4,9	NO	4,9	0	-0,15	0,00459	1
-10,5	0,00441	5,13	12,477	2,9	2,9	YES	5,13	1600	2,66	10,007	5,3	NO	5,3	0	-0,17	0,00459	1
-11,5	0,0042	5,51	12,560	3,3	3,3	YES	5,51	1600	3,04	10,090	5,7	NO	5,7	0	-0,19	0,00441	1
-12,5	0,00381	5,89	12,333	3,7	3,7	YES	5,89	1600	3,42	9,863	6,1	NO	6,1	0	-0,21	0,00403	1
-13,5	0,00327	6,27	11,835	4,1	4,1	YES	6,27	1600	3,8	9,365	6,5	NO	6,5	0	-0,23	0,00348	1
-14,5	0,00263	6,65	11,170	4,5	4,5	YES	6,65	1600	4,18	8,700	6,9	NO	6,9	0	-0,25	0,00283	1
-15,5	0,00199	7,22	17,713	-14	0	YES	7,22	4800	4,75	15,243	26,6	YES	4,75	4800	2,47	0,00219	1
-16,5	0,00144	7,98	16,001	-13,2	0	YES	7,98	4800	5,51	13,531	27,4	YES	5,51	4800	2,47	0,00167	1
-17,5	0,001	8,74	14,975	-12,4	0	YES	8,74	4800	6,27	12,505	28,2	YES	6,27	4800	2,47	0,0013	1
-18,5	0,00066	9,5	14,530	-11,6	0	YES	9,5	4800	7,03	12,060	29	YES	7,03	4800	2,47	0,00105	1
-19,5	0,0004	10,26	14,470	-10,8	0	YES	10,26	4800	7,79	12,000	29,8	YES	7,79	4800	2,47	0,00088	1
-20,5	0,0002	11,02	14,606	-10	0	YES	11,02	4800	8,55	12,136	30,6	YES	8,55	4800	2,47	0,00075	1
-21,5	0,00006	11,78	14,794	-9,2	0	YES	11,78	4800	9,31	12,324	31,4	YES	9,31	4800	2,47	0,00063	1
-22,5	0	12,54	14,969	-8,4	0	YES	12,54	4800	10,07	12,499	32,2	YES	10,07	4800	2,47	0,00051	1
-23,5	1	4,988	8,694	3,036	3,036	YES	4,988	9600	4,059	7,765	52,26	YES	4,059	9600	0,9288	0,00039	1
-24,5	2	5,248	8,012	3,194	3,194	YES	5,248	9600	4,319	7,084	55,603	YES	4,3189	9600	0,9288	0,00029	1
-25,5	3	5,507	7,543	3,352	3,352	YES	5,507	9600	4,579	6,614	58,947	YES	4,5786	9600	0,9288	0,00021	1
-26,5	4	5,767	7,197	3,511	3,5105	YES	5,767	9600	4,838	6,269	62,29	YES	4,8383	9600	0,9288	0,00015	1
-27,5	5	6,027	6,929	3,669	3,6686	YES	6,027	9600	5,098	6,000	65,633	YES	5,098	9600	0,9288	9,4E-05	1
-28,5	6	6,286	6,718	3,827	3,8267	YES	6,286	9600	5,358	5,790	68,977	YES	5,3577	9600	0,9288	4,5E-05	1
-29,5	7	6,546	6,623	3,985	3,9847	YES	6,546	9600	5,617	5,694	72,32	YES	5,6173	9600	0,9288	8E-06	1

Tabel 5. 7 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir

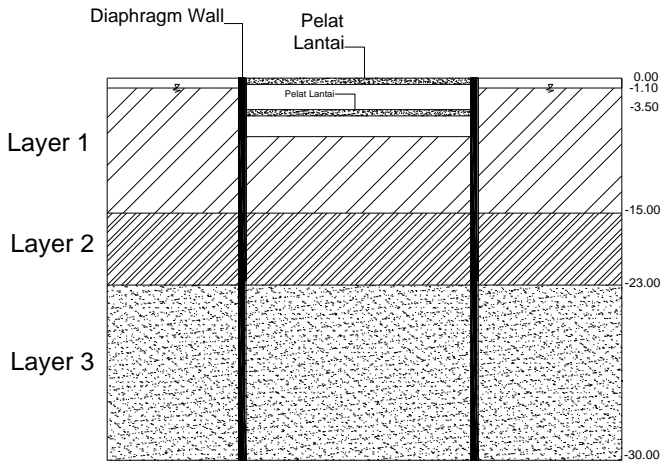
Kedalaman (m)	Defleksi Akhir (m)
-0,5	0,00032
-1,5	0,00095
-2,5	0,00156
-3,5	0,00215
-4,5	0,00271
-5,5	0,00324
-6,5	0,00372
-7,5	0,00412
-8,5	0,00442
-9,5	0,00459
-10,5	0,00459
-11,5	0,00441
-12,5	0,00403
-13,5	0,00348
-14,5	0,00283
-15,5	0,00219
-16,5	0,00167
-17,5	0,00130
-18,5	0,00105
-19,5	0,00088
-20,5	0,00075
-21,5	0,00063
-22,5	0,00051
-23,5	0,00039
-24,5	0,00029
-25,5	0,00021
-26,5	0,00015
-27,5	0,00009
-28,5	0,00005
-29,5	0,00001



Gambar 5. 11 Defleksi pada penggalian pertama

2. Penggalian Kedua

Penggalian kedua direncanakan digali hingga elevasi -6.50 meter seperti terlihat pada Gambar 5.12.. Tekanan tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 6.5 meter.



Gambar 5. 12 Penampang kondisi Galian II

Contoh perhitungan Tekanan Tanah *at-rest*, aktif minimum dan pasif maksimum, bagian belakang dinding dan bagian depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.9, sedangkan tekanan air pori yang bekerja sebagai beban pada dinding ditunjukkan oleh Tabel 5.10. Tidak ada tekanan air pori pada dasar dinding.



Gambar 5. 13 Iterasi I

Tabel 5. 8 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	Aktif								Pasif							Akhir	Xo	Kspring	
			c	Ø	Ko	γ'	Beban Luar	σva	P'o	Ka	c	Ø	Ko	γ'	σvp	P'o	Kp				P'o
			t/m ²	°		t/m ³	t/m ³	t/m ²	t/m		t/m ²	°		t/m ³	t/m ²	t/m		t/m	m	t/m ³	
-0,5	Lempung	Sangat Lunak	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,4	1,33	1								1,33	-6,4E-05	1600	
-1,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,8	1,71	1									1,71	-0,00017	1600
-2,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,2	2,09	1									2,09	-0,00019	1600
-3,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,6	2,47	1									2,47	0	1600
-4,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3	2,85	1									2,85	0,00053	1600
-5,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,4	3,23	1									3,23	0,00123	1600
-6,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,8	3,61	1	1,25	0	0,95	0,4	0	0	1	3,61	0,00193	1600	
-7,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,2	3,99	1	1,25	0	0,95	0,4	0,4	0,38	1	3,61	0,00257	1600	
-8,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,6	4,37	1	1,25	0	0,95	0,4	0,8	0,76	1	3,61	0,0031	1600	
-9,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5	4,75	1	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,14	1	3,61	0,00347	1600	
-10,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,4	5,13	1	1,25	0	0,95	0,4	1,6	1,52	1	3,61	0,00367	1600	
-11,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,8	5,51	1	1,25	0	0,95	0,4	2	1,9	1	3,61	0,00368	1600	
-12,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,2	5,89	1	1,25	0	0,95	0,4	2,4	2,28	1	3,61	0,00351	1600	
-13,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,6	6,27	1	1,25	0	0,95	0,4	2,8	2,66	1	3,61	0,00316	1600	
-14,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	7	6,65	1	1,25	0	0,95	0,4	3,2	3,04	1	3,61	0,00269	1600	
-15,5	Lempung	Kaku	10,8	0	0,95	0,8	1,2	7,6	7,22	1	10,8	0	0,95	0,8	3,8	3,61	1	3,61	0,00218	4800	
-16,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	8,4	7,98	1	10,8	0	0,95	0,8	4,6	4,37	1	3,61	0,00176	4800	
-17,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	9,2	8,74	1	10,8	0	0,95	0,8	5,4	5,13	1	3,61	0,00143	4800	
-18,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10	9,5	1	10,8	0	0,95	0,8	6,2	5,89	1	3,61	0,0012	4800	
-19,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10,8	10,3	1	10,8	0	0,95	0,8	7	6,65	1	3,61	0,00102	4800	
-20,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	11,6	11	1	10,8	0	0,95	0,8	7,8	7,41	1	3,61	0,00088	4800	
-21,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	12,4	11,8	1	10,8	0	0,95	0,8	8,6	8,17	1	3,61	0,00074	4800	
-22,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	13,2	12,5	1	10,8	0	0,95	0,8	9,4	8,93	1	3,61	0,00059	4800	
-23,5	Pasir Berlempung	Rapat	0	40	0,357	0,727	1,2	13,964	4,99	0,22	0	40	0,357	0,727	10	3,63	4,6	1,357	0,00044	9600	
-24,5			0	40	0,357	0,727	1,2	14,691	5,25	0,22	0	40	0,357	0,727	11	3,89	4,6	1,357	0,00033	9600	
-25,5			0	40	0,357	0,727	1,2	15,418	5,51	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,15	4,6	1,357	0,00024	9600	
-26,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,145	5,77	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,41	4,6	1,357	0,00017	9600	
-27,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,872	6,03	0,22	0	40	0,357	0,727	13	4,67	4,6	1,357	0,00011	9600	
-28,5			0	40	0,357	0,727	1,2	17,599	6,29	0,22	0	40	0,357	0,727	14	4,93	4,6	1,357	5,1E-05	9600	
-29,5			0	40	0,357	0,727	1,2	18,326	6,55	0,22	0	40	0,357	0,727	15	5,19	4,6	1,357	9,3E-06	9600	

Tabel 5. 9 Tekanan Air Pori Tanah

Elv (m)	σ _w (t/m ²)
-0,00	0
-1,10	0
-12,50	11,4
-30,00	0

Tekanan tanah dihitung kembali sebagai beban terpusat di tiap meternya dengan memperhitungkan batas minimum (P_{amin}) dan batas maksimum (P_{pmax}) dari tekanan tanah, sehingga dapat digunakan pada iterasi selanjutnya. Perhitungan beban di belakang dinding dan beban terpusat di depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.9. Beban terpusat ini digunakan sebagai masukan data dengan keluaran data berupa defleksi dari tiap meter titik tangkap beban. Masukan data dalam program bantu SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.13.

Setelah didapatkan hasil defleksi dari Tabel 5.8, selanjutnya perlu dilakukan iterasi kedua yang terlihat pada Gambar 5.14 dengan mempertimbangkan nilai defleksi pada Tabel 5.8. Begitupun selanjutnya pada iterasi ketiga mempertimbangkan hasil defleksi dari iterasi kedua, dst. Tekanan lateral tanah yang dijadikan beban terpusat di tiap titik tangkap beban pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.10.



Gambar 5. 14 Iterasi II

Proses iterasi berlanjut hingga tidak ada perbedaan defleksi dan beban pada iterasi terakhir dengan iterasi sebelumnya. Pada iterasi ketiga yang ditunjukkan oleh Gambar 5.10, tidak didapatkan perbedaan nilai defleksi dan beban lateral yang terlihat pada Tabel 5.11, sehingga proses iterasi pada penggalian kedua telah selesai.

Tabel 5. 10 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II

Kedalaman	Xo	P'o	Pha	Pamin	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha-Php	Xoi	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	ohmin	.	.	Pasif	.	.	ohmax	.	.	.	.	Xoi/Xo
		t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0,5	-6,4E-05	1,33	1,2276	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	-0,00008	1,25
-1,5	-0,00017	1,71	1,4412	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	-0,00021	1,24405
-2,5	-0,00019	2,09	1,7876	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	-0,00023	1,2381
-3,5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4,5	0,000534	2,85	3,7044	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	0	0	NO	0	0	2,85	0,000647	1,21161
-5,5	0,001225	3,23	5,19	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	0	0	NO	0	0	3,23	0,001503	1,22694
-6,5	0,001933	3,61	6,7028	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	3,0928	2,5	NO	2,5	0	1,11	0,002411	1,24728
-7,5	0,002573	3,99	8,1068	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0,38	4,4968	2,9	NO	2,9	0	1,09	0,003262	1,26778
-8,5	0,003096	4,37	9,3236	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0,76	5,7136	3,3	NO	3,3	0	1,07	0,003971	1,28262
-9,5	0,003469	4,75	10,3	2,5	2,5	YES	4,75	1600	1,14	6,6904	3,7	NO	3,7	0	1,05	0,004472	1,28913
-10,5	0,00367	5,13	11,002	2,9	2,9	YES	5,13	1600	1,52	7,392	4,1	NO	4,1	0	1,03	0,004722	1,28665
-11,5	0,003684	5,51	11,404	3,3	3,3	YES	5,51	1600	1,9	7,7944	4,5	NO	4,5	0	1,01	0,004694	1,27416
-12,5	0,003507	5,89	11,501	3,7	3,7	YES	5,89	1600	2,28	7,8912	4,9	NO	4,9	0	0,99	0,004393	1,25264
-13,5	0,003158	6,27	11,323	4,1	4,1	YES	6,27	1600	2,66	7,7128	5,3	NO	5,3	0	0,97	0,003854	1,22039
-14,5	0,002685	6,65	10,946	4,5	4,5	YES	6,65	1600	3,04	7,336	5,7	NO	5,7	0	0,95	0,003163	1,17803
-15,5	0,002183	7,22	17,698	-14	0	YES	7,22	4800	3,61	14,088	25,4	YES	3,61	4800	3,61	0,002463	1,12826
-16,5	0,001756	7,98	16,409	-13,2	0	YES	7,98	4800	4,37	12,799	26,2	YES	4,37	4800	3,61	0,001889	1,07574
-17,5	0,001431	8,74	15,609	-12,4	0	YES	8,74	4800	5,13	11,999	27	YES	5,13	4800	3,61	0,00147	1,02725
-18,5	0,001197	9,5	15,246	-11,6	0	YES	9,5	4800	5,89	11,636	27,8	YES	5,89	4800	3,61	0,001185	0,98997
-19,5	0,001023	10,26	15,17	-10,8	0	YES	10,26	4800	6,65	11,56	28,6	YES	6,65	4800	3,61	0,000991	0,96872
-20,5	0,000879	11,02	15,239	-10	0	YES	11,02	4800	7,41	11,629	29,4	YES	7,41	4800	3,61	0,000844	0,96018
-21,5	0,000738	11,78	15,322	-9,2	0	YES	11,78	4800	8,17	11,712	30,2	YES	8,17	4800	3,61	0,000771	0,96206
-22,5	0,000589	12,54	15,367	-8,4	0	YES	12,54	4800	8,93	11,757	31	YES	8,93	4800	3,61	0,00057	0,96774
-23,5	0,000442	4,9879	9,2311	3,036	3,0363	YES	4,98794	9600	3,631	7,8737	46,741	YES	3,63053	9600	1,35741	0,000432	0,97738
-24,5	0,000325	5,2476	8,3676	3,194	3,1943	YES	5,24763	9600	3,89	7,0102	50,084	YES	3,89022	9600	1,35741	0,000321	0,98769
-25,5	0,000236	5,5073	7,7729	3,352	3,3524	YES	5,50732	9600	4,15	6,4155	53,428	YES	4,14991	9600	1,35741	0,000235	0,99576
-26,5	0,000166	5,767	7,3606	3,511	3,5105	YES	5,76702	9600	4,41	6,0032	56,771	YES	4,40961	9600	1,35741	0,000167	1,00602
-27,5	0,000101	6,0267	7,0443	3,669	3,6686	YES	6,02671	9600	4,669	5,6869	60,115	YES	4,6693	9600	1,35741	0,000106	1
-28,5	0,000051	6,2864	6,776	3,827	3,8267	YES	6,2864	9600	4,929	5,4186	63,458	YES	4,929	9600	1,35741	0,000051	1
-29,5	9,34E-06	6,5461	6,6358	3,985	3,9847	YES	6,5461	9600	5,189	5,2784	66,801	YES	5,18869	9600	1,35741	9,44E-06	1,01017



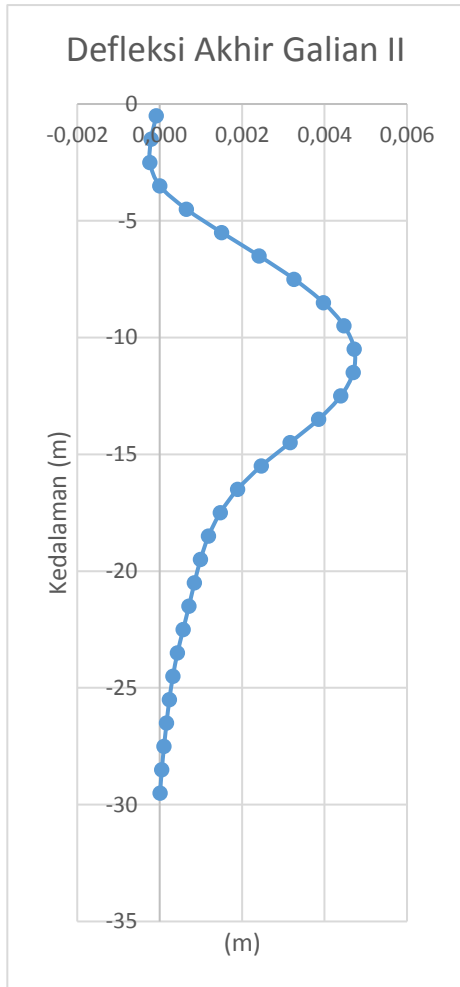
Gambar 5.10 Iterasi III

Tabel 5. 11 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III

Kedalaman	Xoi	P'o	Pha	Pami n	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha- Php	Xoii	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	Pamin	.	.	Pasif	.	.	Ppmax	.	.			Xoii/Xoi
(m)	m	t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0.5	-0,00008	1,33	1,202	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	-0,00008	1
-1.5	-0,00021	1,71	1,3756	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	-0,00021	1
-2.5	-0,00023	2,09	1,7156	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	-0,00023	1
-3.5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4.5	0,00065	2,85	3,8852	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	0	0	NO	0	0	2,85	0,00065	1
-5.5	0,0015	3,23	5,6348	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	0	0	NO	0	0	3,23	0,0015	1
-6.5	0,00241	3,61	7,4676	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	3,8576	2,5	NO	2,5	0	1,11	0,00241	1
-7.5	0,00326	3,99	9,2092	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0,38	5,5992	2,9	NO	2,9	0	1,09	0,00326	1
-8.5	0,00397	4,37	10,7236	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0,76	7,1136	3,3	NO	3,3	0	1,07	0,00397	1
-9.5	0,00447	4,75	11,9052	2,5	2,5	YES	4,75	1600	1,14	8,2952	3,7	NO	3,7	0	1,05	0,00447	1
-10.5	0,00472	5,13	12,6852	2,9	2,9	YES	5,13	1600	1,52	9,0752	4,1	NO	4,1	0	1,03	0,00472	1
-11.5	0,00469	5,51	13,0204	3,3	3,3	YES	5,51	1600	1,9	9,4104	4,5	NO	4,5	0	1,01	0,00469	1
-12.5	0,00439	5,89	12,9188	3,7	3,7	YES	5,89	1600	2,28	9,3088	4,9	NO	4,9	0	0,99	0,00439	1
-13.5	0,00385	6,27	12,4364	4,1	4,1	YES	6,27	1600	2,66	8,8264	5,3	NO	5,3	0	0,97	0,00385	1
-14.5	0,00316	6,65	11,7108	4,5	4,5	YES	6,65	1600	3,04	8,1008	5,7	NO	5,7	0	0,95	0,00316	1
-15.5	0,00246	7,22	19,0424	-14	0	YES	7,22	4800	3,61	15,432	25,4	YES	3,61	4800	3,61	0,00246	1
-16.5	0,00189	7,98	17,0472	-13,2	0	YES	7,98	4800	4,37	13,437	26,2	YES	4,37	4800	3,61	0,00189	1
-17.5	0,00147	8,74	15,796	-12,4	0	YES	8,74	4800	5,13	12,186	27	YES	5,13	4800	3,61	0,00147	1
-18.5	0,00119	9,5	15,188	-11,6	0	YES	9,5	4800	5,89	11,578	27,8	YES	5,89	4800	3,61	0,00119	1
-19.5	0,00099	10,26	15,0168	-10,8	0	YES	10,26	4800	6,65	11,407	28,6	YES	6,65	4800	3,61	0,00099	1
-20.5	0,00084	11,02	15,0712	-10	0	YES	11,02	4800	7,41	11,461	29,4	YES	7,41	4800	3,61	0,00084	1
-21.5	0,00071	11,78	15,188	-9,2	0	YES	11,78	4800	8,17	11,578	30,2	YES	8,17	4800	3,61	0,00071	1
-22.5	0,00057	12,54	15,276	-8,4	0	YES	12,54	4800	8,93	11,666	31	YES	8,93	4800	3,61	0,00057	1
-23.5	0,00043	4,988	9,13514	3,036	3,0363	YES	4,988	9600	3,631	7,7777	46,741	YES	3,6305	9600	1,3574	0,00043	1
-24.5	0,00032	5,248	8,32923	3,194	3,1943	YES	5,248	9600	3,89	6,9718	50,084	YES	3,8902	9600	1,3574	0,00032	1
-25.5	0,00024	5,507	7,76332	3,352	3,3524	YES	5,507	9600	4,15	6,4059	53,428	YES	4,1499	9600	1,3574	0,00024	1
-26.5	0,00017	5,767	7,37022	3,511	3,5105	YES	5,767	9600	4,41	6,0128	56,771	YES	4,4096	9600	1,3574	0,00017	1
-27.5	0,00011	6,027	7,04431	3,669	3,6686	YES	6,027	9600	4,669	5,6869	60,115	YES	4,6693	9600	1,3574	0,00011	1
-28.5	5,1E-05	6,286	6,776	3,827	3,8267	YES	6,286	9600	4,929	5,4186	63,458	YES	4,929	9600	1,3574	5,1E-05	1
-29.5	9,4E-06	6,546	6,63669	3,985	3,9847	YES	6,546	9600	5,189	5,2793	66,801	YES	5,1887	9600	1,3574	9,4E-06	1

Tabel 5. 12 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir

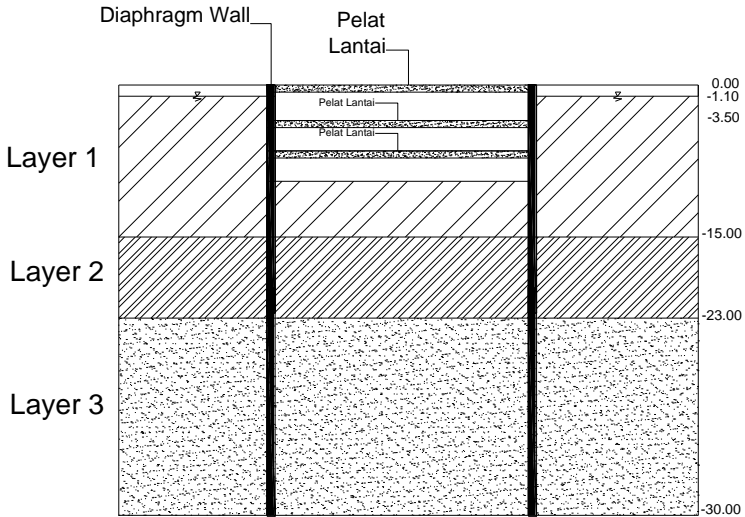
Kedalaman	Defleksi Akhir
(m)	(m)
-0,5	-0,00008
-1,5	-0,00021
-2,5	-0,00023
-3,5	0,00000
-4,5	0,00065
-5,5	0,00150
-6,5	0,00241
-7,5	0,00326
-8,5	0,00397
-9,5	0,00447
-10,5	0,00472
-11,5	0,00469
-12,5	0,00439
-13,5	0,00385
-14,5	0,00316
-15,5	0,00246
-16,5	0,00189
-17,5	0,00147
-18,5	0,00119
-19,5	0,00099
-20,5	0,00084
-21,5	0,00071
-22,5	0,00057
-23,5	0,00043
-24,5	0,00032
-25,5	0,00024
-26,5	0,00017
-27,5	0,00011
-28,5	0,00005
-29,5	0,00001



Gambar 5. 15 Defleksi pada penggalian kedua

3. Penggalian Ketiga

Penggalian ketiga direncanakan digali hingga elevasi -9.50 meter seperti pada Gambar 5.16. Tekanan Tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 9.5 meter.



Gambar 5. 16 Penampang kondisi Galian III

Contoh perhitungan Tekanan Tanah *at-rest*, aktif minimum dan pasif maksimum, bagian belakang dinding dan bagian depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.13, sedangkan tekanan air pori yang bekerja sebagai beban pada dinding ditunjukkan oleh Tabel 5.14. Tidak ada tekanan air pori pada dasar dinding.



Gambar 5. 17 Iterasi I

Tabel 5. 13 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	Aktif							Pasif							Akhir	Xo	Kspring	
			c	Ø	Ko	γ'	Beban Luar	σ _{va}	P'o	Ka	c	Ø	Ko	γ'	σ _{vp}	P'o				Kp	P'o
			t/m ²	°	t/m ³	t/m ³	t/m ²	t/m		t/m ²	°	t/m ³	t/m ²	t/m		t/m	m	t/m ³		
-0,5	Lempung	Sangat Lunak	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,4	1,33	1							1,33	2,9E-05	1600	
-1,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,8	1,71	1								1,71	0,00007	1600
-2,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,2	2,09	1								2,09	0,00007	1600
-3,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,6	2,47	1								2,47	0	1600
-4,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3	2,85	1								2,85	-0,00012	1600
-5,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,4	3,23	1								3,23	-0,00018	1600
-6,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,8	3,61	1								3,61	0	1600
-7,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,2	3,99	1								3,99	0,00067	1600
-8,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,6	4,37	1								4,37	0,00151	1600
-9,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5	4,75	1	1,25	0	0,95	0,4	0	0	1	4,75	0,00231	1600
-10,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,4	5,13	1	1,25	0	0,95	0,4	0,4	0,38	1	4,75	0,00293	1600
-11,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,8	5,51	1	1,25	0	0,95	0,4	0,8	0,76	1	4,75	0,0033	1600
-12,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,2	5,89	1	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,14	1	4,75	0,00339	1600
-13,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,6	6,27	1	1,25	0	0,95	0,4	1,6	1,52	1	4,75	0,00321	1600
-14,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	7	6,65	1	1,25	0	0,95	0,4	2	1,9	1	4,75	0,00284	1600
-15,5	Lempung	Kaku	10,8	0	0,95	0,8	1,2	7,6	7,22	1	10,8	0	0,95	0,8	2,6	2,47	1	4,75	0,00237	4800
-16,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	8,4	7,98	1	10,8	0	0,95	0,8	3,4	3,23	1	4,75	0,00195	4800
-17,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	9,2	8,74	1	10,8	0	0,95	0,8	4,2	3,99	1	4,75	0,00161	4800
-18,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10	9,5	1	10,8	0	0,95	0,8	5	4,75	1	4,75	0,00136	4800
-19,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	10,8	10,3	1	10,8	0	0,95	0,8	5,8	5,51	1	4,75	0,00116	4800
-20,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	11,6	11	1	10,8	0	0,95	0,8	6,6	6,27	1	4,75	0,001	4800
-21,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	12,4	11,8	1	10,8	0	0,95	0,8	7,4	7,03	1	4,75	0,00083	4800
-22,5			10,8	0	0,95	0,8	1,2	13,2	12,5	1	10,8	0	0,95	0,8	8,2	7,79	1	4,75	0,00066	4800
-23,5	Pasir Berlempung	Rapat	0	40	0,357	0,727	1,2	13,964	4,99	0,22	0	40	0,357	0,727	9	3,2	4,6	1,786	0,00049	9600
-24,5			0	40	0,357	0,727	1,2	14,691	5,25	0,22	0	40	0,357	0,727	9,7	3,46	4,6	1,786	0,00036	9600
-25,5			0	40	0,357	0,727	1,2	15,418	5,51	0,22	0	40	0,357	0,727	10	3,72	4,6	1,786	0,00026	9600
-26,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,145	5,77	0,22	0	40	0,357	0,727	11	3,98	4,6	1,786	0,00018	9600
-27,5			0	40	0,357	0,727	1,2	16,872	6,03	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,24	4,6	1,786	0,00012	9600
-28,5			0	40	0,357	0,727	1,2	17,599	6,29	0,22	0	40	0,357	0,727	13	4,5	4,6	1,786	5,7E-05	9600
-29,5			0	40	0,357	0,727	1,2	18,326	6,55	0,22	0	40	0,357	0,727	13	4,76	4,6	1,786	1,1E-05	9600

Tabel 5. 14 Tekanan Air Pori Tanah

Elv (m)	σ _w (t/m ²)
-0,00	0
-1,10	0
-12,50	11,4
-30,00	0

Tekanan tanah dihitung kembali sebagai beban terpusat di tiap meternya dengan memperhitungkan batas minimum (P_{amin}) dan batas maksimum (P_{pmax}) dari tekanan tanah, sehingga dapat digunakan pada iterasi selanjutnya. Perhitungan beban di belakang dinding dan beban terpusat di depan dinding ditunjukkan pada Tabel 5.13. Beban terpusat ini digunakan sebagai masukan data dengan keluaran data berupa defleksi dari tiap meter titik tangkap beban. Masukan data dalam program bantu SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.18.

Setelah didapatkan hasil defleksi, selanjutnya perlu dilakukan iterasi kedua dengan mempertimbangkan nilai defleksi pada Tabel 5.14. Begitupun selanjutnya pada iterasi ketiga mempertimbangkan hasil defleksi dari iterasi kedua, dst. Tekanan lateral tanah yang dijadikan beban terpusat di tiap titik tangkap beban pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.15.



Gambar 5. 18 Iterasi II

Proses iterasi berlanjut hingga tidak ada perbedaan defleksi dan beban pada iterasi terakhir dengan iterasi sebelumnya. Pada iterasi ketiga yang ditunjukkan Gambar 5.19, tidak didapatkan perbedaan nilai defleksi dan beban lateral, sehingga proses iterasi pada penggalian ketiga telah selesai.

Tabel 5. 15 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II

Kedalaman	Xo	P'o	Pha	Pamin	Pamin	Pha >	Pha	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php	Ks	Pha-Php	Xoi	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	ohmin	.	.	Pasif	.	.	ohmax	.	.	m	m	Xoi/Xo
		t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²		t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²		t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0,5	0,000029	1,33	1,3764	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	0,000031	1,06897
-1,5	0,000007	1,71	1,822	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	0,000076	1,08571
-2,5	0,000007	2,09	2,202	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	0,000076	1,08571
-3,5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4,5	-0,00012	2,85	2,6548	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	-0,195	0	YES	0	0	2,85	-0,00014	1,13934
-5,5	-0,00018	3,23	2,9404	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	-0,29	0	YES	0	0	3,23	-0,00021	1,1326
-6,5	0	3,61	3,61	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	0	0	NO	0	0	3,61	0	1
-7,5	0,000667	3,99	5,0572	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0	1,0672	0	NO	0	0	3,99	0,000743	1,11394
-8,5	0,001513	4,37	6,7908	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0	2,4208	0	NO	0	0	4,37	0,001697	1,12161
-9,5	0,002313	4,75	8,4508	2,5	2,5	YES	4,75	1600	0	3,7008	2,5	NO	2,5	0	2,25	0,002618	1,13186
-10,5	0,002931	5,13	9,8196	2,9	2,9	YES	5,13	1600	0,38	5,0696	2,9	NO	2,9	0	2,23	0,003346	1,14159
-11,5	0,003298	5,51	10,787	3,3	3,3	YES	5,51	1600	0,76	6,0368	3,3	NO	3,3	0	2,21	0,003777	1,14524
-12,5	0,003388	5,89	11,311	3,7	3,7	YES	5,89	1600	1,14	6,5608	3,7	NO	3,7	0	2,19	0,003867	1,14138
-13,5	0,003214	6,27	11,412	4,1	4,1	YES	6,27	1600	1,52	6,6624	4,1	NO	4,1	0	2,17	0,00363	1,12943
-14,5	0,002838	6,65	11,191	4,5	4,5	YES	6,65	1600	1,9	6,4408	4,5	NO	4,5	0	2,15	0,003146	1,10853
-15,5	0,002374	7,22	18,615	-14	0	YES	7,22	4800	2,47	13,865	24,2	YES	2,47	4800	4,75	0,002569	1,08214
-16,5	0,001951	7,98	17,345	-13,2	0	YES	7,98	4800	3,23	12,595	25	YES	3,23	4800	4,75	0,002055	1,05331
-17,5	0,001613	8,74	16,482	-12,4	0	YES	8,74	4800	3,99	11,732	25,8	YES	3,99	4800	4,75	0,001654	1,02542
-18,5	0,001358	9,5	16,018	-11,6	0	YES	9,5	4800	4,75	11,268	26,6	YES	4,75	4800	4,75	0,001363	1,00368
-19,5	0,001163	10,26	15,842	-10,8	0	YES	10,26	4800	5,51	11,092	27,4	YES	5,51	4800	4,75	0,00115	0,98882
-20,5	0,000996	11,02	15,801	-10	0	YES	11,02	4800	6,27	11,051	28,2	YES	6,27	4800	4,75	0,000978	0,98193
-21,5	0,000833	11,78	15,778	-9,2	0	YES	11,78	4800	7,03	11,028	29	YES	7,03	4800	4,75	0,000816	0,97959
-22,5	0,00066	12,54	15,708	-8,4	0	YES	12,54	4800	7,79	10,958	29,8	YES	7,79	4800	4,75	0,000649	0,98333
-23,5	0,000492	4,9879	9,7111	3,036	3,0363	YES	4,98794	9600	3,202	7,9251	41,222	YES	3,20187	9600	1,78606	0,000485	0,98577
-24,5	0,000358	5,2476	8,6844	3,194	3,1943	YES	5,24763	9600	3,462	6,8984	44,566	YES	3,46157	9600	1,78606	0,000355	0,99162
-25,5	0,000259	5,5073	7,9937	3,352	3,3524	YES	5,50732	9600	3,721	6,2077	47,909	YES	3,72126	9600	1,78606	0,000258	0,99614
-26,5	0,000183	5,767	7,5238	3,511	3,5105	YES	5,76702	9600	3,981	5,7378	51,253	YES	3,98095	9600	1,78606	0,000183	1
-27,5	0,000117	6,0267	7,1499	3,669	3,6686	YES	6,02671	9600	4,241	5,3638	54,596	YES	4,24065	9600	1,78606	0,000117	1
-28,5	0,000057	6,2864	6,8336	3,827	3,8267	YES	6,2864	9600	4,5	5,0475	57,939	YES	4,50034	9600	1,78606	0,000057	1
-29,5	0,000011	6,5461	6,6517	3,985	3,9847	YES	6,5461	9600	4,76	4,8656	61,283	YES	4,76003	9600	1,78606	0,000011	1



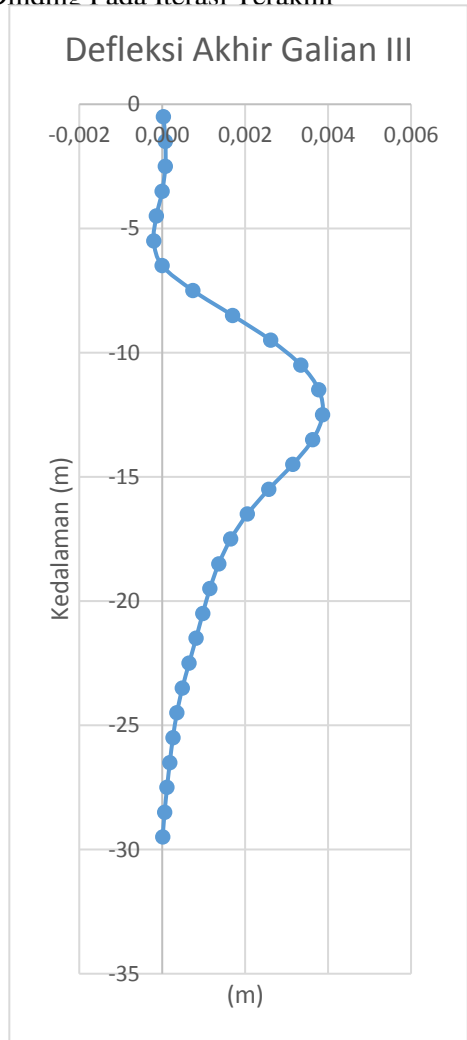
Gambar 5. 19 Iterasi III

Tabel 5. 16 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III

Kedalaman	Xoi	P'o	Pha	Pami n	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha- Php	Xoii	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	Pamin	.	.	Pasif	.	.	Ppmax	.	.			Xoii/Xoi
(m)	m	t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0.5	3,1E-05	1,33	1,3796	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	3,1E-05	1
-1.5	7,6E-05	1,71	1,8316	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	7,6E-05	1
-2.5	7,6E-05	2,09	2,2116	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	7,6E-05	1
-3.5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4.5	-0,00014	2,85	2,6276	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	0	0	NO	0	0	2,85	-0,00014	1
-5.5	-0,00021	3,23	2,902	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	0	0	NO	0	0	3,23	-0,00021	1
-6.5	0	3,61	3,61	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	0	0	NO	0	0	3,61	0	1
-7.5	0,00074	3,99	5,1788	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0	0	0	NO	0	0	3,99	0,00074	1
-8.5	0,0017	4,37	7,0852	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0	0	0	NO	0	0	4,37	0,0017	1
-9.5	0,00262	4,75	8,9388	2,5	2,5	YES	4,75	1600	0	4,1888	2,5	NO	2,5	0	2,25	0,00262	1
-10.5	0,00335	5,13	10,4836	2,9	2,9	YES	5,13	1600	0,38	5,7336	2,9	NO	2,9	0	2,23	0,00335	1
-11.5	0,00378	5,51	11,5532	3,3	3,3	YES	5,51	1600	0,76	6,8032	3,3	NO	3,3	0	2,21	0,00378	1
-12.5	0,00387	5,89	12,0772	3,7	3,7	YES	5,89	1600	1,14	7,3272	3,7	NO	3,7	0	2,19	0,00387	1
-13.5	0,00363	6,27	12,078	4,1	4,1	YES	6,27	1600	1,52	7,328	4,1	NO	4,1	0	2,17	0,00363	1
-14.5	0,00315	6,65	11,6836	4,5	4,5	YES	6,65	1600	1,9	6,9336	4,5	NO	4,5	0	2,15	0,00315	1
-15.5	0,00257	7,22	19,5512	-14	0	YES	7,22	4800	2,47	14,801	24,2	YES	2,47	4800	4,75	0,00257	1
-16.5	0,00206	7,98	17,844	-13,2	0	YES	7,98	4800	3,23	13,094	25	YES	3,23	4800	4,75	0,00206	1
-17.5	0,00165	8,74	16,6792	-12,4	0	YES	8,74	4800	3,99	11,929	25,8	YES	3,99	4800	4,75	0,00165	1
-18.5	0,00136	9,5	16,0424	-11,6	0	YES	9,5	4800	4,75	11,292	26,6	YES	4,75	4800	4,75	0,00136	1
-19.5	0,00115	10,26	15,78	-10,8	0	YES	10,26	4800	5,51	11,03	27,4	YES	5,51	4800	4,75	0,00115	1
-20.5	0,00098	11,02	15,7144	-10	0	YES	11,02	4800	6,27	10,964	28,2	YES	6,27	4800	4,75	0,00098	1
-21.5	0,00082	11,78	15,6968	-9,2	0	YES	11,78	4800	7,03	10,947	29	YES	7,03	4800	4,75	0,00082	1
-22.5	0,00065	12,54	15,6552	-8,4	0	YES	12,54	4800	7,79	10,905	29,8	YES	7,79	4800	4,75	0,00065	1
-23.5	0,00049	4,988	9,64394	3,036	3,0363	YES	4,988	9600	3,202	7,8579	41,222	YES	3,2019	9600	1,79	0,00049	1
-24.5	0,00036	5,248	8,65563	3,194	3,1943	YES	5,248	9600	3,462	6,8696	44,566	YES	3,4616	9600	1,79	0,00036	1
-25.5	0,00026	5,507	7,98412	3,352	3,3524	YES	5,507	9600	3,721	6,1981	47,909	YES	3,7213	9600	1,79	0,00026	1
-26.5	0,00018	5,767	7,52382	3,511	3,5105	YES	5,767	9600	3,981	5,7378	51,253	YES	3,981	9600	1,79	0,00018	1
-27.5	0,00012	6,027	7,14991	3,669	3,6686	YES	6,027	9600	4,241	5,3638	54,596	YES	4,2406	9600	1,79	0,00012	1
-28.5	5,7E-05	6,286	6,8336	3,827	3,8267	YES	6,286	9600	4,5	5,0475	57,939	YES	4,5003	9600	1,79	5,7E-05	1
-29.5	1,1E-05	6,546	6,6517	3,985	3,9847	YES	6,546	9600	4,76	4,8656	61,283	YES	4,76	9600	1,79	1,1E-05	1

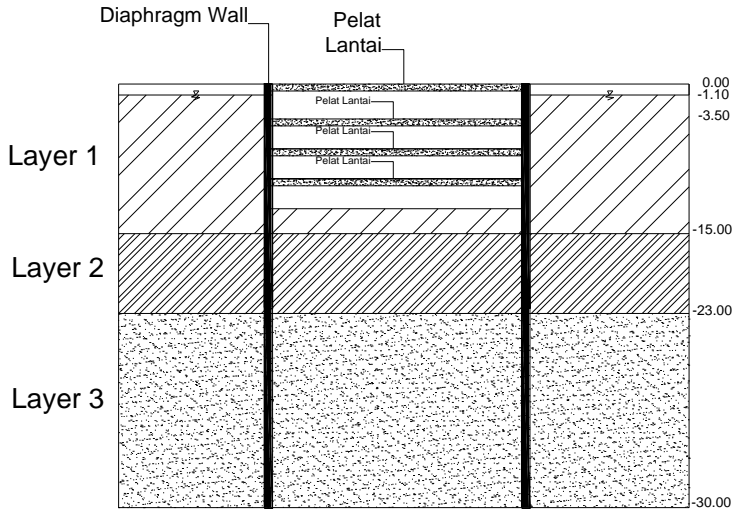
Tabel 5. 17 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir

Kedalaman (m)	Defleksi Akhir (m)
-0,5	0,00003
-1,5	0,00008
-2,5	0,00008
-3,5	0,00000
-4,5	-0,00014
-5,5	-0,00021
-6,5	0,00000
-7,5	0,00074
-8,5	0,00170
-9,5	0,00262
-10,5	0,00335
-11,5	0,00378
-12,5	0,00387
-13,5	0,00363
-14,5	0,00315
-15,5	0,00257
-16,5	0,00206
-17,5	0,00165
-18,5	0,00136
-19,5	0,00115
-20,5	0,00098
-21,5	0,00082
-22,5	0,00065
-23,5	0,00049
-24,5	0,00036
-25,5	0,00026
-26,5	0,00018
-27,5	0,00012
-28,5	0,00006
-29,5	0,00001

**Gambar 5. 20** Defleksi pada penggalian ketiga

4. Penggalian Keempat

Penggalian keempat direncanakan digali hingga elevasi -12.50 meter seperti terlihat pada Gambar 5.21. Tekanan Tanah di depan dinding akan mulai diperhitungkan pada kedalaman 12.5 meter.



Gambar 5. 21 Penampang kondisi Galian IV



Gambar 5. 22 Iterasi I

Tabel 5. 18 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi I

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	Aktif							Pasif							Akhir	Xo	Kspring		
			c	Ø	Ko	γ'	Beban Luar	σva	P'o	Ka	c	Ø	Ko	γ'	σvp	P'o				Kp	P'o
			t/m ²	°		t/m ³	t/m ²	t/m ²	t/m		t/m ²	°		t/m ³	t/m ²	t/m	t/m	m	t/m ³		
-0,5	Lempung	Sangat Lunak	1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,4	1,33	1								1,33	4,7E-06	1600	
-1,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	1,8	1,71	1									1,71	8E-06	1600
-2,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,2	2,09	1									2,09	2,3E-06	1600
-3,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	2,6	2,47	1									2,47	0	1600
-4,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3	2,85	1									2,85	4,8E-05	1600
-5,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,4	3,23	1									3,23	5,9E-05	1600
-6,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	3,8	3,61	1									3,61	0	1600
-7,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,2	3,99	1									3,99	-9,3E-05	1600
-8,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	4,6	4,37	1									4,37	-0,00015	1600
-9,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5	4,75	1									4,75	0	1600
-10,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,4	5,13	1									5,13	0,00063	1600
-11,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	5,8	5,51	1									5,51	0,00136	1600
-12,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,2	5,89	1	1,25	0	0,95	0,4	0	0	1	5,89	0,00196	1600	
-13,5			1,25	0	0,95	0,4	1,2	6,6	6,27	1	1,25	0	0,95	0,4	0,4	0,38	1	5,89	0,00229	1600	
-14,5	1,25	0	0,95	0,4	1,2	7	6,65	1	1,25	0	0,95	0,4	0,8	0,76	1	5,89	0,00234	1600			
-15,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	7,6	7,22	1	10,8	0	0,95	0,8	1,4	1,33	1	5,89	0,0022	4800			
-16,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	8,4	7,98	1	10,8	0	0,95	0,8	2,2	2,09	1	5,89	0,00199	4800			
-17,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	9,2	8,74	1	10,8	0	0,95	0,8	3	2,85	1	5,89	0,00176	4800			
-18,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	10	9,5	1	10,8	0	0,95	0,8	3,8	3,61	1	5,89	0,00155	4800			
-19,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	10,8	10,3	1	10,8	0	0,95	0,8	4,6	4,37	1	5,89	0,00136	4800			
-20,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	11,6	11	1	10,8	0	0,95	0,8	5,4	5,13	1	5,89	0,00117	4800			
-21,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	12,4	11,8	1	10,8	0	0,95	0,8	6,2	5,89	1	5,89	0,00097	4800			
-22,5	10,8	0	0,95	0,8	1,2	13,2	12,5	1	10,8	0	0,95	0,8	7	6,65	1	5,89	0,00076	4800			
-23,5	0	40	0,357	0,727	1,2	13,964	4,99	0,22	0	40	0,357	0,727	7,8	2,77	4,6	2,215	0,00055	9600			
-24,5	0	40	0,357	0,727	1,2	14,691	5,25	0,22	0	40	0,357	0,727	8,5	3,03	4,6	2,215	0,0004	9600			
-25,5	0	40	0,357	0,727	1,2	15,418	5,51	0,22	0	40	0,357	0,727	9,2	3,29	4,6	2,215	0,00028	9600			
-26,5	0	40	0,357	0,727	1,2	16,145	5,77	0,22	0	40	0,357	0,727	9,9	3,55	4,6	2,215	0,0002	9600			
-27,5	0	40	0,357	0,727	1,2	16,872	6,03	0,22	0	40	0,357	0,727	11	3,81	4,6	2,215	0,00013	9600			
-28,5	0	40	0,357	0,727	1,2	17,599	6,29	0,22	0	40	0,357	0,727	11	4,07	4,6	2,215	6,2E-05	9600			
-29,5	0	40	0,357	0,727	1,2	18,326	6,55	0,22	0	40	0,357	0,727	12	4,33	4,6	2,215	1,2E-05	9600			

Tabel 5. 19 Tekanan Air Pori Tanah

Elv (m)	σ _w (t/m ²)
-0,00	0
-1,10	0
-12,50	11,4
-30,00	0

Pada Tabel 5.18 tekanan tanah dihitung kembali sebagai beban terpusat di tiap meternya dengan memperhitungkan batas minimum (P_{amin}) dan batas maksimum (P_{pmax}) dari tekanan tanah, sehingga dapat digunakan pada iterasi selanjutnya.

Setelah didapatkan hasil defleksi dari Tabel 5.18, selanjutnya perlu dilakukan iterasi kedua dengan mempertimbangkan nilai defleksi pada Tabel 5.18. Begitupun selanjutnya pada iterasi ketiga mempertimbangkan hasil defleksi dari iterasi kedua. Tekanan lateral tanah yang dijadikan beban terpusat di tiap titik tangkap beban pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Proses iterasi berlanjut hingga tidak ada perbedaan defleksi dan beban pada iterasi terakhir dengan iterasi sebelumnya. Pada iterasi ketiga, tidak didapatkan perbedaan nilai defleksi dan beban lateral, sehingga proses iterasi pada penggalan keempat telah selesai.



Gambar 5. 23 Iterasi II

Tabel 5. 20 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi II

Kedalaman	Xo	P'o	Pha	Pamin	Pamin	Pha >	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Php <	Php pakai	Ks Pasif	Pha-Php	Xoi	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	σhmin	.	.	Pasif	.	.	σhmax	.	.	.	.	Xoi/Xo
		t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0,5	4,69E-06	1,33	1,3375	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	4,7E-06	1,00256
-1,5	8,02E-06	1,71	1,7228	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	8,05E-06	1,00399
-2,5	2,25E-06	2,09	2,0936	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	2,29E-06	1,01556
-3,5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4,5	0,000048	2,85	2,9268	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	0,0768	0	NO	0	0	2,85	0,000048	1
-5,5	0,000059	3,23	3,3244	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	0,0944	0	NO	0	0	3,23	0,000059	1
-6,5	0	3,61	3,61	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	0	0	NO	0	0	3,61	0	1
-7,5	-9,3E-05	3,99	3,8412	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0	-0,149	0	YES	0	0	3,99	-9,2E-05	0,98925
-8,5	-0,00015	4,37	4,1332	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0	-0,237	0	YES	0	0	4,37	-0,00015	1
-9,5	0	4,75	4,75	2,5	2,5	YES	4,75	1600	0	0	0	NO	0	0	4,75	0	1
-10,5	0,000628	5,13	6,1348	2,9	2,9	YES	5,13	1600	0	1,0048	0	NO	0	0	5,13	0,000628	0,99682
-11,5	0,001363	5,51	7,6908	3,3	3,3	YES	5,51	1600	0	2,1808	0	NO	0	0	5,51	0,00136	0,9978
-12,5	0,001957	5,89	9,0212	3,7	3,7	YES	5,89	1600	0	3,1312	2,5	NO	2,5	0	3,39	0,001955	0,99898
-13,5	0,002287	6,27	9,9292	4,1	4,1	YES	6,27	1600	0,38	4,0392	2,9	NO	2,9	0	3,37	0,002287	1
-14,5	0,002343	6,65	10,399	4,5	4,5	YES	6,65	1600	0,76	4,5088	3,3	NO	3,3	0	3,35	0,00234	0,99872
-15,5	0,002202	7,22	17,79	-14	0	YES	7,22	4800	1,33	11,9	23	YES	1,33	4800	5,89	0,002197	0,99773
-16,5	0,001985	7,98	17,508	-13,2	0	YES	7,98	4800	2,09	11,618	23,8	YES	2,09	4800	5,89	0,001981	0,99798
-17,5	0,001759	8,74	17,183	-12,4	0	YES	8,74	4800	2,85	11,293	24,6	YES	2,85	4800	5,89	0,001756	0,99829
-18,5	0,001549	9,5	16,935	-11,6	0	YES	9,5	4800	3,61	11,045	25,4	YES	3,61	4800	5,89	0,001547	0,99871
-19,5	0,001355	10,26	16,764	-10,8	0	YES	10,26	4800	4,37	10,874	26,2	YES	4,37	4800	5,89	0,001353	0,99852
-20,5	0,001165	11,02	16,612	-10	0	YES	11,02	4800	5,13	10,722	27	YES	5,13	4800	5,89	0,001165	1
-21,5	0,000968	11,78	16,426	-9,2	0	YES	11,78	4800	5,89	10,536	27,8	YES	5,89	4800	5,89	0,000967	0,99897
-22,5	0,000758	12,54	16,178	-8,4	0	YES	12,54	4800	6,65	10,288	28,6	YES	6,65	4800	5,89	0,000758	1
-23,5	0,000554	4,9879	10,306	3,036	3,0363	YES	4,98794	9600	2,773	8,0916	35,704	YES	2,77322	9600	2,21472	0,000555	1,00181
-24,5	0,000397	5,2476	9,0588	3,194	3,1943	YES	5,24763	9600	3,033	6,8441	39,047	YES	3,03291	9600	2,21472	0,000397	1
-25,5	0,000283	5,5073	8,2241	3,352	3,3524	YES	5,50732	9600	3,293	6,0094	42,39	YES	3,29261	9600	2,21472	0,000283	1
-26,5	0,000198	5,767	7,6678	3,511	3,5105	YES	5,76702	9600	3,552	5,4531	45,734	YES	3,5523	9600	2,21472	0,000198	1
-27,5	0,000127	6,0267	7,2459	3,669	3,6686	YES	6,02671	9600	3,812	5,0312	49,077	YES	3,81199	9600	2,21472	0,000127	1
-28,5	0,000062	6,2864	6,8816	3,827	3,8267	YES	6,2864	9600	4,072	4,6669	52,421	YES	4,07169	9600	2,21472	0,000062	1
-29,5	0,000012	6,5461	6,6613	3,985	3,9847	YES	6,5461	9600	4,331	4,4466	55,764	YES	4,33138	9600	2,21472	0,000012	1



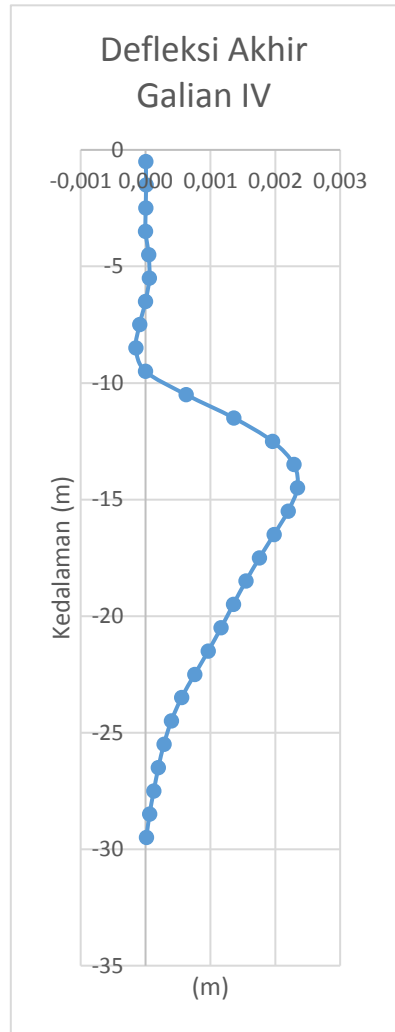
Gambar 5. 24 Iterasi III

Tabel 5. 21 Tekanan Tanah Dan Hasil Defleksi Iterasi III

Kedalaman	Xoi	P'o	Pha	Pamin	Pamin	Spring	Pha pakai	Ks aktif	P'o	Php	Ppmax	Spring	Php pakai	Ks Pasif	Pha-Php	Defleksi	Δ
		Aktif	.	.	(pakai)	Aktif	.	.	Pasif	.	.	Pasif	.	.			Xoi/Xoi
(m)	m	t/m	t/m ²	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	t/m	t/m ²	t/m ²	.	t/m ²	t/m ³	m	m	m
-0,5	4,7E-06	1,33	1,33752	-1,1	0	YES	1,33	1600	0	0	0	NO	0	0	1,33	4,7E-06	1
-1,5	8,1E-06	1,71	1,72288	-0,7	0	YES	1,71	1600	0	0	0	NO	0	0	1,71	8,1E-06	1
-2,5	2,3E-06	2,09	2,09366	-0,3	0	YES	2,09	1600	0	0	0	NO	0	0	2,09	2,3E-06	1
-3,5	0	2,47	2,47	0,1	0,1	YES	2,47	1600	0	0	0	NO	0	0	2,47	0	1
-4,5	4,8E-05	2,85	2,9268	0,5	0,5	YES	2,85	1600	0	0	0	NO	0	0	2,85	4,8E-05	1
-5,5	5,9E-05	3,23	3,3244	0,9	0,9	YES	3,23	1600	0	0	0	NO	0	0	3,23	5,9E-05	1
-6,5	0	3,61	3,61	1,3	1,3	YES	3,61	1600	0	0	0	NO	0	0	3,61	0	1
-7,5	-9,2E-05	3,99	3,8428	1,7	1,7	YES	3,99	1600	0	0	0	NO	0	0	3,99	-9,2E-05	1
-8,5	-0,00015	4,37	4,1332	2,1	2,1	YES	4,37	1600	0	0	0	NO	0	0	4,37	-0,00015	1
-9,5	0	4,75	4,75	2,5	2,5	YES	4,75	1600	0	0	0	NO	0	0	4,75	0	1
-10,5	0,00063	5,13	6,1316	2,9	2,9	YES	5,13	1600	0	0	0	NO	0	0	5,13	0,00063	1
-11,5	0,00136	5,51	7,686	3,3	3,3	YES	5,51	1600	0	0	0	NO	0	0	5,51	0,00136	1
-12,5	0,00196	5,89	9,018	3,7	3,7	YES	5,89	1600	0	3,128	2,5	NO	2,5	0	3,39	0,00196	1
-13,5	0,00229	6,27	9,9292	4,1	4,1	YES	6,27	1600	0,38	4,0392	2,9	NO	2,9	0	3,37	0,00229	1
-14,5	0,00234	6,65	10,394	4,5	4,5	YES	6,65	1600	0,76	4,504	3,3	NO	3,3	0	3,35	0,00234	1
-15,5	0,0022	7,22	17,7656	-14	0	YES	7,22	4800	1,33	11,876	23	YES	1,33	4800	5,89	0,0022	1
-16,5	0,00198	7,98	17,4888	-13,2	0	YES	7,98	4800	2,09	11,599	23,8	YES	2,09	4800	5,89	0,00198	1
-17,5	0,00176	8,74	17,1688	-12,4	0	YES	8,74	4800	2,85	11,279	24,6	YES	2,85	4800	5,89	0,00176	1
-18,5	0,00155	9,5	16,9256	-11,6	0	YES	9,5	4800	3,61	11,036	25,4	YES	3,61	4800	5,89	0,00155	1
-19,5	0,00135	10,26	16,7544	-10,8	0	YES	10,26	4800	4,37	10,864	26,2	YES	4,37	4800	5,89	0,00135	1
-20,5	0,00117	11,02	16,612	-10	0	YES	11,02	4800	5,13	10,722	27	YES	5,13	4800	5,89	0,00117	1
-21,5	0,00097	11,78	16,4216	-9,2	0	YES	11,78	4800	5,89	10,532	27,8	YES	5,89	4800	5,89	0,00097	1
-22,5	0,00076	12,54	16,1784	-8,4	0	YES	12,54	4800	6,65	10,288	28,6	YES	6,65	4800	5,89	0,00076	1
-23,5	0,00056	4,988	10,3159	3,036	3,0363	YES	4,988	9600	2,773	8,1012	35,704	YES	2,7732	9600	2,2147	0,00056	1
-24,5	0,0004	5,248	9,05883	3,194	3,1943	YES	5,248	9600	3,033	6,8441	39,047	YES	3,0329	9600	2,2147	0,0004	1
-25,5	0,00028	5,507	8,22412	3,352	3,3524	YES	5,507	9600	3,293	6,0094	42,39	YES	3,2926	9600	2,2147	0,00028	1
-26,5	0,0002	5,767	7,66782	3,511	3,5105	YES	5,767	9600	3,552	5,4531	45,734	YES	3,5523	9600	2,2147	0,0002	1
-27,5	0,00013	6,027	7,24591	3,669	3,6686	YES	6,027	9600	3,812	5,0312	49,077	YES	3,812	9600	2,2147	0,00013	1
-28,5	6,2E-05	6,286	6,8816	3,827	3,8267	YES	6,286	9600	4,072	4,6669	52,421	YES	4,0717	9600	2,2147	6,2E-05	1
-29,5	1,2E-05	6,546	6,6613	3,985	3,9847	YES	6,546	9600	4,331	4,4466	55,764	YES	4,3314	9600	2,2147	1,2E-05	1

Tabel 5. 22 Defleksi Dinding Pada Iterasi Terakhir

Kedalaman (m)	Defleksi Akhir (m)
-0,5	0,00000
-1,5	0,00001
-2,5	0,00000
-3,5	0,00000
-4,5	0,00005
-5,5	0,00006
-6,5	0,00000
-7,5	-0,00009
-8,5	-0,00015
-9,5	0,00000
-10,5	0,00063
-11,5	0,00136
-12,5	0,00196
-13,5	0,00229
-14,5	0,00234
-15,5	0,00220
-16,5	0,00198
-17,5	0,00176
-18,5	0,00155
-19,5	0,00135
-20,5	0,00117
-21,5	0,00097
-22,5	0,00076
-23,5	0,00056
-24,5	0,00040
-25,5	0,00028
-26,5	0,00020
-27,5	0,00013
-28,5	0,00006
-29,5	0,00001



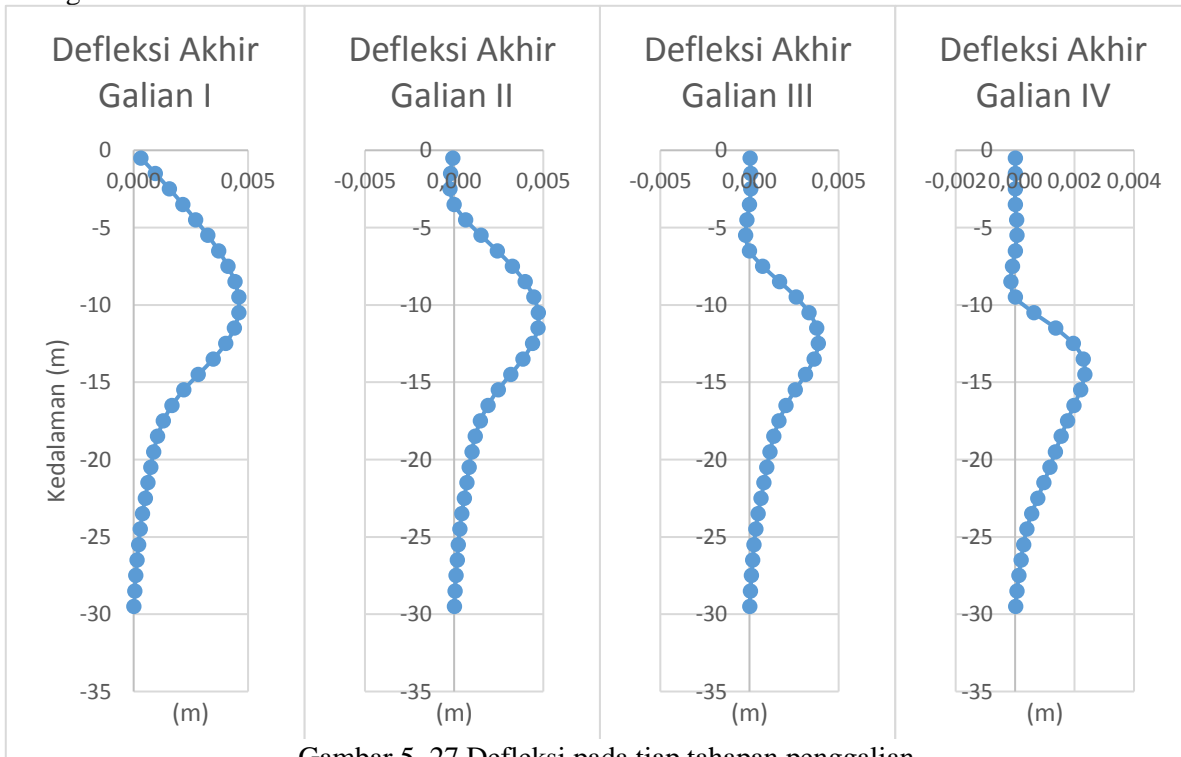
Gambar 5. 25 Defleksi pada penggalian keempat



Gambar 5. 26 Momen pada galian keempat.

5. Rangkuman Hasil Analisa Tiap Tahapan Penggalian Metode *Beam on Elastic Foundation*

Karena adanya perbedaan kedalaman galian antar tahapan penggalian, maka defleksi yang terjadi pada dinding juga berbeda, defleksi tiap tahapan galian tersebut terangkum pada grafik di bawah:



Gambar 5. 27 Defleksi pada tiap tahapan penggalian

Tabel 5.23 berikut ini menyajikan rangkuman hasil analisa tiap tahapan penggalian menggunakan metode Beam on Elastic Foundation.

Tabel 5. 23 Rangkuman hasil analisa *Beam on Elastic Foundation*

Tahapan	n Iterasi	M_{\max}	Δ_{\max}	Δ_{izin}	$\Delta_{\max} < \Delta_{\text{izin}}$
		t.m	mm	mm	
Galian I	3	21,34	4,59	25,4	OK
Galian II	3	45,6	4,72	25,4	OK
Galian III	3	49,59	3,87	25,4	OK
Galian IV	3	57,63	2,34	25,4	OK

Dimana,

n Iterasi = jumlah iterasi

M_{\max} = Momen maksimum pada dinding diaphragma (t.m)

Δ_{\max} = Defleksi maksimum pada dinding diaphragma (mm)

Δ_{izin} = Defleksi izin (1 inch = 25,4 mm)

5.2.2 Perencanaan Struktur Dinding Diaphragm Wall

1. Tulangan Vertikal

Penulangan vertikal direncanakan untuk menahan *bending moment* yang terjadi pada dinding. Nilai Mu diambil dari permodelan iterasi terakhir pada penggalian keempat.

Direncanakan :

- f_c^{\prime} = 30 MPa

- f_y = 400 MPa

- Tebal = 0,8 m

- M_u = 57,63 tm

- Diameter Tulangan utama = 19 mm

- Diameter Tulangan bagi = 13 mm

- Selimut beton = 75 mm

$$d = t - \text{selimut beton} - 0,5\phi_{\text{tul utama}} - \phi_{\text{tul memanjang}} \\ = 800 - 75 - 9,5 - 13 = 702,5 \text{ mm}$$

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

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 30}{400} \times 0,81 \times \left(\frac{6120}{6120 + 400} \right) \\ = 0,031$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ = 0,75 \times 0,031 \\ = 0,0223$$

$$\rho_{\text{max}} = \frac{1,4}{f_y} \\ = \frac{1,4}{400} \\ = 0,0035$$

- Koefisien Ketahanan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{576300000}{0,85 \times 1000 \times 702,5^2} = 2,1236 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,1236}{400}} \right) \\ = 0,00555$$

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

-Luas tulangan

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

$$= 0.00555 \times 1000 \times 702.5 = 3898.875 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 – 70 ($A_s = 4251 \text{ mm}^2$)

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

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{4251 \times 400}{0.85 \times 30 \times 1000} = 62.68 \text{ mm}$$

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

$$= 0.8 \times 4251 \times 400 \times \left(702,5 - \frac{66.68}{2} \right)$$

$$= 91,027 \text{ tm} > M_u = 57,63 \text{ tm} \dots \text{OK}$$

- Nilai V_u yang didapat dari hasil analisa program SAP 2000 adalah sebesar 450 kN

$$V_n = V_c + V_s$$

V_n = kekuatan geser nominal

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

V_s = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

- Cek dimensi penampang

Untuk semua segmen dinding diafragma nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,66A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4).

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_n = \frac{474.4}{0.75} = 632.533 \text{ kN}$$

$$A_{cv1} = l_{wx} \times t = 1 \times 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$$

$$0,66A_{cv}\sqrt{f'_c} = 0.66 \times 80000 \times \sqrt{30}$$

$$= 28919751,04 \text{ N} = 2891,975 \text{ kN}$$

$$V_n < 0,66Acv\sqrt{f'c} \dots\dots \text{OK}$$

Tulangan geser tidak diperlukan, tetapi untuk alasan keamanan dipasang tulangan transversal D13-100. Gambar detail *diaphragm wall* terdapat pada Gambar No. 3 Lampiran.

5.3 Perencanaan Pondasi Bored Pile

- Model : Bored Pile
- Mutu Beton : 30 MPa
- Mutu Baja : BJ 41

Gaya – gaya yang diperoleh untuk perhitungan struktur bored pile menggunakan alat bantu perhitungan ETABS. Perencanaan ini dimulai dari kedalaman -12,5 m di bawah permukaan tanah asli.

5.3.1 Perencanaan Diameter

- $Q_{w\max} = 2428,92 \text{ ton}$
- $Q_{w\min} = 2087,00 \text{ ton}$
- $f'_c = 30 \text{ MPa} = 3000 \text{ ton/m}^2$
- Diameter Tiang :

$$D_s = 2.257 \sqrt{\frac{Q_w}{f'_c}}$$

$$= 2.257 \times \sqrt{\frac{2428,92}{3000}} = 2 \text{ m untuk } Q_{w\max}$$

$$D_s = 2.257 \times \sqrt{\frac{2087,00}{3000}} = 1,9 \text{ m untuk } Q_{w\min}$$

D_s yang akan digunakan untuk perencanaan $D_s = 1,5 \text{ m}$ dan $D_{\text{bell}} = 2 \text{ m}$. Perencanaan diameter menggunakan hitungan diatas akan tetapi untuk kedalaman pondasi dilakukan dengan cara *trial and eror* dengan mempertimbangkan data tanah.

5.3.2 Perhitungan Daya Dukung Bored Pile

Daya dukung Bored Pile dihitung dari kedalaman -12,9 m dan panjang bored pile adalah 41 m. Untuk menghitung daya dukung bored pile digunakan persamaan berikut:

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung diujung tiang

Q_s = Daya dukung pada selimut tiang

Dengan data tanah pada tabel 5.24 berikut :

Tabel 5. 24 Data Tanah

Depth (m)	Jenis Tanah	N
13	Lempung Lanau	6
14		11
15		22
16		22
17		21
18		21
19	Lempung Pasir	23
20		26
21		31
22		35
23		40
24		45
25		48
26		52
27		55
28		57
29		58
30		60

A. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

Direncanakan ujung bored pile berada di tanah lempung kedalaman -53 m. Contoh perhitungan Q_p untuk kedalaman -53 m.

$$D_{bell} = 2 \text{ m}$$

$$A_p = 0.25 \pi D^2 = 0.25 \times \pi \times 2^2 = 3.142 \text{ m}^2$$

$$N = 38.095$$

$$Q_p = 40 \times N \times A_p = 40 \times 60 \times 3.142 = 7562,861 \text{ ton}$$

B. Daya dukung pada selimut tiang (Q_s)

Untuk kedalaman -53m

$$Q_s = F_s \times A_s = \frac{N_{corr}}{2} \times \pi \times D \times h = \frac{50,5}{2} \times \pi \times 1.5 \times 1$$

$$Q_s = 193,208 \text{ ton}$$

Kemudian Q_s akan dikumulasikan dengan nilai Q_s pada kedalaman sebelumnya, sehingga Q_s di kedalaman -53 m adalah 2756,224 ton

Sehingga daya dukung bored pile

$$Q_L = Q_s + Q_p = 4806,637 + 2756,224 = 7562,861 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_L}{3} = \frac{7562,861}{3} = 2520,954 \text{ ton}$$

Pada kedalaman -53 m, Q_{ijin} telah mencapai 2520.954 ton sehingga mampu untuk menahan beban $Q_{wmax} = 2428.92$ ton, sedangkan untuk $Q_{wmin} = 2087.00$ ton, pada kedalaman -40 m Q_{ijin} telah mencapai 2177.89 ton. Bored pile direncanakan satu tiang untuk memikul beban satu kolom sampai kedalaman -53 m untuk kondisi kritis. Perhitungan lengkap pada Lampiran 2 halaman 147.

5.3.3 Perhitungan Penurunan Bored Pile

Penurunan tiang tunggal dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$S = S_e + S_{pp} + S_{ps}$$

Dimana :

S = penurunan total

S_e = penurunan pile shaft

S_{pp} = penurunan ujung tiang

S_{ps} = penurunan penjalaran beban selimut tiang

Dari perhitungan bored pile didapat :

$$Q_w = 2428.92 \text{ ton}$$

$$Q_p = 6770.346 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 1487.839 \text{ ton}$$

$$Q_{wp} = Q_w - Q_{ws} = 2728.92 - 1487.839 = 1241.081 \text{ ton}$$

- Penurunan pile shaft (S_e)

$$E_m \text{ beton} = 2574296 \text{ ton/m}^2$$

$$L = 41 \text{ m}$$

$$\xi = 0.5$$

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

$$= \frac{(1274.081 + 0.5 \times 1487.839) \times 41}{(0.25 \times \pi \times 1.5^2) 2574296} = 0.0918755 \text{ m}$$

- Penurunan ujung tiang (S_{pp})

$$S_{pp} = \frac{q_{wp} \times D_b}{A_s} (1 - \mu_s) \times I_{wp}$$

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p} = \frac{1274.081}{0.25 \times \pi \times 2^2} = 70.344 \text{ ton}$$

$$E_s = 4000 \text{ ton/m}^2$$

$$S_{pp} = \frac{70.344 \times 2}{4000} (1 - 0.5^2) \times 0.85 = 0.02242215 \text{ m}$$

- Penurunan penjalaran beban pada selimut tiang (S_{ps})

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D_s}{E_s} (1 - \mu_s) \times I_{ws}$$

$$= \left(\frac{1487.839}{\pi \times 1.5 \times 41}\right) \frac{1.5}{2000} (1 - 0.5^2) \times (2 + 0.35 \times \frac{41}{1.5}) = 0.05 \text{ m}$$

- Penurunan total

$$S = 0.0918755 + 0.02242 + 0.05 = 0,1642955 \text{ m} = 16,429 \text{ cm}$$

- Penurunan ijin

$$S_{ijin} = 15 \text{ cm} + b/600 = 15 + 1500/600 = 17,5 \text{ cm} > S \dots \text{OK!}$$

5.3.4 Perencanaan Struktur Bored Pile

Pada perhitungan penulangan tulangan utama tidak dilakukan karena momen yang bekerja pada *bored pile* diterima

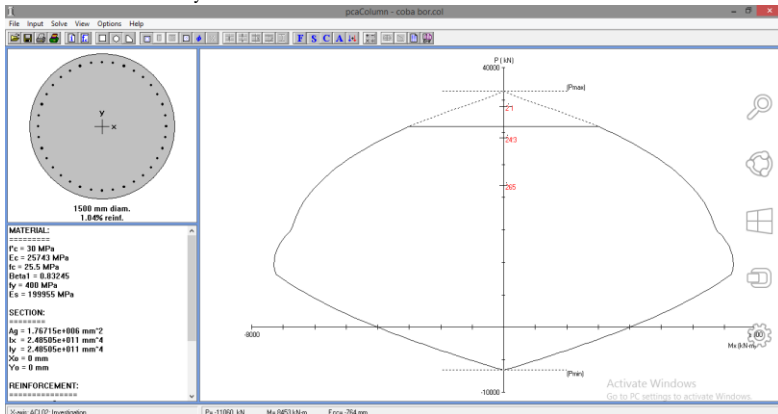
seluruhnya oleh *king post* juga. Karena *king post* tertanam pada *bored pile*, sehingga perlu dilakukan pengecekan rasio luasan *king post* harus $> 4\%$ jika ingin digunakan sebagai profil tunggal. Perhitungan menggunakan perhitungan beton komposit berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.

- Pengecekan Luas Penampang Minimum Profil

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{25070}{1767146} = 0.014 > 4\% \dots\dots\dots \text{NOT OK!}$$

Karena luas profil tidak memenuhi syarat 4% maka diperlukan baja tulangan ulir dengan rasio tulangan 1% - 4%. Perhitungan berdasarkan SNI 2847-2013. Direncanakan 36 D25 ($18348,4 \text{ mm}^2$). Pengecekan tulangan menggunakan alat bantu perhitungan *pcaColumn* seperti pada **Gambar 5.28** dengan data berikut ini:

- P_u : 24289 kN
- M_{ux} : 108.76 kN
- M_{uy} : 9.22 kN



Gambar 5. 28 Diagram Interaksi (Akibat Reaksi Tumpuan)

- Penulangan geser bored pile
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.3 Rasio volume tulangan spiral, ρ_s tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned}\rho_s &= 0,45 \left(\frac{A_s}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{F_{yt}} \\ &= 0,45 \left(\frac{1767145}{1431388} - 1 \right) \frac{30}{250} \\ &= 0,012\end{aligned}$$

Jarak spiral maksimal 150 mm

$$\begin{aligned}s &= \frac{a_s \pi (D_c - d_b)}{0,25 \pi \times D_c^2 \times \rho_s} \\ &= \frac{201,06 \pi (1350 - 16)}{0,25 \pi \times 1350^2 \times 0,012} \\ &= 56 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan spiral D16 – 60.

Gambar detail *bored pile* terdapat pada Gambar No. 4 Lampiran.

A. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

- Gaya lateral yang terjadi dapat dihitung berdasarkan metode Reese dan Matlook (1960), Q_g adalah gaya lateral pada tiang yang terjadi akibat gempa.

$$\begin{aligned}Q_{g2010} &= \text{beban lateral}(F_x) \text{ akibat pengaruh peta gempa 2010} \\ &= 4680 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{g2017} &= \text{beban lateral}(F_x) \text{ akibat pengaruh peta gempa 2017} \\ &= 5800 \text{ kg}\end{aligned}$$

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

$$E_p = 254742960 \text{ kN/m}^2$$

$$I_p = 0,24 \text{ m}^4$$

$$n_h = 3518 \text{ kN/m}^2 \text{ (Reese dan Matlook, 1956)}$$

Maka,

$$T = \sqrt[5]{\frac{25742960 \times 0,24}{3518}} = 4,455 \text{ m}$$

$$Z = \frac{X}{T}$$

$$M_g = -0.93 Q_g T$$

Lendutan tiang untuk kedalaman x adalah :

$$x_z(x) = A_x \frac{Q_g T^3}{E_p I_p} + B_x \frac{M_g T^2}{E_p I_p}$$

Kemiringan tiang untuk kedalaman x adalah :

$$S_z(x) = A_s \frac{Q_g T^2}{E_p I_p} + B_s \frac{M_g T}{E_p I_p}$$

Momen tiang untuk kedalaman x adalah :

$$M_z(x) = A_m Q_g T + B_m M_g$$

Gaya geser untuk tiap kedalaman x adalah :

$$V_z(x) = A_v Q_g + B_v \frac{M_g}{T}$$

Reaksi tanah untuk kedalaman x adalah :

$$p'_z(x) = A_p \frac{Q_g}{T} + B'_p \frac{M_g}{T^2}$$

Tegangan izin pasif tiap kedalaman x adalah :

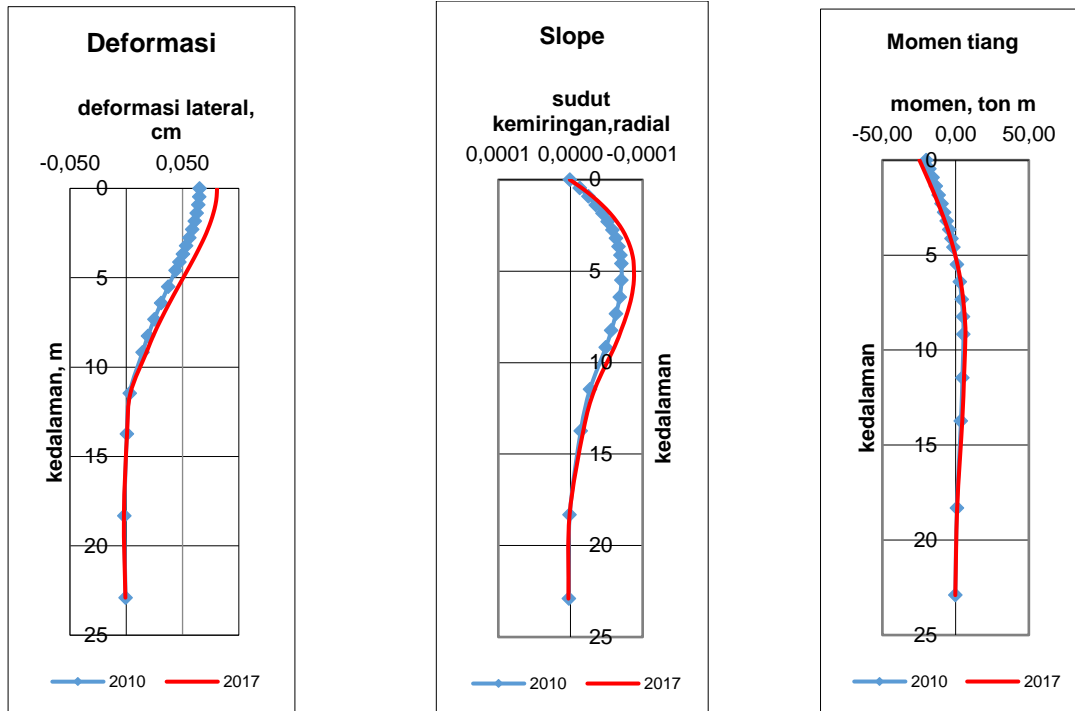
$$P_{pizin}(x) = \frac{1 + \sin(\emptyset)}{1 - \sin(\emptyset)} \gamma b x$$

Dimana b adalah lebar tiang.

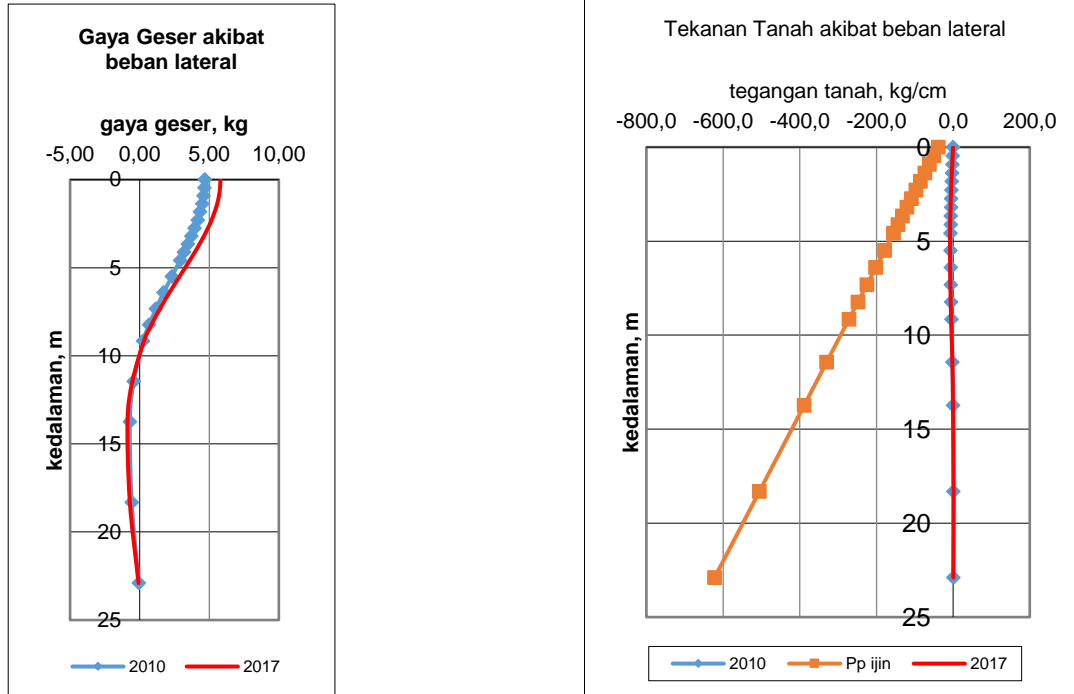
Dengan memasukkan koefisien tiang panjang (flexible) akibat beban lateral dari Tabel 2.6, didapatkan hasil perhitungan pada Tabel 2.12

Tabel 2. 12 Pengaruh beban lateral pada pondasi tiang

X = [m]	Z	y total [cm]		s total [radial]		M total [ton m]		Vtotal [ton]		p total [kg/cm]		p _p ijin kg/cm
		2010	2017	2010	2017	2010	2017	2010	2017	2010	2017	
0	0,00	0,0651	0,0806	0,0000	0,0000	-19,9340	-24,705	4,6800	5,800	0,0000	0,000	-38,25
0,458	0,10	0,0648	0,0803	0,0000	0,0000	-17,7906	-22,048	4,6590	5,774	-0,9416	-1,167	-49,929
0,916	0,20	0,0639	0,0792	0,0000	0,0000	-15,6700	-19,420	4,5959	5,696	-1,8508	-2,294	-61,608
1,374	0,30	0,0625	0,0774	0,0000	0,0000	-13,5770	-16,826	4,4925	5,568	-2,7284	-3,381	-73,287
1,832	0,40	0,0607	0,0752	0,0000	-0,0001	-11,5512	-14,316	4,3447	5,384	-3,5260	-4,370	-84,966
2,29	0,50	0,0585	0,0725	-0,0001	-0,0001	-9,6172	-11,919	4,1718	5,170	-4,2561	-5,275	-96,645
2,748	0,60	0,0560	0,0694	-0,0001	-0,0001	-7,7335	-9,584	3,9561	4,903	-4,8800	-6,048	-108,324
3,206	0,70	0,0531	0,0658	-0,0001	-0,0001	-5,9646	-7,392	3,7214	4,612	-5,4099	-6,705	-120,003
3,664	0,80	0,0502	0,0622	-0,0001	-0,0001	-4,3087	-5,340	3,4637	4,293	-5,8371	-7,234	-131,682
4,122	0,90	0,0470	0,0583	-0,0001	-0,0001	-2,7875	-3,455	3,1925	3,957	-6,1536	-7,626	-143,361
4,58	1,00	0,0438	0,0543	-0,0001	-0,0001	-1,4010	-1,736	2,9039	3,599	-6,3709	-7,896	-155,04
5,496	1,20	0,0373	0,0462	-0,0001	-0,0001	0,9913	1,229	2,3120	2,865	-6,4964	-8,051	-178,398
6,412	1,40	0,0309	0,0383	-0,0001	-0,0001	2,8328	3,511	1,7226	2,135	-6,2842	-7,788	-201,756
7,328	1,60	0,0249	0,0308	-0,0001	-0,0001	4,1493	5,142	1,1729	1,454	-5,7763	-7,159	-225,114
8,244	1,80	0,0193	0,0239	-0,0001	-0,0001	4,9912	6,186	0,6771	0,839	-5,0603	-6,271	-248,472
9,16	2,00	0,0146	0,0180	0,0000	-0,0001	5,4075	6,702	0,2484	0,308	-4,2222	-5,233	-271,83
11,45	2,50	0,0030	0,0037	0,0000	0,0000	4,6170	5,722	-0,4227	-0,524	-1,5798	-1,958	-330,225
13,74	3,00	0,0005	0,0007	0,0000	0,0000	3,6466	4,519	-0,7063	-0,875	-0,2375	-0,294	-388,62
18,32	4,00	-0,0017	-0,0021	0,0000	0,0000	0,8372	1,038	-0,5701	-0,706	0,9895	1,226	-505,41
22,9	5,00	-0,0006	-0,0008	0,0000	0,0000	-0,1891	-0,234	-0,0654	-0,081	0,4890	0,606	-622,2



Gambar 5. 29 Deformasi, Perputaran sudut, dan Momen tiang akibat beban lateral gempa

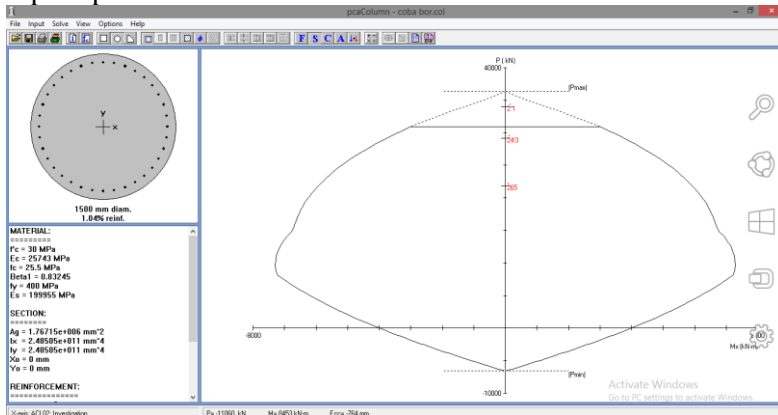


Gambar 5. 30 Gaya Geser Tiang akibat beban lateral dan Reaksi tanah akibat beban lateral

B. Momen Maksimum Pada Bored Pile

$$M_{\max} = 24,705 \text{ tm}$$

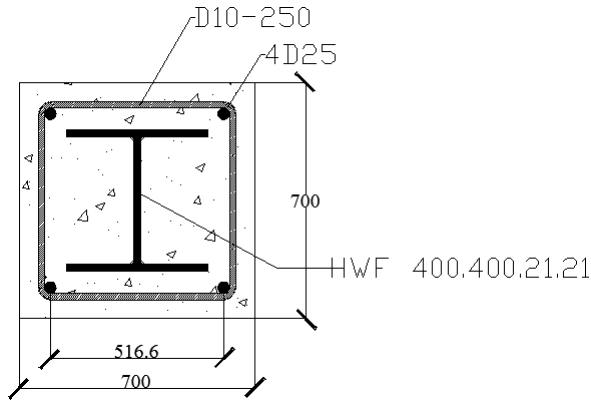
Setelah mendapatkan M_{\max} akibat gaya lateral tanah, kapasitas *bored pile* di cek menggunakan alat bantu *pcaColumn* seperti pada **Gambar 5.31** berikut ini:



Gambar 5. 31 Diagram Interaksi (Akibat Gaya Lateral Tanah)
 Dari **Gambar 5.31** 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

5.4 Perencanaan Kingpost

Pada perhitungan kingpost basement menggunakan perumusan kolom komposit dimana $A_{\text{steel}} > 4\% A_g$. Kolom pada desain awal yaitu 70cm x 70cm. Direncanakan kingpost menggunakan data seperti pada **Gambar 5.32** berikut ini :



Gambar 5. 32 King Post

Kingpost IWF 400.400.21.21

A_{steel}	= 25070 mm ²
$f_{y\text{steel}}$	= 240 MPa
Z_x	= 3540 cm ³
Z_y	= 1170 cm ³
i_x	= 168 mm
i_y	= 97.5 mm
M_{ux}	= 10807,6 kg.m
M_{uy}	= 922 kg.m
P_u	= 2428920 kg
D longitudinal	= D25
D sengkang	= D10
$f_{y\text{tulangan}}$	= 400 MPa
γ_{beton}	= 2400 kg/m ³

Pengecekan Luas Penampang Minimum Profil

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% = \frac{25070}{4.9 \times 10^5} \times 100\% = 5.11\% > 4\% \dots \text{OK}$$

$$\text{Jarak sengkang} = 250 \text{ mm} < \frac{2}{3} \times 700 = 466.6 \dots \text{OK}$$

Luas tulangan longitudinal

$$A_{s_i} = \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 490,84 \text{ mm}^2 > (0.18 \times 516.6) = 66.42 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Luas tulangan sengkang

$$A_{s_i} = \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2 > (0.18 \times 250) = 45 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Mutu beton digunakan $f'c = 40 \text{ MPa}$

$$21 < f'c < 55 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

5.4.1 Perhitungan Tegangan Leleh untuk kolom komposit

Luas tulangan utama

$$A_{u_t} = A_{s_t} = 4 \times 490.84 = 1963.36 \text{ mm}^2$$

Luas bersih penampang beton

$$\begin{aligned} A_{c_{\text{netto}}} &= A_c - A_s - A_{u_t} = 4.9 \times 10^5 - 25070 - 1963.36 \\ &= 4.63 \times 10^5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk profil baja terselubung beton

$$C_1 = 0.7 ; C_2 = 0.6 ; C_3 = 0.2$$

$$\begin{aligned} F_{m_y} &= F_y + C_1 \times f_{y_r} \frac{A_{u_t}}{A_s} + C_2 \times f'c \frac{A_{c_n}}{A_s} \\ &= 240 + 0.7 \times 380 \frac{1963.36}{490.84} + 0.6 \frac{4.63 \times 10^5}{490.84} \\ &= 1870.12 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_c = 0.041 \times 2500 \sqrt{30} = 2.6 \times 10^4 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E + C_3 E_c \frac{4.63 \times 10^5}{25070} \\ &= 2.96 \times 10^5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari girasi modifikasi } r_m = 0.3 \times 700 = 210 \text{ mm}$$

Parameter kelangsingan

$$\lambda_c = \frac{kL}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{m_y}}{E_m}} = \frac{3000 \times 0.65}{210 \pi} \sqrt{\frac{1363.06}{2.9 \times 10^5}} = 0.296$$

karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$

$$w = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.296} = 1.02$$

$$f_{c_r} = \frac{f_{m_y}}{w} = \frac{1363.06}{1.02} = 1336.33 \text{ MPa}$$

5.4.2 Menghitung Momen Nominal Penampang dan Kekuatan Aksial Kingpost

$$M_{n_x} = Z_x F_y = 3540 \times 2400 = 84960 \text{ kg.m}$$

$$M_{n_y} = Z_y F_y = 1170 \times 2400 = 28080 \text{ kg.m}$$

$$N_n = A_s F_{cr} = 25070 \times 1336.33 = 33501793.1 \text{ N}$$

5.4.3 Diagram Interaksi

$$\text{Karena } \frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{24289200}{0.9 \times 33501793.1} = 0.805 > 0.2$$

$$\text{Maka } \frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$0.805 + \frac{8}{9} \left(\frac{10807,6}{0.85 \times 84960} + \frac{922}{0.85 \times 28080} \right) \leq 1$$

$$0.989 \leq 1 \dots \text{OK}$$

5.5 Perencanaan Pelat Lantai Basement

Beban-beban yang bekerja pada pelat disesuaikan SNI 1727 - 2013 pembebanan pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2(1) yaitu :

$$Q_u = 1.4 D$$

5.5.1 Desain Pelat Lantai Basement

Data-data desain yang dibutuhkan dalam perhitungan 1 lantai adalah sebagai berikut :

Mutu Beton, f'_c	= 30 MPa $\rightarrow \beta_1 = 0,8$
Tebal Pelat, t	= 700 mm
Selimut Beton	= 75 mm
Modulus Elastisitas, E_c	= 23500 Mpa
Kuat tarik, f_y	= 420 MPa

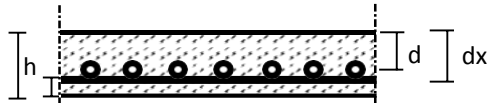
5.5.2 Pembebanan Pelat

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

1. Beban Mati (D)
Gaya Uplift = 72.2 kN/m²
2. Kombinasi Pembebanan
 $Q_u = 1.4 D$
 $= 1.4 \times 72.2 = 101.08 \text{ kN/m}^2$

5.5.3 Penulangan Pelat Lantai Basement

Dimensi pelat lantai seperti ditunjukkan pada Gambar 5.33.



Gambar 5. 33 Dimensi Pelat Lantai

Perletakan yang digunakan adalah jepit penuh. Perhitungan nilai gaya dalam pada pelat adalah sebagai berikut :

$$L_y/L_x = 10500/7500 = 1.4 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

$$\begin{aligned} M_{I_x} &= 0.001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_x \\ &= 0.001 \times 101.08 \times 7.5^2 \times 25 \\ &= 211.567 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{I_y} &= 0.001 \times Q_u \times L_y^2 \times X_y \\ &= 0.001 \times 108.08 \times 10.5^2 \times 21 \\ &= 220.844 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{t_x} &= -0.001 \times Q_u \times L_x^2 \times X_x \\ &= -0.001 \times 101.08 \times 7.5^2 \times 59 \\ &= -499.297 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{I_y} &= -0.001 \times Q_u \times L_y^2 \times X_y \\ &= -0.001 \times 108.08 \times 10.5^2 \times 54 \\ &= -567.884 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= t_{\text{pelat}} - \text{deking} - 0.5D \\ &= 700 - 75 - (0.5 \times 22) \\ &= 614 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= t_{\text{pelat}} - \text{deking} - D - 0.5D \\ &= 700 - 75 - 22 - (0.5 \times 19) \\ &= 593.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} \text{ untuk pelat} = 0.002$$

Nilai ρ perlu dihitung sebagai berikut :

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \frac{600}{600+420} \\
 &= 0.033 \\
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_{\text{balance}} = 0.75 \times 0.025
 \end{aligned}$$

Penulangan Arah X (lapangan = tumpuan)

Direncanakan menggunakan D22

$$Mu = 499.297 \text{ kNm} = 499297000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.12$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{499297000}{0.9 \times 1000 \times 614^2} = 1.47 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.47}{420}} \right) \\
 &= 0.00359 > \rho_{\min} \dots\dots \text{ (digunakan } \rho_{\text{perlu}} \text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0.00359 \times 1000 \times 614 = 2204.26 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D22 – 150 mm (A_s pakai = 2280.796 mm²)

Penulangan Arah X (lapangan = tumpuan)

Direncanakan menggunakan D19

$$Mu = 567.884 \text{ kNm} = 567884000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.12$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{567884000}{0.9 \times 1000 \times 593.5^2} = 1.79 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.79}{420}} \right) \\
 &= 0.00439 > \rho_{\min} \dots\dots \text{ (digunakan } \rho_{\text{perlu}} \text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0.00359 \times 1000 \times 593.5 = 2605.465 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipasang tulangan D19 – 100 mm (As pakai = 2835.287 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

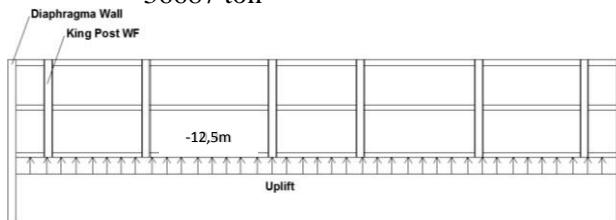
5.6 Kontrol Uplift

Adanya beban *uplift* dan air tanah dapat membahayakan *basement* akibat beban angkat keatas. Keadaan ini sangat berbahaya karena dapat mempengaruhi kestabilan struktur *basement* terutama pada saat pembangunan pelat paling dasar pada kedalaman -12,5 m sudah selesai. Untuk itu perlu dilakukan analisa kesetimbangan beban antara uplift dengan beban gedung dengan rumus

$$F_{\text{uplift}} - W_{\text{struktur}} < \frac{Qu}{SF}, \text{ dengan SF} = 1.5$$

Untuk perhitungan kontrol terhadap *uplift* muka air tanah yang diambil adalah muka air paling kritis yaitu elevasi 0 m sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_u &= \gamma_w h_w A_{\text{pelat}} \\
 &= 1 \times 12,5 \times 2935 \\
 &= 36687 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 34 Uplift pada pelat basement
Sumber : pribadi

- Berat lantai basement :

$$W_1 = \gamma_{\text{beton}} t A_{\text{tower2}} = 2.4 \times 0.7 \times (84.6 \times 34.7) = 4914 \text{ ton}$$
- Berat akibat Tower 2

$$W_2 = 84162.1 \text{ ton}$$

- Berat bored pile

$$W_3 = 7192.991 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{F_u} = \frac{4941 + 84162.1 + 7192.991}{36687}$$

$$SF = 2,625 \dots \text{OK}$$

5.7 Kontrol Terhadap Pengaruh Gempa






Pada *diaphragm wall* perlu dicek apakah desain yang telah dirancang masih memenuhi syarat apabila terdampak gempa. Dengan memasukkan percepatan vertikal masing-masing peta gempa yang telah dihitung pada Bab IV pada plaxis, dapat diperoleh angka keamanan dan defleksi yang terjadi pada *diaphragm wall*.


Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2. Berikut adalah langkah – langkah pengoperasian program bantu PLAXIS V.8.2 :

a. *Input*

Secara garis besar, langkah – langkah yang dilakukan dalam input plaxis adalah membuat geometri lapisan tanah dan struktur, mendefinisikan material – material yang diperlukan, lalu meng-generasi tekanan yang terjadi. Untuk lebih lengkapnya akan dijelaskan pada langkah – langkah dibawah ini :

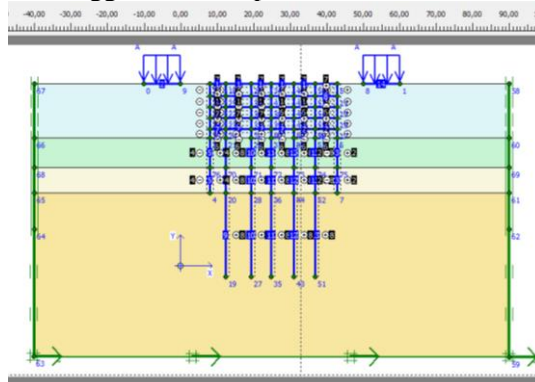
- Buka aplikasi Plaxis V.8.2.
- Pilih *new project*
- Pada tab *Project* bagian *General*, pilih Model *Plane Strain* dan *Element 15-Node*. Pada tab *Dimensions* bagian *Units*, atur satuan yang akan dipakai (pada tugas akhir ini menggunakan satuan *kN/m/day*).
- Pada tab *Dimensions* bagian *Geometry Dimensions* masukan ukuran ruang kerja yang dibutuhkan (pada tugas akhir ini menggunakan ukuran 100 x 100 m). Klik *OK*.

- Selanjutnya adalah membuat geometri tanah dengan menggunakan alat *Geometry Line*  dengan cara menarik garis berdasarkan koordinat (x,y) sesuai dengan kondisi lapisan tanah yang ada di lapangan.
- Langkah berikutnya adalah membuat konstruksi yang ingin ditinjau menggunakan alat *Plate* , dengan cara menarik garis berdasarkan koordinat (x,y) sesuai dengan kondisi konstruksi yang diinginkan.
- Berikutnya adalah memasukan beban hidup, dengan menggunakan alat *Distributed Load* , tarik garis sebesar lebar beban hidup yang terjadi, kemudian pilih objek menggunakan alat *Selection* , lalu masukan besaran beban hidup (pada tugas akhir ini beban hidup (q) sebesar 12 kN/m^2).
- Selanjutnya adalah menambahkan *Interfaces* pada dinding penahan tanah, dengan menggunakan alat *Interfaces*  tarik garis interface mulai dari ujung atas sampai dengan ujung bawah dinding lalu kembali lagi ke ujung atas.
- Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter tanah tiap lapis kedalam program Plaxis V.8.2. yaitu terdapat pada tab *Materials Soil & Interfaces*.
- Klik *New* lalu pada tab *General* bagian *Material Set* Masukan Nama, Model, dan Tipe dari lapisan tanah (pada tugas akhir ini dipilih kalkulasi menggunakan Model *Mohr- Coulomb* dan Tipe *UnDrained* untuk tanah lempung).
- Pada bagian *General Properties* masukan nilai γ_{sat} dan γ_{unsat} untuk lapisan tanah yang dimasukan sesuai dengan parameter tanah yang ada.
- Pada bagian *Permeability* masukan nilai kecepatan permeabilitas tanah (pada tugas akhir ini nilai kecepatan permeabilitas untuk tanah lempung adalah sebesar 1 mm/hari).


- Selanjutnya pada tab *Parameters* bagian *Stiffness* masukan nilai Modulus Elastisitas tanah dan *Poisson's Ratio* tanah dari data parameter tanah yang ada (pada tugas akhir ini nilai $E_s = 25000 \text{ kN/m}^2$ dan $\mu = 0,2$ untuk tanah lapis 1).
- Pada bagian *Strength* masukan nilai Kohesi dan Sudut geser tanah, dan Dilatasi (pada tugas akhir ini nilai $C' = 12.5 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 0^\circ$ untuk tanah lapis 1, sedangkan untuk dilatasi diisi 0). Sementara pada bagian *Alternatives* dan *Velocities* dibiarkan *default* saja.
- Pada tab *Interfaces* bagian *Strength* masukan nilai *Real Interface* (R_{inter}) sebesar 0,9, sementara untuk bagian *Real Interface Thickness* dibiarkan *default* saja.
- Ulangi langkah diatas untuk setiap lapisan tanah yang akan di definisikan.
- Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter untuk material dinding penahan tanah serta pengaku lateral tambahan. Terdapat pada tab *material* bagian *Plates*.
- Klik *New* untuk memulai, pada bagian material set masukan nama dan tipe material yang ingin didefinisikan (pada tugas akhir ini digunakan tipe material *Elastic*)
- Selanjutnya pada bagian *Properties* masukan nilai EA, EI, w, dan μ sesuai dengan data perencanaan. Sedangkan untuk nilai *Rayleigh* dibiarkan *default* saja.
- Ulangi langkah diatas untuk setiap jenis struktur yang akan didefinisikan.
- Setelah semua material di definisikan, tekan dan tahan tiap jenis material kemudian tarik ke geometri pada ruang kerja sesuai dengan jenis material yang dipilih tadi.
- Setelah itu definisikan kekakuan pada setiap ujung ruang kerja dengan memilih alat *Standard Fixities* .
- Gempa dimodelkan dengan memasang *Prescribed Displacement (Dynamic)* posisi paling bawah dari batas

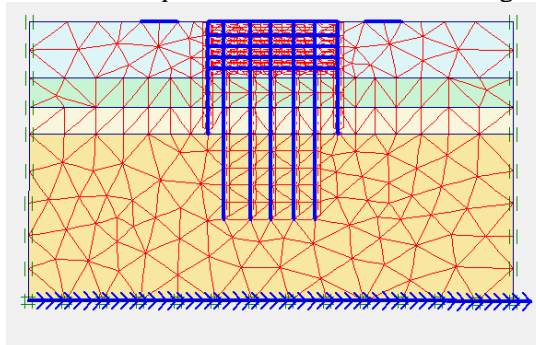
bidang geometri dengan nilai x -component = 0.01 m (karena file .smc untuk percepatan gempa bersatuan cm) dan y -component = 0.00 m.

Lakukan hingga terlihat seperti Gambar 5.35 berikut.





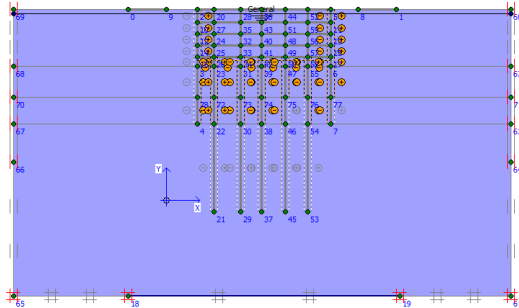
Gambar 5. 35 Geometri Input Pada Program Plaxis V.8.2

- Tahap selanjutnya adalah *Generate Mesh* dengan menggunakan alat . Kemudian klik *OK* untuk melanjutkan sehingga muncul jendela seperti Gambar 5.36. Lalu klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja.




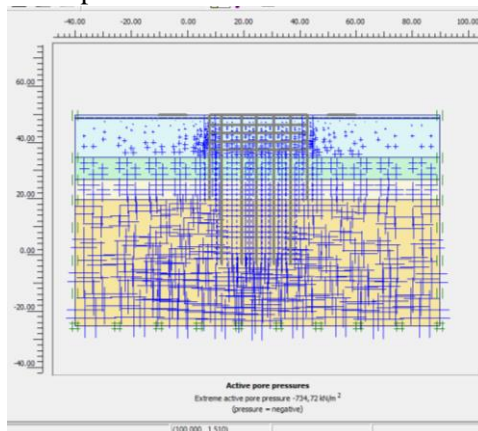
Gambar 5. 36 *Generate Mesh*

- Selanjutnya klik *Initial Condition* , lalu masukan elevasi MAT dengan menggunakan alat *Phreatic Level* , tarik garis dari ujung kiri ruang kerja (sesuai dengan elevasi MAT) hingga ujung kanan. Seperti terlihat pada Gambar 5.37.





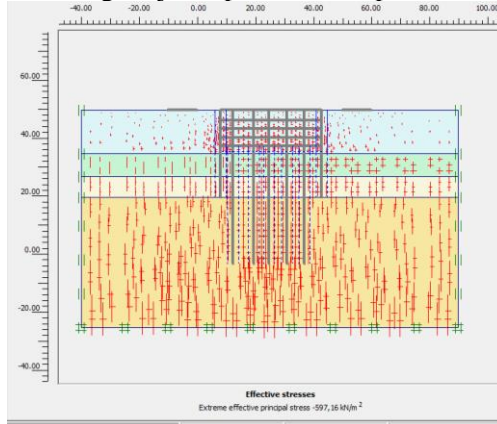
Gambar 5. 37 *Initial Condition*

- Selanjutnya klik *generate water pressure* , kemudian klik *OK*, lalu klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja. Seperti terlihat pada Gambar 5.38.




Gambar 5. 38 *Generate Water Pressure*

- Selanjutnya klik *initial pore pressures* , lalu klik *Generate Initial Stresses* . Kemudian atur ΣM -weight sebesar 1,00, lalu klik *OK*, kemudian klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja. Seperti terlihat pada Gambar 5.39.




Gambar 5. 39 *Initial Stress Generation*

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

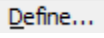
b. Kalkulasi

Pada langkah kalkulasi ini terdapat beberapa fase perhitungan yang perlu didefinisikan. Setiap fase kalkulasi ini merepresentasikan tahapan – tahapan pekerjaan pada kondisi sesungguhnya. Pada tugas akhir ini metode konstruksi yang digunakan adalah *Top Down Construction* sehingga urutan pekerjaannya dimulai dari pengecoran pelat lantai kemudian dilanjut oleh pekerjaan galian bertahap. Untuk pemodelan fase kalkulasinya akan dijelaskan pada langkah – langkah dibawah ini:

- Klik *next*  *Next*, untuk memulai fase kalkulasi baru. Pada tab *General* masukan nama fase dan predesesor dari

fase tersebut. Pada tab *calculation type* pilih *Plastic*. (pada tugas akhir ini fase kalkulasi dimulai dari instalasi dinding penahan tanah dan beban hidup)

- Pada tab *Parameters* bagian loading input pilih alat *define*


 *Define...* untuk masuk kedalam ruang kerja.

- Pada ruang kerja pilih beban hidup, dinding penahan tanah, dan pondasi tiang sampai warnanya berubah dari abu-abu menjadi biru. Klik *Update* untuk kembali ke jendela sebelumnya.

- Klik *next* untuk melanjutkan ke fase selanjutnya yaitu pengecoran pelat lantai.

- Selanjutnya lakukan *define* untuk masuk kedalam ruang kerja. Pilih struktur pelat lantai paling atas hingga warnanya menjadi biru. Klik *Update* untuk kembali ke jendela sebelumnya.


- Klik *next* untuk melanjutkan ke fase selanjutnya yaitu galian bertahap.

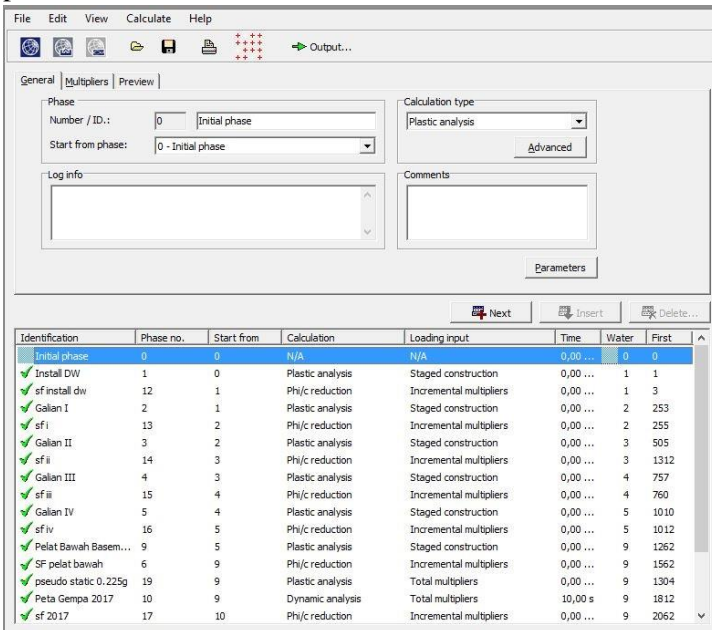
- Selanjutnya lakukan *define* untuk masuk kedalam ruang kerja. Pilih lapisan tanah yang akan digali hingga warnanya berubah menjadi putih. Klik alat *Water Pressure* , untuk menghilangkan tekanan air pada lapisan tanah yang digali dengan cara klik kanan pada tanah yang digali, kemudian pilih *cluster dry*, lalu klik *OK*. Kemudian klik *update*.

- Selanjutnya untuk memasukkan beban percepatan akibat gempa dengan metode *pseudo-static*, pilih *Loading input : Total Multipliers*, kemudian mengisi ΣM_{accel} sebesar percepatan akibat gempa yaitu 0,180g pada peta gempa 2010 dan 0,225g pada peta gempa 2017.

- Selanjutnya untuk memasukkan beban percepatan akibat gempa dengan metode *pseudo-dynamic*, pada lembar *General* pilih *Calculation : Dynamic analysis* dengan *time interval* 10s, kemudian masukan beban gempa

rencana untuk analisa dinamis. Diguunakan data percepatan gempa yang pernah terjadi dengan besaran PGA yang sesuai dengan perencanaan. Data gempa diperoleh dari situs <https://strongmotioncenter.org/>

- Selanjutnya klik next untuk menambahkan fase baru untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF), yaitu dengan cara merubah *calculation type* ke *Phi/c reduction*.
- Selanjutnya pilih alat *Select point for curves* lalu tentukan satu titik tinjau kemudian klik *Update*.
- Klik alat *Calculate*  *Calculate...*, untuk memulai proses kalkulasi.




Gambar 5. 40 Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.2

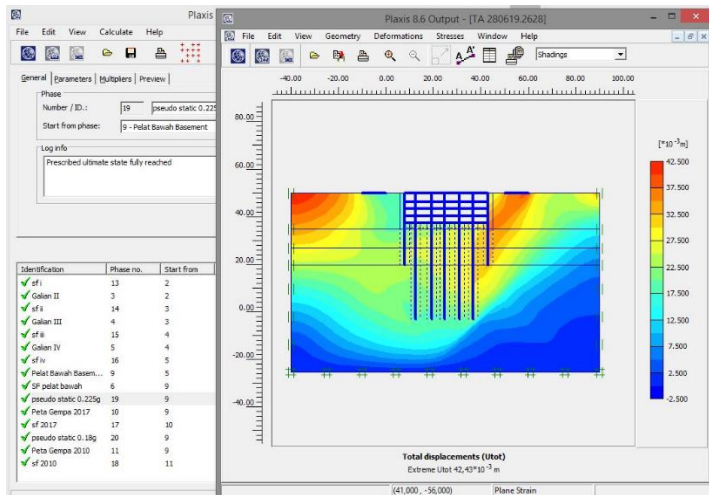
c. Output

Nilai *Safety Factor* (SF) terdapat pada tab *Multipliers* bagian *Total Multipliers*. Disana terdapat nilai $\sum M_{sf}$ yang

merupakan nilai *Safety Factor* (SF) dari SF dari keseluruhan konstruksi *basement*.

Untuk melihat *Deformed Mesh*, *Total Displacement*, dan resultan gaya – gaya yang terjadi dapat dilihat pada jendela *output* yang dapat diakses dengan cara mengklik tombol *output* ➡ **Output...**

Untuk melihat deformasi/defleksi/gaya dinding penahan tanah secara detail, dapat diklik dua kali pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau. Kemudian jika ingin melihat deformasi/defleksi/gaya per kedalaman dapat diakses menggunakan alat *Table* .



Gambar 5. 41 Defleksi Maksimum *Diaphragm Wall*

Kesimpulan dari analisa stabilitas dinding *diaphragm wall* menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2 adalah :

Tabel 5. 25 Hasil Analisa menggunakan PLAXIS

Tahapan	Defleksi (mm)						SF
	Total	izin = 0,5% H	Total<Izin	Horizontal	izin = 1 inch	Horizontal<izin	
Install DW	15,98	62,5	OK	-7,15	25,4	OK	4,5620
Galian I	16,55	62,5	OK	-7,72	25,4	OK	3,0732
Galian II	16,85	62,5	OK	-8,50	25,4	OK	5,7943
Galian III	17,41	62,5	OK	-9,51	25,4	OK	4,8550
Galian IV	17,71	62,5	OK	-10,28	25,4	OK	5,7623
Install Pelat Terbawah	19,13	62,5	OK	-10,32	25,4	OK	4,2315
Pseudo-static 0,180g	36,47	62,5	OK	-22,24	25,4	OK	4,1129
Pseudo-static 0,225g	42,53	62,5	OK	-25,37	25,4	OK	3,1905
Pseudo-dynamics 2010	19,32	62,5	OK	-10,35	25,4	OK	4,5647
Pseudo-dynamics 2017	38,06	62,5	OK	-11,04	25,4	OK	3,8878

Dari Tabel 5.25 dapat disimpulkan bahwa :

1. Defleksi total yang terjadi pada tanah lebih kecil daripada defleksi izin yaitu 0,5%H, dengan H adalah kedalaman galian. OK.
2. Defleksi horizontal yang terjadi pada dinding diaphragma lebih kecil daripada defleksi izin yaitu 1 inch atau 25,4 mm. OK.
3. Nilai *Safety Factor*(SF) tiap tahapan lebih besar daripada SF yang disyaratkan yaitu 1,5. OK
4. Terdapat penurunan nilai SF dan kenaikan nilai defleksi akibat adanya pembaharuan Peta Zonasi Gempa Indonesia.

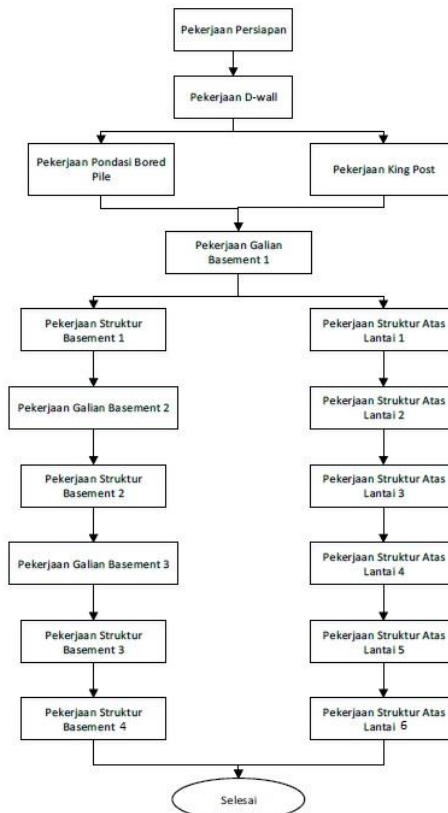
Maka, desain dari *Diaphragm Wall* yang telah dihitung dapat digunakan sebagai perencanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI METODE PELAKSANAAN

Bab ini akan membahas mengenai urutan pelaksanaan konstruksi basement Apartemen Arudaya Surabaya, tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu :

1. Tahapan pelaksanaan diaphragma wall
2. Tahapan pelaksanaan bored pile
3. Tahapan pelaksanaan top-down construction



Gambar 6. 1 Metode pelaksanaan *Top-Down*

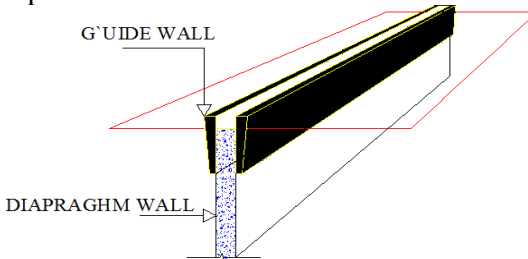
6.1 Urutan Pelaksanaan Diaphragm Wall

Pengerjaan dinding diafragma terdiri dari 4 bagian yang mendasar, yaitu:

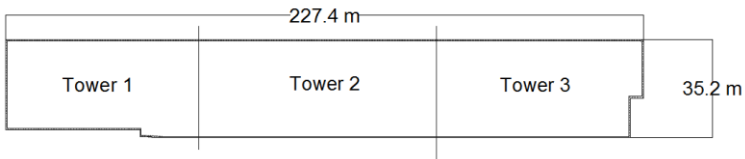
1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan penggalian, pemasangan besi tulangan, dan pengecoran

6.1.1 Pekerjaan Persiapan

Pada Pekerjaan persiapan ini merupakan pemasangan *guide wall*, *guide wall* ini berfungsi untuk menghindari adanya penyimpangan pada saat pengeboran. **Gambar** *guide wall* akan ditunjukkan pada **Gambar** 6.2 dan 6.3.



Gambar 6. 2 *Guide Wall*



Gambar 6. 3 *Guide Wall*

6.1.2 Pekerjaan Penggalian, Pemasangan Besi Tulangan dan pengecoran

Pada saat penggalian tanah untuk dinding *diaphragm wall* tidak boleh saling berdekatan, melainkan harus selang – seling

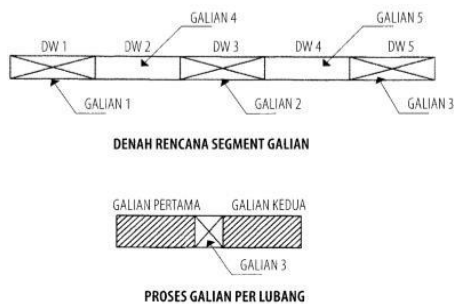
pada saat pelaksanaan, hal ini dilakukan untuk menghindari keruntuhan tanah akibat galian. Pada proyek ini penggalian untuk *diaphragm wall* 30 meter. Penggalian dengan menggunakan alat *clamshell* seperti pada **Gambar 6.4**.



Gambar 6.4 *Clamshell*

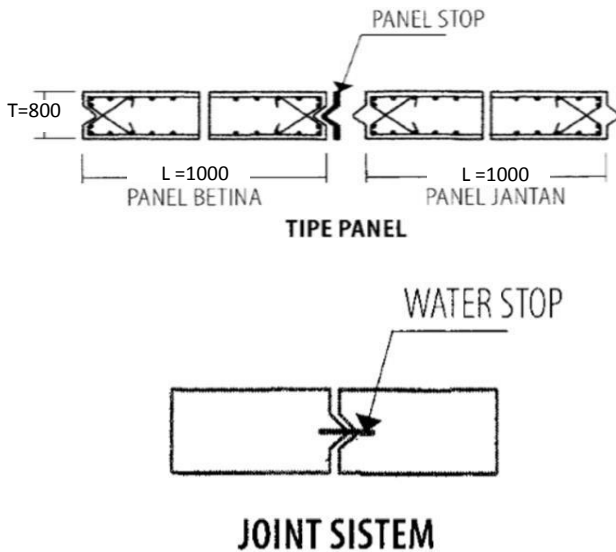
Sumber : Google Search Engine

Untuk menghindari rusaknya dinding galian yang lain, saat dilakukan penggalian, bersamaan itu pula lumpur bentonite dimasukkan untuk menjaga kestabilan tanah galian. Konsep perencanaan penggalian seperti pada **Gambar 6.5**



Gambar 6.5 Konsep Perencanaan Penggalian

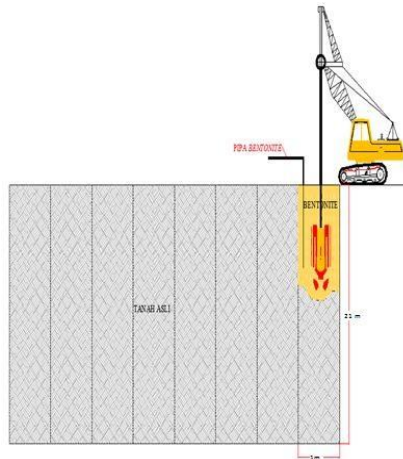
Pada tiap ujung dinding *diaphragm wall* ada dua tipe, yaitu tipe *male* dan *female*. Paduan keduanya akan membuat antar panel saling mengikat. Pada saat akan melakukan pemasangan kerangka besi, panel stop juga ikut diturunkan pada dua ujung panel dinding *diaphragm wall*. *Panel stop* ini berfungsi untuk membentuk kedua ujung *diaphragm wall*. *Panel stop* seperti pada **Gambar 6.6** berikut ini.



Gambar 6.6 *Panel Stop* dan *Water Stop*
Sumber : Google Search Engine

Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan penggalian, pemasangan tulangan dinding.

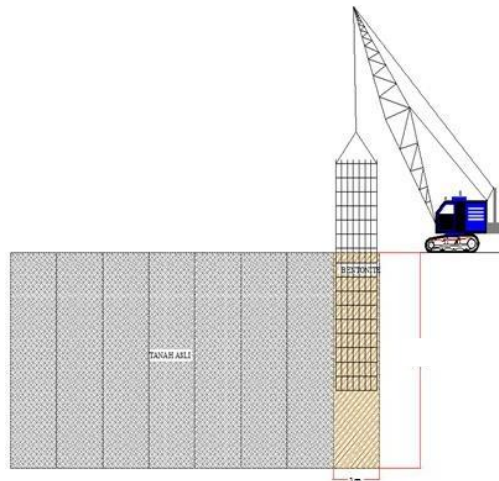
- a. Penggalian lubang panel dinding menggunakan alat clamshell, digunakan lumpur bentonite sebagai stabilisator agar tidak terjadi keruntuhan pada dinding galian. Adapun proses penggalian tanah untuk dinding seperti pada **Gambar 6.7** berikut ini.



Gambar 6. 7 Penggalian Tanah Untuk Diaphragm Wall

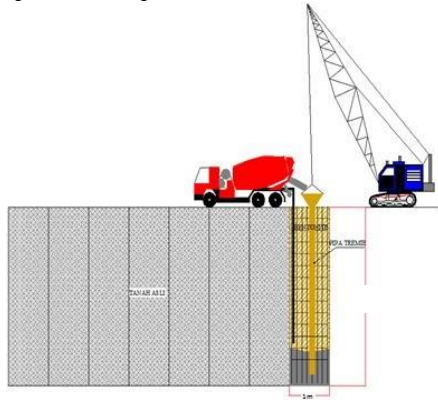
Sumber : Google Search Engine

- b. Setelah penggalian Selesai, dilanjutkan dengan pemasangan tulangan dinding diafragma menggunakan alat *mobile crane*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 6.8** berikut ini.



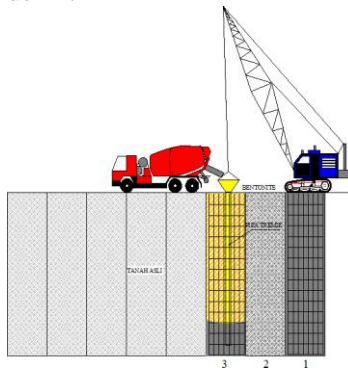
Gambar 6. 8 Pemasangan Tulangan *Diaphragm Wall*

- c. Proses pengecoran *diaphragm wall* dimulai dari memasukan pipa tremi, hal ini dilakukan untuk menjaga tinggi jatuh beton segar kurang dari 1,5 m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 6.9** berikut ini.



Gambar 6.9 Pengecoran *Diaphragm Wall*

- d. Setelah pekerjaan panel satu (1) selesai dilanjutkan pekerjaan panel tiga (3), hal ini dilakukan karena adanya joint system yang berbeda antara panel ganjil dengan panel genap. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 6.10** berikut ini:



Gambar 6.10 Pekerjaan *Diaphragm Wall* pada panel 3

6.2 Urutan Pelaksanaan Bored Pile

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

- Pekerjaan persiapan
- Pekerjaan pengeboran
- Pekerjaan pengecoran

6.2.1 Pekerjaan Persiapan

- A. Pekerjaan survey titik pengeboran
- B. Pekerjaan fabrikasi tulangan

6.2.2 Pekerjaan Pengeboran dan Pemasangan Besi Tulangan

A. Pengeboran

Pengeboran awal menggunakan mata bor jenis auger yang dipasang pada alat berat untuk melonggarkan tanah yang akan dibuat lubang tiang bor. Pengeboran menggunakan auger dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan 52 meter dari muka tanah. Sampai kedalaman tersebut dilaksanakan pembesaran dengan 2,5 D shaft dengan underreamer.

B. Pemasangan casing

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

C. Pemasangan tulangan dan *kingpost*

Untuk memudahkan dalam pemasangan dilapangan *kingpost* dan tulangan longitudinal disatukan dengan cara dilas.

Pembesian yang telah dirangkai dan dilas dengan *kingpost* di daerah fabrikasi dimasukkan kedalam lubang bor sesuai dengan letak yang diinginkan didalam lubang.

Pada saat dilakukan pemasangan menggunakan *mobile crane*. Dengan dibantu surveyor, *kingpost* dicek

kelurusannya ketika diangkat oleh crane, lalu dimasukkan ke dalam lubang bor melewati penyangga kingpost sementara.

Surveyor harus memandu proses ini baik dari segi koordinat maupun elevasi kingpost secara simultan. Setelah kingpost berada ditempatnya, kingpost dilas dengan penyangga kingpost sementara dan penggantung dilepas.

D. Pemasangan tremie

Setelah pembesian terpasang, kemudian dilakukan pemasangan tremie sesuai dengan panjang yang diinginkan dengan ujung bawah terletak 30 cm ($< 1,5$ m) dari dasar lubang. Ditengah – tengah permukaan lubang bor dilengkapi dengan corong penampung beton segar.

E. Pekerjaan pengecoran

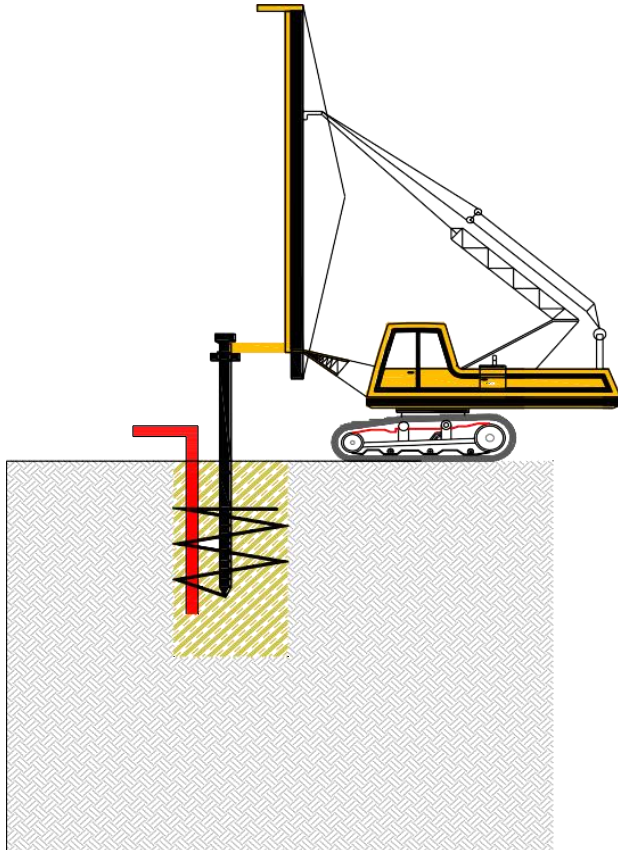
Concrete mixer truck yang digunakan berkapasitas 6 m³. Beton yang digunakan memiliki slump yang tinggi yaitu sekitar 15-18 cm dan mutu beton f'c 30.

Sebelum beton segar dituang ke corong tremi, terlebih dahulu dimasukan *Styrofoam* saat memasang pipa tremi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tercampurnya beton segar dengan air tanah.

Pengecoran ini dilakukan sampai 2m diatas *cutoff* level pondasi, karena 2m beton yang paling atas merupakan beton jelek

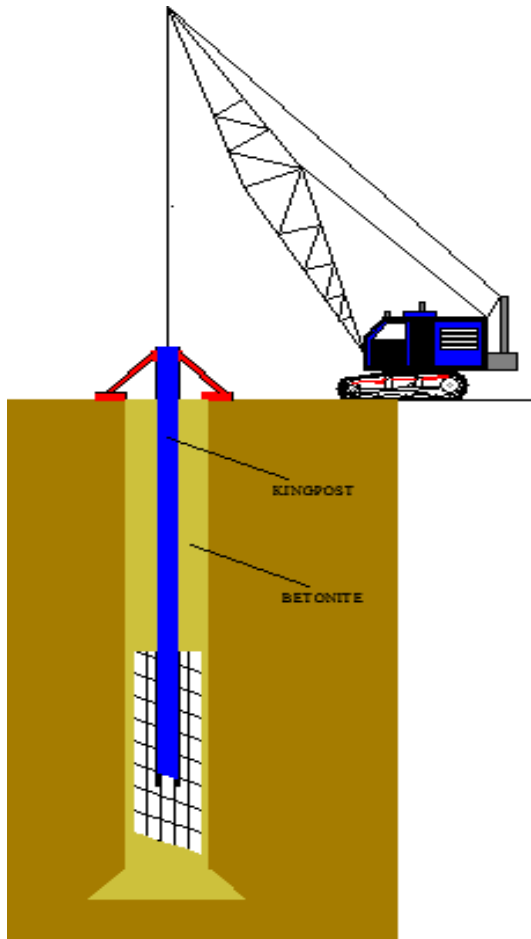
Berikut ini ilustrasi urutan pekerjaan pondasi *bored pile*.

1. Pengeboran tanah, untuk stabilitator dinding lubang pengeboran digunakan *bentonite slurry*.



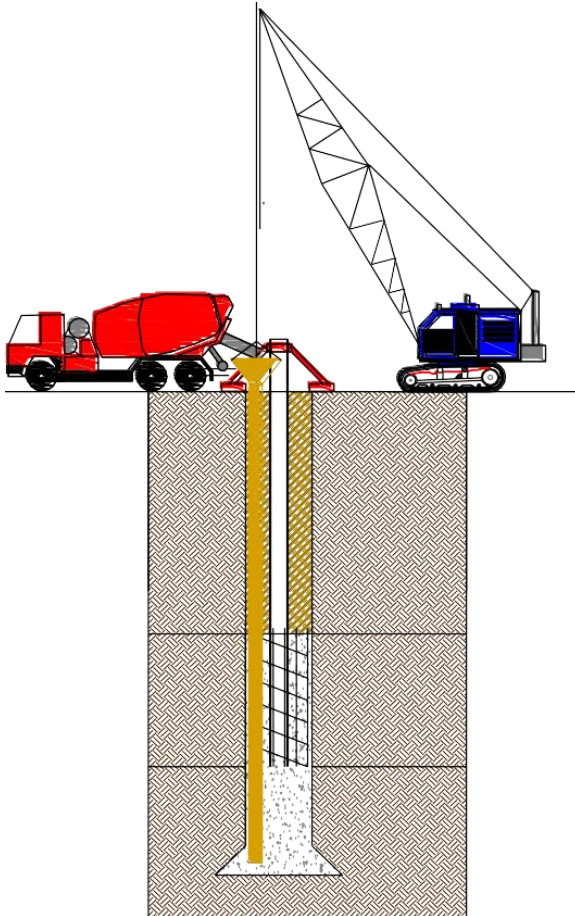
Gambar 6. 11 Pengeboran Tanah untuk Bored Pile
Sumber : Google Search Engine

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



Gambar 6. 12 *Pemasangan Tulangan dan King Post*
Sumber : Google Search Engine

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



Gambar 6. 13 Pengecoran Bored Pile dan King Post

Sumber : Google Search Engine

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB VII

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis data dan perhitungan dengan mengacu pada daftar pustaka, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dari hasil analisa pengolahan data titik bor menunjukkan bahwa jenis tanah dominan lempung lunak sedalam 15 meter sehingga perlu direncanakan struktur pondasi berupa bored pile dengan diameter shaft 1,5 meter dan diameter bell 2 meter sepanjang 41 meter dengan tulangan utama 36D25 dan tulangan spiral D16-60, struktur dinding penahan yang digunakan adalah Diaphragm Wall setebal 0,8 meter dengan panjang 30 meter menggunakan tulangan vertikal D19-70 dan tulangan transversal D16-60 dengan nilai SF terendah 3,0723 pada tahapan Galian I.
2. Pondasi bored pile sepanjang 41 meter pada elevasi -53,00 meter telah mencapai daya dukung ijin ($Q_{ijin}=2520,924$ ton) dengan $SF=3$ sehingga mampu menahan beban struktur atas ($Q_w = 2428,92$ ton), defleksi axial akibat beban struktur atas sebesar 16,429 cm dan defleksi lateral pada ujung atas tiang akibat beban gempa sebesar 0,8mm.
3. Adanya pembaharuan Peta Zonasi Gempa 2010 menjadi Peta Zonasi Gempa 2017 mengakibatkan kenaikan nilai defleksi dan penurunan nilai SF yang terjadi pada struktur bawah seperti ditunjukkan Tabel 5.25, Gambar 5.29 dan Gambar 5.30.
4. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, defleksi yang terjadi saat perencanaan dan tiap tahapan konstruksi pada struktur bawah lebih kecil dibanding defleksi izin yang telah diatur oleh SNI 8460:2017 sehingga perencanaan struktur bawah proyek Apartemen Arundaya Surabaya dinilai aman terhadap kondisi sekitar.

7.2 Saran

Perlu dibuat stratigrafi tanah berdasarkan titik bor karena pada data hasil bor Tugas Akhir tidak diketahui koordinat pasti titik tes pengeboran, setelah itu perencanaan dapat dilakukan dengan cara zonasi dan menggunakan data tanah yang sesuai dengan posisi struktur agar perencanaan dapat lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J.E. 1983. **Analisa dan Desain Pondasi Jilid I**. Jakarta: Erlangga.

Terzaghi, Karl dan R.B. Peck. 1967. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. New York: John Wiley & Sons

Das, Braja M., 1990. **Principles of Foundation Engineering, 7th ed.** Southern Illinois University of Carbondale, Boston, PWS-KENT Publishing Company.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk struktur Bangunan Gedung**. SNI 03 – 1726 – 2012.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung dan Bangunan**. SNI 03 – 1727 – 2013.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung**. SNI 03 – 2847 – 2013.

Badan Standardisasi Nasional. 2017. **Persyaratan Perancangan Geoteknik**. SNI – 8460 – 2017.

Mochtar, Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar (Penterjemah). 1995. **Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis**. Institut Teknologi 10 Nopember, Surabaya. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Ou, Chang-Yu. 2006. **Deep Excavation Theory and Practice**. Departement of Construction Engineering, Nasional Taiwan University of Science and Technology, Taipe, Taiwan. London : Taylor & Francis Group.

Wahyudi, H., 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya :ITS

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Tanah



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

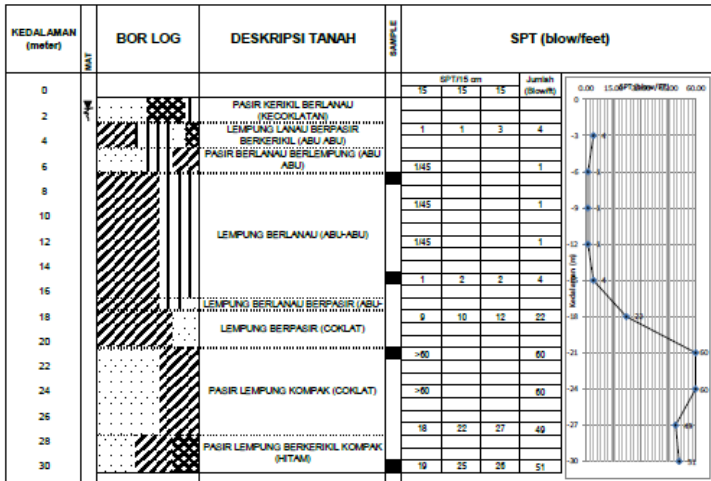
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5940251-05 Fax 1140 Telp/Fax 031 592 8001, e-mail : tanah_ba@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN	: PT. KOPEL LAHAN ANDALAN	TANGGAL	: 18 - 19 Agustus 2016
PROYEK	: PEMBANGUNAN APARTEMEN	MASTER BOR	: Ropli Cs
LOKASI	: JL. KENJERAN 504 SURABAYA	ELEVASI	: ±0.00 m - MT
TITIK BOR No.	: BH - 1	MAT	: - 1,10 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

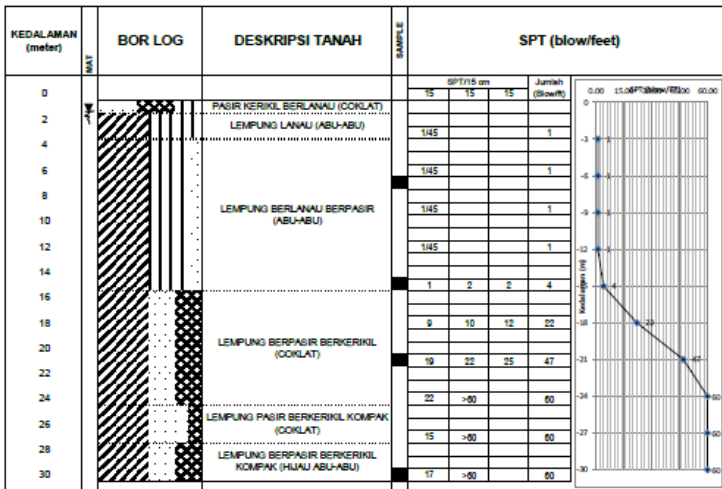
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Kaputh Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5964251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN	: PT. KOPEL LAHAN ANDALAN	TANGGAL	: 19 - 20 Agustus 2016
PROYEK	: PEMBANGUNAN APARTEMEN	MASTER BOR	: Ropli Cs
LOKASI	: JL. KENJERAN 504 SURABAYA	ELEVASI	: ±0.00 m - MT
TITIK BOR No.	: BH - 2	MAT	: - 1,15 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

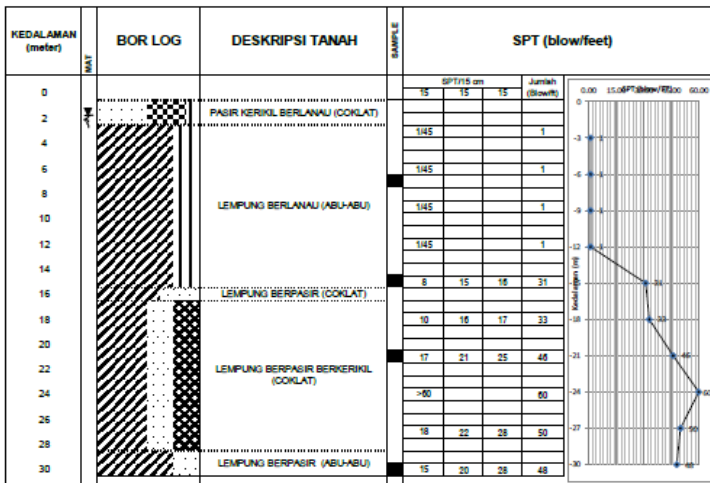
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Kepoh Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5964261-65 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	SATU SARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN	: PT. KOPEL LAHAN ANDALAN	TANGGAL	: 21 - 22 Agustus 2016
PROYEK	: PEMBANGUNAN APARTEMEN	MASTER BOR	: Ropli Cs
LOKASI	: JL. KENJERAN 504 SURABAYA	ELEVASI	: ±0.00 m - MT
TITIK BOR No.	: BH - 4	MAT	: - 1,10 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

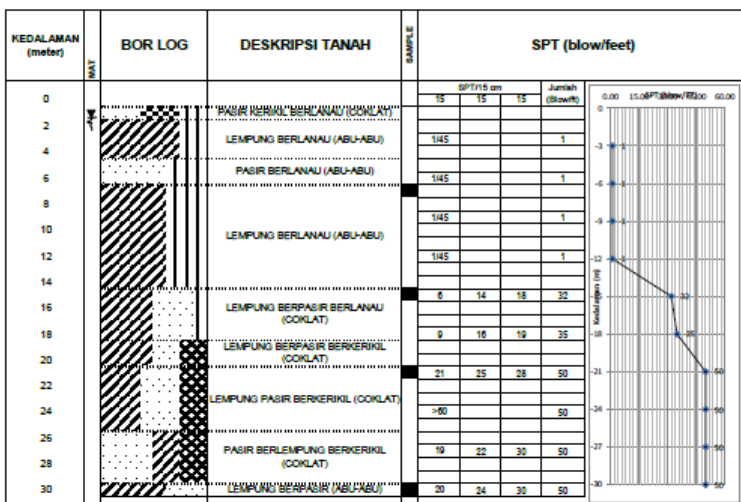
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5964251-56 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8501, e-mail : tanah.hnj@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LATAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN	: PT. KOPEL LAHAN ANDALAN	TANGGAL	: 22 - 23 Agustus 2016
PROYEK	: PEMBANGUNAN APARTEMEN	MASTER BOR	: Ropil Cs
LOKASI	: JL. KENJERAN 504 SURABAYA	ELEVASI	: ±0.00 m - MT
TITIK BOR No.	: BH - 5	MAT	: - 1,0 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928801, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 1
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ _t	γ _d	γ _{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.534	100.00	60.09	60.54	1.613	1.007	1.613	1.11	0.970	4.05E-03
-15.00	2.519	1.326	100.00	52.64	57.01	1.653	1.083	1.653	-	-	-
-21.50	2.642	0.893	100.00	33.80	47.17	1.867	1.396	1.867	-	-	-
-30.00	2.586	0.801	100.00	30.97	44.48	1.881	1.436	1.881	-	-	-

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	ψ	C _u	ψ _u	C _d	ψ _d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.54	90.46	62.83	30.25	32.58	-	-	-	0	-	-	-	0.05	-
-15.00	0.00	8.16	91.84	61.49	31.42	30.07	-	-	0.19	0	-	-	-	-	-
-21.50	0.00	65.14	34.86	51.44	27.65	23.79	-	-	3.29	0	-	-	-	-	-
-30.00	10.43	31.81	57.76	48.16	29.52	18.64	-	-	2.51	0	-	-	-	-	-

REMARK	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	C _d	- Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic Index (%)	C _u	- Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	Su	- Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ψ	- Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ψ _d	- Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)		- Not test	ψ _u	- Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	- Water content (%)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ _t	- Moisture density (gr/cc)				
	γ _{sat}	- Saturated density (gr/cc)				
	γ _d	- Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 2
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC - GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.403	100.00	54.95	58.39	1.646	1.062	1.646	1.13	1.021	4.90E-03
-15.00	2.519	1.397	100.00	55.46	58.28	1.634	1.051	1.634	*	*	*
-21.50	2.642	0.894	100.00	33.84	47.20	1.867	1.395	1.867	*	*	*
-30.00	2.586	0.751	100.00	29.04	42.89	1.906	1.477	1.906	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	18.45	81.55	65.98	29.46	36.52	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	15.34	84.66	60.35	30.52	29.83	*	*	0.21	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.12	13.77	74.11	54.13	26.54	27.59	*	*	3.12	0	*	*	*	*	*
-30.00	15.64	15.43	68.93	52.45	30.86	21.59	*	*	3.65	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	C _d	- Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic Index (%)	C _u	- Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	Su	- Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	- Angle of Internal friction direct shear test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	- Angle of Internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)	*	- Not test	ϕ_u	- Angle of Internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	- Water content (%)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	- Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	- Saturated density (gr/cc)				
γ_d	- Dry density (gr/cc)					



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH -3
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC - GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.625	1.507	100.00	57.41	60.11	1.648	1.047	1.648	1.08	0.854	2.60E-03
-15.00	2.641	1.194	100.00	45.21	54.42	1.748	1.204	1.748	*	*	*
-21.50	2.687	0.856	100.00	31.86	46.12	1.909	1.448	1.909	*	*	*
-30.00	2.585	0.725	100.00	26.05	42.03	1.919	1.499	1.919	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	φ	C _u	φ_u	C _d	φ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.53	90.47	69.78	28.46	41.32	*	*	*	0	*	*	*	0.07	*
-15.00	0.00	10.18	89.82	68.41	31.01	37.40	*	*	1.08	0	*	*	*	*	*
-21.50	0.00	11.49	88.51	55.29	28.77	26.52	*	*	1.49	0	*	*	*	*	*
-30.00	12.37	23.54	64.09	46.24	31.95	14.29	*	*	2.97	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	C _d	- Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic Index (%)	C _u	- Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	Su	- Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	φ	- Angle of Internal friction direct shear test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	φ_d	- Angle of Internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)	*	- Not test	φ_u	- Angle of Internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	- Water content (%)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	- Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	- Saturated density (gr/cc)				
	γ_s	- Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 4
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.537	1.499	100.00	59.09	59.98	1.615	1.015	1.615	1.09	0.906	3.25E-03
-15.00	2.652	1.205	100.00	45.44	54.65	1.749	1.203	1.749	-	-	-
-21.50	2.676	0.826	100.00	30.87	45.24	1.918	1.465	1.918	-	-	-
-30.00	2.615	0.811	100.00	31.01	44.78	1.852	1.444	1.852	-	-	-

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.24	90.76	65.84	30.81	35.03	-	-	-	0	-	-	-	0.06	-
-15.00	0.00	10.53	89.47	59.77	29.39	30.38	-	-	1.49	0	-	-	-	-	-
-21.50	15.94	29.44	54.82	56.27	31.47	24.80	-	-	2.21	0	-	-	-	-	-
-30.00	0.00	31.75	68.25	61.44	30.05	31.39	-	-	2.37	0	-	-	-	-	-

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C_d	= Drained cohesion triaxial test (kg/cm ²)
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C_u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	-	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	Wc	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140.

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 5
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC - GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.637	1.567	100.00	59.42	61.04	1.638	1.027	1.638	1.07	0.841	5.20E-03
-15.00	2.597	1.197	100.00	46.09	54.48	1.727	1.182	1.727	-	-	-
-21.50	2.615	0.879	100.00	33.51	46.78	1.859	1.392	1.859	-	-	-
-30.00	2.729	0.772	100.00	28.29	43.57	1.976	1.540	1.976	-	-	-

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	ϕ	C _u	ϕ_u	C _c	ϕ_c	Su	Cu	
-7.50	0.00	11.09	88.91	63.45	28.65	34.80	*	*	0	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	32.77	67.23	53.28	30.75	22.53	*	*	1.53	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.35	30.87	56.78	42.87	29.68	13.19	*	*	2.61	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	29.45	70.55	59.37	31.25	28.12	*	*	2.55	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	C _c	- Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic Index (%)	C _u	- Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	Su	- Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	- Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	- Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)	P _r	- Not test	ϕ_u	- Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	- Water content (%)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	- Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	- Saturated density (gr/cc)				
γ_d	- Dry density (gr/cc)					

Rangkuman Data Tanah dari hasil SPT

Titik 1

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γt (t/m3)	γd (t/m3)	Cu (kg)	φ(°)	e	n	Rd (%)	qc (t/m3)	Konsistensi
0 - 3	Pasir Kerikil										
3 - 4	Lempung Lanau	3	1,7	1,2	0,185	-			-	3,5	Sangat Lunak
4 - 6	Pasir Berlanau	1	1,5	0,8		10	2,36	70	5		Sangat Regang
6 - 15	Lempung Lanau	2	1,613	1,007	0,063	-	1,534	60,5	-	2,5	Sangat Lunak
15 - 15,5	Lempung Lanau	5	1,653	1,083	0,19	-	1,25	56	-	5,5	Lunak
15,5 - 17	Lempung Lanau	11	1,8	1,396	1,27	-	0,893	47,2	-	15	Menengah
17 - 21	Lempung Berpa	21	1,8	1,395	3,12	-	0,894	47,2	-	30	Kaku
21 - 30	Pasir Lempung	49	1,881	1,436	2,51	41	0,801	44,5	95		Sangat Rapat

Titik 2

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γt (t/m3)	γd (t/m3)	Cu (kg)	φ(°)	e	n	Rd (%)	qc (t/m3)	Konsistensi
0 - 1	Pasir Kerikil										
1 - 3	Lempung Lanau										
3 - 15	Lempung Berlanau	2	1,4	1,047	0,125	-	1,439	58,5	-	3	Sangat Lunak
15 - 15,5	Lempung Berpa	5	1,7	1,051	0,21	-	1,397	58,3	-	5,5	Lunak
15,5 - 19	Lempung Berlanau	11	1,8	1,3	1,1	-	1,08	52	-	15	Menengah
19 - 24	Lempung Berpa	21	1,8	1,395	3,12	-	0,894	47,2	-	30	Kaku
24 - 30	Lempung Pasir	60	1,906	1,477	3,65	-	0,751	42,9	-		Keras

Titik 3

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Cu (kg)	ϕ (°)	e	n	Rd (%)	qc (t/m ³)	Konsistensi
0 - 1	Pasir Kerikil										
1 - 3	Lempung Lanau										
3 - 12,5	Lempung Lanau	2	1,4	1,047	0,125	-	1,507	60,1	-	3	Sangat Lunak
12,5 - 13	Lempung Lanau	5	1,7	1,2	0,21	-	1,25	56	-	5,5	Lunak
13 - 14	Lempung Lanau	11	1,8	1,3	1,12	-	1,08	52	-	15	Menengah
14 - 19,5	Lempung	21	1,8	1,204	1,08	-	1,194	54,4	-	30	Kaku
19,5 - 24	Lempung Berpa	35	1,909	1,448	1,49	-	0,5	33	-	41	Keras
24 - 30	Pasir	53	1,919	1,499	-	41	0,725	42	95	-	Sangat Rapat

Titik 4

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Cu (kg)	ϕ (°)	e	n	Rd (%)	qc (t/m ³)	Konsistensi
0 - 1	Pasir Kerikil										
1 - 3	Lempung Lanau										
3 - 12,5	Lempung Lanau	2	1,4	1,015	0,125	-	1,499	60	-	3	Sangat Lunak
12,5 - 13	Lempung Lanau	5	1,7	1,2	0,21	-	1,25	56	-	5,5	Lunak
13 - 14	Lempung Lanau	11	1,8	1,3	1,12	-	1,08	52	-	15	Menengah
14 - 19	Lempung	21	1,749	1,203	1,49	-	1,205	54,7	-	30	Kaku
19 - 23	Lempung Berpa	31	1,918	1,465	2,21	-	0,826	45,2	-	40	Keras
23 - 30	Pasir	53	1,892	1,444	-		0,811	44,8	95	-	Sangat Rapat

Titik 5

Kedalaman(m)	Jenis Tanah	Nilai SPT Rata-rata	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Cu (kg)	ϕ (°)	e	n	Rd (%)	qc (t/m ³)	Konsistensi
0 - 3	Pasir Kerikil										
3 - 12	Lempung Berlar	1	1,35	1,027	0,125	-	1,567	61	-	3	Sangat Lunak
12 - 13	Lempung Berlar	5	1,7	1,2	0,21	-	1,25	56	-	5,5	Lunak
13 - 14	Lempung Berlar	21	1,8	1,3	1,49	-	1,08	52	-	30	Kaku
14 - 30	Lempung Berpa	49	1,727	1,182	1,53	-	1,197	54,5	-	38	Keras

Lampiran 2 : Perhitungan Daya Dukung Pondasi

D =	1,5 m																		
Dbell =	2 m																		
Titik Bor =	BH - 3																		
Perhitungan Metode Decourt																			
Kedalaman Tanah	Kedalaman	N-SPT	Jenis Tanah	α	Np	K	Ap	Ns	β	Ns/3	As	Qp	Qs	Qe	Qijin				
m	m					t/m ²	m ²				m ²	ton	ton	ton	ton				
13	1	6	Lempung Lanau	0,85	1,5	15	3,142	3	0,8	1,000	4,712	60,083	7,540	67,623	22,541				
14	2	11		0,85	17,17	15	3,142	9,333	0,8	3,111	9,425	687,616	30,997	718,613	239,538				
15	3	22		0,85	20	15	3,142	12,89	0,8	4,296	14,137	801,106	59,900	861,006	287,002				
16	4	22		0,85	22,5	15	3,142	15,29	0,8	5,097	18,850	901,244	91,944	993,188	331,063				
17	5	21		0,85	24	15	3,142	17,03	0,8	5,678	23,562	961,327	125,873	1087,200	362,400				
18	6	21		0,85	26,17	15	3,142	18,56	0,8	6,185	28,274	1048,114	162,525	1210,639	403,546				
19	7	23		0,85	29,33	22	3,142	20,1	0,8	6,698	32,987	1173,268	203,156	1376,424	462,142				
20	8	26		0,85	33,33	22	3,142	21,75	0,8	7,250	37,699	1328,259	248,814	1577,073	526,814				
21	9	31		0,85	37,5	22	3,142	23,5	0,8	7,833	42,412	1503,042	299,708	1802,750	602,416				
22	10	35		0,85	41,83	22	3,142	25,33	0,8	8,444	47,124	1688,616	356,047	2044,663	702,114				
23	11	40		0,85	45,83	22	3,142	27,2	0,8	9,066	51,836	1885,607	417,413	2303,020	799,826				
24	12	45		0,85	49,5	30	3,142	29,06	0,8	9,685	56,549	2095,475	483,386	2578,861	886,242				
25	13	48		0,85	52,5	30	3,142	30,86	0,8	10,286	61,261	2319,807	553,130	2872,937	996,263				
26	14	52		0,85	55	30	3,142	32,58	0,8	10,861	65,973	2559,084	626,015	3185,099	1122,014				
27	15	55		0,85	57	30	3,142	34,21	0,8	11,404	70,686	2813,630	701,413	3515,043	1273,426				
28	16	57		0,85	58,33	30	3,142	35,72	0,8	11,906	75,398	3083,119	778,487	3861,606	1446,912				
29	17	58		0,85	59,17	30	3,142	37,1	0,8	12,366	80,111	3367,878	856,608	4224,486	1643,516				
30	18	60		0,85	59,67	30	3,142	38,35	0,8	12,784	84,823	3668,933	935,357	4604,290	1858,873				
31	19	60		0,85	60	30	3,142	39,49	0,8	13,164	89,535	4000,637	1014,525	5015,162	2106,687				
32	20	60		0,85	60	30	3,142	40,52	0,8	13,506	94,248	4383,637	1093,693	5477,330	2350,377				
33	21	60	0,85	60	30	3,142	41,44	0,8	13,815	98,960	4818,637	1172,861	5991,498	2600,240					
34	22	60	0,85	60	30	3,142	42,29	0,8	14,096	103,673	5318,637	1252,029	6570,666	2862,295					
35	23	60	0,85	60	30	3,142	43,06	0,8	14,353	108,385	5893,637	1331,198	7224,834	3143,332					
36	24	60	0,85	60	30	3,142	43,76	0,8	14,588	113,097	6543,637	1410,366	7954,002	3454,668					
37	25	60	0,85	60	30	3,142	44,41	0,8	14,804	117,810	7278,637	1489,534	8767,171	3800,002					
38	26	60	0,85	60	30	3,142	45,01	0,8	15,004	122,522	8103,637	1568,702	9672,334	4180,336					
39	27	60	0,85	60	30	3,142	45,57	0,8	15,189	127,235	9038,637	1647,870	10686,502	4600,668					
40	28	60	0,85	60	30	3,142	46,08	0,8	15,361	131,947	10083,637	1727,038	11810,670	5070,002					
41	29	60	0,85	60	30	3,142	46,56	0,8	15,521	136,659	11348,637	1806,206	13054,834	5590,336					
42	30	60	0,85	60	30	3,142	47,01	0,8	15,670	141,372	12843,637	1885,374	14429,002	6190,668					
43	31	60	0,85	60	30	3,142	47,43	0,8	15,810	146,084	14598,637	1964,543	15963,170	6820,002					
44	32	60	0,85	60	30	3,142	47,82	0,8	15,941	150,796	16633,637	2043,711	17676,334	7500,336					
45	33	60	0,85	60	30	3,142	48,19	0,8	16,064	155,509	19068,637	2122,879	19691,516	8240,668					
46	34	60	0,85	60	30	3,142	48,54	0,8	16,180	160,221	21913,637	2202,047	21915,684	9050,002					
47	35	60	0,85	60	30	3,142	48,87	0,8	16,289	164,934	25168,637	2281,215	24450,852	9950,336					
48	36	60	0,85	60	30	3,142	49,18	0,8	16,392	169,646	29013,637	2360,383	27374,020	10950,668					
49	37	60	0,85	60	30	3,142	49,47	0,8	16,489	174,358	33568,637	2439,551	30713,188	12050,002					
50	38	60	0,85	60	30	3,142	49,75	0,8	16,582	179,071	38913,637	2518,720	34532,852	13250,336					
51	39	60	0,85	60	30	3,142	50,01	0,8	16,670	183,783	45068,637	2597,888	38860,524	14550,668					
52	40	60	0,85	60	30	3,142	50,26	0,8	16,753	188,496	52013,637	2677,056	43787,693	15950,002					
53	41	60	0,85	60	30	3,142	50,5	0,8	16,832	193,208	60068,637	2756,224	49343,861	17450,336					

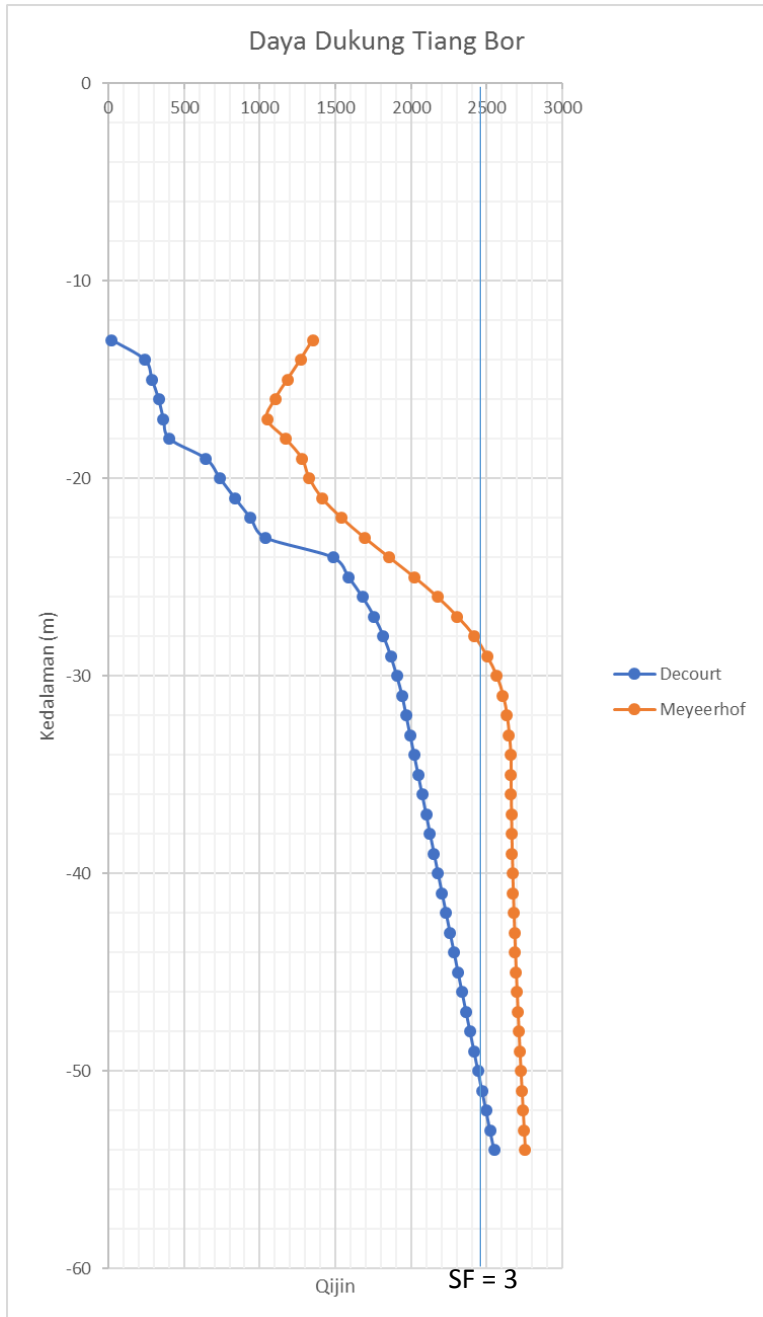
TABEL
 PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IIIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANGCANG
 BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

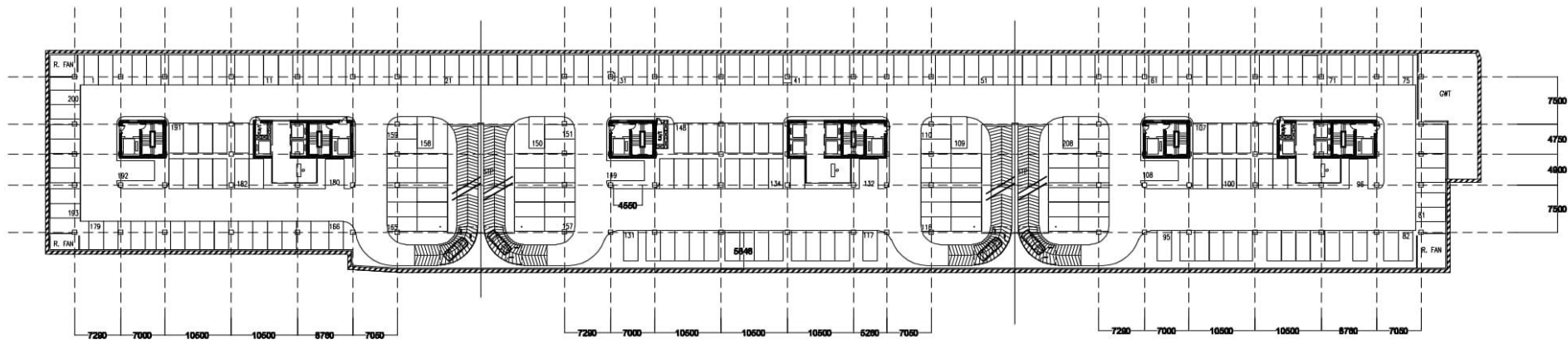
Bor No. : 3 Depth. Increment : 1 m
 Project : Apartemen Arunday Dbell = 200 cm
 Location : Jl Kenjeran
 Pile Dim. : Ø 150 cm
 BH3

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	gsat (t/m3)	g' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	S Rsi (ton)	Qult = Qujung + S Rsi	Qjin = Qult/SF SF=3; (ton)
7	6	L	6	6	6	1,4	0,4	0,4	20,68966	12	12,00	26	3267,256	6	28,27433	0	3267,25636	1089,085
8	11	L	11	11	11	1,45	0,45	0,85	32,83582	22	22,00	30,5	3832,743	11	51,83628	0	3832,743037	1277,581
9	22	L	22	22	22	1,5	0,5	1,35	57,14286	44	44,00	32,8	4121,77	22	103,6726	0	4121,769562	1373,923
10	22	L	22	22	22	1,55	0,55	1,9	50	44	44,00	33,63964	4227,282	22	103,6726	0	4227,28179	1409,094
11	21	L	21	21	21	1,6	0,6	2,5	42	42	42,00	30,25074	3801,42	21	98,96017	0	3801,420339	1267,14
12	21	L	21	21	21	1,55	0,55	3,05	37,83784	42	37,84	30,88257	3880,818	18,91892	89,15331	0	3880,818488	1293,606
13	6	L	6	6	6	1,5	0,5	3,55	9,917355	12	9,92	32,01804	4023,506	4,958678	23,36722	23,36722	4046,872737	1348,958
14	11	L	11	11	11	1,648	0,648	4,198	16,42281	22	16,42	29,78972	3743,486	8,211406	38,69534	62,06256	3805,549052	1268,516
15	22	L	22	22	22	1,648	0,648	4,846	29,94827	44	29,95	27,18679	3416,393	14,97414	70,56395	132,6265	3549,019778	1183,007
16	22	L	22	22	22	1,4	0,4	5,246	28,40176	44	28,40	24,69721	3103,543	14,20088	66,92006	199,5466	3303,089263	1101,03
17	21	L	21	21	21	1,4	0,4	5,646	25,77952	42	25,78	22,96463	2885,821	12,88976	60,74157	260,2881	3146,109068	1048,703
18	21	L	21	21	21	1,4	0,4	6,046	24,5729	42	24,57	25,47999	3201,91	12,28645	57,89853	318,1867	3520,09711	1173,366
19	23	L	23	23	23	1,4	0,4	6,446	25,70981	46	25,71	27,55736	3462,96	12,85491	60,57732	378,764	3841,724234	1280,575
20	26	L	26	26	26	1,5	0,5	6,946	27,52488	52	27,52	28,18172	3541,419	13,76244	64,85397	443,618	3985,037255	1328,346
21	31	L	31	31	31	1,6	0,6	7,546	30,96439	62	30,96	29,62624	3722,943	15,4822	72,95813	516,5761	4239,518897	1413,173
22	35	L	35	35	35	1,748	0,748	8,294	34,31877	70	34,32	32,03053	4025,076	17,15939	80,8617	597,4378	4622,513448	1540,838
23	40	L	40	40	40	1,75	0,75	9,044	38,51338	80	38,51	34,90718	4386,565	19,25669	90,74502	688,1828	5074,747881	1691,583
24	45	L	45	45	45	1,7	0,7	9,744	42,6096	90	42,61	38,02711	4778,628	21,3048	100,3965	788,5793	5567,207321	1855,736
25	48	L	48	48	48	1,7	0,7	10,444	44,70939	96	44,71	41,1427	5170,144	22,35469	105,344	893,9233	6064,067616	2021,356
26	52	L	52	52	52	1,8	0,8	11,244	47,54938	104	47,55	43,8773	5513,784	23,77469	112,0356	1005,959	6519,743087	2173,248

Lanjutan..

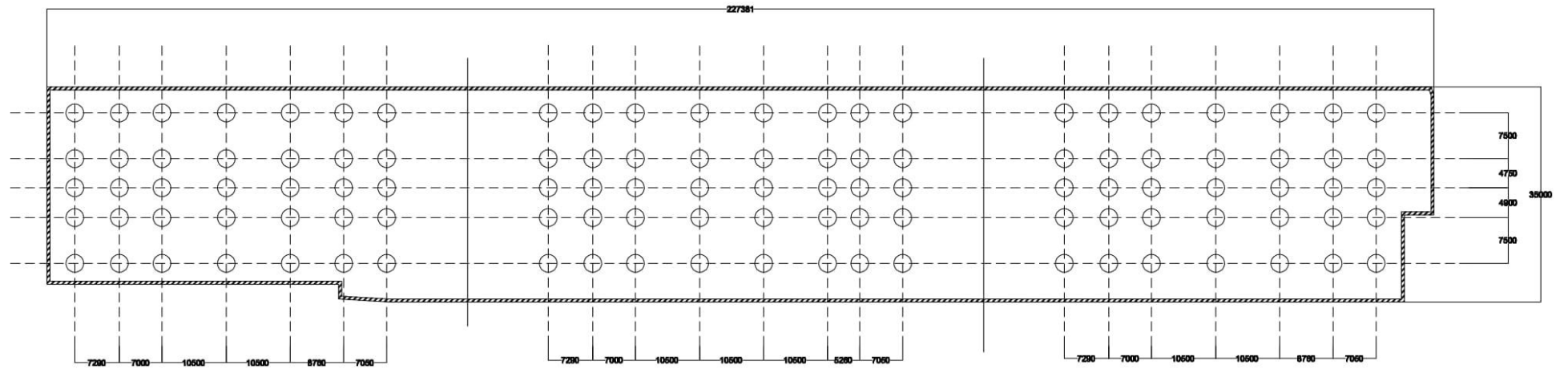
27	55	L	55	55	55	1,85	0,85	12,094	49,33399	110	49,33	46,11701	5795,235	24,667	116,2405	1122,199	6917,434275	2305,811
28	57	L	57	57	57	1,909	0,909	13,003	50,10659	114	50,11	47,86321	6014,668	25,05329	118,0609	1240,26	7254,928317	2418,309
29	58	L	58	58	58	1,9	0,9	13,903	49,99677	116	50,00	48,8889	6143,56	24,99838	117,8021	1358,062	7501,622447	2500,541
30	60	L	60	60	60	1,9	0,9	14,803	50,73674	120	50,74	49,48425	6218,374	25,36837	119,5456	1477,608	7695,982172	2565,327
31	60	L	60	60	60	1,9	0,9	15,703	49,78943	120	49,789432	49,54821	6226,412	24,89472	117,3136	1594,922	7821,333603	2607,111
32	60	L	60	60	60	1,9	0,9	16,603	48,87685	120	48,876851	49,236	6187,178	24,43843	115,1634	1710,085	7897,26309	2632,421
33	60	L	60	60	60	1,9	0,9	17,503	47,99712	120	47,99712	48,6964	6119,37	23,99856	113,0906	1823,175	7942,545088	2647,515
34	60	L	60	60	60	1,9	0,9	18,403	47,1485	120	47,148498	48,05946	6039,33	23,57425	111,091	1934,267	7973,596187	2657,865
35	60	L	60	60	60	1,9	0,9	19,303	46,32936	120	46,329363	47,20532	5931,995	23,16468	109,161	2043,428	7975,422581	2658,474
36	60	L	60	60	60	1,9	0,9	20,203	45,5382	120	45,538205	46,38096	5828,403	22,7691	107,2969	2150,724	7979,127602	2659,709
37	60	L	60	60	60	1,919	0,919	21,122	44,75775	120	44,757749	45,58485	5728,361	22,37887	105,458	2256,182	7984,543831	2661,515
38	60	L	60	60	60	1,9	0,9	22,022	44,01893	120	44,018928	44,81557	5631,69	22,00946	103,7172	2359,9	7991,589746	2663,863
39	60	L	60	60	60	1,9	0,9	22,922	43,3041	120	43,304103	44,07177	5538,222	21,65205	102,0329	2461,932	8000,154192	2666,718
40	60	L	60	60	60	1,9	0,9	23,822	42,61212	120	42,612123	43,35221	5447,799	21,30606	100,4024	2562,335	8010,134256	2670,045
41	60	L	60	60	60	1,9	0,9	24,722	41,94191	120	41,94191	42,65572	5360,276	20,97096	98,8233	2661,158	8021,434561	2673,812
42	60	L	60	60	60	1,9	0,9	25,622	41,29245	120	41,292454	41,98348	5275,8	20,64623	97,29305	2758,451	8034,251426	2678,084
43	60	L	60	60	60	1,9	0,9	26,522	40,6628	120	40,662804	41,33212	5193,948	20,3314	95,80947	2854,261	8048,208552	2682,736
44	60	L	60	60	60	1,9	0,9	27,422	40,05207	120	40,052068	40,70068	5114,599	20,02603	94,37046	2948,631	8063,230018	2687,743
45	60	L	60	60	60	1,9	0,9	28,322	39,45941	120	39,459406	40,08827	5037,64	19,7297	92,97404	3041,605	8079,245196	2693,082
46	60	L	60	60	60	1,9	0,9	29,222	38,88403	120	38,884028	39,49402	4962,965	19,44201	91,61833	3133,223	8096,188325	2698,729
47	60	L	60	60	60	1,9	0,9	30,122	38,32519	120	38,325189	38,91715	4890,473	19,16259	90,3016	3223,525	8113,998129	2704,666
48	60	L	60	60	60	1,9	0,9	31,022	37,78219	120	37,782186	38,3569	4820,07	18,89109	89,02218	3312,547	8132,61746	2710,872
49	60	L	60	60	60	1,9	0,9	31,922	37,25435	120	37,254354	37,81257	4751,667	18,62718	87,7785	3400,326	8151,992984	2717,331
50	60	L	60	60	60	1,9	0,9	32,822	36,74107	120	36,741067	37,28348	4685,18	18,37053	86,5691	3486,895	8172,074886	2724,025
51	60	L	60	60	60	1,9	0,9	33,722	36,24173	120	36,241732	36,769	4620,529	18,12087	85,39257	3572,887	8192,816608	2730,939
52	60	L	60	60	60	1,9	0,9	34,622	35,75579	120	35,755788	36,26854	4557,64	17,87789	84,24759	3656,535	8214,174602	2738,058
53	60	L	60	60	60	1,9	0,9	35,522	35,2827	120	35,282703	35,78153	4496,44	17,64135	83,13291	3739,668	8236,108111	2745,369
54	60	L	60	60	60	1,9	0,9	36,422	34,82197	120	34,821973	35,30744	4436,864	17,41099	82,04734	3821,715	8258,578966	2752,86



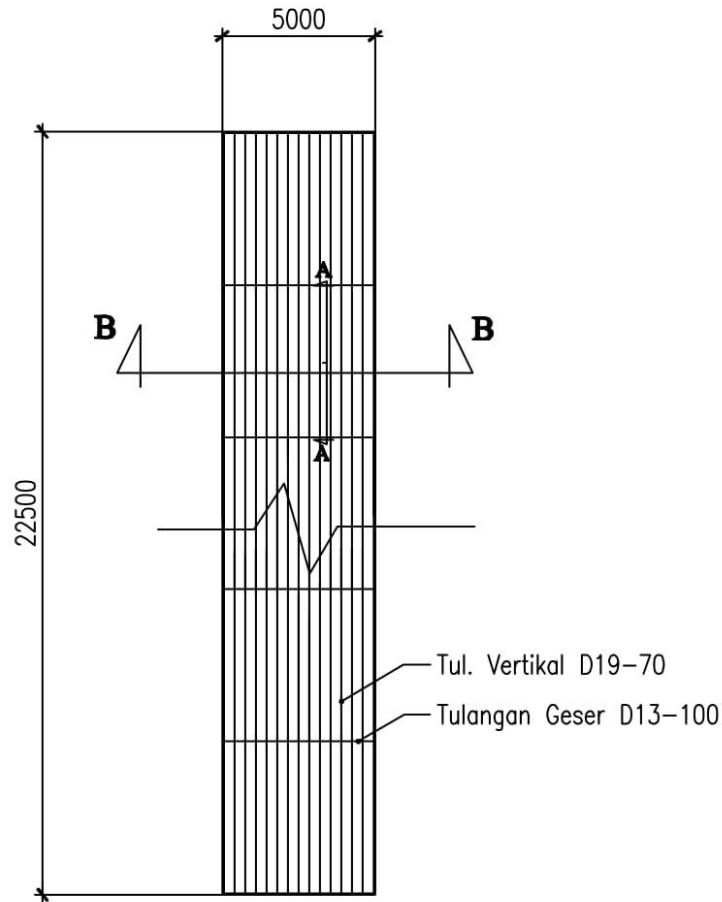


BESMEN 4
 SKALA 1 : 1000

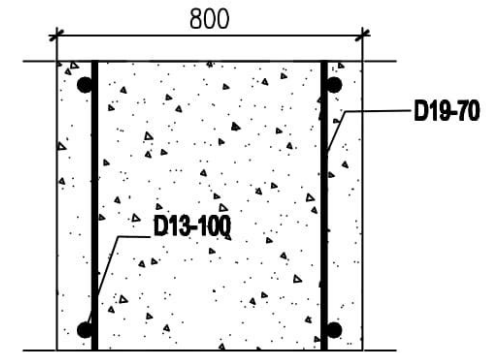
<p>JUDUL TUGAS AKHIR STUDI PERBANDINGAN PERANCANGAN <i>BASEMENT</i> DAN PONDASI MENGGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK ARUNDAYA SURABAYA</p>	<p>NAMA GAMBAR</p>	<p>SKALA</p>	<p>NO.</p>	<p>JUMLAH</p>
	<p>DENAH BASEMENT 4</p>	<p>1 : 1000</p>	<p>1</p>	<p>4</p>



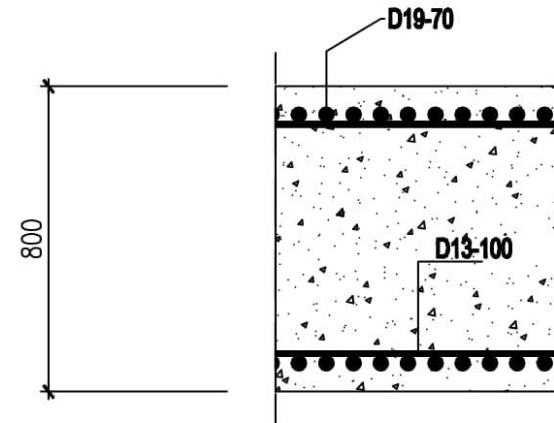
<p style="text-align: center;">JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p style="text-align: center;">STUDI PERBANDINGAN PERANCANGAN <i>BASEMENT</i> DAN PONDASI MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK ARUNDAYA SURABAYA</p>	<p style="text-align: center;">NAMA GAMBAR</p>	<p style="text-align: center;">SKALA</p>	<p style="text-align: center;">NO.</p>	<p style="text-align: center;">JUMLAH</p>
	<p style="text-align: center;">DENAH BOREPILE DAN DIAPHRAGM WALL</p>	<p style="text-align: center;">1 : 1000</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">4</p>



**SEGMENT DIAPHRAGM WALL
SKALA 1 : 50**

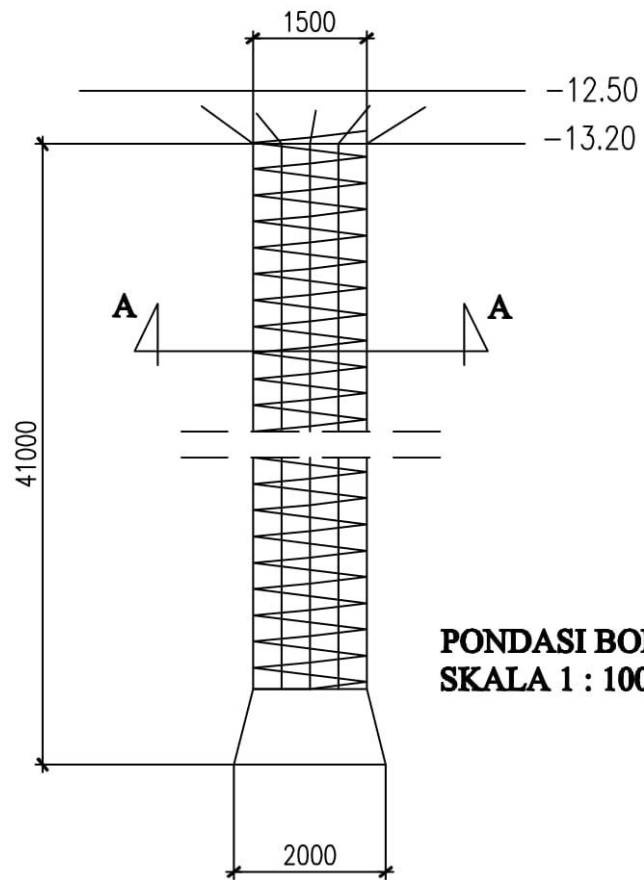


**POTONGAN A-A DIAPHRAGM WALL
SKALA 1 : 20**

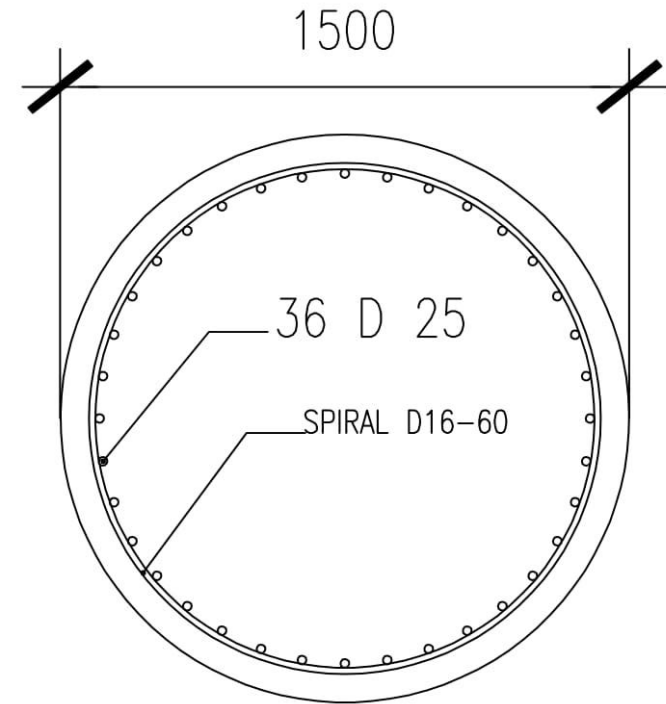


**POTONGAN B-B DIAPHRAGM WALL
SKALA 1 : 20**

JUDUL TUGAS AKHIR STUDI PERBANDINGAN PERANCANGAN BASEMENT DAN PONDASI MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK ARUNDAYA SURABAYA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH
	DETAIL DIAPHRAGM WALL	1 : 50 1 : 20	3	4



**PONDASI BORED PILE
SKALA 1 : 100**



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

JUDUL TUGAS AKHIR STUDI PERBANDINGAN PERANCANGAN <i>BASEMENT</i> DAN PONDASI MENGUNAKAN PETA ZONASI GEMPA 2010 DAN PETA ZONASI GEMPA 2017 PADA PROYEK ARUNDAYA SURABAYA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH
	DETAIL BORED PILE	1 : 100 1 : 20	4	4

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Yulio Andreas Kusuma, lahir di Surabaya, 31 Juli 1997, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal TK Kurnia Jaya Surabaya, SDN Pakis VI Surabaya, SMPN 21 Surabaya, dan SMAN 1 Surabaya. Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS pada tahun 2015 dan memilih konsentrasi pada bidang studi geoteknik. Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai pengurus dalam berbagai organisasi seperti UKM Musik ITS, PMK ITS dan berbagai acara yang diselenggarakan pada lingkup kampus ITS.

Contact Person :

Email : liondreas@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”