PROYEK AKHIR - VC 191845

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK MTH 27 *OFFICE SUITES* JAKARTA

GHEANIFA IRMA YUSTIKA
NRP. 10111910015036

Dosen Pembimbing I
Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197406262003121001

Dosen Pembimbing II
Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.
NIP. 197402111998021001

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2021

PROYEK AKHIR - VC 191845

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK MTH 27 *OFFICE SUITES* JAKARTA

GHEANIFA IRMA YUSTIKA
NRP. 10111910015036

Dosen Pembimbing I
Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197406262003121001

Dosen Pembimbing II
Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.
NIP. 197402111998021001

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

FINAL PROJECT - VC 191845

EVALUATION OF RETAINING WALL IN MTH 27 OFFICE SUITES PROJECT JAKARTA

GHEANIFA IRMA YUSTIKA
NRP. 10111910015036

Supervisor I
Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197406262003121001

Supervisor II
Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.
NIP. 197402111998021001

BACHELOR OF APPLIED SCIENCE PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2021

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK MTH 27 *OFFICE SUITES* JAKARTA

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Sarjana Terapan
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Mahasiswa

GHEANIFA IRMA YUSTIKA
NRP. 10111910015036

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir:

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Moh. Khoiri, ST., MT., Ph.D.	**Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.**
NIP. 197406262003121001	NIP. 197402111998021001

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : **Gheanifa Irma Yustika**
NRP : **10111910015036**
Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta**
Dosen Pembimbing : **1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.**
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	3 Nov 2020	- Berdasarkan statigrafi dibuat				
		generalisasi data.				
		- Buat gambar denah d-wall, dan titik		B	C	K
		pengujian tanah.		☐	☐	☐
		- Buat gambar yang menunjukkan				
		sumbu – sumbu potongan.				
		- Buat gambar potongan d-wall.		B	C	K
		- Bedakan tabel parameter tanah hasil		☐	☐	☐
		pengujian dengan korelasi data.				
		- Data tanah yang digunakan adalah				
		angka yang dianggap mewakili.		B	C	K
		- Jenis tanah yang digunakan adalah		☐	☐	☐
		tanah yang tebalnya lebih dari 1 m				
		- Hitung analisis stabilitas dasar				
		galian.		B	C	K
2.	14 Nov 2020	- Urutan pengerjaan disesuaikan.		☐	☐	☐
		- Buat hitungan perkiraan deformasi.				
		- Tabel input PLAXIS ditambahkan.				
		- Desain kriteria ditambahkan.		B	C	K
		- Buat grafik pergerakan lateral setiap		☐	☐	☐
		galian dan grafik ground settlement.				

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : **Gheanifa Irma Yustika**
NRP : **10111910015036**
Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta**
Dosen Pembimbing : **1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.**
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Buat grafik pergerakan lateral				
		dibandingkan dengan inklino.				
3.	27 Nov 2020	- Ditambah tahap dewatering pada		B	C	K
		tahap fase galian.		☐	☐	☐
		- Potongan A jenis tanahnya				
		dibagi 2 dan nilai N-SPT diberi				
		Satuan.		B	C	K
		- Sebelum perhitungan stabilitas		☐	☐	☐
		perlu diberi pengantar.				
		- Posisi strut terakhit ditambahkan				
		pada diagram push-in failure.		B	C	K
		- Analisis stabilitas perlu dihitung		☐	☐	☐
		untuk potongan memanjangnya.				
		- Bidang gambar kelongsoran				
		basal heave ditambahkan		B	C	K
		- Basal heave metode circular		☐	☐	☐
		perlu dihitung.				
		- Tabel resume analisis stabilitas				
		ditambahkan.		B	C	K
		- Cek minimal penetrasi dinding		☐	☐	☐
		berdasarkan hitungan stabilitas.				

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : **Gheanifa Irma Yustika**
NRP : **10111910015036**
Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta**
Dosen Pembimbing : **1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.**
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Cek perhitungan analisis				
		kedalaman d-wall.				
		- Data tanah diurutkan dari pot. A		B	C	K
		- Ilustrasi parameter d-wall dan		☐	☐	☐
		strut perlu ditambahkan.				
		- Desain ulang perlu dibuat grafik				
		perbandingan dengan inklino dan		B	C	K
		grafik ground settlement.		☐	☐	☐
		- Diagram momen dan geser				
		ditambahkan pada perhitungan				
		kebutuhan tulangan.		B	C	K
		- Ilustrasi penulangan tambahkan.		☐	☐	☐
		- Cek kekuatan batang tekan strut.				
		- Setiap grafik diberikan keyplan.				
		- Potongan PLAXIS ditampilkan.		B	C	K
4.	13 Des 2020	- Bagian yang tidak dianalisis		☐	☐	☐
		diarsir abu – abu pada gambar.				
		- Cek kembali korelasi tanah				
		untuk E, c_u, PI, dan E_u.		B	C	K
		- Diberi pengantar sebelum		☐	☐	☐
		analisis *push-in failure*.				

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : **Gheanifa Irma Yustika**
NRP : **10111910015036**
Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta**
Dosen Pembimbing : **1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.**
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Porsi gambar pada metode slip				
		circle perlu diperhatikan.				
		- Cek perhitungan *push-in*.		B	C	K
		- Panjang strut memanjang		☐	☐	☐
		perlu diproyeksikan.				
		- Hasil pemodelan strut miring				
		perlu diproyeksikan.		B	C	K
5.	25 Des 2020	- Strut miring perlu diproyeksikan		☐	☐	☐
		nilai EA/L nya.				
		- Beri keterangan untuk defleksi				
		arah mana.		B	C	K
		- Gambar penulangan 3d.		☐	☐	☐
		- Gambar DED desain ulang.				
		- Buat animasi metode dengan.				
		sketchup.		B	C	K
6.	9 Jan 2021	- Gambar potongan strut diberi		☐	☐	☐
		Keterangan.				
		- Gambar jenis d-wall diberi tanda				
		cloud.		B	C	K
		- Kolom dan shearwall tidak perlu		☐	☐	☐
		digambar.				

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : **Gheanifa Irma Yustika**
NRP : **10111910015036**
Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta**
Dosen Pembimbing : **1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.**
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Tambahkan gambar weal pada				
		gambar detail strut.				
		- Gambar metode pelaksanaan.		B	C	K
		- Arsiran beton perlu disesuaikan.		☐	☐	☐
		- Hitung analisis dewatering.				
7.	16 Jan 2021	- Parameter dewatering perlu				
		ditambahkan pada ilustrasi.		B	C	K
		- Gambar lantai B4 ditambahkan		☐	☐	☐
		keterangan.				
		- Gambar center post dan kolom				
		beton perlu ditambahkan.		B	C	K
8.	24 Jan 2021	- Tambahkan tebal dinding pada		☐	☐	☐
		tabel perbandingan desain.				
		- Pada gambar strut disesuaikan				
		menggunakan king post.		B	C	K
		- Tambahkan gambar fondasi		☐	☐	☐
		pada gambar metode.				
		- Sub-bab pembahasan perlu				
		ditambahkan.		B	C	K
				☐	☐	☐

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK MTH 27 *OFFICE SUITES* JAKARTA

Nama Mahasiswa : Gheanifa Irma Yustika
NRP : 10111910015036
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : 1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

ABSTRAK

Basement yang direncanakan pada proyek gedung perkantoran MTH 27 Office Suites terdiri dari 4 lantai. Jenis tanah pada proyek ini pada umumnya adalah clay. Proyek MTH 27 Office Suites terletak di lokasi yang sempit serta dikelilingi oleh bangunan komersial yang lain. Pemilihan dinding penahan tanah yang tepat pada proyek ini adalah jenis dinding penahan tanah tipe diaphragm wall. Monitoring pergerakan lateral dinding dengan inklinometer pada proyek MTH 27 Office Suites dilakukan pada 4 titik. Titik inklinometer I-1 mencapai pergerakan lateral terbesar yaitu 112,4 mm dengan kedalaman 14 m. Besarnya deformasi pada titik I-1 dibandingkan dengan kedalamannya mencapai 0,8%, sedangkan syarat maksimum deformasi adalah 0,5%. Evaluasi lebih lanjut perlu dilakukan untuk menilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap beban yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas tanah dasar galian dinding, perbandingan desain dinding di lapangan dengan desain ulang, perbandingan deformasi lateral dinding di lapangan dengan deformasi lateral hasil pemodelan, jumlah debit air yang harus dipompa serta kebutuhan sumurnya, dan kekuatan sistem strutting dalam menahan beban.

Penelitian ini menggunakan program bantu PLAXIS untuk mendapatkan gaya momen, gaya geser, deformasi lateral dinding, dan gaya aksial yang terjadi pada strut. Hasil pembacaan

deformasi lateral dinding dari inklinometer akan dibandingkan dengan deformasi lateral hasil dari pemodelan menggunakan PLAXIS. Persyaratan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

Hasil yang didapatkan dari analisis yang telah dilakukan adalah angka keamanan stabilitas tanah dasar galian untuk bahaya push-in failure berkisar antara 1,56 – 1,6 dan untuk bahaya basal heave berkisar antara 2,34 – 3,36. Keduanya memenuhi persyaratan, yaitu lebih dari 1,5. Perbandingan deformasi lateral dinding berdasarkan hasil inklinometer dengan hasil pemodelan cenderung cukup sama, namun untuk titik monitoring I-1 terdapat perbedaan sangat jauh. Hasil pembacaan deformasi untuk I-1 sebesar 112,4 mm sedangkan pada hasil pemodelan adalah 42,39 mm. Kemudian kekuatan batang strut berkisar antara 1100 kN – 1800 kN. Gaya aksial tekan yang ditahan batang strut lebih kecil dibandingkan kekuatan batang strut, sehingga kekuatan strut memenuhi persyaratan. Jumlah debit air yang harus dipompa adalah 2,84 m^3/menit dengan kebutuhan jumlah sumurnya adalah 15 buah. Stabilitas dari dinding penahan tanah ini masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Deformasi lateral berdasarkan pembacaan inklinometer yang melebihi persyaratan kemungkinan terjadi karena pemasangan strut yang tidak sesuai dengan perencanaan.

Kata kunci : diaphragm wall, inklinometer, PLAXIS, dewatering, strutting

EVALUATION OF RETAINING WALL IN MTH 27 OFFICE SUITES PROJECT JAKARTA

Student Name	**: Gheanifa Irma Yustika**
NRP	**: 10111910015036**
Departement	**: Infrastructure Civil Engineering**
Supervisor	**: 1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D.**
	2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T.

ABSTRACT

The basement planned for the MTH 27 Office Suites building project consist of 4 floors. The type of soil in this project is generally clay. The MTH 27 Office Suites project is surrounded by other commercial buildings. Diaphragm wall is the right type of retaining wall that suitable for this project. The lateral wall movements at the MTH 27 Office Suites project were monitored with an inclinometer and carried out with 4 points. The inclinometer point I-1 reached the largest lateral movement, which was 112,4 mm with 14 m depth. The deformation of point I-1 compared to the depth of the excavation reaches 0,8%, while the maximum deformation requirement is 0,5%. Further evaluation needs to be done to find out the stability of the retaining wall against the load that occurs. This study aims to determine the stability of the subgrade excavation, the comparison of the wall design in the field with the wall design based on the redesign, the comparison of the lateral deformation of the walls in the field with the lateral deformation of the modeling results, the amount of water discharge that must be pumped and the needs of the well, and the last is the strength of the strutting system.

This study was using PLAXIS to obtain the moment force, shear force, lateral wall deformation, and axial force that occurs in the strut. The lateral wall deformation from the inclinometer would be compared with the lateral deformation based on

modeling results. The requirements used in this study refer to SNI 8460:2017 about Geotechnical Design Requirements.

The results obtained from the analysis that has been carried out are the safety factor of the stability of the subgrade excavation for the danger of push-in failure ranging from 1,56 – 1,6 and for the danger of basal heave ranging from 2,34 – 3,36. Both of them fit the requirements which are more than 1,5. The comparison of the lateral deformation of the wall based on the result of the inclinometer with the result of the modeling was quite similar, but for the deformation of the wall from point I-1, the result was very different from the result of the modeling. The deformation of the wall from point I-1 was 112,4 mm, while the modeling result was 42,39 mm. The strength of the strut ranging from 1100 kN – 1800 kN. The axial force that is held by the strut rod is less than the strength of the strut, so the strut strength fit the requirements. The amount of water discharge that must be pumped is 2,84 m^3/minute with the required number of wells is 15 units. The stability of the retaining wall fits the requirements. Lateral deformation based on an inclinometer reading that exceeds the requirements may occur due to improper placement of the strut.

Keywords : diaphragm wall, inclinometer, PLAXIS, dewatering, strutting

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir berjudul "Evaluasi Dinding Penahan Tanah pada Proyek MTH 27 *Office Suites* Jakarta" ini dengan baik. Proyek Akhir ini nantinya dijadikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan Teknik (S.Tr.T.) di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Proyek akhir ini tidak akan berjalan dengan baik dan lancar tanpa adanya bimbingan, pengarahan, bantuan dan dukungan moril serta materiil. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan selaku pembimbing yang telah memberikan masukan dan pengarahannya.
2. Dr. Moh. Muntaha, S.T., M.T., selaku pembimbing yang telah memberikan masukan dan pengarahannya.
3. Achmad Fauzan Zusmi, S.T., selaku *owner representative* dari proyek MTH 27 *Office Suites* yang telah membantu penyediaan data proyek yang digunakan.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan serta doa.
5. Sahabat – sahabat yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
6. Rekan – rekan mahasiswa/i kelas RPL 2019 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dengan tulus dan ikhlas tanpa pamrih yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bukan hanya untuk penulis tetapi juga untuk para pembaca dan menambah pengetahuan bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, Januari 2021

Gheanifa Irma Yustika

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PENGESAHAN iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xxiii
DAFTAR SIMBOL xxv
BAB 1 BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) 5
2.2 Korelasi Data Tanah 5
2.3 Koreksi Nilai N-SPT Terhadap Muka Air 10
2.4 Tekanan Tanah untuk Desain 10
2.4.1 Tanah Kohesif 11
2.4.2 Tanah Non Kohesif 12
2.5 Stabilitas Tanah Dasar Galian 13

2.5.1 Kontrol *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity* 13
2.5.2 Kontrol *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* 15
2.5.3 Kontrol *Basal Heave* Metode *Slip Circle* 16
2.5.4 Kontrol *Piping* 17
2.5.5 Kontrol *Push*-In Failure 19
2.6 *Diaphragm Wall* 19
2.6.1 Tulangan Utama Vertikal 23
2.6.2 Tulangan Utama Horizontal 25
2.6.3 Tulangan Geser 25
2.7 Analisis Deformasi 27
2.8 Inklinometer 29
2.9 Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Dinding Penahan Tanah 30
2.10 Faktor Keamanan Stabilitas Dasar Galian 30
2.10.1 *Basal Heave* 30
2.10.2 *Blow*-in 30
2.10.3 *Piping* 31
2.11 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah 32
2.12 *Dewatering* 32
2.12.1 Metode *Dewatering* 33
2.12.2 *Confined Aquifer* 36
2.12.3 *Free Aquifer* 38
2.12.4 Kapasitas Sumur *Dewatering* 40

2.13 Sistem *Strutting* 41
2.13.1 *Horizontal Strutrs* 42
2.13.2 *End Braces and Corner Braces* 43
2.13.3 *Wales* 44
2.13.4 *Center Posts* 45
2.13.5 Kontrol Kekuatan *Strutting* 48
BAB 3 BAB III METODOLOGI 51
3.1 Diagram Alir 51
3.2 Lokasi Penelitian 53
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel 55
3.3.1 *Standard Penetration Test* (SPT) dan Pengujian Laboratorium 55
3.3.2 Inklinometer 56
3.4 Studi Literatur 56
3.5 Pengumpulan Data 57
3.6 *Review* Desain *Diaphragm Wall* 57
3.7 Analisis Stabilitas Dasar Galian 58
3.8 Analisis Stabilitas *Diaphragm Wall* 58
3.9 Analisis Kapasitas Tulangan *Diaphragm Wall* 58
3.10 Analisis *Dewatering* 58
3.11 Analisis Metode Sistem *Strutting* 58
3.12 Pemodelan *Diaphragm Wall* dengan PLAXIS 59
BAB 4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 61
4.1 Kriteria Desain 61

4.2 Gambaran Proyek dan Karakteristik Tanah 62
4.3 Data Tanah Hasil Pengujian 66
4.4 Korelasi Data Tanah 70
4.4.1 Parameter γ_{sat} , γ_{unsat} , dan γ_d 70
4.4.2 Parameter C_u, c', dan φ 72
4.4.3 Parameter S_u 73
4.4.4 Parameter E_s, G, E_u dan E' 74
4.4.5 Parameter $K_{0(NC)}$ dan $K_{0(OC)}$ 75
4.4.6 Rekapitulasi Parameter Tanah yang Digunakan .. 77
4.5 Analisis Stabilitas 79
4.5.1 *Push-in Failure* 79
4.5.2 *Basal Heave* 89
4.6 Analisis Deformasi 100
4.7 Analisis *Strut Load* 105
4.8 Analisis Ulang Desain *Diaphragm Wall* 113
4.8.1 Kedalaman *Diaphragm Wall* 113
4.8.2 Parameter Pemodelan Menggunakan PLAXIS . 125
4.8.3 *Soil Model* pada PLAXIS 134
4.8.4 Hasil Pemodelan Menggunakan PLAXIS 136
4.8.5 Kontrol Deformasi Lateral Dinding 137
4.8.6 Pergerakan Dinding dan Penurunan Tanah 138
4.8.7 Perbandingan Deformasi Lateral Dinding di Lapangan dengan Hasil Pemodelan 145
4.8.8 Perhitungan Kebutuhan Tulangan 148

4.8.9 *Review* Desain Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan 166
4.8.10 Kontrol Kekuatan *Strut* 168
4.9 Pemodelan *Diaphragm Wall* Menggunakan PLAXIS 185
4.9.1 Parameter Pemodelan dengan PLAXIS 185
4.9.2 *Soil Model* pada PLAXIS 186
4.10 Hasil Pemodelan Menggunakan PLAXIS 190
4.11 Analsis *Dewatering* 191
4.12 Pembahasan 194
4.13 Rekapitulasi Hasil Analisis 196
BAB V KESIMPULAN 199
4.14 Kesimpulan 199
4.15 Saran 201
DAFTAR PUSTAKA 202
LAMPIRAN 1 GAMBAR DENAH *DIAPHRAGM WALL* 205
LAMPIRAN 2 GAMBAR DETIAL PEMBESIAN *D-WALL* TIPE 1 206
LAMPIRAN 3 GAMBAR DETAIL PEMBESIAN *D-WALL* TIPE 2 207
LAMPIRAN 4 GAMBAR DETAIL PEMBESIAN *D-WALL* TIPE 3 208
LAMPIRAN 5 DENAH *STRUTTING* 209
LAMPIRAN 6 GAMBAR POTONGAN *STRUTTING* 210
LAMPIRAN 7 GAMBAR METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM 211

LAMPIRAN 8 *BORING LOG* 217
LAMPIRAN 9 HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM 225
LAMPIRAN 10 HASIL PEMBACAAN INKLINOMETER ... 241
LAMPIRAN 11 HASIL *PUMPING TEST*..... 249
LAMPIRAN 12 *SHOP DRAWING* PROYEK MTH 27 *OFFICE SUITES*..... 262
BIODATA PENULIS..... 269

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Nilai Kohesi (C), Das 6
Gambar 2.2 Korelasi antara Elastisitas Tanah dan Kohesi Tanah, Bowles.....9
Gambar 2.3 Distribusi Tekanan Tanah Lateral dari Tanah Kohesif, Ou 12
Gambar 2.4 Analisis *Basal Heave* Metode Terzaghi (D ≥ B/2), Ou.....14
Gambar 2.5 Analisis Basal Heave Metode Terzaghi (D < ≥ B/2), Ou.....14
Gambar 2.6 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity: (a) $2B_1$ lebar keruntuhan, (b) $2B_1$ lebar keruntuhan yang lain, dan (c) Keruntuhan terjadi pada seluruh dasar galian, Ou ..15
Gambar 2.7 Skempton's Bearing Capacity Factor, Ou.....16
Gambar 2.8 Analisis Basal Heave Metode Slip Circle: (a) Permukaan keruntuhan, (b) Free Body dari gaya yang bekerja, Ou 17
Gambar 2.9 Jaring Arus pada Turap, Hardiyatmo.....18
Gambar 2.10 Prosedur Pelaksanaan *Diaphragm Wall:* (a) Penggalian, (b) Pemasangan pipa besi pada joint, (c) Pemasangan tulangan, (d) Pengecoran beton, Ou 20
Gambar 2.11 Joint pada Diaphragm Wall dengan Metode Sambungan Pipa, Ou 21
Gambar 2.12 Joint pada Diaphragm Wall dengan End-Plate Method, Ou [10].....21
Gambar 2.13 Diagram Tegangan Beton, Ou 23
Gambar 2.14 Tampak 3D Penulangan Diaphragm Wall, Ou 27
Gambar 2.15 Korelasi antara Defleksi Maksimum Dinding Penahan, Kekakuan Strutting, dan Safety Factor dari Basal Heave, Ou.....28

Gambar 2.16 Bentuk Deformasi Dinding dengan Strut yang Kekakuannya Tinggi: (a) Tahap pertama galian, (b) Tahap kedua galian, (c) Tahap ketiga galian, Ou 28
Gambar 2.17 Bentuk Deformasi Dinding dengan Strut yang Kekakuannya Rendah: (a) Tahap pertama galian, (b) Tahap kedua galian, (c) Tahap ketiga galian, Ou 29
Gambar 2.18 Metode Dewatering : Open Sump Method, Ou ...33
Gambar 2.19 Metode Dewatering : Deep Well Method, Ou
Gambar 2.20 Konstruksi dari Deep Well, Ou [10] 34
Gambar 2.21 Metode Dewatering : Well Point Method, Ou 35
Gambar 2.22 Pipa U yang Digerakan oleh Pompa, Ou 36
Gambar 2.23 Dewatering pada Lapisan Confined Aquifer, Ou.36
Gambar 2.24 Parameter Dewatering pada Confined Aquifer, Ou 37
Gambar 2.25 Kurva Drawdown untuk Partial Penetration Well pada Confined Aquifer, Ou [10].....38
Gambar 2.26 Drawdown untuk Free Aquifer pada Full Penetration Well, Ou 39
Gambar 2.27 Sistem Strutting, Ou.....42
Gambar 2.28 Jarak dan Sudut diantara Struts dan End Braces atau Corner Braces, Ou 44
Gambar 2.29 Pemasangan Center Posts, Ou.....45
Gambar 3.1 Diagram Alir 52
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian LRT City MTH27 Office Suites, Google 53
Gambar 3.3 Denah Dinding Penahan Tanah, PT. Daya Creasi Mitrayasa.....54
Gambar 3.4 Lokasi Pengambilan Sampel Pengujian Standard Penetration Test, PT. Daya Creasi Mitrayasa.....55
Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Sampel Inklinometer, PT. Daya Creasi Mitrayasa.....56
Gambar 4.1 Denah Galian, Lokasi Inklinometer, dan Sumbu Potongan.....62

Gambar 4.2 Profil Tanah Potongan A.....63
Gambar 4.3 Profil Tanah Potongan B.....64
Gambar 4.4 Profil Tanah Potongan C.....65
Gambar 4.5 Korelasi antara Elastisitas Tanah dan Kohesi Tanah 74
Gambar 4.6 Profil Tanah Analisis Push-in Failure.....79
Gambar 4.7 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure.....83
Gambar 4.8 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan B dan C 84
Gambar 4.9 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure untuk Potongan B dan C 88
Gambar 4.10 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A.....89
Gambar 4.11 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A.....89
Gambar 4.12 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C.....91
Gambar 4.13 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C.....91
Gambar 4.14 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity untuk Potongan A.....92
Gambar 4.15 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan A.....92
Gambar 4.16 Faktor Daya Dukung Skempton (1951) untuk Potongan untuk Potongan B dan C.....93
Gambar 4.17 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity untuk Potongan B dan C 94
Gambar 4.18 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan B dan C.....95
Gambar 4.19 Faktor Daya Dukung Skempton (1951) untuk Potongan untuk Potongan B dan C.....96

Gambar 4.20 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Slip Circle Potongan A 97
Gambar 4.21 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Slip Circle Potongan B dan C 98
Gambar 4.22 Parameter Analisis Deformasi Potongan A..... 101
Gambar 4.23 Analisis Deformasi Potongan A..... 102
Gambar 4.24 Parameter Analisis Deformasi Potongan B dan C 103
Gambar 4.25 Analisis Deformasi Potongan B dan C 104
Gambar 4.26 Profil Tanah dan Galian Potongan A 106
Gambar 4.27 Distribusi Tekanan Tanah dan Letak Strut Potongan A 109
Gambar 4.28 Profil Tanah dan Galian Potongan B dan C..... 110
Gambar 4.29 Distribusi Tekanan Tanah dan Letak Strut Potongan B dan C..... 113
Gambar 4.30 Profil Tanah Potongan A..... 114
Gambar 4.31 Distribusi Tekanan Tanah untuk Perhitungan Kedalaman Dinding Potongan A..... 118
Gambar 4.32 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan B dan C 120
Gambar 4.33 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure untuk Potongan B dan C 124
Gambar 4.34 (a) Denah Diaphragm Wall ; (b) Potongan Diaphragm Wall 130
Gambar 4.35 Ilustrasi Strutting Arah Memanjang dan Melintang 132
Gambar 4.36 Soil Model Potongan A..... 135
Gambar 4.37 Soil Model Potongan B..... 135
Gambar 4.38 Soil Model Potongan C..... 135
Gambar 4.39 Sumbu Potongan Pemodelan Tanah 136
Gambar 4.40 Analisis Deformasi untuk Potongan A Tipe Undrained..... 139

Gambar 4.41 Analisis Deformasi untuk Potongan A Tipe Drained 140
Gambar 4.42 Analisis Deformasi untuk Potongan B Tipe Undrained 141
Gambar 4.43 Analisis Deformasi untuk Potongan B Tipe Drained 142
Gambar 4.44 Analisis Deformasi untuk Potongan C Tipe Undrained 143
Gambar 4.45 Analisis Deformasi untuk Potongan C Tipe Drained 144
Gambar 4.46 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-1 : Potongan A 145
Gambar 4.47 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-2 : Potongan C 146
Gambar 4.48 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-3 : Potongan B 147
Gambar 4.49 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-4 : Potongan C 148
Gambar 4.50 Diagram Momen Maksimum Potongan A Undrained 149
Gambar 4.51 Diagram Momen Maksimum Potongan A Drained 150
Gambar 4.52 Diagram Maksimum Potongan B Undrained 151
Gambar 4.53 Diagram Maksimum Potongan B Drained 152
Gambar 4.54 Diagram Momen Maksimum Potongan C Undrained 153
Gambar 4.55 Diagram Momen Maksimum Potongan C Drained 154
Gambar 4.56 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan A Undrained 158
Gambar 4.57 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan A Drained 159

Gambar 4.58 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan B Undrained 160
Gambar 4.59 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan B Drained 161
Gambar 4.60 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan C Undrained 162
Gambar 4.61 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan C Drained 163
Gambar 4.62 Ilustrasi Penulangan Diaphragm Wall Potongan A 164
Gambar 4.63 Ilustrasi Penulangan Diaphragm Wall Potongan B 165
Gambar 4.64 Ilustrasi Penulangan Diaphragm Wall Potongan C 165
Gambar 4.65 Potongan Strutting pada Potongan A 168
Gambar 4.66 Potongan Strutting pada Potongan B dan C 169
Gambar 4.67 Profil Baja untuk Strut 170
Gambar 4.68 Ilustrasi Panjang Batang Strut untuk Potongan A dan B 171
Gambar 4.69 Ilustrasi Panjang Batang Strut untuk Potongan C 178
Gambar 4.70 Soil Model Potongan A 187
Gambar 4.71 Soil Model Potongan B 188
Gambar 4.72 Soil Model Potongan C 188
Gambar 4.73 Posisi Inklinometer Terhadap Sumbu Potongan Pemodelan Tanah 189
Gambar 4.74 Denah Galian 191
Gambar 4.75 Denah Sumur Uji 192
Gambar 4.76 Rencana Penurunan Air Tanah pada Galian 193

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Nilai Sudut Gesek Tanah(ϕ), Bowles 6
Tabel 2.2 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Volume Tanah (γ), Bowles 7
Tabel 2.3 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson's Ratio, Das 8
Tabel 2.4 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah, Badan Standar Nasional 32
Tabel 2.5 Hubungan Koefisien Permeabilitas dengan Q_w]untuk Well Point (JSA,1988), Ou 40
Tabel 2.6 Hubungan Jenis Tanah dengan Q_w]untuk Well Point (JSA,1988), Ou 41
Tabel 4.1 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah, Badan Standar Nasional [2] 61
Tabel 4.2 Fase Konstruksi dan Galian 66
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-1 67
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-2 68
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-3 69
Tabel 4.6 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Volume Tanah (γ), Bowles [3] 70
Tabel 4.7 Korelasi nilai γ_{sat} dan γ_d 71
Tabel 4.8 Korelasi untuk Clay 72
Tabel 4.9 Korelasi antara nilai c' dengan **φ** 73
Tabel 4.10 Properti Tanah untuk Potongan A : Titik BH-3 78
Tabel 4.11 Properti Tanah untuk Potongan B, dan C : Titik BH-1 78
Tabel 4.12 Rekapitulasi Analisis Stabilitas 100
Tabel 4.13 Input Parameter Tanah Potongan A Undrained 127
Tabel 4.14 Input Parameter Tanah Potongan A Drained 127

Tabel 4.15 Input Parameter Tanah Potongan B, dan C Undrained 128
Tabel 4.16 Input Parameter Tanah Potongan B, dan C Drained 129
Tabel 4.17 Input Parameter Diaphragm Wall 132
Tabel 4.18 Input Parameter Strutting Arah Melintang 133
Tabel 4.19 Input Parameter Strutting Arah Memanjang 133
Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Tipe Undrained 136
Tabel 4.21 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Tipe Drained 137
Tabel 4.22 Rekapitulasi Kontrol Deformasi Lateral 138
Tabel 4.23 Rekapitulasi Tulangan Vertikal 156
Tabel 4.24 Rekapitulasi Tulangan Geser 164
Tabel 4.25 Perbandingan Desain Diaphragm Wall Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan A 166
Tabel 4.26 Perbadingan Desain Diaphragm Wall Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan B 166
Tabel 4.27 Perbadingan Desain Diaphragm Wall Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan C 167
Tabel 4.28 Gaya Aksial Tekan pada Strut 170
Tabel 4.29 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan Strut 185
Tabel 4.30 Desain Diaphragm Wall di Lapangan dan Desain Diaphragm Wall Berdasarkan Analisis Ulang 190
Tabel 4.31 Parameter Hidrogeologi untuk Sistem Dewatering 192
Tabel 4.32 Rekapitulasi Hasil Analisis 196

DAFTAR SIMBOL

σ_a = tekanan tanah aktif yang terjadi pada dinding penahan.

σ_p = tekanan tanah pasif yang terjadi pada dinding penahan.

α = sudut antara tulangan geser miring dengan tulangan horizontal.

α = sudut antara tulangan geser miring dengan tulangan vertikal.

α = koefisien *thermal expansion* untuk *strut*.

Δt = perubahan temperatur *strut*.

a = tinggi blok kuat tekan beton.

A = luas area *strut*.

A_b = luas satu tulangnan geser.

A_g = luas permukaan profil baja.

A_g = tebal dinding penahan tanah x lebar.

A_p = luas penamang *center post*.

A_s = luas permukaan *center post*.

A_s = luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

A_v = luas total tulangan geser pada horizontal per satuan lebar.

b = lebar beton.

b = lebar profil baja.

B = lebar galian.

c = kohesi.

c = kohesi efektif.

C_c = total gaya tekan beton.

c_w = adhesi antara dinding penahan dan tanah.

d = tinggi efektif beton.

d = jarak antara serat tepi tekan dengan pusat tarik beton.

D_1 = kedalaman penetrasi sumur.

D = tebal lapisan akuifer.

E = modulus elastisitas baja.

F_b = angka keamanan *basal heave*

F_{cr} = tegangan kritis untuk batang tekan baja.

FK_{heave} = angka keamanan *basal heave*.

$FK_{blow\text{-}in}$ = angka keamanan *blow-in*.

FK_{piping} = angka keamanan *piping*.

F_p = *safety factor* dari *push-in*.

f_s = satuan tahanan gesek *center post*.

f_y = tegangan leleh baja tulangan.

h = tinggi profil baja.

h = beda tinggi energi antara garis ekipotensial awal.

H = tinggi *piezometric* sebelum pemompaan.

H_e = kedalaman galian.

h_w = tinggi muka air tanah sesudah pemompaan.

i_e = gradien keluar masuk.

k = koefisien permeabilitas.

K = gaya tekuk batang baja.

K_a = koefisien tekanan tanah aktif.

K_p = koefisien tekanan tanah pasit.

K_{ac} = koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif.

K_{pc} = koefisien tekanan tanah pasit untuk tanah kohesif.

$K_{0(NC)}$ = koefisien tanah diam untuk *normally consolidated*.

$K_{0(NC)}$ = koefisien tanah diam untuk *over consolidated*.

L = panjang batang tekan baja tanpa pengaku lateral.

L_a = panjang dari *strut* paling bawah ke titik P_a.

M_s = *allowable* momen untuk dinding penahan.

M_d = momen penggerak.

M_n = momen lentur nominal.

M_r = momen penahan.

M_u = momen lentur desain.

N = nilai SPT.

N = beban aksial.

N_1 = beban *strut* yang diakibatkan oleh penggalian.

N_2 = beban *strut* yang diakibatkan oleh perubahan temperatur.

N_d = jumlah penurunan dari garis ekipotensial.

OCR = derajat konsolidasi.

ρ_b = rasio tulangan pada kondisi *balanced*.

ρ_{max} = rasio tulangan maksimal.

P_a = total tekanan tanah aktif.

q_p = satuan tahanan ujung per satuan luas dari *center post*.

q_s = beban tambahan pada galian.

Q = jumlah debit.

Q_p = tahanan ujung *center post*.

Q_s = tahanan gesek *center post*.

Q_u = kapasitas daya dukung ultimit *center post*.

Q_u = beban tambahan akibat tanah.

r = radius girasi batang baja.

r_w = jari – jari sumur.

S = *section modulus*.

S_u = *shear strength undrained*.

S_v = jarak vertikal antar tulangan geser utama.

S_h = jarak horizontal antar tulangan geser.

t_f = tebal sayap profil baja.

t_w = tebal badan profil baja.

T_s = total gaya tarik baja tulangan.

u = tekanan pori tanah.

V_c = gaya geser yang diberikan beton.

V_n = geser nominal.

V_n = kuat geser nominal beton.

V_u = geser desain.

V_s = gaya geser yang diberikan baja tulangan.

W = total berat dari tanah di depan *vertical failure*.

X = radius dari lingkaran keruntuhan.

ϕ = reduksi faktor kekuatan.

μ = koefisien modifikasi.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan pembangunan gedung perkantoran, pertokoan, maupun apartemen memperlukan lahan parkir yang cukup luas. Perencanaan pembangunan gedung terutama di daerah Jakarta selalu terkendala pada terbatasnya lahan parkir. Suatu gedung harus direncanakan memiliki lahan parkir yang memenuhi syarat batas minimal agar memperoleh surat izin pembangunan gedung. Pada proyek gedung perkantoran MTH 27 dipilih penggunaan *basement* sebagai lahan parkir. *Basement* yang direncanakan pada proyek gedung perkantoran MTH 27 terdiri dari 4 lantai. *Basement* dipilih sebagai lahan parkir pada perencanaan proyek ini agar kebutuhan lahan parkir untuk gedung dapat memenuhi syarat batas minimal.

Basement adalah sebuah bagian dari gedung yang memiliki beberapa tingkat atau hanya sebuah tingkat yang terletak di bawah tanah. Pekerjaan penggalian tanah perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum pembangunan *basement* dilakukan. Pekerjaan penggalian tanah memiliki masalah utama, yaitu keruntuhan tanah pada saat penggalian. Dinding penahan tanah (*retaining wall*) diperlukan untuk mengatasi keruntuhan tanah pada saat penggalian.

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah konstruksi yang berfungsi untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Proyek gedung perkantoran MTH 27 terletak di lokasi yang sempit serta dikelilingi oleh bangunan komersial yang lain. Pemilihan dinding penahan tanah yang tepat pada proyek ini adalah jenis dinding penahan tanah tipe *diaphragm wall*. Pemilihan dinding penahan tanah tipe *diaphragm wall* ini karena pekerjaan *diaphragm wall* tidak

menghasilkan suara dan getaran yang dapat mengganggu bangunan lain di sekitar proyek. Pada saat pekerjaan konstruksi dinding penahan tanah perlu dikontrol pergerakan lateral yang terjadi. Pergerakan lateral tanah terjadi karena hilangnya dukungan tanah searah horizontal yang semula dipikul oleh tanah di daerah galian. Besarnya pergerakan tanah yang terjadi perlu dianalisis lebih lanjut agar pergerakan lateral tanah tidak mempengaruhi bangunan yang berada di sekitar lokasi proyek. Pergerakan lateral tanah dapat diperkirakan dengan pemodelan pada program bantu PLAXIS, selain itu dari hasil pemodelan dapat juga digunakan untuk kontrol terkait kapasitas tulangan *diaphragm wall* terhadap beban yang terjadi.

Pergerakan tanah dalam arah lateral dapat diamati dengan inklinometer. Inklinometer adalah seperangkat alat yang berfungsi untuk memantau gerakan lateral dan deformasi tanah, batuan dan struktur dinding penahan tanah. *Monitoring* inklinometer pada proyek MTH 27 *Office Suites* dilakukan pada 4 titik. Pada titik I-1 kedalaman galian mencapai 14 m dengan pergeseran sebesar 112,4 mm. Kemudian pada titik I-2 kedalaman galian mencapai 10 m dengan pergesaran sebesar 26,2 mm. Pada titik I-3 kedalaman galian mencapai 10 m dengan pergeseran sebesar 37 mm, sedangkan pada titik I-4 kedalaman galian mencapai 10 m dengan pergeseran sebesar 25,5 mm. Syarat batas maksimum deformasi lateral dinding adalah 0,5%, sedangkan pada hasil *monitoring* inklinometer didapatkan deformasi terbesar pada titik I-1, yaitu 112,4 mm pada kedalaman galian 14 m atau 0,8%. Pergeseran lateral sudah melebihi batasan persyaratan yang berlaku, maka analisis lebih lanjut terkait evaluasi dinding penahan tanah diperlukan. Proyek akhir ini dimaksudkan untuk menganalisis lebih lanjut stabilitas dinding penahan tanah dalam menahan beban yang terjadi dan memberikan

alternatif solusi apabila stabilitas dinding penahan tanah tidak memenuhi persyaratan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dipaparkan pada subbab 1.1 diambil permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana stabilitas tanah dasar galian dinding penahan tanah *diahragm wall* pada proyek MTH 27 *Office Suites*?
2. Bagaimana perbandingan desain *diaphragm wall* ulang dengan desain *diaphragm wall* di lapangan pada proyek MTH 27 *Office Suites*?
3. Bagaimana perbandingan deformasi lateral *diaphragm wall* berdasarkan data di lapangan dengan hasil pemodelan pada proyek MTH 27 *Office Suites*?
4. Berapa jumlah kebutuhan sumur untuk *dewatering* dan jumlah debit air yang harus dipompa sebelum penggalian?
5. Bagaimana kekuatan sistem *strutting* untuk menahan beban saat penggalian?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Parameter tanah yang digunakan pada pemodelan PLAXIS menggunakan korelasi data tanah dari pengujian *Standard Penetration Test*.
2. Analisis *dewatering* yang dilakukan hanya memperhitungkan untuk potongan melintang.
3. Analisis sistem *strutting* tidak memperhitungkan untuk *join* pada setiap *strut*.
4. Pada tugas akhir ini data yang digunakan berdasarkan data pengujian tanah dan pengamatan di lapangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui stabilitas tanah dasar galian dinding penahan tanah *diahragm wall* pada proyek MTH 27 *Office Suites*.
2. Mengetahui perbandingan desain *diaphragm wall* ulang dengan desain *diaphragm wall* di lapangan pada proyek MTH 27 *Office Suites*.
3. Mengetahui perbandingan deformasi lateral *diaphragm wall* berdasarkan data di lapangan dengan hasil pemodelan pada proyek MTH 27 *Office Suites*.
4. Mengetahui jumlah kebutuhan sumur untuk *dewatering* dan jumlah debit air yang harus dipompa sebelum penggalian.
5. Mengetahui kekuatan sistem *strutting* untuk menahan beban saat penggalian.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tahapan analisis dan evaluasi dinding penahan tanah.
2. Mengatahui metode pengamatan pergerakan tanah secara lateral menggunakan inklinometer.
3. Sebagai bahan referensi atau pembelajaran untuk penelitian dengan topik yang sama.

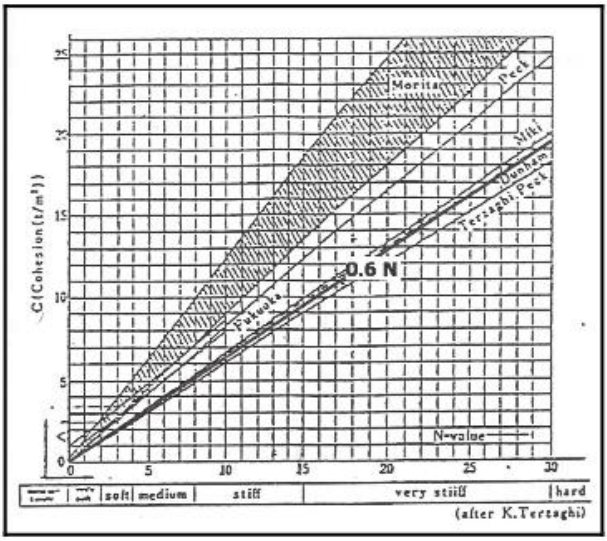
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT)

Pengujian SPT dilakukan dengan cara yaitu, melakukan pengeboran inti pada lapisan tanah yang diuji. Mata bor dilepas dan diganti dengan suatu alat yang disebut *standard split barrel sampler*. Kemudian pipa bor diturunkan Kembali sampai alat tersebut menumpu lapisan tanah yang akan diuji. Di atas ujung pipa bor yang berada di permukaan tanah, dipasang pemberat seberat 63,5 kg yang digantung pada sebuah tali. Pemberat ini ditarik naik – turun dengan tinggi jatuh 76 cm. Setelah pemukulan awal sedalam 15 cm kemudian pemukulan selanjutnya dihitung sampai kedalaman 30,5 cm. Nilai N didefiniskan sebagai jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi silinder *split barrel sampler* sedalam 30,5 cm pada setiap pengujian. Jumlah pukulan dihubungkan secara empiris dengan kerapatan relatif dari tanah pasir. Nilai SPT yang didapatkan dari lapangan perlu dikoreksi terlebih dahulu.

2.2 Korelasi Data Tanah

Parameter tanah selain didapatkan dari hasil uji laboratorium dapat diperoleh juga melalui korelasi antara nilai N-SPT dengan tabel korelasi dari hasil penelitian para ahli. Data parameter tanah seperti nilai kohesi (C), berat volume tanah (γ), dan sudut geser tanah (ϕ) dapat diketahui dengan menggunakan tabel korelasi antara N-SPT dengan parameter tersebut.



Gambar 2.1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Nilai Kohesi (C), Das

Tabel 2.1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Nilai Sudut Gesek Tanah(ϕ), Bowles

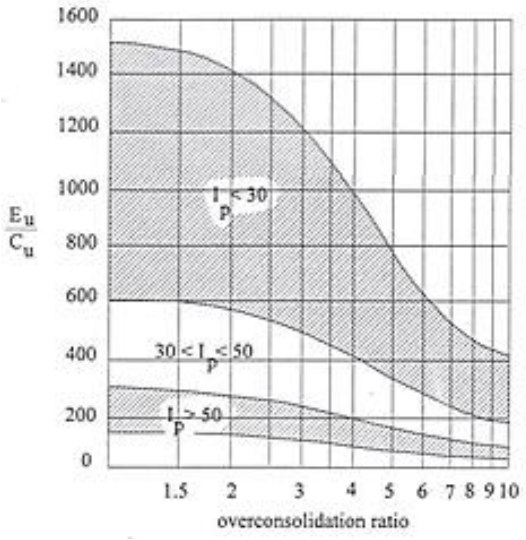
Type	*Soil description*	*Effective cohesion* (kPa)	*Friction angle (degrees)*
Cohesive	*Soft – organic*	5 – 10	10 – 20
	Soft – non organic	10 – 20	25 – 25
	Stiff	20 – 50	20 – 30
	Hard	50 – 100	25 – 30

Tabel 2.2 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Volume Tanah (γ), Bowles

	Cohesionless Soil/Sol Pulveirulent				
N (*blows*)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	>50
γ (kN/m^3)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
Ø (˚)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	*Very loose*	*Loose*	*Medium*	*Dense*	*Very Dense*
Dr (%)	0 – 15	15 – 35	35 – 65	65 – 85	85 – 100
	Cohesionless Soil/Sol Pulveirulent				
N (*blows*)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (kN/m^3)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
qu (kPa)	< 25	20 – 50	30 - 60	40 – 200	> 100
Consistency	*Very soft*	*Soft*	*Medium*	*Soft*	*Hard*

Tabel 2.3 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan *Poisson's Ratio*, Das

Type of Soil	*Modulus of Elastisity*, E_s		*Poisson's ratio*, μ_s
	MN/m^2	lb/in^2	
Loose sand	10,5 – 24,0	1500 – 3500	0,20 – 0,40
Medium dense sand	17,25 – 27,6	2500 – 4000	0,25 – 0,40
Dense sand	34,50 – 55,2	5000 – 8000	0,30 – 0,45
Silty sand	10,35 – 17,25	1500 – 2500	0,20 – 0,40
Sand and gravel	69,00 – 172,50	10000 - 25000	0,15 – 0,35
Soft clay	4,1 – 20,7	600 – 3000	
Medium clay	20,7 – 41,4	3000 – 6000	0,20 – 0,50
Stiff clay	41,4 – 96,9	6000 – 14000	



Gambar 2.2 Korelasi antara Elastisitas Tanah dan Kohesi Tanah, Bowles

Korelasi untuk mendapatkan nilai $K_{0(NC)}$ menggunakan persamaan oleh Jaky (1944) sebagai berikut.

$$K_{0(NC)} = 1\text{-}\sin\varphi' \quad (2.1)$$

Penentuan nilai $K_{0(OC)}$ menggunakan persamaan oleh Mayne dan Kulhawy (1982) sebagai berikut.

$$K_{0(OC)} = 1 - \sin\varphi' \times OCR^{(\sin\varphi')} \quad (2.2)$$

$$OCR = \frac{p_c'}{p_o'} \quad (2.3)$$

Penentuan nilai S_u (*undrained shear strength*) berdasarkan metode empiris oleh Kulhawy dan Mayne (1990) dengan melakukan korelasi menggunakan nilai SPT.

$$S_u = 6 \times N \quad (2.4)$$

2.3 Koreksi Nilai N-SPT Terhadap Muka Air

Koreksi nilai N-SPT terhadap muka air digunakan untuk jenis tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir lempung berada di bawah muka air tanah serta bila N-SPT > 15 karena pada saat penetrasi tabung belah SPT akan timbul tegangan air pori yang cukup besar yang mengakibatkan nilai N yang diperoleh lebih tinggi dari nilai yang seharusnya. Koreksi dilakukan dengan memilih nilai terkecil N dari rumus berikut :

$$N = 15 + \tfrac{1}{2}(\bar{N}-15) \quad (2.5)$$

$$N = 0{,}6\bar{N} \quad (2.6)$$

dengan :

N = nilai SPT setelah dikoreksi

$\bar{N}$ = nilai SPT hasil pengujian

Jenis tanah lemung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai N-SPT < 15 tidak dilakukan koreksi sehingga nilai N SPT diambil sama seusai dengan hasil pengujian.apabila nilai N-SPT > 15 tidak dilakukan koreksi baik terhadap muka air tanah maupun *overbudden pressure* tanah.

2.4 Tekanan Tanah untuk Desain

Tekanan tanah metode Rankine dapat digunakan untuk kedua kondisi kohesif dan tidak kohesif, tetapi tidak dapat digunakan jika mempertimbangkan adhesi atau gesekan antara dinding penahan dan tanah. Sementara itu, metode Coloumb dan Caquot-Kerisel memperhitungkan adhesi atau gesekan antara dinding penahan dan tanah. Padfield dan Mair (1984) mengadopsi metode Rankine dan Coloumn dan Caquot-Kerisel untuk menghitung tekanan tanah pada kasus galian dalam.

2.4.1 Tanah Kohesif

Tekanan tanah untuk desain dengan mempertimbangkan adhesi antara dinding penahan dan tanah berdasarkan metode Padfield dan Mair (1984) dihitung menggunakan rumus berikut.

$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2cK_{ac}$ (2.7)

$K_{ac} = \sqrt{K_a\left(1+\frac{c_w}{c}\right)}$ (2.8)

$\sigma_p = \sigma_v K_p - 2cK_{pc}$ (2.9)

$K_{pc} = \sqrt{K_p\left(1+\frac{c_w}{c}\right)}$ (2.10)

$K_a = \frac{1-sin\varphi}{1+sin\varphi} = tan^2\left(45-\frac{\varphi}{2}\right)$ (2.11)

$K_p = \frac{1+sin\varphi}{1-sin\varphi} = tan^2\left(45+\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{K_a}$ (2.12)

dengan :

σ_a = tekanan tanah aktif yang terjadi pada dinding penahan

σ_p = tekanan tanah pasif yang terjadi pada dinding penahan

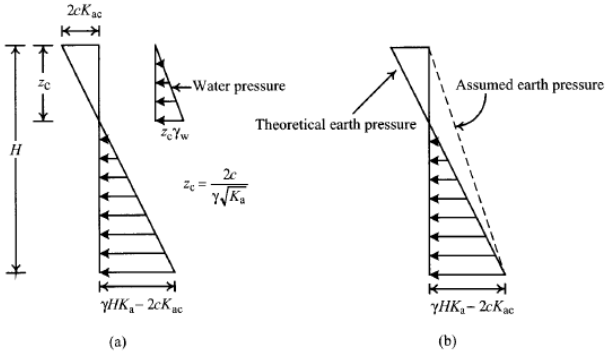
c = kohesi

φ = sudut gesek tanah

c_w = adhesi antara dinding penahan dan tanah

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

K_p = koefisien tekanan tanah pasif



Gambar 2.3 Distribusi Tekanan Tanah Lateral dari Tanah Kohesif, Ou

2.4.2 Tanah Non Kohesif

Tekanan tanah dengan memperhitungkan gesekan antara dinding dan tanah dihitung menggunakan metode Padfield dan Mair (1984) sebagai berikut.

$\sigma'_a = (\sigma_v - u)K_a - 2c'K_{ac}$ (2.13)

$K_{ac} = \sqrt{K_a\left(1 + \frac{c\prime_w}{c}\right)}$ (2.14)

$\sigma_a = \sigma'_a + u$ (2.15)

$\sigma'_p = (\sigma_v - u)K_p - 2c'K_{pc}$ (2.16)

$K_{pc} = \sqrt{K_p\left(1 + \frac{c\prime_w}{c}\right)}$ (2.17)

$\sigma_p = \sigma'_p + u$ (2.18)

dengan :

σ'_a = tekanan tanah aktif efektif yang terjadi pada dinding penahan

σ'_p = tekanan tanah pasif efektif yang terjadi pada dinding penahan

σ_a = tekanan tanah aktif yang terjadi pada dinding penahan

σ_p = tekanan tanah pasif yang terjadi pada dinding penahan

c' = kohesi efektif

φ' = sudut gesek tanah efektif

c_w = adhesi antara dinding penahan dan tanah

K_a = koefisien tekanan tanah aktif Caquot-Krisel

K_p = koefisien tekanan tanah pasif Caquot-Krisel

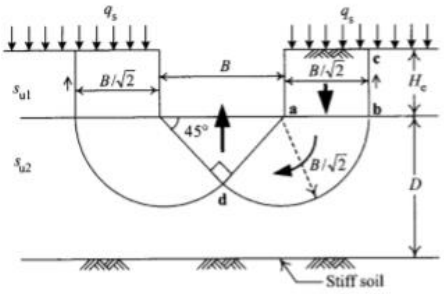
u = tekanan pori tanah

2.5 Stabilitas Tanah Dasar Galian

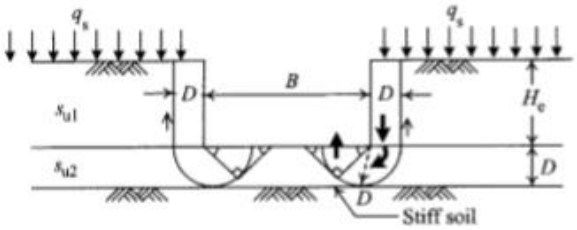
2.5.1 Kontrol *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity*

Analisis *basal heave* hanya berlaku pada tanah lempung. Metode analisis untuk *basal heave* bervariasi dengan anggapan bentuk kegagalan permukaan berada di dekat tanah atau permukaan galian, meskipun permukaan kegagalan utama berbentuk *circular arc*. Banyak metode yang digunakan untuk menghitung *base heave* yang paling banyak digunakan adalah Metode Terzaghi. Analisis *basal*

heave menggunakan Metode Terzaghi seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2.4 Analisis *Basal Heave* Metode Terzaghi ($D \geq B/\sqrt{2}$), Ou



Gambar 2.5 Analisis *Basal Heave* Metode Terzaghi ($D < \geq B/\sqrt{2}$), Ou

Ketika kegagalan *basal heave* terjadi, bidang vertikal dapat memberikan ketahanan geser ($s_{u1}H_e$) dan faktor keamanan dari *basal heave* (F_b) untuk keadaan ($D \geq B/\sqrt{2}$) dapat dihitung sebagai berikut.

$$F_b = \frac{Q_u}{W - s_{u1}H_e} \tag{2.19}$$

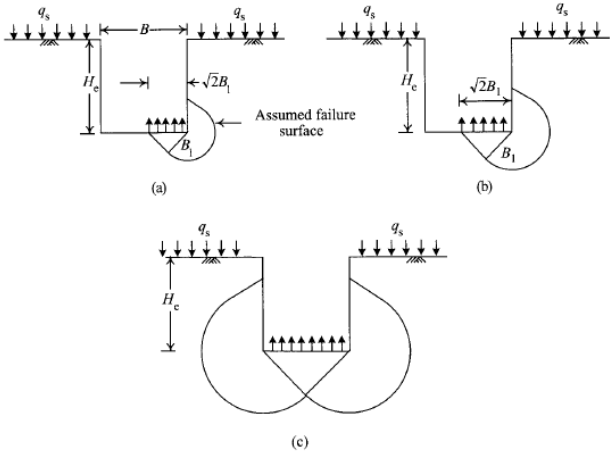
$$F_b = \frac{1}{H_e}\frac{Q_u}{\gamma + (q_s/H_e) - (s_{u1}/0{,}7B)} \tag{2.20}$$

untuk keadaan ($D < B/\sqrt{2}$) dapat dihitung sebagai berikut.

$$F_b = \frac{1}{H_e}\frac{Q_u}{\gamma+(q_s/H_e)-(s_{u1}/D)} \quad (2.21)$$

2.5.2 Kontrol *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity*

Metode *negative beariing capacity* mengasumsikan bahwa *unloading behavior* yang disebabkan oleh penggalian sejalan dengan fondasi bangunan yang dikenakan pembebanan ke atas dan bentuk keruntuhannya sama dengan keruntuhan pada fondasi dalam. Gambar di bawah menunjukkan asumsi dari berbagai macam tipe keruntuhan untuk menganalisis dan mencari *safety factor*. Angka keamanan atau *safety factor* yang paling kecil dari semua jenis kegagalan yang akan digunakan sebagai nilai angka keamanan dari *basal heave*.

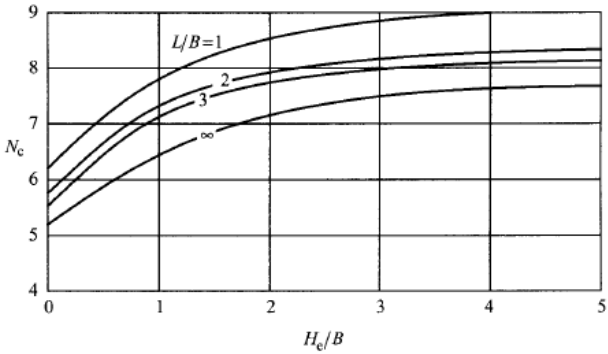


Gambar 2.6 Analisis *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity*: (a) $\sqrt{2}B_1$ lebar keruntuhan, (b) $\sqrt{2}B_1$ lebar keruntuhan yang lain, dan (c) Keruntuhan terjadi pada seluruh dasar galian, Ou

Angka keamanan atau *safety factor* untuk *basal heave* dengan metode *negative bearing capacity* dihitung dengan cara berikut.

$$F_b = \frac{N_c}{\gamma . H_e + q_s} \quad (2.22)$$

Bjerrum dan Eide memberikan metode untuk menentukan nilai N_c atau *Skempton's bearing capacity factor*. NAVFAC DM 7.2 (1982) memodifikasi metode Bjerrum dan Eide untuk menerapkan metodenya untuk galian dimana tanah keras di bawah permukaan galian atau dimana terdapat dua lapisan tanah. Gambar berikut menunjukkan nilai N_c yang didapatkan dari korelasi kedalaman galian dengan panjang dan lebar galian.

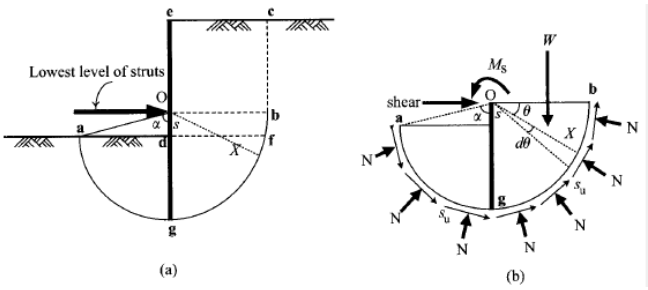


Gambar 2.7 *Skempton's Bearing Capacity Factor*, Ou

2.5.3 Kontrol *Basal Heave* Metode *Slip Circle*

Keruntuhan pada metode *slip circle* diasumsikan berbentuk lingkaran. Pusat dari lingkaran pada metode *slip circle* berada pada *strut* yang paling bawah. G

ambar di bawah menunjukkan analisis *basal heave* menggunakan metode *slip circle*.



Gambar 2.8 Analisis *Basal Heave* Metode *Slip Circle*: (a) Permukaan keruntuhan, (b) *Free Body* dari gaya yang bekerja, Ou

Angka keamanan atau *safety factor* dari *basal heave* dengan menggunakan metode *slip circle* dihitung menggunakan rumus berikut.

$$F_b = \frac{X \int_0^{\left(\frac{\pi}{2}\right)+\alpha} s_u (X\, d\theta)}{W.\left(\frac{X}{2}\right)} \qquad (2.23)$$

dengan :

s_u = *undrained shear strength* dari *clay*

X = radius dari lingkaran keruntuhan

W = total berat dari tanah di depan *vertical failure plane* dan di atas permukaan, termasuk beban tambahan pada permukaan tanah

2.5.4 Kontrol *Piping*

Kontrol *piping* dihitung menggunakan prinsip cara jaring arus (*flow-net*). Prinsip dasar yang harus dipenuhi di

dalam cara jaring arus adalah antara garis ekipotensial dan garis aliran harus berpotongan tegak lurus. Gradien hidrolik diberikan menurut persamaan sebagai berikut.

$$i_e = \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad (2.24)$$

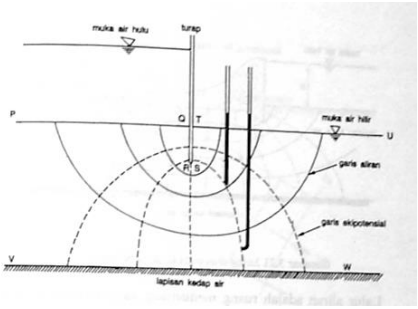
$$\Delta h = \frac{h}{N_d} \quad (2.25)$$

dengan :

h = beda tinggi energi antara garis ekipotensial awal dan akhir

N_d = jumlah penurunan dari garis ekipotensial

i_e = gradien keluar masuk



Gambar 2.9 Jaring Arus pada Turap, Hardiyatmo

Harza (1935) memberikan faktor keamanan terhadap bahaya *piping* sebagai berikut.

$$SF = \frac{i_c}{i_e} \quad (2.26)$$

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma w} \quad (2.27)$$

2.5.5 Kontrol *Push*-In Failure

Analisis *push-in failure* adalah analisis kesetimbangan momen yang diakibatkan oleh tekanan tanah aktif di sisi luar galian sebagai penyebab momen penggerak dan tekanan tanah pasif di sisi dalam galian sebagai penyebab momen penahan. Ciri – ciri dari keruntuhan *push-in failure* adalah terjadinya *kick-out* pada ujung bawah dinding penahan, ciri keruntuhan ini pada umumnya terjadi pada tanah berpasir. *Safety factor* dari *push-in failure* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$F_p = \frac{M_r}{M_d} = \frac{P_p L_p + M_s}{P_a L_a} \quad (2.27)$$

dengan :

F_p = *safety factor* dari *push-in*

M_r = momen penahan

M_d = momen penggerak

P_a = total tekanan tanah aktif

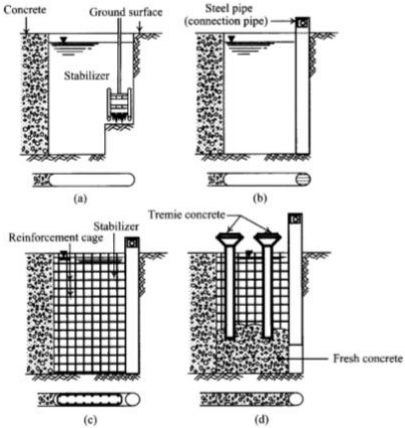
L_a = panjang dari *strut* paling bawah ke titik P_a

M_s = *allowable momen* untuk dinding penahan

2.6 *Diaphragm Wall*

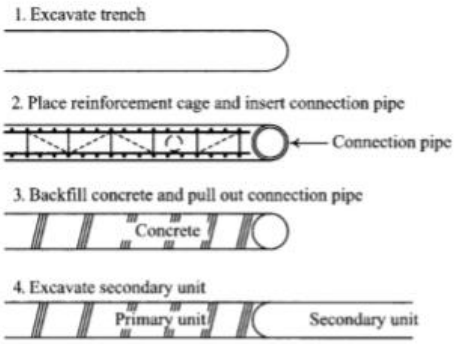
Diaphragm wall adalah salah satu jenis dinding penahan tanah yang sekaligus digunakan sebagai dinding *basement*. Pengerjaan pertama yang harus dilakukan pada konstruksi *diaphragm wall* adalah membagi panjang *diaphragm wall* menjadi beberapa bagian. Hal ini dilakukan karena keterbatasan kondisi di lapangan. Prosedur konstruksi dari pengerjaan *diaphragm wall* pertama adalah membentuk *guide wall* sebagai batas untuk membangun *diaphragm wall*, kedua menggali tanah dari parit yang

dibentuk di antara *guide wall*, ketiga menempatkan tulangan *diaphragm wall* pada lubang galian. Sebelumnya lubang galian harus dipastikan bersih dari lumpur. Selanjutnya memasang pipa besi sebagai *joint* antara panel pertama dan panel kedua. Kemudian yang terakhir adalah menuangkan beton. Gambar 2.10 menunjukkan prosedur pengerjaan *diaphragm wall*.

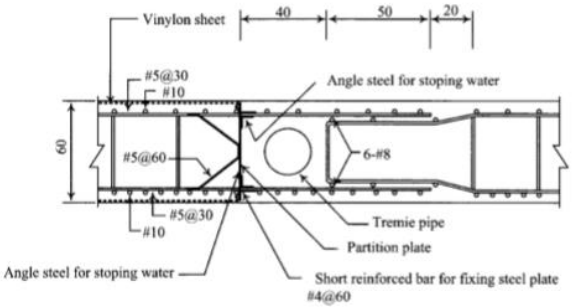


Gambar 2.10 Prosedur Pelaksanaan *Diaphragm Wall:* (a) Penggalian, (b) Pemasangan pipa besi pada joint, (c) Pemasangan tulangan, (d) Pengecoran beton, Ou

Joint di antara setiap panel *diaphragm wall* perlu diperhatikan agar tetap kedap dari air sehingga bisa menyalurkan momen lentur dan gaya geser yang terjadi. Jenis *joint* pada *diaphragm wall* memiliki beberapa jenis. Jika *diaphragm wall* akan dipasang secara sementara, maka metode sambungan pipa merupakan pilihan terbaik. Jika *diaphragm wall* akan dipasang secara permanen, maka metode yang tepat adalah *the end-plate method*.



Gambar 2.11 *Joint* pada *Diaphragm Wall* dengan Metode Sambungan Pipa, Ou



Gambar 2.12 *Joint* pada *Diaphragm Wall* dengan *End-Plate Method*, Ou [10]

Gambar 2.11 menunjukkan *joint* pada *diaphragm wall* dengan metode pipa sambungan. Setelah pengecoran beton dilakukan, kemudian sambungan pipa dikeluarkan dalam dua atau tiga jam setelahnya kemudian dilanjutkan dengan memasang panel yang kedua. Gambar 2.12 menunjukkan *joint* pada *diaphragm wall* dengan *end-plate method*. Tulangan panel pertama dipasang melebihi pelat ujung (*end late*) agar terbentuk *overlap* dengan tulangan panel kedua. Pelat ujung (*end plate*) adalah pelat baja tipis dengan

panjang 2 – 5 cm lebih kecil dibandingkan ketebalan *diaphragm wall* dan 30 cm lebih dalam daripada kedalaman *diaphragm wall*. *End plate* dipasang lebih dalam agar tertanam pada dasar tanah untuk mencegah perpindahan lateral dari *end plate*.

Keuntungan dari metode *diaphragm wall* adalah sebagai berikut :

1. Pengerjaannya minim polusi suara dan getaran.
2. Ketebalan dan kedalaman dinding dapat disesuaikan.
3. Proses pengerjannya lebih cepat dibandingkan metode konstruksi dinding penahan tanah lainnya.

Kelemahan dari metode *diaphragm wall* adalah sebagai berikut :

1. Biaya lebih tinggi dibandingkan metode konstruksi dinding penahan tanah lainnya.
2. Sambungan panel *diaphragm wall* rentan untuk bocor, sehingga perlu dilakukan *grouting* pada area yang bocor.
3. Sulit dibangun pada kondisi tanah jenis pasir apung.

Desain penulangan dari *diaphragm wall* dihitung berdasarkan momen lentur dan gaya geser terbesar dari analisis tegangan menggunakan program bantu. Definisi kapasitas desain dan nominal momen lentur dan geser adalah sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} \quad (2.28)$$

$$V_n = \frac{V_u}{\emptyset} \quad (2.29)$$

dengan :

M_n = momen lentur nominal (kapasitas momen lentur)
M_u = momen lentur desain
V_n = geser nominal (kapasitas geser)
V_u = geser desain
ϕ = reduksi faktor kekuatan (momen lentur ϕ= 0,9 , geser ϕ = 0,75)

2.6.1 Tulangan Utama Vertikal

Momen lentur resistan dari beton dihitung menggunakan rumus berikut:

$$M_R = \frac{1}{\emptyset}\left[\rho max.fy\left(1 - 0{,}59\frac{\rho max.fy}{fc\prime}\right)\right]bd^2 \quad (2.30)$$

dengan :

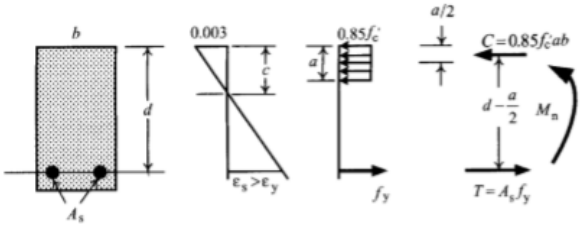
d = jarak antara serat tepi tekan dengan pusat Tarik beton

ρmax = 0,75ρb

fc' = kuat tekan beton

fy = kuat leleh baja tulangan

ρb = rasio tulangan pada kondisi *balanced*



Gambar 2.13 Diagram Tegangan Beton, Ou

rasio tulangan beton pada kondisi *balanced* dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\rho b = \frac{0{,}85fc\prime}{fy}\beta 1\left(\frac{6120}{6120+fy}\right) \quad (2.31)$$

$$\beta 1 = 0{,}85 \quad fc' \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \quad (2.32)$$

$$\beta 1 = 0{,}85 - 0{,}05\left(\frac{fc'-280}{70}\right) \geq 0{,}65 \quad fc' > 280 \text{ kg/cm}^2 \quad (2.33)$$

Perencanaan penulangan yang perlu direncanakan hanya tulangan Tarik saja, dihitung menggunakan rumus berikut :

$$m = \frac{fy}{0{,}85fc'} \quad (2.34)$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mMn}{fybd^2}}\right) \quad (2.35)$$

$$As = \rho bd \quad (2.36)$$

Jika nilai $M_u > \phi M_R$, maka ketebalan dari *diaphragm wall* harus ditambah atau tulangan tekan harus diperhitungkan dalam perencanaan. Perhitungan tulangan tekan mengikuti perhitungan penulangan ganda pada balok, seperti berikut:

$$A_{s1} = \rho_1 bd \quad (2.37)$$

$$T_1 = A_{s1} fy \quad (2.38)$$

$$Cc = T_1 = 0{,}85fc'ba \quad (2.39)$$

berdasarkan persamaan di atas, maka:

$$a = \frac{T_1}{0{,}85fc'b} \quad (2.40)$$

$$M_1 = T_1\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.41)$$

$$M_2 = M_n - M_1 \quad (2.42)$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{fy(d-d')} \quad (2.43)$$

luas tulangan yang diperlukan :

$$As = A_{s1} + A_{s2} \quad (2.44)$$

2.6.2 Tulangan Utama Horizontal

Jika susut dan temperatur dipertimbangkan, maka tulangan horizontal dibutuhkan. Penulangan akibat adanya pengaruh susut dan temperatur diperhitungkan sebagai berikut :

As = 0,002Ag (fy < 4200 kg/cm^2) (2.45)

As = 0,0018Ag (fy = 4200 kg/cm^2) (2.46)

As = 0,0018(4200/fy)Ag ≥ 0,0014Ag

(fy>4200 kg/cm^2) (2.47)

dengan :

Ag = tebal dinding penahan tanah x lebar

2.6.3 Tulangan Geser

Kapasitas nominal geser dari beton direncanakan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$V_c = 0{,}53\sqrt{f'c}\,bd$ (2.48)

Gambar 2.14 menunjukkan 3 tipe tulangan geser yang digunakan pada dinding penahan tanah. Tipe 1 yaitu tulangan utama geser dan dua tulangan miring. Kapasitas geser nominal dari dinding penahan tanah per satuan lebar adalah :

Vn = Vc + Vs (2.49)

dengan Vs adalah nominal geser dari tulangan geser.

Apabila jarak horizontal antara dua tulangan geser sama, maka luas tulangan geser per satuan lebar (b = 100 cm) adalah :

$Av = \frac{100A_b}{S_h}$ (2.50)

dengan :

Av = luas total tulangan geser pada horizontal per satuan lebar (cm^2)

A_b = luas satu tulangan geser (cm^2)

S_h = jarak horizontal antar tulangan geser (cm)

Kapasitas geser nominal dari tipe 1 (tulangan geser utama) adalah :

$$V_{s1} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \quad (2.51)$$

dengan :

S_v = jarak vertikal antar tulangan geser utama

Kapasitas geser nominal dari tipe 2 (tulangan geser miring) adalah :

$$V_{s2} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \sin \alpha \quad (2.52)$$

dengan :

α = sudut antara tulangan geser miring dengan tulangan horizontal

Kapasitas geser nominal dari tipe 3 (tulangan geser miring) adalah :

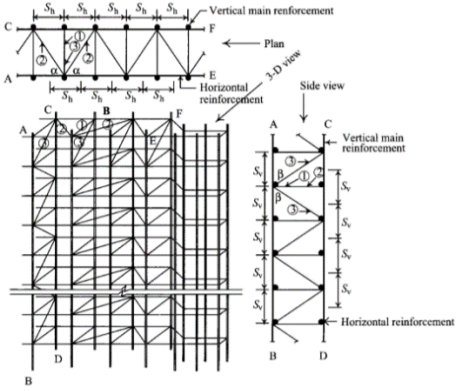
$$V_{s3} = \frac{A_v f_y d}{S_v} \sin \beta \quad (2.53)$$

dengan :

α = sudut antara tulangan geser miring dengan tulangan vertikal

Kapasitas nominal geser dari seluruh tulangan geser per satuan lebar adalah :

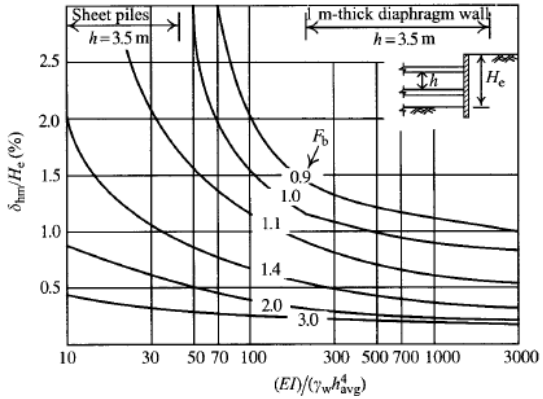
$$Vs = V_{s1} + V_{s2} + V_{s3} \quad (2.54)$$



Gambar 2.14 Tampak 3D Penulangan *Diaphragm Wall*, Ou

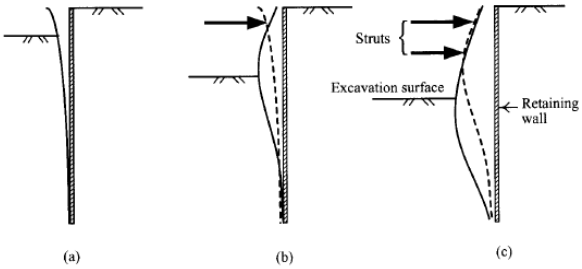
2.7 Analisis Deformasi

Clough dan O'Rourke (1990) menemukan bahwa semakin lebar galian, maka akan semakin besar deformasi dari dinding penahan. Berikut merupakan korelasi antara defleksi maksimum dinding penahan, kekakuan *strutting*, dan *safety factor* dari *basal heave*. Grafik di bawah juga dapat digunakan untuk menentukan analisis awal besaran dari deformasi dinding penahan.



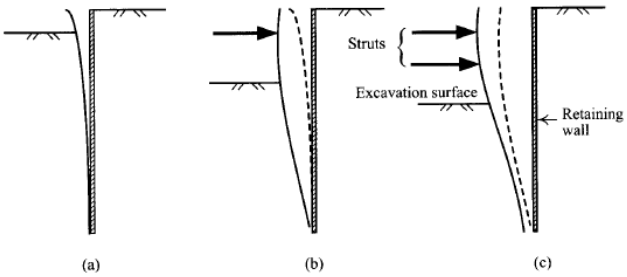
Gambar 2.15 Korelasi antara Defleksi Maksimum Dinding Penahan, Kekakuan *Strutting*, dan *Safety Factor* dari *Basal Heave*, Ou

Kekakuan dari *strutting* juga mempengaruhi deformasi dinding penahan. Jika kekakuan *strut* tinggi, maka tekanan pada *strut* akan kecil sehingga dinding penahan akan memutar dengan pusat pada titik antara *strut* dan dinding penahan. Deformasi maksimum dari kondisi ini ditunjukan pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Bentuk Deformasi Dinding dengan *Strut* yang Kekakuannya Tinggi: (a) Tahap pertama galian, (b) Tahap kedua galian, (c) Tahap ketiga galian, Ou

Jika kekakuan *strut* rendah, maka tekanan pada *strut* akan cenderung besar. Akan ada *displacement* yang besar di sekitar titik kontak antara galian tahap kedua dan tahap ketiga. Deformasi maksimum dari kondisi ini ditunjukan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Bentuk Deformasi Dinding dengan *Strut* yang Kekakuannya Rendah: (a) Tahap pertama galian, (b) Tahap kedua galian, (c) Tahap ketiga galian, Ou

2.8 Inklinometer

Inklinometer adalah salah satu unit instrumentasi geoteknik yang digunakan untuk mengukur pergerakan horizontal lapisan tanah atau batuan. Inklinometer juga berfungsi untuk mengukur dan menghitung kuat geser tanah.

Pencatatan data pada saat *monitoring* inclinometer adalah pencatatan elevasi bagian atas pipa inklinometer dan pengukuran sebanyak tiga kali pembacaan untuk memperoleh bacaan awal yang konstan. Pembacaan dilakukan paling sedikit satu kali setiap hari terutama pada saat penambahan beban kerja, yaitu pada saat penimbunan. Hasil *monitoring* inklinometer terdiri dari :

1. Data pembacaan pergerakan horizontal.
2. Data timbunan.

3. Grafik hubungan antara pergerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman.
4. Deformasi horizontal terhadap waktu.

2.9 Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Setiap dinding penahan tanah harus diperiksa stabilitasnya terhadap guling, geser lateral, dan daya dukung. Faktor keamanan yang diisyaratkan berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.2.5.3 adalah sebagai berikut.

1. Faktor keamanan terhadap guling minimum 2.
2. Faktor keamanan terhadap geser lateral minimum 1,5.
3. Faktor keamanan terhadap daya dukung minimum 3.
4. Faktor keamanan terhadap stabilitas global minimum 1,5.
5. Faktor keamanan terhadap gempa minimum 1,1.

2.10 Faktor Keamanan Stabilitas Dasar Galian

2.10.1 *Basal Heave*

Basal heave adalah mengalirnya tanah ke dalam galian sebagai akibat terganggunya kesetimbangan daya dukung tanah pada level ujung bawah *embedded wall*. Dalam melakukan pemeriksaan terhadap bahaya *basal heave* perlu diperhitungkan adanya beban tambahan. Dasar galian dinyatakan aman terhadap *heave* seperti yang ditentukan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.7.1 apabila :

$$FK_{heave} \geq 1{,}25 \qquad (2.55)$$

2.10.2 *Blow*-in

Blow-in dapat terjadi bila tanah pada dasar galian merupakan lapisan lempung (kedap air) yang relatif tipis dan di bawahnya terdapat lapisan berbutir (pasir, kerikil) yang merupakan *confined aquifer*. Berat lapisan kedap air tersebut

tidak dapat mengimbangi tekanan air ke atas pada lapisan berbutir di bawahnya, sehingga pecah dan terdorong ke atas. Dasar galian dinyatakan aman terhadap *blow-in* seperti yang ditentukan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.7.2 apabila :

$$FK_{blow\text{-}in} \geq 1{,}25 \qquad (2.56)$$

2.10.3 *Piping*

Potensi *piping* ada bila jenis tanah pada dasar galian adalah pasir. *Piping* terjadi bila *exit gradient* melebihi *critical hydraulic gradient*. Keadaan ini menyebabkan rusaknya dasar galian seperti mendidih. Dasar galian dinyatakan aman terhadap *piping* seperti yang ditentukan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.7.3 apabila :

$$FK_{piping} \geq 1{,}5 \qquad (2.57)$$

2.11 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah

Batasan deformasi lateral izin dinding penahan tanah ditentukan oleh kondisi tanah, kedalaman galian serta jarak dan kondisi gedung terdekat seperti yang ditentukan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 11.5.

Tabel 2.4 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah, Badan Standar Nasional

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

Keterangan :

a) Tanah Tipe A meliputi : tanah lempung dan lanau *overconsolidated* (*over-consolidated stiff clays* dan *silts*) tanah residual (*residual soils*), dan tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai dengan padat (*medium to dense sands*).
b) Tipe Tanah B meliputi : tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, slits*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*Loose fills*).

2.12 *Dewatering*

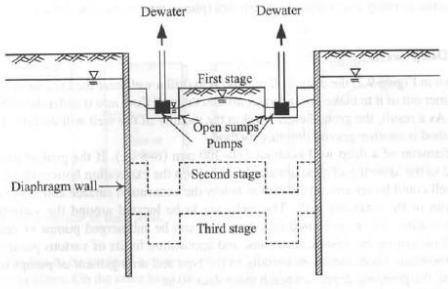
Dewatering adalah metode untuk menurunkan level air tanah pada tanah berpasir atau berbatu daripada tanah lempung. Tujuan dari dilakukannya *dewatering* adalah untuk menurunkan level air tanah agar tetap menjaga dasar

dari galian kering, untuk mencegah kebocoran air atau pasir, untuk mencegah terjadinya *sand boiling* atau *upheaval failure*, dan mencegah terjadinya gaya angkat pada *basement*.

2.12.1 Metode *Dewatering*

Metode *dewatering* yang biasa digunakan pada galian termasuk metode *open sump* atau *ditch method*, *deep well method*, dan *well point method*.

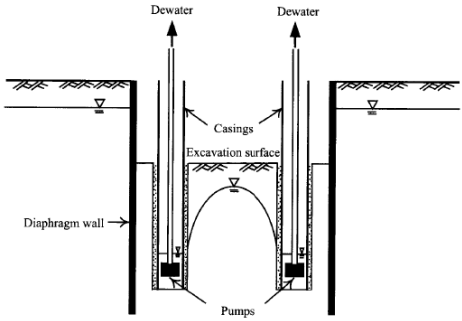
1. *Open Sumps* atau *Ditches*
   Open sumps method adalah untuk mengumpulkan air tanah yang merembes melewati dasar galian pada *open sumps* yang berada pada dasar galian, dan kemudian air tanah tersebut dipompa keluar. Kedalaman *open sump* pada umumnya 0,6 – 1 m lebih rendah dari permukaan galian. *Collecting point* biasanya berjarak 0,8 – 2,0 m.



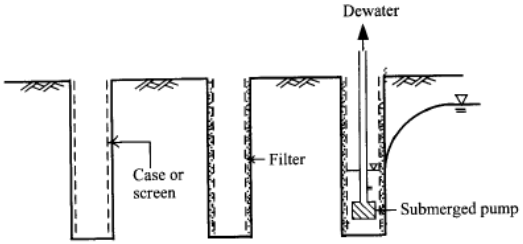
Gambar 2.18 Metode *Dewatering* : *Open Sump Method*, Ou

2. *Deep Wells*
   Deep well method adalah metode dengan cara mengebor sumur dekat dengan zona galian dan memompa air keluar untuk membuat air tanah di sekitar sumur mengalir di bawahnya karena pengaruh gravitasi. Diameter dari *deep well* biasanya sekitar 150

– 200 mm. jika tujuan memompa adalah untuk menurunkan level air tanah untuk menjaga permukaan galian tetap kering, maka kedalaman sumur dapat diatur 2,0 – 5,0 m di bawah permukaan galian dan tidak lebih rendah dari dasar dinding penahan tanah. Gambar 2.20 menunjukkan tahapan konstruksi dari *deep well*, pertama pengeboran, lalu memasang *casing*, kemudian memasang *screen* dan memasukan filter diantara sisi sumur dengan *casing*. *Screen* pada sumur berfungsi agar air tanah dapat memasuki sumur dari lapisan akuifer dan untuk mencegah sedimen memasuki sumur.



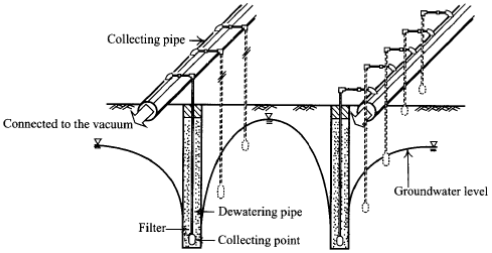
Gambar 2.19 Metode *Dewatering* : *Deep Well Method*, Ou



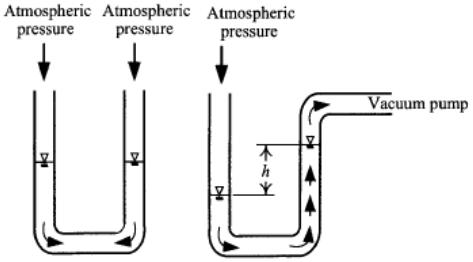
Gambar 2.20 Konstruksi dari *Deep Well*, Ou [10]

3. *Well Points*

Well point method biasa disebut juga *vacuum well point method*. Metode ini berfungsi untuk menempatkan *collecting point* yang terhubung dengan pipa pompa di dalam sumur dengan diameter kecil dan mengaturnya dalam satu garis atau pola persegi. Pada ujung atas pipa pompa terhubung dengan *collecting pipe* yang kemudian dipopmpa keluar untuk mengeluarkan air pori dari tanah dan menurunkan level air tanah. Prinsip dari *well point method* dapat diilustrasikan sama dengan pipa U seperti pada Gambar 2.22. Ketika kedua ujung pipa berada pada tekanan atmosfer yang sama, air di dalam pipa tetap stabil. Ketika air pada sisi kanan dipompa tekanan pada kedua sisi pipa menjadi tidak stabil. Ketinggian air pada sisi kanan pipa U akan naik dan perbedaan ketinggian akan terjadi.



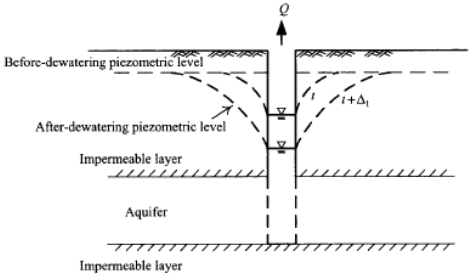
Gambar 2.21 Metode *Dewatering* : *Well Point Method*, Ou



Gambar 2.22 Pipa U yang Digerakan oleh Pompa, Ou

2.12.2 *Confined Aquifer*

Lapisan permeable disebut juga sebagai lapisan akuifer. Ketika lapisan *impermeable* ditemukan pada atas dan bawah lapisan akuifer dengan posisi piezometrik lebih tinggi dari pada bagian atas lapisan akuifer disebut lapisan *confined aquifer*. Ketika akuifer dipompa dengan sumur tunggal, level piezometrik akan turun dan kerucut *drawdown* akan terbentuk seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2.23 *Dewatering* pada Lapisan *Confined Aquifer*, Ou

1. *Full Penetration Wells*
   Full penetration well adalah sumur yang secara penuh masuk ke dalam lapisan akuifer dan arah alirannya adalah horizontal. Persamaan Theim *aquilibirum* dapat digunakan untuk menghitung *drawdown* dan jumlah debit.

$$Q = \frac{2\pi kD(H-h_w)}{\ln(R/r_w)} \quad (2.58)$$

$$s = \frac{Q\ln(R/r)}{2\pi kD} \quad (2.59)$$

dengan :

Q = jumlah debit

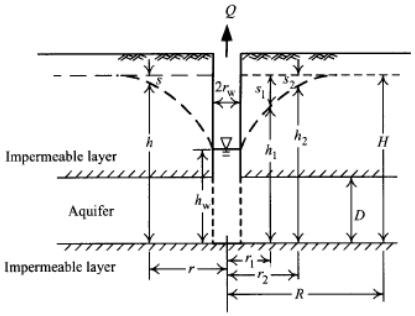
k = koefisien permeabilitas

D = tebal lapisan akuifer

H = tinggi *piezometric* sebelum pemompaan

h_w = tinggi muka air tanah sesudah pemompaan

r_w = jari – jari sumur



Gambar 2.24 Parameter *Dewatering* pada *Confined Aquifer*, Ou

2. *Partial Penetration Well*

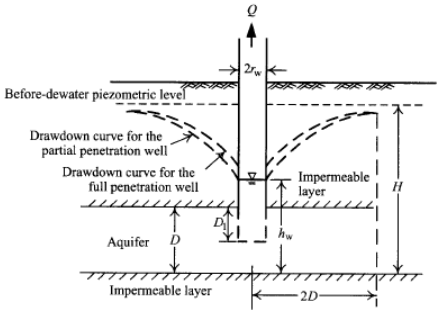
Partial penetration well paling banyak digunakan daripada *full penetration well*. Banyak teori *aquilibrium* yang digunakan untuk menganalisis *partial penetration well*, salah satunya rumus turunan dari Kozeny (1953). Berdasarkan rumus turunan dari Kozeny (1953) jumlah air yang dipompa untuk mencapai *drawdown* yang dirancang dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q = \frac{2\pi T(H-h_w)}{\ln(R/r_w)}\mu \quad (2.60)$$

$$\mu = \frac{D_1}{D}\left(1 + 7\sqrt{\frac{r_w}{2D_1}}\cos\frac{\pi D_1}{2D}\right) \quad (2.61)$$

dengan :

μ = koefisien modifikasi
D_1 = kedalaman penetrasi sumur
D = tebal dari lapisan akuifer

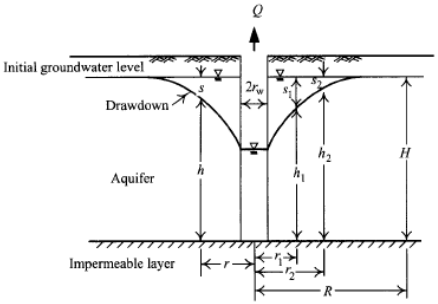


Gambar 2.25 Kurva *Drawdown* untuk *Partial Penetration Well* pada *Confined Aquifer*, Ou [10]

2.12.3 *Free Aquifer*

Free aquifer biasa disebut juga *unconfined aquifer*. Analisis untuk *free aquifer* juga dibagi menjadi *full penetration well* dan *partial penetration well*.

1. *Full Penetration Well*
   Rumus Thiem *equilibrium* untuk analisis pada *full penetration well* adalah sebagai berikut.
   $$Q = \frac{\pi k\left(H^2 - h_w^2\right)}{\ln\left(R/r_w\right)} \quad (2.62)$$
   Rumus di atas dapat ditulis kembali untuk mencari level air tanah atau *drawdown* dengan berbagai jarak (r) sebagai berikut.
   $$H^2 - h^2 = \frac{Q ln(R/r)}{\pi k} \quad (2.63)$$
   atau
   $$h^2 - h_w^2 = \frac{Q ln(r/r_w)}{\pi k} \quad (2.64)$$



Gambar 2.26 *Drawdown* untuk *Free Aquifer* pada *Full Penetration Well*, Ou

2. *Partial Penetration Well*
   Rumus dari Hausman (1990) untuk amalisis *partial penetration well* adalah sebagai berikut.
   $$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_w^2)\alpha}{\ln\left(R/r_w\right)} \quad (2.65)$$
   $$\alpha = \sqrt{\frac{H - D_1}{H}}\sqrt[4]{\frac{H + D_1}{H}} \quad (2.66)$$

2.12.4 Kapasitas Sumur *Dewatering*

Efisiensi dari sumur *dewatering* tidak dapat mencapai 100% karena terdapat kehilangan akibat gaya gesek. Kapasitas pompa setiap sumur perlu diperkirakan. Jumlah debit air tanah yang mengalir menuju sumur (Q_w) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut.

$$Q_w = 2\pi r_w h_w \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (2.67)$$

Rumus di atas adalah rumus empiris, dengan satuan r_w dan h_w adalah m, sedangkan satuan k adalah m/s, dan satuan Q_w adalah m^3/s.

Tabel 2.5 Hubungan Koefisien Permeabilitas dengan Q_w]untuk *Well Point* (JSA,1988), Ou

k (cm/s)	Q_w (x 10^{-3} m^3/min)
1,0 x 10^{-3}	1 – 5
5,0 x 10^{-3}	5 – 10
1,0 x 10^{-2}	10 – 20
5,0 x 10^{-2}	40 –

Tabel 2.6 Hubungan Jenis Tanah dengan Q_w]untuk *Well Point* (JSA,1988), Ou

Soil Type	Q_w (x 10^{-3} m^3/min)
Gravel	50 – 70
Coarse gravel	30 – 50
Coarse sand	20 – 25
Sand	*Around* 15
Fine sand	8 – 10

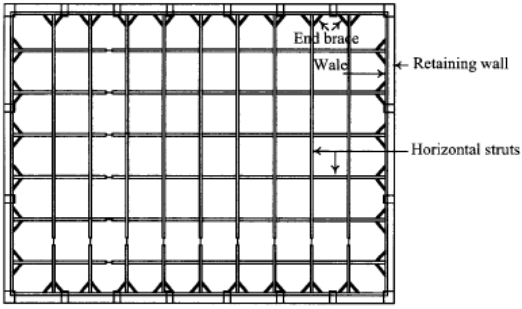
Jumlah sumur *dewatering* yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$n = \frac{Q_{tot}}{Q_w} \tag{2.68}$$

2.13 Sistem *Strutting*

Dinding penahan tanah jarang dapat menahan tekanan tanah lateral dengan berdiri sendiri, sehingga struktur tambahan seperti sistem *strutting* perlu untuk ditambahkan. Berdasarkan bahan pembuatnya, jenis *strut* terdiri dari *strut* kayu, *strut* beton bertulang, dan *strut* baja. *Strut* kayu biasanya digunakan pada galian yang dangkal dan tidak dalam. Selain itu sulit untuk menyambung potongan kayu satu dengan yang lainnya, *strut* kayu juga tidak dapat digunakan kembali, dan kelangkaan kayu di beberapa negara menjadikan *strut* kayu jarang digunakan. Kekakuan aksial dari *strut* beton bertulang cukup tinggi, dan juga mudah digunakan pada berbagai macam bentuk galian tanpa menyebabkan relaksasi tegangan. Namun *strut* beton bertulang memiliki beban yang berat dan tidak mudah untuk dibongkar kembali. *Strut* baja merupakan sistem *strutting*

yang umum dan banyak digunakan di berbagai negara. *Strut* baja mudah untuk dipasang dan dibongkar, tetapi tidak mudah digunakan pada topografi yang bergelombang dan pada lahan yang luas. Menurut fungsinya jenis *strut* dibagi menjadi 5, yaitu *eearth berm*, *horizontal strut*, *raker*, *anchor*, dan *top-down floor slab*.



Gambar 2.27 Sistem *Strutting*, Ou

2.13.1 *Horizontal Strutrs*

Strut biasanya diberikan beban aksial tekan dan juga beban lentur. Tegangan aksial tekan dapat dihitung sebagai berikut.

$$f_a = \frac{N}{A} \qquad (2.69)$$

dengan :

A = luas area *strut*

N = beban aksial = $N_1 + N_2$

N_1 = beban *strut* yang diakibatkan oleh penggalian

N_2 = beban *strut* yang diakibatkan oleh perubahan

temperatur = $\alpha \Delta t E A$

α = koefisien *thermal expansion* untuk *strut* = 1,32 x 10^{-5}/°C

Δt = perubahan temperatur *strut* (˚C)

E = modulus Young

tegangan yang diakibatkan beban lentur dapat dihitung sebagai berikut.

$$f_a = \frac{M_1 + M_2}{S} \quad (2.70)$$

dengan :

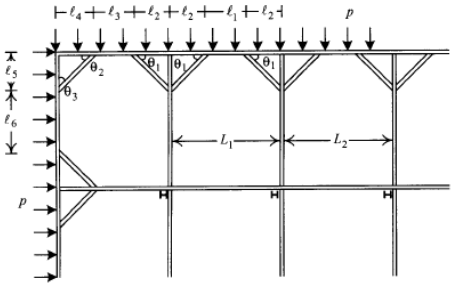
M_1 = momen yang diakibatkan oleh berat sendiri *strut* dan beban hidup

M_2 = momen yang diakibatkan oleh gaya angkat dari *center post*

S = *section modulus*

2.13.2 *End Braces and Corner Braces*

Untuk kenyamanan konstruksi atau alasan lain, jarak antara dua *strut* yang berdekatan di posisi yang sama dapat menjadi lebih kecil dari jarak yang diizinkan untuk *horizontal strutting*. Jika ditambahkan satu *strut* lagi maka jaraknya akan menjadi lebih sempit. Penggunaan *end braces* atau *conrner braces* digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Fungsi dari *end braces* dan *corner braces* adalah untuk memperpendek bentang di antara dua tumpuan. *End braces* biasanya dipasang simetris dengan sudut 45˚ dengan *wales*.



Gambar 2.28 Jarak dan Sudut diantara *Struts* dan *End Braces* atau *Corner Braces*, Ou

Gaya aksial dari *end braces* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$N = p\left(\frac{l_1+l_2}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_1} \quad (2.71)$$

dengan :

p = tekanan tanah atau beban *strut* per satuan lebar

l_1, l_2 = jarak antar *strut*

$ø_1$ = sudut diantara *end brace* dengan *wale*

Gaya aksial dari *corner brace* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$N_1 = p\left(\frac{l_3+l_4}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_2} \quad (2.72)$$

$$N_2 = p\left(\frac{l_5+l_6}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_3} \quad (2.73)$$

2.13.3 *Wales*

Fungsi dari *wales* adalah untuk menyalurkan tekanan tanah dari dinding penahan tanah ke *struts*. Untuk analisis tekanan tanah dapat diasumsikan langsung bekerja pada

wale. *Wale* juga mengalami tegangan aksial. Jika *sheet piles* atau *soldier piles* dengan *end braces* digunakan, gaya aksial pada *wale* dapat didesain dengan memilih yang lebih besar diantara dua rumus berikut.

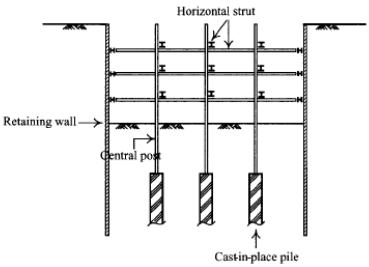
$$N = p\left(l_5 \frac{l_6}{2}\right) \quad (2.74)$$

atau

$$N = p\left(\frac{l_1+l_2}{2}\right)\frac{1}{tan\theta_1} \quad (2.75)$$

2.13.4 *Center Posts*

Pada pengaku galian, *center posts* biasanya digunakan untuk menahan berat sendiri *strut*, bahan *strut*, dan beban tambahan dari pergerakan dinding penahan tanah. *Center posts* biasanya menggunakan baja profil H dan biasanya dipancang ke dalam tanah.



Gambar 2.29 Pemasangan *Center Posts*, Ou

Kemungkinan gaya aksial yang terjadi pada setiap *center posts* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$P_1 = \sum_{i=1}^{n} w_i(L_1 + L_2) \quad (2.76)$$

dengan :

P_1 = berat horizontal *strut* dan beban hidup

w_i = berat sendiri *strut* setiap level dan beban hidup

L_1,L2 = jarak diantara *strut*

n = jumlah level

$$P_3 = \sum_{i=1}^{n} 2\left(N_{x,i} + N_{y,i}\right) sin\theta \quad (2.77)$$

dengan :

P_3 = kuat tekan miring dari *horizontal strut*

$N_{x,i}$ = beban *strut* setiap level pada arah sumbu-x

$N_{y,i}$ = beban *strut* setiap level pada arah sumbu-y

Θ = sudut kemiringan dari *horizontal strut*

total beban yang diterima *center post* adalah:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (2.78)$$

dengan :

P_2 = berat sendiri *center post* di atas permukaan galian

Momen yang diakibatkan oleh berat sendiri *strurt* dan beban hidup dengan eksentrisitas dari *center post* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$M = (P_2 + P_3)\, e_x \quad (2.71)$$

Kapasitas daya dukung vertikal ultimit dari *center post* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_s = f_s A_s + q_p A_p \quad (2.72)$$

dengan :

Q_u = kapasitas daya dukung vertikal ultimit dari *center post*

Q_p = tahanan ujung *center post*

Q_s = tahanan gesek *center post*

f_s = satuan tahanan gesek *center post*

A_s = luas permukaan *center post*

q_p = satuan tahanan ujung per satuan luas dari *center post*

A_p = luas penampang *center post*

Daya dukung vertikal yang diizinkan dari *center post* adalah sebagai berikut.

$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} \quad (2.79)$$

FS = 2 (kemungkinan gempa yang rendah, galian pada umumnya, dan kondisi geologi yang baik).

FS = 3 (mempertimbangkan kemungkinan gempa atau penggalian dengan risiko yang tinggi).

Tahanan cabut tiang yang diizinkan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$R_a = w_p + \frac{1}{FS} f_s A_s \quad (2.80)$$

2.13.5 Kontrol Kekuatan *Strutting*

Bahan material yang digunakan untuk *strut* adalah baja, sehingga kontrol kekuatan *strutting* dilakukan berdasarkan SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. *Strut* menahan gaya aksial tekan sebagai pengaku lateral dinding penahan saat dilakukannya penggalian. Kontrol kekuatan *strut* dilakukan berdasarkan pasal E untuk desain komponen struktur tekan. Kuat tekan desain didapatkan dari ketentuan berikut.

kuat tekan desain $= \phi_c P_n$ (2.81)

dengan :

ϕ_c = 0,90

P_n = nilai kuat tekan nominal yang terendah yang diperoleh berdasarkan keadaan batas tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi lentur

Kuat tekan nominal dari keadaan tekuk lentur komponen struktur tanpa elemen langsing adalah sebagai berikut.

$P_n = F_{cr} A_g$ (2.82)

tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut.

jika $\frac{KL}{r} \leq 4{,}71$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2{,}25$) :

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$ (2.83)

jika $\frac{KL}{r}$ > 4,71 (atau $\frac{F_y}{F_e}$ > 2,25) :

F_{cr} = 0,877F_e (2.84)

dengan, F_e dihitung sebagai berikut.

F_e = $\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$ (2.85)

Kuat tekan nominal dari keadaan tekuk lentur komponen struktur tanpa elemen langsing adalah sebagai berikut. Tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut.

jika $\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{QFy}}$ (atau $\frac{QF_y}{F_e} \leq 2{,}25$) :

F_{cr} = $Q\left(0{,}658^{\frac{QFy}{Fe}}\right)Fy$ (2.86)

jika $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{QFy}}$ (atau $\frac{QF_y}{F_e} > 2{,}25$) :

F_{cr} = 0,877F_e (2.87)

Untuk penampang melintang yang hanya terdiri dari elemen langsing tidak diperkaku Q = Q_s (Q_a = 1,0). Untuk penampamg melintang yang hanya terdiri dari elemen langsing diperkaku, Q = Q_a (Qs = 1,0). Untuk penampang yang terdiri dari elemen langsing diperkaku dan tidak diperkaku, Q = Q_sQ_a.

Faktor reduksi Q_s untuk elemen langsing tidak diperkaku untuk sayap, baja siku, dan plat yang diproyeksikan dari kolom canai panas dihitung sebagai berikut.

jika $\frac{b}{t} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{E}{Fy}}$:

$Q_s = 1{,}0$ (2.88)

jika $0{,}56\sqrt{\frac{E}{Fy}} < \frac{b}{t} < 1{,}03\sqrt{\frac{E}{Fy}}$:

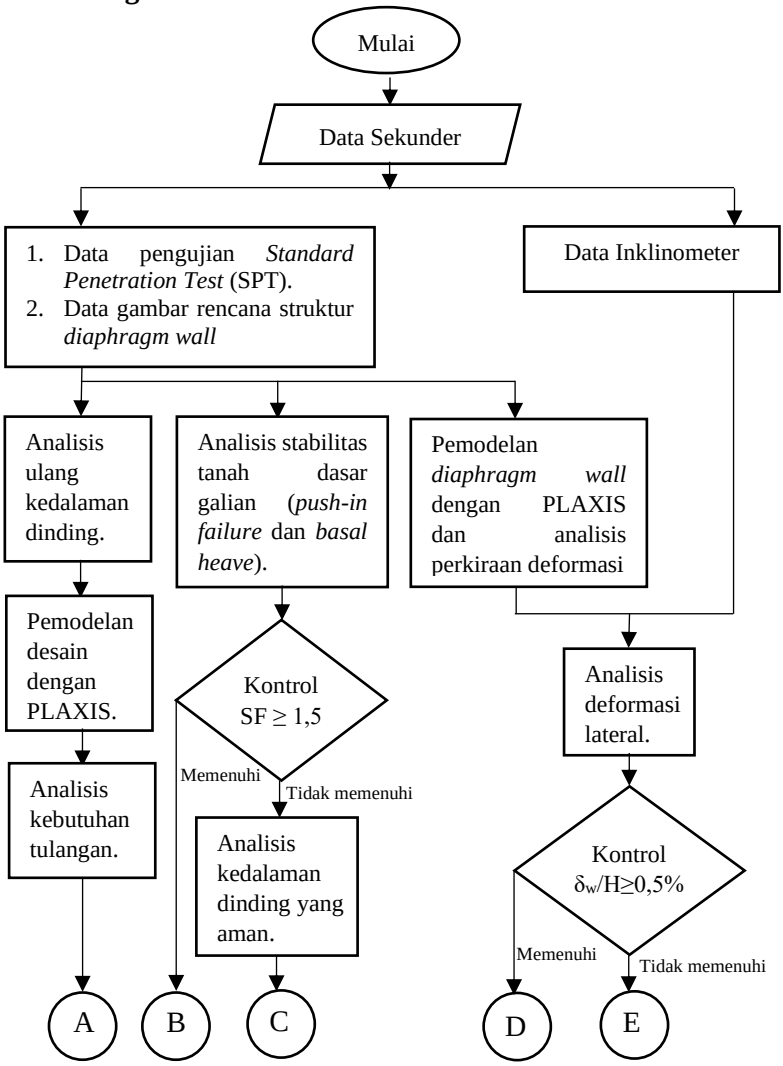
$Q_s = 1{,}415 - 0{,}74\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{\frac{Fy}{E}}$ (2.89)

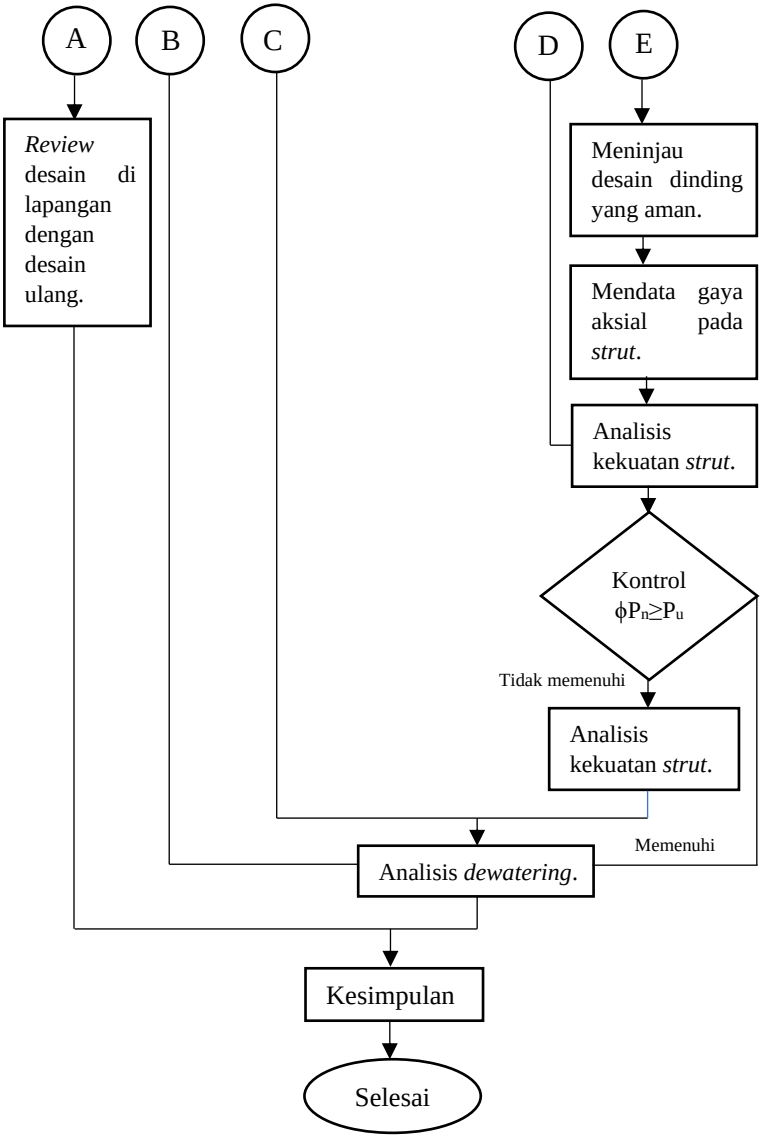
jika $\frac{b}{t} \geq 1{,}03\sqrt{\frac{E}{Fy}}$:

$Q_s = \frac{0{,}69E}{Fy\left(\frac{b}{t}\right)^2}$ (2.90)

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

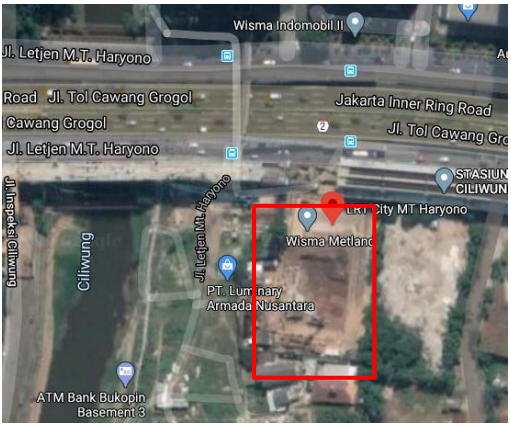




Gambar 3.1 Diagram Alir

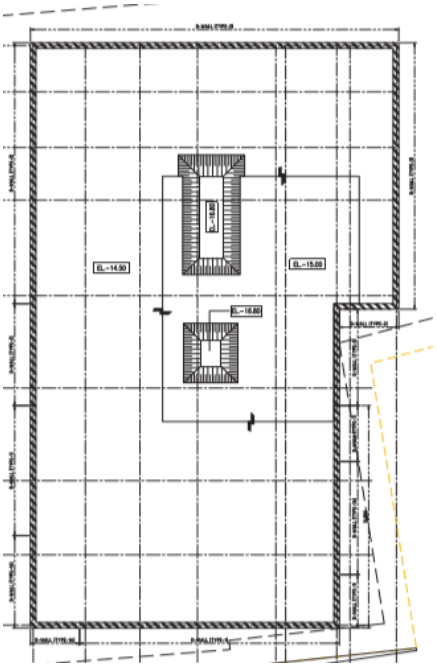
3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Proyek LRT *City* MTH27 *Office Suites* pada Jalan Letjen M.T. Haryono No. 27 RT6/RW1, Cawang, Kramatjati, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian LRT *City* MTH27 *Office* Suites, Google

Dinding penahan tanah pada proyek MTH 27 *Office Suites* direncanakan sampai kedalaman 27 meter dengan kedalaman galian sedalam 15 meter. Denah dinding penahan tanah yang digunakan pada Proyek MTH 27 *Office Suites* ini adalah sebagai berikut.

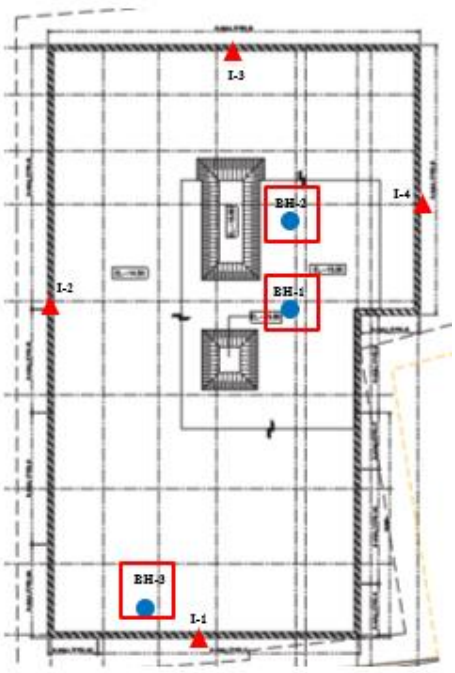


Gambar 3.3 Denah Dinding Penahan Tanah, PT. Daya Creasi Mitrayasa

3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

3.3.1 *Standard Penetration Test* (SPT) dan Pengujian Laboratorium

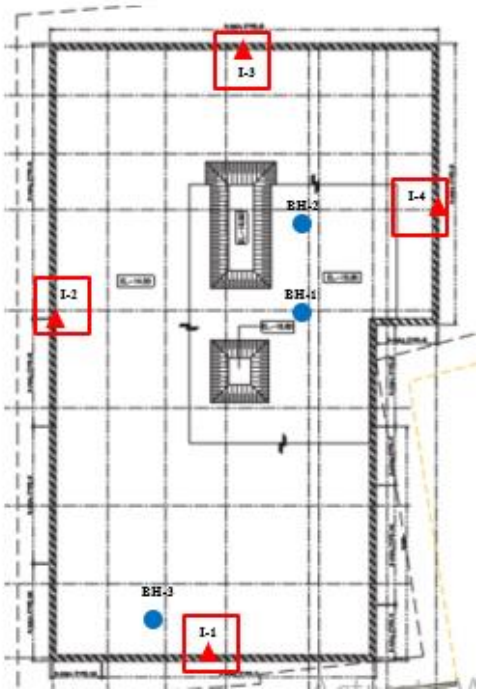
Lokasi pengambilan sampel pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan pada 3 titik seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Lokasi Pengambilan Sampel Pengujian *Standard Penetration Test*, PT. Daya Creasi Mitrayasa

3.3.2 Inklinometer

Lokasi pengambilan sampel Inklinometer dilakukan pada 4 titik seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Sampel Inklinometer, PT. Daya Creasi Mitrayasa

3.4 Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksud adalah mengumpulkan materi yang akan digunakan sebagai pedoman dalam pengerjaan penelitian. Studi literatur berdasarkan buku, jurnal, peraturan yang terkait dan juga Tugas Akhir yang memiliki topik yang mirip.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengumpulan data sekunder. Data sekunder didapat berdasarkan pengumpulan data – data dari pihak konsultan dan pelaksana lapangan di proyek. Data – data sekunder yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Data Hasil Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT)

   Hasil pengujian dari *Standard Penetration Test* berupa nilai pukulan yang dibutuhkan untuk memasukkan tabung *split spoon sampler* sedalam 15 cm. Nilai pukulan ini disebut N-SPT. Nilai N-SPT ini kemudian dijadikan parameter untuk perhitungan momen, gaya geser dan pemodelan pada PLAXIS.
2. Data Gambar Perencanaan Struktur Dinding Penahan Tanah

   Jenis dinding penahan tanah yang direncanakan pada proyek MTH 27 *Office Suites* adalah *diaphragm wall*. Gambar perencanaan struktur *diaphragm wall* digunakan sebagai dasar untuk pemodelan pada PLAXIS. Gambar yang dibutuhkan berupa gambar denah *diaphragm wall* dan detail pembesian *diaphragm wall*.
3. Data Inklinometer

   Data inklinometer ini berupa data pergerakan lapisan tanah horizontal padakeadalaman galian sedalam 15 meter. Data ini kemudian akan dibandingkan dengan pergerakan lapisan tanah horizontal berdasarkan hasil pemodelan *diaphragm wall* menggunakan program bantu PLAXIS.

3.6 *Review* Desain *Diaphragm Wall*

Review desain *diaphragm wall* dilakukan berdasarkan data sekunder yang telah dikumpulkan. Analisis ulang desain *diaphragm wall* dilakukan untuk mendapatkan gambaran perbandingan desain *diaphragm wall* berdasarkan

data sekunder dan kondisi desain *diaphragm wall* di lapangan.

3.7 Analisis Stabilitas Dasar Galian

Analisis stabilitas dasar galian dilakukan untuk mengontrol terhadap persyaratan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.7. Stabilitas dasar galian ditinjau berdasarkan dari bahaya *basal heave* dan *piping*.

3.8 Analisis Stabilitas *Diaphragm Wall*

Analisis stabilitas *diaphragm wall* dilakukan untuk mengontrol terhadap persyaratan pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.2.5.3. Stabilitas dasar galian ditinjau berdasarkan dari bahaya terhadap guling, geser, daya dukung, stabilitas global, dan terhadap gempa.

3.9 Analisis Kapasitas Tulangan *Diaphragm Wall*

Analisis kapasitas tulangan *diaphragm wall* ditinjau terhadap penulangan utama vertikal, tulangan utama horizontal, dan tulangan geser. Masing – masing jenis penulangan *diaphragm wall* dihitung kapasitasnya yang kemudian akan dilakukan evaluasi.

3.10 Analisis *Dewatering*

Analisis *dewatering* dibutuhkan untuk menjaga agar dasar dari galian tetap kering. Analisis *dewatering* mencakup metode *dewatering* yang akan digunakan, perhitungan jumlah debit air yang harus dipompa, dan kebutuhan sumur *dewatering*.

3.11 Analisis Metode Sistem *Strutting*

Strutting digunakan sebagai sistem tambahan untuk menahan tekanan tanah yang membebani *diaphragm wall* pada saat penggalian. Analisis yang dilakukan adalah penentuan metode sistem *strutting* atau pemasangan dan

pembongkarannya, kemudian penentuan jarak horizontal dan jarak vertikal antar *strut*, serta menentukan tegangan aksial yang terjadi pada *strut*.

3.12 Pemodelan *Diaphragm Wall* dengan PLAXIS

Pemodelan *diaphragm wall* menggunakan program bantu, yaitu PLAXIS. PLAXIS adalah salatu satu program bantu yang melakukan perhitungan berdasarkan perhitungan elemen hingga untuk menganalisis deformasi dan stabilitas struktur tanah secara dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D).

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kriteria Desain

Kriteria desain dari galian dalam diambil dari SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 11.5. Galian dalam harus memenuhi Batasan maksimum deformasi lateral dinding penahan tanah seperti pada Tabel 4.1 di bawah.

Tabel 4.1 Batasan Maksimum Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah, Badan Standar Nasional [2]

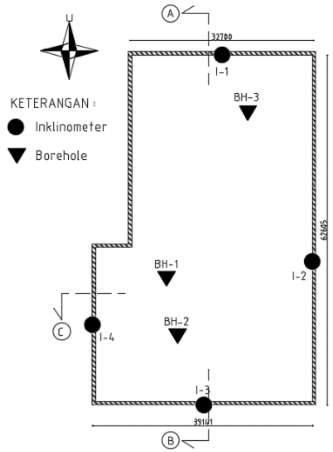
	Lokasi gedung dan infrastruktur eksisting terdekat			
Batas maksimum deformasi lateral pada dinding Keterangan : x = jarak dari batas galian. H = kedalaman galian. δw = defleksi dinding.	Zona 1 (x/H < 1)	Zona 2 (1 ≤ x/H ≤ 2)	Zona 3 (x/H > 2) Tanah Tipe A	 Tanah Tipe B
Batas izin maksimum deformasi (δw/H)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

Keterangan :

a) Tanah Tipe A meliputi : tanah lempung dan lanau *overconsolidated* (*over-consolidated stiff clays* dan *silts*) tanah residual (*residual soils*), dan tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai dengan padat (*medium to dense sands*).
b) Tipe Tanah B meliputi : tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, slits*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*Loose fills*).

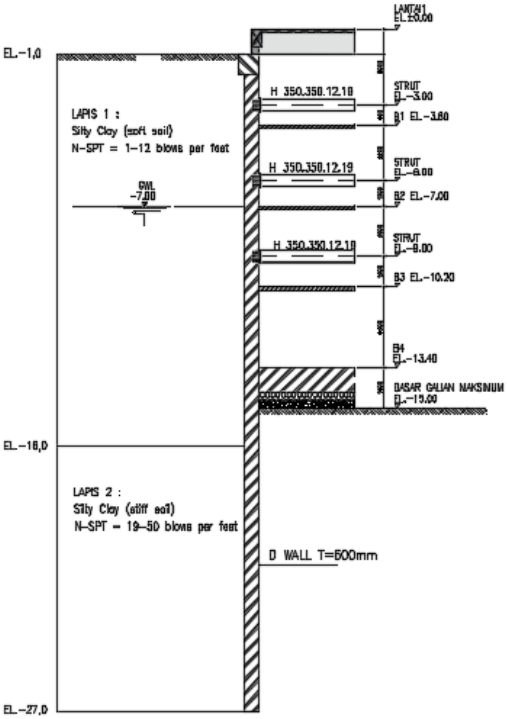
4.2 Gambaran Proyek dan Karakteristik Tanah

Selama proses konstruksi performa *diaphragm wall* dilakukan *monitoring* menggunakan *instrument* seperti inklinometer. *Monitoring* inklinometer dipasang pada semua sisi *diaphragm wall*. Gambar 4.1 menunjukkan lokasi dari inklinometer dari 4 titik. Titik pengujian inklinometer ini kemudian menggambarkan defleksi dinding dari sumbu potongan A, B, dan C yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Dinding pada posisi utara berada dekat dari Jalan M.T. Haryono.

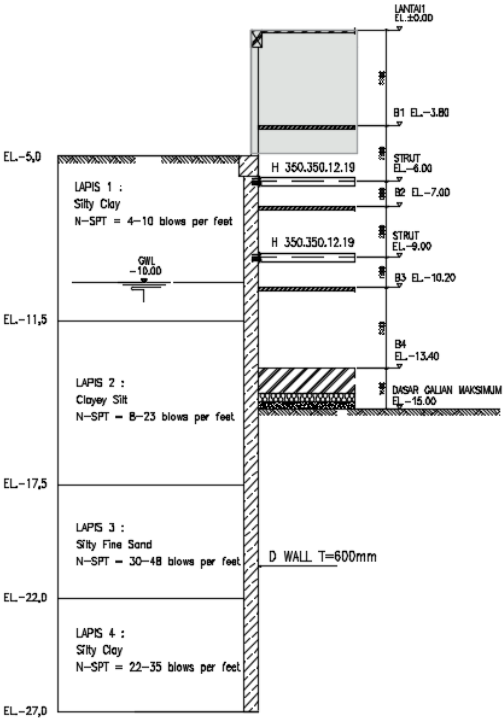


Gambar 4.1 Denah Galian, Lokasi Inklinometer, dan Sumbu Potongan

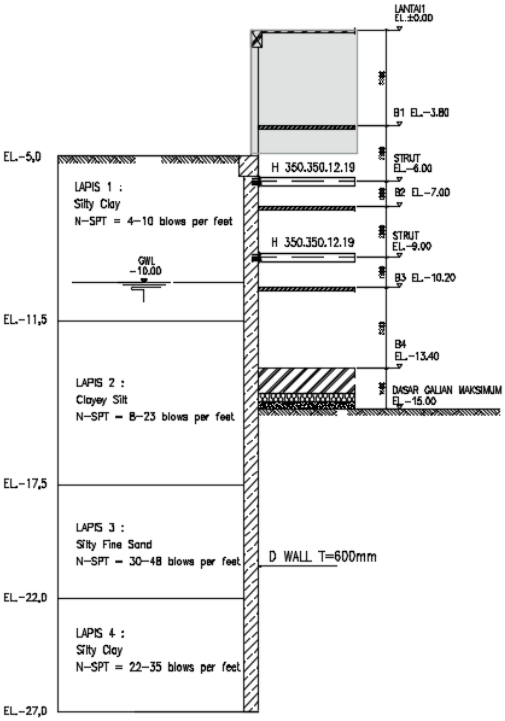
Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4 menunjukkan profil dari tahap galian, *diaphragm wall*, *lateral struts*, dan karakteristik tanah pada sumbu potongan A, B, dan C.



Gambar 4.2 Profil Tanah Potongan A



Gambar 4.3 Profil Tanah Potongan B



Gambar 4.4 Profil Tanah Potongan C

Fase konstruksi dari galian pada proyek ini dilakukan dengan dengan 14 tahapan galian. Tabel 4.1 menampilkan 14 tahapan galian yang direncanakan.

Tabel 4.2 Fase Konstruksi dan Galian

Fase	Tahapan Konstruksi
1	Konstruksi *diaphragm wall* sampai elevasi -27 m.
2	*Dewatering* sampai elevasi -16 m.
3	Penggalian pertama sampai elevasi -4,0 m.
4	Pemasangan *strut* 1 pada elevasi -3,0 m
5	Penggalian kedua sampai elevasi -7,0 m.
6	Pemasangan *strut* 2 pada elevasi -6,0 m.
7	Penggalian ketiga sampai elevasi -10,0 m.
8	Pemasangan *strut* 3 pada elevasi -9,0 m.
9	Penggalian keempat sampai elevasi -15,0 m.
10	Pengecoran lantai B4 pada elevasi -13,4 m.
11	Pengecoran lantai B3 pada elevasi -10,2 m.
12	Pelepasan *strut* 3.
13	Pengecoran lantai B2 pada elevasi -7,0 m.
14	Pelepasan *strut* 2.
15	Pengecoran lantai B1 pada elevasi -3,8 m.
16	Pelepasan *strut* 1.

4.3 Data Tanah Hasil Pengujian

Data tanah yang digunakan adalah hasil *Standard Penetration Test* (SPT) pada area lokasi proyek MTH 27 *Office Suites*. Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan pada tiga titik. Tabel di bawah merupakan rangkuman dari hasil *Standard Penetration Test* (SPT).

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-1

Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Keterangan
0,0 – 1,0	5	*Silty Clay*	-
1,0 – 2,5	9		-
2,5 – 4,0	4		-
4,0 – 5,5	5		-
5,5 – 7,0	8		-
7,0 – 8,5	10		-
8,5 – 10,0	7		Muka air tanah -10 m
10,0 – 11,5	10		-
11,5 – 13,0	8	*Clayey Silt*	-
13,0 – 14,5	17		-
14,5 – 16,0	19		-
16,0 – 17,5	23		-
17,5 – 19,0	30	*Silty Fine Sand*	-
19,0 – 20,5	48		-
20,5 – 22,0	34		-
22,0 – 23,5	22	*Silty Clay*	-
23,5 – 25,0	27		-
25,0 – 26,5	35		-
26,5 – 28,0	25	*Fine Sandy Silt*	-
28,0 – 29,5	50/20		-
29,5 – 31,0	50/30	*Silty Fine Sand*	-
31,0 – 32,5	50/30		-
32,5 – 34,0	21	*Silty Clay*	-
34,0 – 35,5	24		-
35,5 – 37,0	19		-
37,0 – 38,5	33	*Clayey Fine Sand*	-
38,5 – 40,0	38		-

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-2

Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Keterangan
0,0 – 1,0	4	*Silty Clay*	-
1,0 – 2,5	4		-
2,5 – 4,0	2		-
4,0 – 5,5	3		-
5,5 – 7,0	5		-
7,0 – 8,5	7		-
8,5 – 10,0	8		Muka air tanah -8,5 m
10,0 – 11,5	7		-
11,5 – 13,0	9		-
13,0 – 14,5	14		-
14,5 – 16,0	22		-
16,0 – 17,5	34	*Silty Fine Sand*	-
17,5 – 19,0	39		-
19,0 – 20,5	38		-
20,5 – 22,0	26	*Silty Clay*	-
22,0 – 23,5	17		-
23,5 – 25,0	20		-
25,0 – 26,5	24		-
26,5 – 28,0	45	*Silty Clay*	-
28,0 – 29,5	50/20	*Clayey Fine Sand*	-
29,5 – 31,0	20	*Silty Clay*	-
31,0 – 32,5	27		-
32,5 – 34,0	24		-
34,0 – 35,5	28		-
35,5 – 37,0	39		-
37,0 – 38,5	23		-
38,5 – 40,0	27		-

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian SPT Titik BH-3

Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Keterangan
0,0 – 1,0	3	*Silty Clay* (*soft soil*)	-
1,0 – 2,5	2		-
2,5 – 4,0	4		-
4,0 – 5,5	2		-
5,5 – 7,0	2		-
7,0 – 8,5	3		Muka air tanah -7,5 m
8,5 – 10,0	7		-
10,0 – 11,5	6		-
11,5 – 13,0	8		-
13,0 – 14,5	12		-
14,5 – 16,0	8		-
16,0 – 17,5	19	*Silt Clay* (*stiff soil*)	-
17,5 – 19,0	23		-
19,0 – 20,5	48		-
20,5 – 22,0	50		-
22,0 – 23,5	45		-
23,5 – 25,0	18		-
25,0 – 26,5	25		-
26,5 – 28,0	34		-
28,0 – 29,5	45	*Silty*	-
29,5 – 31,0	26	*Silty Clay*	
31,0 – 32,5	50		
32,5 – 34,0	5020	*Silty Fine Sand*	
34,0 – 35,5	21	*Silty Clay*	
35,5 – 37,0	24		
37,0 – 38,5	23		
38,5 – 40,0	22		

4.4 Korelasi Data Tanah

Jika data yang didapatkan dari hasil pengujian pada laboratorium kurang mencukupi, maka digunakan pendekatan untuk mendapatkan parameter tanah yang dibutuhkan menggunakan hasil pengujian SPT.

4.4.1 Parameter γ_{sat} , γ_{unsat} , dan γ_d

Penentukan nilai γ_{sat} dari setiap lapisan tanah menggunakan data hasil pengujian SPT. Perhitungan penentuan nilai γ_{sat} menggunakan korelasi data tanah hasil pengujian SPT pada titik pengujian BH-1 untuk kedalaman 1 m – 2,5 m. Nilai γ_{sat} didapatkan dengan melakukan korelasi data hasil pengujian SPT menggunakan tabel korelasi seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.6 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Volume Tanah (γ), Bowles [3]

	Cohesionless Soil/Sol Pulveirulent				
N (*blows*)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (kN/m^3)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
qu (kPa)	< 25	20 – 50	30 - 60	40 – 200	> 100
Consistency	*Very soft*	*Soft*	*Medium*	*Soft*	*Hard*

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 :

N_{SPT} = 9 *blows per feet*

nilai N_{SPT} berada diantara 6 – 15, sehingga nilai γ_{sat} yaitu.

γ_{sat} $= \left(\frac{9-6}{15-6} \times (18-16)\right) + 16$

$= 16{,}67$ kN/m^3

Penentuan nilai γ_d dengan mengorelasikan nilai γ_{sat} menggunakan tabel korelasi seperti pada tabel 4.6. Perhitungan untuk menentukan nilai γ_d adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Korelasi nilai γ_{sat} dan γ_d

γ_d (g/cm^3)	e	n	W_{sat} (%)	γ_{sat} (g/cm^3)
0,5	4,4	0,8	163	1,31
0,6	3,5	0,78	129,6	1,38
0,7	2,86	0,74	105,8	1,44
0,8	2,38	0,7	88	1,5
0,9	2	0,67	74,1	1,57
1,0	1,7	0,63	63	1,63
1,1	1,45	0,59	53,9	1,69
1,2	1,25	0,56	46,3	1,76
1,3	1,08	0,52	39,9	1,82
1,4	0,93	0,48	34,4	1,88

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 ;

γ_{sat} $= 16{,}67$ kN/m^3

nilai γ_{sat} berada diantara 16,9 dam 16,3 sehingga nilai γ_d, yaitu.

γ_d $= \left(\frac{16{,}67-16{,}63}{16{,}9-16{,}3} \times (11-10)\right) + 10$

$= 10{,}61$ kN/m^3

γ_{unsat} $= (\gamma_{sat} + \gamma_d)/2$

$= (16{,}67 + 10{,}61)/2$

$= 13{,}17\ kN/m^3$

4.4.2 Parameter C_u, c', dan φ

Penentuan nilai C_u berdasarkan korelasi dengan nilai SPT menggunakan tabel korelasi seperti pada tabel 4.7. Perhitungan penentuan nilai C_u dan c' menggunakan korelasi data tanah hasil pengujian SPT pada titik pengujian BH-1 untuk kedalaman 1 m – 2,5 m.

Tabel 4.8 Korelasi untuk *Clay*

Konsistensi Tanah	Cu (kN/m^2)	N_{SPT}
Sangat lunak	0 – 12,5	0 – 2,5
Lunak	12,5 – 25	2,5 – 5
Menengah	25 – 50	5 – 10
Kaku	50 – 100	10 – 20
Sangat kaku	100 – 200	20 – 40
Keras	> 200	> 40

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 :

N_{SPT} $= 9$ *blows per feet*

nilai N_{SPT} berada diantara 5 – 10 sehingga nilai C_u yaitu.

C_u $= \left(\frac{9-5}{10-5} \times (50 - 25)\right) + 25$

$= 45\ kN/m^2$

c' $= 2/3 C_u$

$= 2/3 \times 45$

= 30 kN/m^2

Penentuan nilai sudut gesek tanah (φ) berdasarkan korelasi dengan nilai kohesi efektif (c') menggunakan tabel korelasi seperti pada tabel 4.8.

Tabel 4.9 Korelasi antara nilai c' dengan φ

Soil Description	*Effective cohesion* (kN/m^2)	*Friction angle (degrees)*
Soft – organic	5 – 10	10 – 20
Soft – nonorganic	10 – 20	15 – 25
Stiff	20 – 50	20 – 30
Hard	50 – 100	25 – 30

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 :

c' = 30

nilai c' berada diantara 20 – 50 sehingga nilai C_u yaitu.

$$\varphi = \left(\frac{30-20}{50-20} \times (30-20)\right) + 20$$

= 23,33˚

4.4.3 Parameter S_u

Penentuan nilai S_u (*undrained shear strength*) berdasarkan metode empiris oleh Kulhawy dan Mayne (1990) dengan melakukan korelasi menggunakan nilai SPT. Perhitungan penentuan nilai S_u menggunakan korelasi data tanah hasil pengujian SPT pada titik pengujian BH-1 untuk kedalaman 1 m – 2,5 m.

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 :

N_{SPT} = 9 *blows per feet*

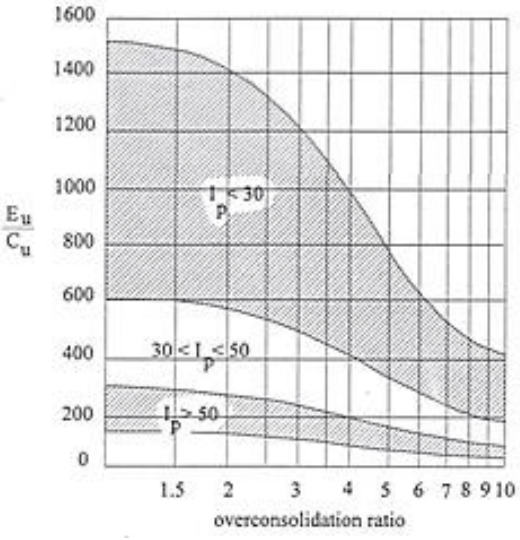
S_u = 6 x N

= 6 x 9

= 54 kN/m^2

4.4.4 Parameter E_s, G, E_u dan E'

Penentuan nilai elastisitas tanah (E_s) menggunakan korelasi yang diberikan oleh Ducan dan Buchignani (1976) seperti pada gambar 4.5. Korelasi untuk menentukan nilai elastisitas tanah (E_s) membutuhkan nilai kohesi tanah pada kondisi *undrained* dan nilai indeks plastisitas (PI) serta nilai *overcnsolidation ratio* (OCR). Perhitungan penentuan nilai E_s, G, E_u, dan E' menggunakan korelasi data tanah hasil pengujian SPT pada titik pengujian BH-1 untuk kedalaman 0 m – 1 m dan kedalaman 1 m – 2,5 m.



Gambar 4.5 Korelasi antara Elastisitas Tanah dan Kohesi Tanah

C_u = 45 kN/m^2

PI = 35,62%

berdasarkan grafik pada gambar 4.5, nilai elastisitas tanah dapat ditentukan antara 300 – 600 C_u untuk nilai PI diantara 30 sampai 50. Nilai elastisitas tanah diambil sebesar :

E_s = 300 C_u

= 300 × 45

= 13500

G $= \frac{Es}{2(1+\nu\prime)}$

$= \frac{13500}{2(1+0,35)}$

= 5000 kN/m^2

E_u = 2G(1+ ν_u)

= 2 x 5000 (1+0,495)

= 14950 kN/m^2

E’ $= \frac{2(1+\nu\prime)}{3} E_u$

$= \frac{2(1+0,35)}{3} 14950$

= 13455 kN/m^2

4.4.5 Parameter $K_{0(NC)}$ dan $K_{0(OC)}$

Nilai $K_{0(NC)}$ digunakan untuk menentukan tegangan awal pada simulasi numerik. Penentuan nilai $K_{0(NC)}$ menggunakan persamaan oleh Jaky (1944) sebagai berikut.

$K_{0(NC)}$ = 1-sinφ'

untuk kedalaman 1 m – 2,5 m titik BH-1 :

φ' = 23,33˚

$K_{0(NC)}$ = 1 - sinφ'

= 1 – sin(23,33˚)

= 0,631

Penentuan nilai $K_{0(OC)}$ menggunakan persamaan oleh Mayne dan Kulhawy (1982) sebagai berikut.

$K_{0(OC)}$ = 1 - sinφ' x $OCR^{(sin\varphi')}$

OCR = $\frac{p_c'}{p_o'}$

untuk lapisan 1 titik BH-1 :

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 1= 16,47 kN/m^3 (ketebalan lapisan 11,5 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 2 = 17,33 kN/m^3 (ketebalan lapisan 6 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 3= 21 kN/m^3 (ketebalan lapisan 4,5 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 4= 20,22 kN/m^3 (ketebalan lapisan 4,5 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 5= 20,50 kN/m^3 (ketebalan lapisan 3 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 6= 21 kN/m^3 (ketebalan lapisan 3 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 7= 18,37 kN/m^3 (ketebalan lapisan 4,5 m)

$\gamma_{sat\ rata\text{-}rata}$ lapisan 8= 21 kN/m^3 (ketebalan lapisan 3 m)

γ_w = 9,81 kN/m^3

p_c' = 428 kN/m^2 (berdasarkan pengujian konsolidasi)

p_o' $= \sum_{1-8}^{n}(\gamma_{sat\ rata-rata} - \gamma_w) \times kedalaman$

$= (16{,}47\text{-}9{,}81) \times 11{,}5 + \ldots + (21\text{-}9{,}81) \times 4$

$= 356{,}7\ kN/m^2$

OCR $= \frac{428}{356{,}7} = 1{,}2$

$K_{0(OC)}$ $= (1 - \sin(23{,}33^\circ)) \times 1{,}2^{\sin(23{,}33^\circ)}$

$= 0{,}67$

4.4.6 Rekapitulasi Parameter Tanah yang Digunakan

Rekapitulasi parameter tanah yang digunakan dari 2 titik pengujian SPT, yaitu BH-1, dan BH-3 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.10 Properti Tanah untuk Potongan A : Titik BH-3

Kedalaman	Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c' (kN/m^2)	φ' (˚)	S_u (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	$K_{0(OC)}$
0,0 – 16,0	*Silty Clay*	16,00	13,00	30,00	21,0	48	11500	0,35	0,70
16,0 – 28,0	*Silty Clay*	21,00	16,50	120,00	26,0	204	60000	0,35	0,60
28,0 – 29,5	*Silt*	21,00	17,50	150,00	30,0	270	67000	0,35	0,50
29,50 – 40,0	*Silty Clay*	21,00	17,50	75,00	27,5	135	74000	0,35	0,60

Tabel 4.11 Properti Tanah untuk Potongan B, dan C : Titik BH-1

Kedalaman	Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c' (kN/m^2)	φ' (˚)	S_u (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	$K_{0(OC)}$
0,0 – 11,5	*Silty Clay*	16,00	13,00	23,00	22,0	30	11000	0,35	0,60
11,5 – 17,5	*Clayey Silt*	16,50	13,50	56,50	25,5	102	50000	0,35	0,50
17,5 – 22,0	*Silty Fine Sand*	21,00	17,50	113,00	30,0	200	101000	0,35	0,60
22,0 – 26,5	*Silty Clay*	21,00	17,50	93,00	27,5	160	40000	0,35	0,60
26,5 – 29,5	*Fine Sandy Silt*	20,00	17,00	100,00	29,0	150	50000	0,35	0,60
29,5 – 32,5	*Silty Fine Sand*	21,00	17,50	133,00	30,0	300	60000	0,35	0,50
32,5 – 37,0	*Silty Clay*	18,50	15,50	70,00	27,0	126	30000	0,35	0,60
37,0 – 40,0	*Clayey Fine Sand*	21,00	17,50	110,00	30,0	200	50000	0,35	0,50

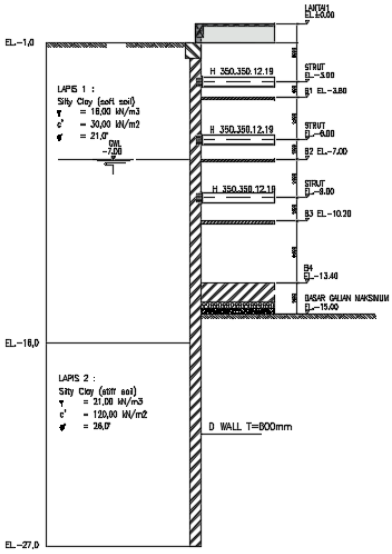
4.5 Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas yang perlu dihitung yaitu analisis *push-in failure*, dan analisis *basal heave*. Berikut merupakan analisis stabilitas *push-in failure* dan analisis *basal heave*.

4.5.1 *Push-in Failure*

Analisis *push-in failure* adalah analisis kesetimbangan momen yang diakibatkan oleh tekanan tanah aktif di sisi luar galian sebagai penyebab momen penggerak dengan tekanan tanah pasif di sisi dalam galian sebagai penyebab momen penanahan. Titik pusat momen (O) yang dijadikan acuan adalah titik kontak *strut* paling dekat dengan dasar galian. Perhitungan analisis *push-in failure* adalah sebagai berikut.

untuk potongan A :



Gambar 4.6 Profil Tanah Analisis *Push-in Failure*

pada kedalaman -9 m :

σ_v $= \gamma_1 \times (9 - 1)$

$= 16 \times 8$

$= 128$ kN/m^2

u $= (9 - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= 1{,}5 \times 9{,}81$

$= 14{,}72$ kN/m^2

σ_v' $= \sigma_v - u$

$= 128 - 14{,}72$

$= 113{,}28$ kN/m^2

s_u $= 0{,}22\sigma_v$'

$= 0{,}22 \times 113{,}28$

$= 24{,}92$ kN/m^2

$\sigma_{h,a}$ $= \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 128 - 2.24{,}92\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 65{,}20$ kN/m^2

pada kedalaman -15 m :

sebelum dilakukan penggalian

σ_v $= \sigma_v$ kedalaman -9 m $+ \gamma_1 \times (15 - 9)$

$= 128 + 16 \times (15 - 9)$

$= 224 \text{ kN/m}^2$

$u = (15 - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= 7{,}5 \times 9{,}81$

$= 73{,}58 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 224 - 73{,}58$

$= 150{,}42 \text{ kN/m}^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 150{,}42$

$= 33{,}09 \text{ kN/m}^2$

setelah dilakukan penggalian, $\sigma_v = 0$ pada sisi tanah pasif, tetapi nilai s_u tetap.

$$\sigma_{h,p} = \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$$

$$= 0 + 2.33{,}09\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$$

$= 85{,}44 \text{ kN/m}^2$

pada kedalaman -27 m :

untuk tekanan tanah aktif

σ_v = σ_v kedalaman -15 m + $\gamma_1 \times (16 - 15) + \gamma_2 \times (27 - 16)$

$= 224 + 16 \times 1 + 21 \times 11$

$= 471 \text{ kN/m}^2$

u $= (27 - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= 17 \times 9{,}81$

$= 191{,}295 \text{ kN/m}^2$

σ_v' $= \sigma_v - u$

$= 471 - 191{,}295$

$= 279{,}705 \text{ kN/m}^2$

s_u $= 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 279{,}705$

$= 61{,}54 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{h,a}$ $= \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 471 - 2.61{,}54\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 312{,}10 \text{ kN/m}^2$

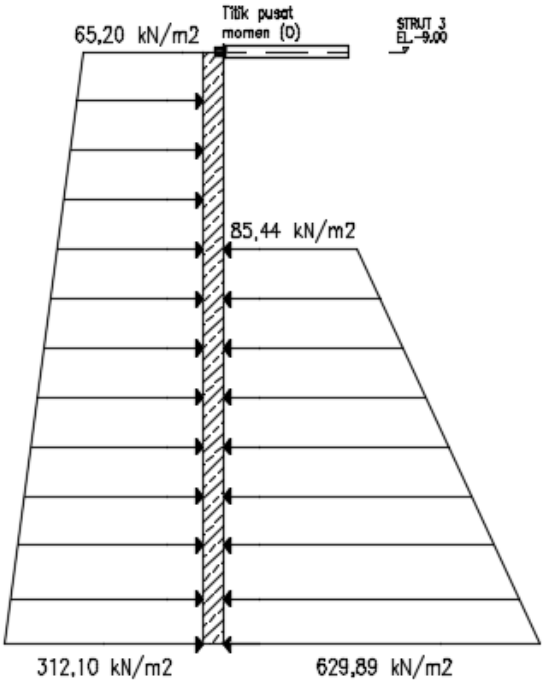
untuk tekanan tanah pasif

$\sigma_{h,p}$ $= \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 471 + 2.61{,}54\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 629{,}89 \text{ kN/m}^2$

Distribusi tekanan tanah pada analisis *push-in failure* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.7 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis *Push-in Failure*

$F_b = \frac{p_p L_p}{p_a L_a}$

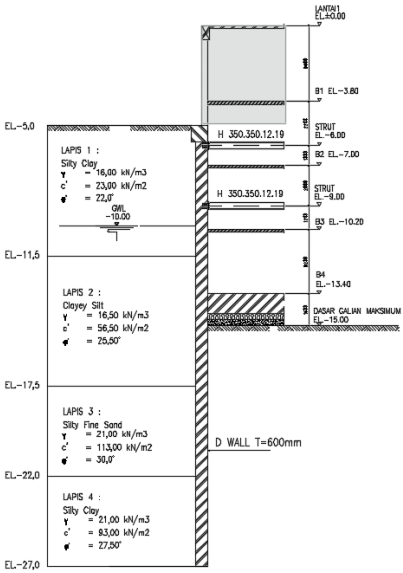
$= \frac{85{,}44.12.\left(\left(\frac{12}{2}\right)+6\right)+(629{,}89-85{,}44).12.0{,}5.\left(12.\frac{2}{3}+6\right)}{65{,}20.18.\left(\frac{18}{2}\right)+(312{,}10-65{,}20).18.0{,}5.\left(18.\frac{2}{3}\right)}$

$= \frac{12303{,}36+45733{,}8}{10562{,}4+26665{,}2}$

= 1,56 > 1,5 (memenuhi syarat)

sehingga galian aman terhadap *push-in failure*.

untuk potongan B dan C :



Gambar 4.8 Profil Tanah Analisis *Push-in Failure* Potongan B dan C

pada kedalaman -9 m :

$\sigma_v = \gamma_1 \times (9 - 5)$

$= 16 \times 4$

$= 64\ kN/m^2$

$u = 0 \times \gamma_w$

$= 0 \times 9{,}81$

$= 0\ kN/m^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 64 - 0$

$= 64\ kN/m^2$

s_u $= 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 64$

$= 14{,}08\ kN/m^2$

$\sigma_{h,a}$ $= \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 64 - 2.14{,}08\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 27{,}64\ kN/m^2$

pada kedalaman -15 m :

sebelum dilakukan penggalian

σ_v $= \sigma_v$ kedalaman -9 m $+ \gamma_1 \times (11{,}5 - 9) + \gamma_2 \times (15 - 11{,}5)$

$= 64 + 16 \times (11{,}5 - 9) + 16{,}5 \times (15 - 11{,}5)$

$= 161{,}75\ kN/m^2$

u $= (15 - 10) \times \gamma_w$

$= (15 - 10) \times 9{,}81$

$= 49{,}05\ kN/m^2$

σ_v' $= \sigma_v - u$

$= 161{,}75 - 49{,}05$

$= 112{,}7\ kN/m^2$

s_u $= 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 217{,}7$

$= 24{,}794\ \text{kN/m}^2$

setelah dilakukan penggalian, $\sigma_v = 0$ pada sisi tanah pasif, tetapi nilai s_u tetap.

$\sigma_{h,p}$ $= \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 0 + 2.24{,}794\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 64{,}02\ \text{kN/m}^2$

pada kedalaman -27 m :

untuk tekanan tanah aktif

σ_v $= \sigma_v$ kedalaman -15 m $+ \gamma_2 \times (17{,}5 - 15) + \gamma_3 \times (22 - 17{,}5) + \gamma_4 \times (27 - 22)$

$= 161{,}75 + 16{,}5 \times 2{,}5 + 21 \times 4{,}5 + 21 \times 5$

$= 402{,}5\ \text{kN/m}^2$

u $= (27 - 10) \times \gamma_w$

$= 17 \times 9{,}81$

$= 166{,}77\ \text{kN/m}^2$

σ_v' $= \sigma_v - u$

$= 402{,}5 - 166{,}77$

$= 235{,}73\ \text{kN/m}^2$

s_u $= 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 235{,}73$

$= 51{,}86\ \text{kN/m}^2$

$\sigma_{h,a}$ $= \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1+\frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 402{,}5\ - 2.51{,}86\sqrt{\left(1+\frac{2}{3}\right)}$

$= 268{,}59\ \text{kN/m}^2$

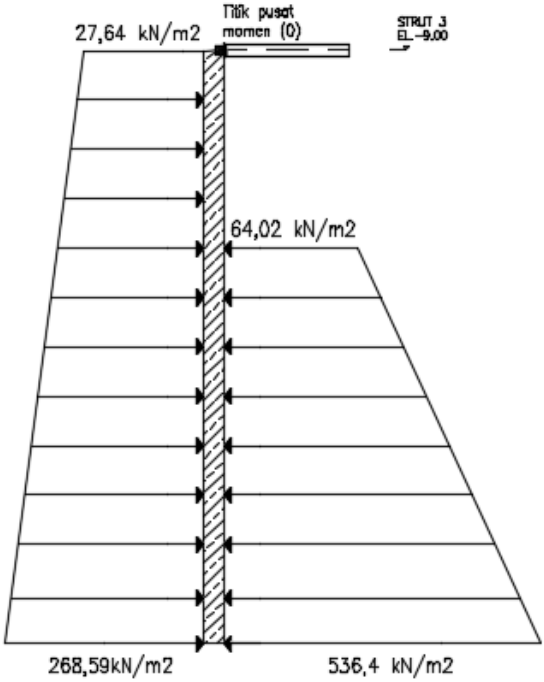
untuk tekanan tanah pasif

$\sigma_{h,p}$ $= \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1+\frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 402{,}5 + 2.51{,}86\sqrt{\left(1+\frac{2}{3}\right)}$

$= 536{,}40\ \text{kN/m}^2$

Distribusi tekanan tanah pada analisis *push-in failure* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.9 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis *Push-in Failure* untuk Potongan B dan C

$$F_b = \frac{p_p L_p}{p_a L_a}$$

$$= \frac{64{,}02.12.\left(\left(\frac{12}{2}\right)+6\right)+(536{,}40-64{,}02).12.0{,}5.\left(12.\frac{2}{3}+6\right)}{27{,}64.18.\left(\frac{18}{2}\right)+(268{,}59-27{,}64).18.0{,}5.\left(18.\frac{2}{3}\right)}$$

$$= \frac{9218{,}88+39679{,}92}{4477{,}68+26022{,}6}$$

$= 1{,}6 > 1{,}5$ (memenuhi syarat)

sehingga galian aman terhadap *push-in failure*.

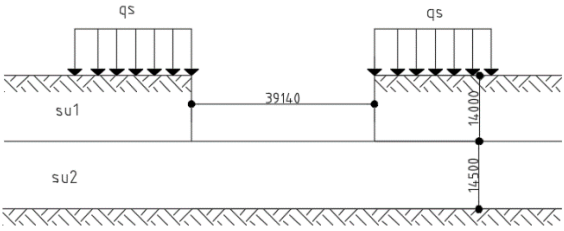
4.5.2 *Basal Heave*

Analisis *basal heave* menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut.

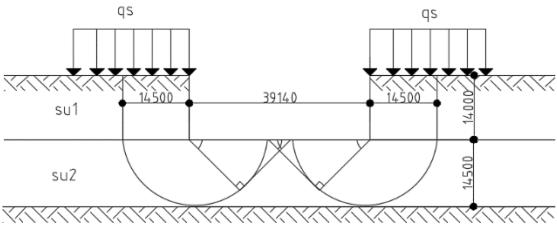
A. Metode *Bearing Capacity*

Perhitungan analisis *basal heave* metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

untuk potongan A :



Gambar 4.10 Analisis *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity* Potongan A



Gambar 4.11 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity* Potongan A

B = 39,14 m

q_s = 10 kN/m

H_e = 14 m

D = 14,5 m

s_{u1} = 48 kN/m^2

s_{u2} = 126 kN/m^2

γ = 16,0 kN/m^3

safety factor metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

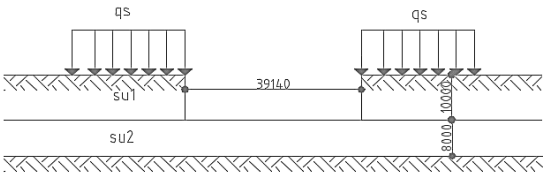
$$F_b = \frac{5{,}7 s_{u2}.B/\sqrt{2}}{(\gamma H_e + q_s).\frac{B}{\sqrt{2}} - s_{u1}.H_e}$$

$$= \frac{5{,}7.126.39{,}14/\sqrt{2}}{(16.14+10).\frac{39{,}14}{\sqrt{2}} - 48.14}$$

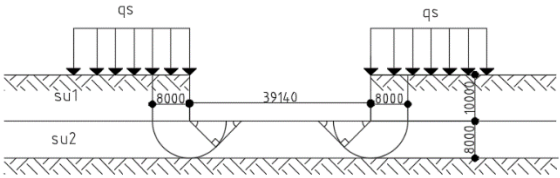
= 3,42 > 1,5 (memenuhi syarat)

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan metode *bearing capacity* memenuhi syarat.

untuk potongan B dan C :



Gambar 4.12 Analisis *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity* Potongan B dan C



Gambar 4.13 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity* Potongan B dan C

B = 39,14 m

q_s = 10 kN/m

H_e = 10 m

D = 8 m

s_{u1} = 30 kN/m^2

s_{u2} = 66 kN/m^2

γ_1 = 16 kN/m^3

γ_2 = 16,5 kN/m^3

safety factor metode *bearing capacity* adalah sebagai berikut.

$$F_b = \frac{5{,}7 s_{u2}.B/\sqrt{2}}{(\gamma H_e + q_s).\frac{B}{\sqrt{2}} - s_{u1}.H_e}$$

$$= \frac{5{,}7.66.39{,}14/\sqrt{2}}{(16.6{,}5+16{,}5.3{,}5+10).\frac{39{,}14}{\sqrt{2}} - 30.10}$$

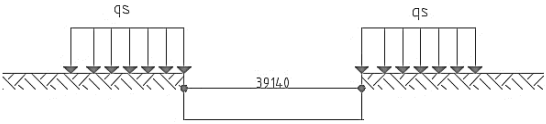
= 2,34 > 1,5 (memenuhi syarat)

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan metode *bearing capacity* memenuhi syarat.

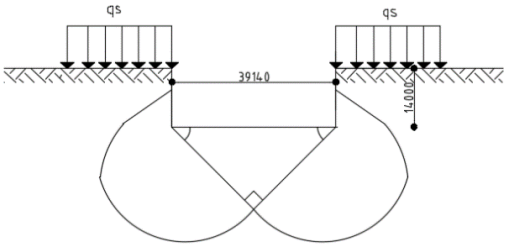
B. Metode *Negative Bearing Capacity*

Perhitungan analisis *basal heave* metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

untuk potongan A :



Gambar 4.14 Analisis *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* untuk Potongan A



Gambar 4.15 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* Potongan A

B = 39,14 m

L = 62,6 m

q_s = 10 kN/m

H_e = 14 m

s_u = 126 kN/m^2

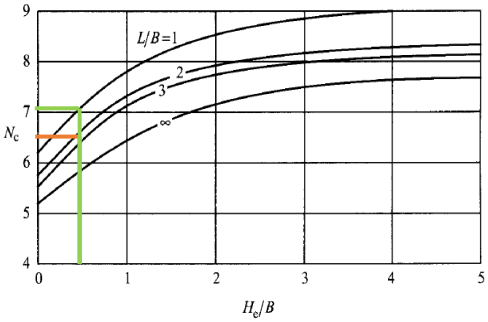
γ = 16,0 kN/m^3

L/B = 62,6/39,14

= 1,6

H_e/B = 14/39,14

= 0,36



Gambar 4.16 Faktor Daya Dukung Skempton (1951) untuk Potongan untuk Potongan B dan C

berdasarkan grafik yang ditunjukan pada gambar 4.16 didapatkan faktor daya dukung (N_c) sebesar 6,4 untuk L/B = 2, sedangkan faktor daya dukung (N_c) untuk L/B = 1 adalah 7,1. Faktor daya dukung (N_c) untuk L/B = 1,6 dihitung menggunakan interpolasi sebagai berikut.

$N_c = \frac{(1,6-1)}{(2-1)} \times (6,4 - 7,1) + 7,1$

$= 6,68$

safety factor metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

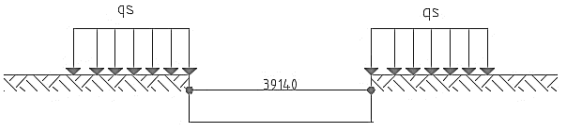
$F_b = \frac{N_c . s_u}{\gamma . H_e + q_s}$

$= \frac{6,68 \ . \ 126}{16,.14 + 10}$

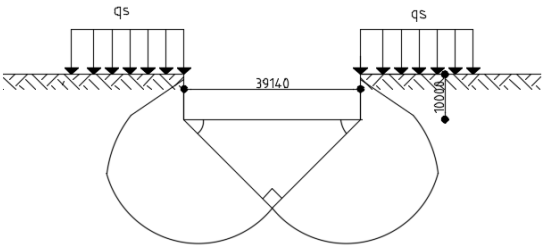
$= 3,59 \ > \ 1,5$ (memenuhi syarat)

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan motode *negative bearing capacity* memenuhi syarat.

untuk potongan B dan C :



Gambar 4.17 Analisis *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* untuk Potongan B dan C



Gambar 4.18 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* Potongan B dan C

B = 39,14 m

L = 62,6 m

q_s = 10 kN/m

H_e = 10 m

s_u = 66 kN/m^2

γ_1 = 16,03 kN/m^3

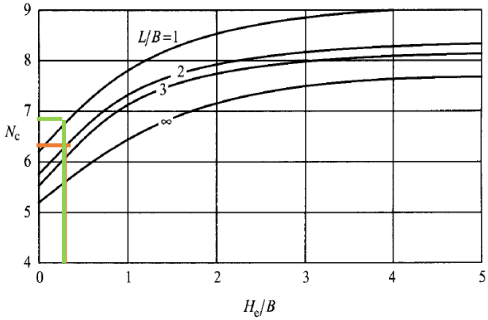
γ_2 = 16,5 kN/m^3

L/B = 62,6/39,14

= 1,6

H_e/B = 10/39,14

= 0,25



Gambar 4.19 Faktor Daya Dukung Skempton (1951) untuk Potongan untuk Potongan B dan C

berdasarkan grafik yang ditampilkan pada gambar 4.19 didapatkan faktor daya dukung (N_c) sebesar 6,2 untuk L/B = 2, sedangkan faktor daya dukung (N_c) untuk L/B = 1 adalah 6,9. Faktor daya dukung (N_c) untuk L/B = 1,6 dihitung menggunakan interpolasi sebagai berikut.

$$N_c = \frac{(1{,}6-1)}{(2-1)} \times (6{,}2 - 6{,}9) + 6{,}9$$

$$= 6{,}48$$

safety factor metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

$$F_b = \frac{N_c.s_u}{\gamma.H_e+q_s}$$

$$= \frac{6{,}48\ .\ 66}{16{,}.6{,}5+16{,}5.3{,}5+10}$$

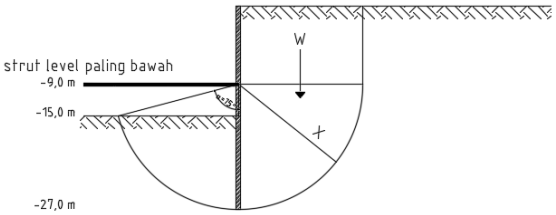
$$= 2{,}52 \ > \ 1{,}5 \quad \text{(memenuhi syarat)}$$

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan motode *negative bearing capacity* memenuhi syarat.

C. Metode *Slip Circle*

Perhitungan *basal heave* menggunakan metode *slip circle* untuk potongan A, B dan C adalah sebagai berikut.

untuk potongan A ;



Gambar 4.20 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Slip Circle* Potongan A

γ_1 = 16,0 kN/m^3

σ_v kedalaman -15 m adalah sebagai berikut.

$\sigma_v = \gamma_1 \times (15 - 1)$

$= 16 \times 14$

$= 224$ kN/m^2

sudut *failure circular arc* dari sisi pasif adalah sebagai berikut.

$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{jarak\ strut\ terbawah\ dan\ dasar\ galian}{jarak\ strut\ terbawah\ dan\ dasar\ dinding}\right)$

$= \cos^{-1}\left(\frac{15-9}{27-9}\right)$

$= 1{,}23$

X = kedalaman dinding – kedalaman *strut* terbawah

= 27 – 9

= 18 m

safety factor metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

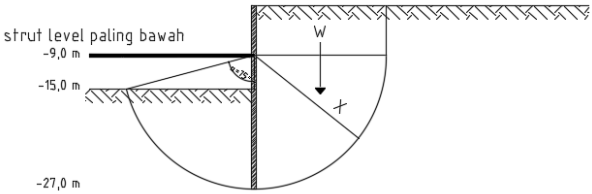
$F_b = \frac{X \int_0^{\left(\frac{\pi}{2}\right)+\alpha} s_u (X\, d\theta)}{W.\left(\frac{X}{2}\right)}$

$= \frac{18.\frac{\pi}{2}.126.18+18.1,23.126.18}{224.18.18/2}$

= 3,15 > 1,5 (memenuhi syarat)

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan motode *negative bearing capacity* memenuhi syarat.

untuk potongan B dan C ;



Gambar 4.21 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Slip Circle* Potongan B dan C

γ_1 = 16,0 kN/m^3

γ_2 = 16,50 kN/m^3

s_{u1} = 30 kN/m^2

s_{u2} = 102 kN/m^2

s_{u3} = 200 kN/m^2

σ_v kedalaman -15 m adalah sebagai berikut.

σ_v $= \gamma_1 \times (11{,}5 - 5) + \gamma_2 \times (15 - 11{,}5)$

$= 16 \times 6{,}5 + 16{,}5 \times 3{,}5$

$= 161{,}75\ kN/m^2$

sudut *failure circular arc* dari sisi pasif adalah sebagai berikut.

$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{jarak\ strut\ terbawah\ dan\ dasar\ galian}{jarak\ strut\ terbawah\ dan\ dasar\ dinding}\right)$

$= \cos^{-1}\left(\frac{15-9}{27-9}\right)$

$= 1{,}23$

X = kedalaman dinding – kedalaman *strut* terbawah

$= 27 - 9$

$= 18\ m$

safety factor metode *negative bearing capacity* adalah sebagai berikut.

$$F_b = \frac{X \int_0^{\left(\frac{\pi}{2}\right)+\alpha} s_u (X\, d\theta)}{W.\left(\frac{X}{2}\right)}$$

$$= \frac{18.\frac{\pi}{2}.(30.7{,}5+102.6+200.4{,}5)+18.1{,}23.(30.7{,}5+102.6+200.4{,}5)}{161{,}75.18.18/2}$$

$= 3{,}34 > 1{,}5$ (memenuhi syarat)

sehingga stabilitas *basal heave* berdasarkan motode *negative bearing capacity* memenuhi syarat.

Rekapitulasi analisis stabilitas dari *push-in failure* dan *basal heave* adalah sebagai berikut.

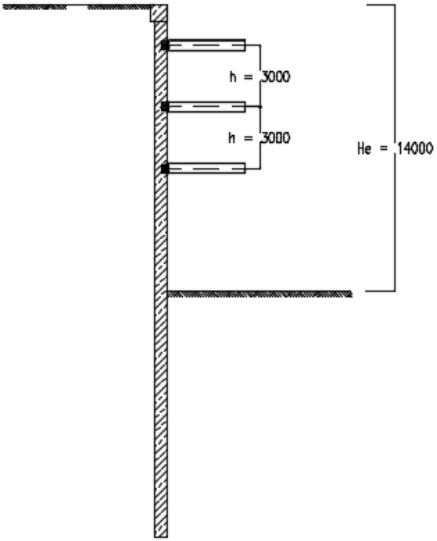
Tabel 4.12 Rekapitulasi Analisis Stabilitas

	SF
Potongan A	
Push-in failure	1,56
Basal heave metode *bearing capacity*	3,42
Basal heave metode *negative bearing capacity*	3,59
Basal heave metode *slip circle*	3,36
Potongan B dan C	
Push-in failure	1,6
Basal heave metode *bearing capacity*	2,34
Basal heave metode *negative bearing capacity*	2,52
Basal heave metode *slip circle*	3,34

4.6 Analisis Deformasi

Analisis deformasi dilakukan untuk melakukan penilaian kinerja dari struktur penahan galian. Deformasi yang terjadi harus memenuhi syarat dari kriteria desain. Analisis deformasi dilakukan berdasarkan metode empiris oleh Clough *and* O'Rourke. Analisis deformasi dari galian dalam pada kasus ini adalah sebagai berikut.

analisis untuk potongan A :



Gambar 4.22 Parameter Analisis Deformasi Potongan A

H_e = 14 m

$h_{average} = \frac{3+3}{2}$ = 3 m

tebal *diaphragm wall* = 0,6 m

panjang *diaphragm wall* = 25 m

inersia penampang (I) $= \frac{1}{12} \times b \times h^3$

$= \frac{1}{12} \times 1 \times 0{,}6^3$

$= 0{,}018\ m^4$

modulus elastisitas beton (E) = $4700\sqrt{fc'}$

= $4700\sqrt{40}$

= 29725 MPa

= 29725410,01 kN/m^2

EI = 29725410,01 x 0,018

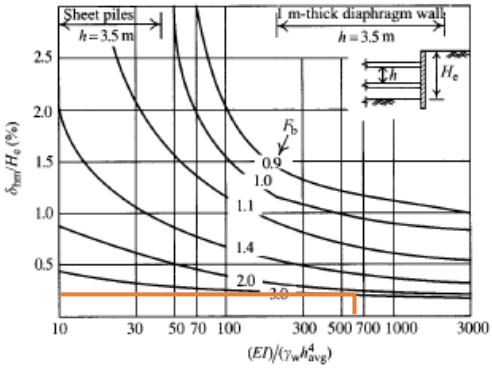
= 535057,38 kN/m^2

γ_w = 9,81 kN/m^3

$(EI)/(\gamma_w h^4_{average})$ = $\frac{535057,38}{9,81\times 3^4}$

= 673

$Fb_{basal\ heave}$ = 3,36



Gambar 4.23 Analisis Deformasi Potongan A

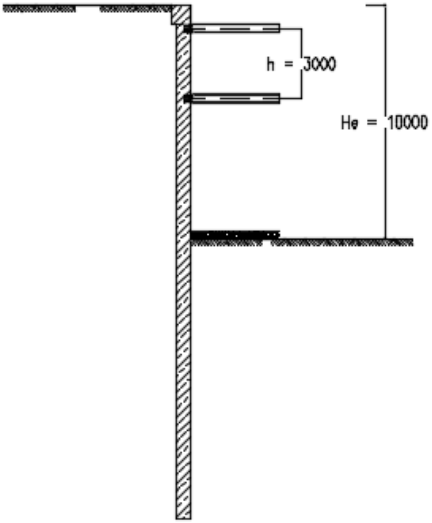
didapatkan nilai δ_{hm}/H_e sebesar 0,24% untuk nilai Fb sebesar 3,0, sedangkan untuk nilai Fb 3,36 diperkirakan nilai δ_{hm}/H_e sebesar 0,24%

δ_{hm} = $\frac{0,239\%}{100\%} \times 14$

= 0,033 m

Didapatkan nilai deformasi dinding dengan metode empiris untuk galian sedalam 14 m sebesar 0,033 m.

analisis untuk potongan B :



Gambar 4.24 Parameter Analisis Deformasi Potongan B dan C

H_e = 10 m

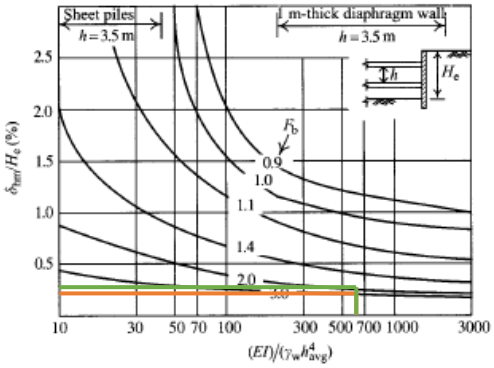
$h_{average}$ = 3 m

tebal *diaphragm wall* = 0,6 m

panjang *diaphragm wall* = 25 m

inersia penampang (I) = $\frac{1}{12} \times b \times h^3$

	$= \frac{1}{12} \times 1 \times 0{,}6^3$
	$= 0{,}018\ m^4$
modulus elastisitas beton (E)	$= 4700\sqrt{fc'}$
	$= 4700\sqrt{40}$
	$= 29725$ MPa
	$= 29725410{,}01\ kN/m^2$
EI	$= 29725410{,}01 \times 0{,}018$
	$= 535057{,}38\ kN/m^2$
γ_w	$= 9{,}81\ kN/m^3$
$(EI)/(\gamma_w h^4_{average})$	$= \frac{535057{,}38}{9{,}81 \times 3^4}$
	$= 673$
$Fb_{basal\ heave}$	$= 2{,}34$



Gambar 4.25 Analisis Deformasi Potongan B dan C

didapatkan nilai δ_{hm}/H_e sebesar 0,24% untuk nilai Fb sebesar 3,0, dan didapatkan nilai δ_{hm}/H_e sebesar 0,26% untuk nilai Fb sebesar 2,0 sedangkan untuk nilai Fb 2,34 dihitung menggunakan interpolasi.

$$\delta_{hm}/H_e = \frac{2,34-2,0}{3,0-2,0} \times (0,24 - 0,26) + 0,26$$

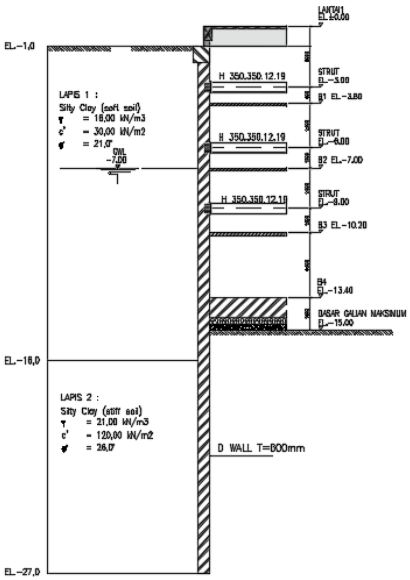
$$\delta_{hm} = \frac{0,253\%}{100\%} \times 10$$

$$= 0,025 \text{ m}$$

Didapatkan nilai deformasi dinding dengan metode empiris untuk galian sedalam 10 m sebesar 0,025 m.

4.7 Analisis *Strut Load*

Gaya tekan pada *strut* dihitung menggunakan metode Peck berdasarkan analisis tekanan tanah. Verifikasi gaya tekan pada *strut* dilakukan contoh perhitungan untuk potongan A. Berikut merupakan perhitungan beban yang ditahan oleh *strut*.



Gambar 4.26 Profil Tanah dan Galian Potongan A

perhitungan untuk potongan A :

undrained shear strength pada kedalaman 7,5 m (15 m / 2) di bawah permukaan tanah.

$\sigma_v = \gamma_1 \times 7{,}5$

$= 16 \times 7{,}5$

$= 120 \text{ kN/m}^2$

$u = \gamma_w \times (7{,}5 - 7)$

$= 9{,}81 \times (7{,}5 - 7)$

$= 4{,}905 \text{ kN/m}^2$

σ'_v $= \sigma_v - u$

$= 120 - 4{,}905$

$= 115{,}1\ kN/m^2$

s_u $= 0{,}32\ \sigma'_v$

$= 0{,}32 \times 115{,}1$

$= 36{,}83\ kN/m^2$

$\gamma H_e/s_u$ $= 16 \times 14 / 36{,}83$

$= 6{,}08 > 4$ (termasuk *soft to medium clay*)

tanah pada proyek termasuk *soft to medium soft clay* berdasarkan diagram tekanan Peck. Lebar galian sebsear 39,14 m. Kedalaman yang terpengaruh galian sebesar 14 m + 39,14 m = 53,14 m. Tegangan tanah pada kedalaman 33,57 m (14 m + 39,14m / 2) adalah.

σ_v $= \gamma_1 \times 16 + \gamma_2 \times (33{,}57 - 16)$

$= 16 \times 16 + 21 \times (33{,}57 - 16)$

$= 624{,}97\ kN/m^2$

u $= \gamma_w \times (33{,}57 - 7)$

$= 9{,}81 \times (33{,}57 - 7)$

$= 260{,}65\ kN/m^2$

σ'_v $= \sigma_v - u$

$= 624{,}97 - 260{,}65$

$= 364{,}32\ kN/m^2$

s_u $= 0{,}32\ \sigma'_v$

$= 0{,}32 \times 364{,}32$

$= 116{,}58\ kN/m^2$

N_b $= \gamma H_e / s_{u,b}$

$= 16 \times 14 / 116{,}58$

$= 1{,}92 < 4$, sehingga nilai m = 1,0

p_a $= \gamma H_e - 4s_u$

$= 16 \times 14 - 4 \times 36{,}83$

$= 76{,}68\ kN/m^2$

atau

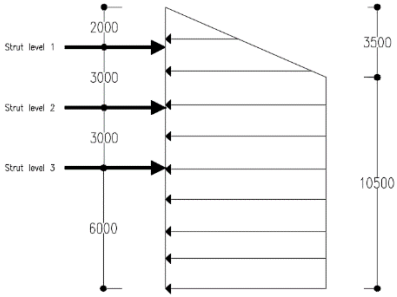
p_a $= 0{,}3\gamma H_e$

$= 0{,}3 \times 16 \times 14$

$= 67{,}2\ kN/m^2$

digunakan nilai p_a yang lebih besar yaitu 76,68 kN/m^2.

beban yang diterima pada setiap *strut* dihitung sebagai berikut.



Gambar 4.27 Distribusi Tekanan Tanah dan Letak *Strut* Potongan A

Beban pada *strut* level 1 = 76,68 × 3,5/2 + 76,68 × (1,5 + 2 – 3,5)

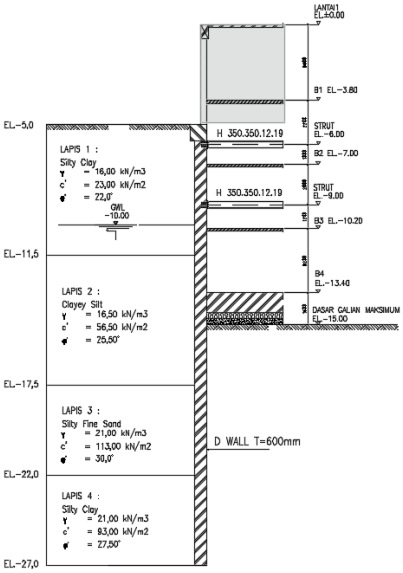
= 134,19 kN/m

Beban pada *strut* level 2 = 76,68 × (3/2 + 3/2)

= 230,04 kN/m

Beban pada *strut* level 3 = 76,68 × (3/2 + 6/2)

= 345,06 kN/m



Gambar 4.28 Profil Tanah dan Galian Potongan B dan C

perhitungan untuk potongan B dan C :

undrained shear strength pada kedalaman 5 m (10 m / 2) di bawah permukaan tanah.

$\sigma_v = \gamma_1 \times 5$

$= 16 \times 5$

$= 80\ kN/m^2$

$u = \gamma_w \times 0$

$= 9{,}81 \times 0$

$= 0\ kN/m^2$

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$= 80 – 0$

$= 80\ kN/m^2$

$s_u = 0{,}32\ \sigma'_v$

$= 0{,}32 \times 80$

$= 25{,}6\ kN/m^2$

$\gamma H_e/s_u = 16 \times 10 / 25{,}6$

$= 6{,}25 > 4$ (termasuk *soft to medium clay*)

tanah pada proyek termasuk *soft to medium soft clay* berdasarkan diagram tekanan Peck. Lebar galian sebesar 39,14 m. Kedalaman yang terpengaruh galian sebesar 10 m + 39,14 m = 49,14 m. Tegangan tanah pada kedalaman 29,57 m (10 m + 39,14m / 2) adalah.

$\sigma_v = \gamma_1 \times 11{,}5 + \gamma_2 \times (17{,}5 – 11{,}5) + \gamma_3 \times (22 – 17{,}5) + \gamma_3 \times (29{,}57 – 17{,}5)$

$= 16 \times 11{,}5 + 16{,}5 \times (17{,}5 – 11{,}5) + 21 \times (22 – 17{,}5) + 21 \times (29{,}57 – 17{,}5)$

$= 630{,}97\ kN/m^2$

$u = \gamma_w \times (29{,}57 – 10)$

$= 9{,}81 \times (29{,}57 – 10)$

$= 191{,}98\ kN/m^2$

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$= 630{,}97 – 191{,}98$

$= 438{,}99 \text{ kN/m}^2$

$s_u = 0{,}32\ \sigma'_v$

$= 0{,}32 \times 438{,}99$

$= 140{,}48 \text{ kN/m}^2$

$N_b = \gamma H_e / s_{u,b}$

$= 16 \times 10 / 140{,}48$

$= 1{,}14 < 4$, sehingga nilai m = 1,0

$p_a = \gamma H_e - 4s_u$

$= 16 \times 10 - 4 \times 25{,}6$

$= 57{,}6 \text{ kN/m}^2$

atau

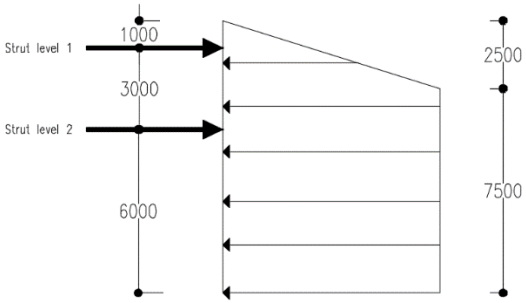
$p_a = 0{,}3\gamma H_e$

$= 0{,}3 \times 16 \times 10$

$= 48 \text{ kN/m}^2$

digunakan nilai p_a yang lebih besar yaitu 57,6 kN/m^2.

beban yang diterima pada setiap *strut* dihitung sebagai berikut.



Gambar 4.29 Distribusi Tekanan Tanah dan Letak *Strut* Potongan B dan C

Beban pada *strut* level 1 = 57,6 × 2,5/2 + 57,6 × (1,5 + 1 – 2,5)

= 72 kN/m

Beban pada *strut* level 2 = 57,6 × (0,5/2 + 6/2) + (57,6 × 2,5/2) / 2,5

= 216 kN/m

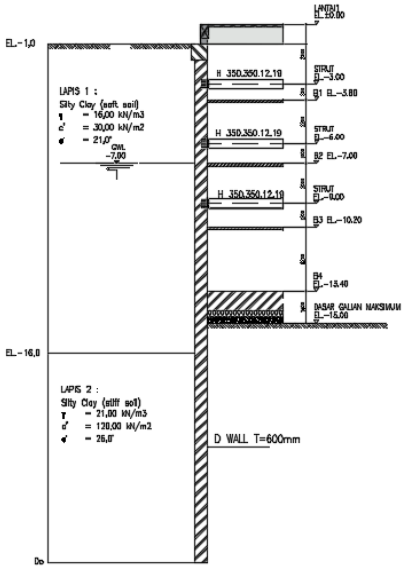
4.8 Analisis Ulang Desain *Diaphragm Wall*

Analisis ulang desain *diaphragm wall* digunakan untuk memberikan *review* desain *diaphragm wall* di lapangan dengan hasil analisis ulang. Analisis ulang desain *diaphragm wall* menggunakan metode Rankine dan metode elemen hingga dengan program bantu PLAXIS.

4.8.1 Kedalaman *Diaphragm Wall*

Kedalaman *diaphragm wall* dihitung menggunakan metode Padfield dan Mar yang mengadaptasi metode dari Rankine dam Caquot-Keisel. Perhitungan kedalaman *diaphragm wall* adalah sebagai berikut.

untuk potongan A :



Gambar 4.30 Profil Tanah Potongan A

pada kedalaman -9 m :

$\sigma_v = \gamma_1 \times (9 - 1)$

$= 16 \times 8$

$= 128 \text{ kN/m}^2$

$u = (9 - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= 1{,}5 \times 9{,}81$

$= 14{,}72 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 128 - 14{,}72$

$= 113{,}28\ \text{kN/m}^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 113{,}28$

$= 24{,}92\ \text{kN/m}^2$

$\sigma_{h,a} = \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 128 - 2.24{,}92\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 65{,}20\ \text{kN/m}^2$

pada kedalaman -15 m :

sebelum dilakukan penggalian

σ_v = σ_v kedalaman -9 m + $\gamma_1 \times (15 - 9)$

$= 128 + 16 \times (15 - 9)$

$= 224\ \text{kN/m}^2$

$u = (15 - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= 7{,}5 \times 9{,}81$

$= 73{,}58\ \text{kN/m}^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 224 - 73{,}58$

$= 150{,}42\ \text{kN/m}^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 150{,}42$

$= 33{,}09\ \text{kN/m}^2$

setelah dilakukan penggalian, $\sigma_v = 0$ pada sisi tanah pasif, tetapi nilai s_u tetap.

$\sigma_{h,p} = \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 0 + 2.33{,}09\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 85{,}44\ \text{kN/m}^2$

pada kedalaman H_p m :

untuk tekanan tanah aktif

σ_v = σ_v kedalaman -15 m + $\gamma_1 \times (16 - 15) + \gamma_2 \times (H_p - 16)$

$= 224 + 16 \times 1 + 21 \times (H_p - 16)$

$= 21H_p - 96\ \text{kN/m}^2$

$u = (H_p - 7{,}5) \times \gamma_w$

$= (H_p - 7{,}5) \times 9{,}81$

$= 9{,}81Hp - 73{,}575\ \text{kN/m}^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 21H_p - 96 - (9{,}81Hp - 73{,}575)$

$= 11{,}19H_p - 22{,}425\ \text{kN/m}^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times (11{,}19H_p - 22{,}425)$

$= 2{,}46\ H_p - 4{,}88\ kN/m^2$

$\sigma_{h,a} = \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= (21Hp - 96) - 2.(2{,}46\ Hp - 4{,}88)\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 14{,}65H_p - 83{,}4\ kN/m^2$

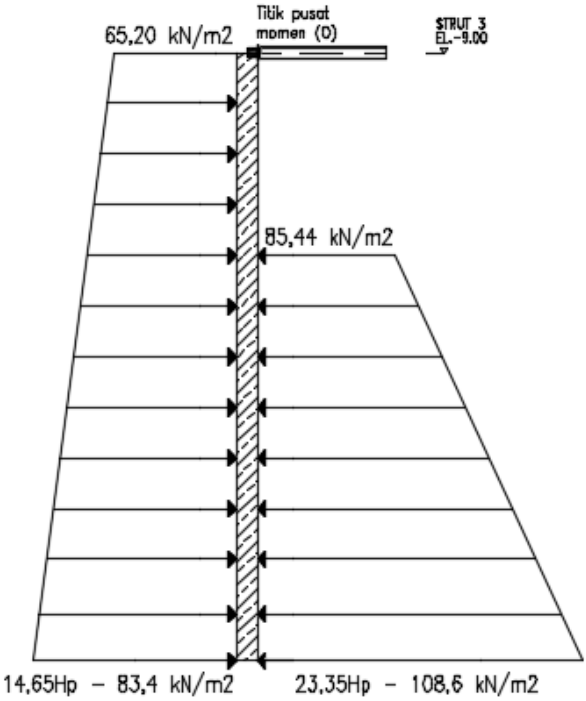
untuk tekanan tanah pasif

$\sigma_{h,p} = \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= (21Hp - 96) + 2.(2{,}46\ Hp - 4{,}88)\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 27{,}35H_p - 108{,}6\ kN/m^2$

Tekanan tanah yang diperhitungkan adalah yang berada di bawah *strut* yang paling bawah. Distribusi tekanan tanah yang diperhitungkan berdasarkan teori analisis stabilitas *push-in failure* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.31 Distribusi Tekanan Tanah untuk Perhitungan Kedalaman Dinding Potongan A

$M_p = p_p.l_p$

$= 85{,}44.(Hp-15).\left(\left(\frac{Hp-15}{2}\right)+6\right) + (27{,}35Hp - 108{,}6 - 85{,}44)\left(\frac{Hp-15}{2}\right).\left((Hp-15).\frac{2}{3}+6\right)$

$= 9{,}11H_p^3 - 134{,}21H_p^2 - 141{,}18H_p + 15568{,}7$

$M_a = p_a.l_a$

$= 65{,}20.(Hp-9).\left(\frac{Hp-9}{2}\right) + (14{,}65Hp - 28 -$

$$665{,}20).\left(\frac{Hp-9}{2}\right).\left((Hp-9).\frac{2}{3}\right)$$

$$= 4{,}88H_p^3 - 86{,}367H_p^2 + 367{,}95H_p + 124{,}2$$

kedalaman *diaphragm wall* dihitung berdasarkan kesetimbangan momen akibat tekanan tanah yang berada di bawah *strut* paling bawah. Persamaan untuk menghitung kedalaman *diaphragm wall* untuk potongan sebagai berikut.

$M_a - M_p = 0$

$9{,}11H_p^3 - 134{,}21H_p^2 - 141{,}18H_p + 15568{,}7 - (7{,}011H_p^3 - 127{,}55H_p^2 + 355{,}61H_p - 300{,}29) = 0$

$-4{,}2337H_p^3 + 107H_p^2 - 708H_p + 2527 = 0$

$H_p = 17{,}74$ m

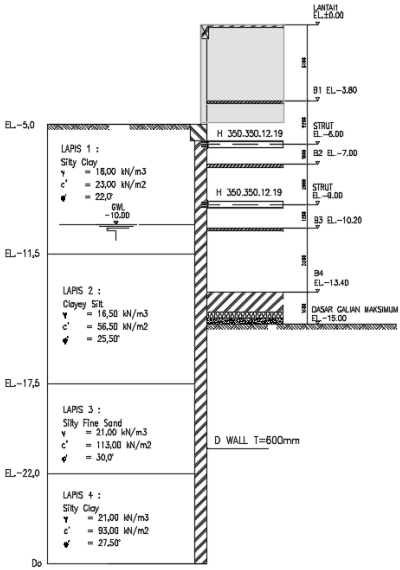
digunakan *Safety Factor* sebesar 1,5, maka kedalaman *diaphragm wall* menjadi :

$H_p = SF \times 17{,}74$

$= 26{,}61 \text{ m} \approx 27 \text{ m}$

didapatkan kedalaman *diaphragm wall* yaitu 27 m.

untuk potongan B dan C :



Gambar 4.32 Profil Tanah Analisis *Push-in Failure* Potongan B dan C

pada kedalaman -9 m :

$\sigma_v = \gamma_1 \times (9 - 5)$

$= 16 \times 4$

$= 64\ kN/m^2$

$u = 0 \times \gamma_w$

$= 0 \times 9{,}81$

$= 0\ kN/m^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 64 - 0$

$= 64\ kN/m^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 64$

$= 14{,}08\ kN/m^2$

$\sigma_{h,a} = \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 64 - 2.14{,}08\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 27{,}64\ kN/m^2$

pada kedalaman -15 m :

sebelum dilakukan penggalian

σ_v = σ_v kedalaman -9 m + $\gamma_1 \times (11{,}5 - 9) + \gamma_2 \times (15 - 11{,}5)$

$= 64 + 16 \times (11{,}5 - 9) + 16{,}5 \times (15 - 11{,}5)$

$= 161{,}75\ kN/m^2$

$u = (15 - 10) \times \gamma_w$

$= (15 - 10) \times 9{,}81$

$= 49{,}05\ kN/m^2$

$\sigma_v' = \sigma_v - u$

$= 161{,}75 - 49{,}05$

$= 112{,}7\ kN/m^2$

s_u $= 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times 217{,}7$

$= 24{,}794\ \text{kN/m}^2$

setelah dilakukan penggalian, $\sigma_v = 0$ pada sisi tanah pasif, tetapi nilai s_u tetap.

$\sigma_{h,p} = \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= 0 + 2.24{,}794\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 64{,}02\ \text{kN/m}^2$

pada kedalaman H_p m :

untuk tekanan tanah aktif

σ_v $= \sigma_v$ kedalaman -15 m $+ \gamma_2 \times (17{,}5 - 15) + \gamma_3 \times (22 - 17{,}5) + \gamma_4 \times (H_p - 22)$

$= 161{,}75 + 16{,}5 \times 2{,}5 + 21 \times 4{,}5 + 21 \times (H_p - 22)$

$= 21H_p - 164{,}5\ \text{kN/m}^2$

u $= (H_p - 10) \times \gamma_w$

$= (H_p - 10) \times 9{,}81$

$= 9{,}81H_p - 98{,}1\ \text{kN/m}^2$

σ_v' $= \sigma_v - u$

$= (21H_p - 164{,}5) - (9{,}81H_p - 98{,}1)$

$= 11{,}19Hp - 66{,}4\ \text{kN/m}^2$

$s_u = 0{,}22\sigma_v'$

$= 0{,}22 \times (11{,}19Hp - 66{,}4)$

$= 2{,}462Hp - 14{,}608\ kN/m^2$

$\sigma_{h,a} = \sigma_v K_a - 2s_u\sqrt{K_a\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= (21Hp - 164{,}5) - 2.(2{,}46Hp - 14{,}608)\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 14{,}65H_p - 126{,}782\ kN/m^2$

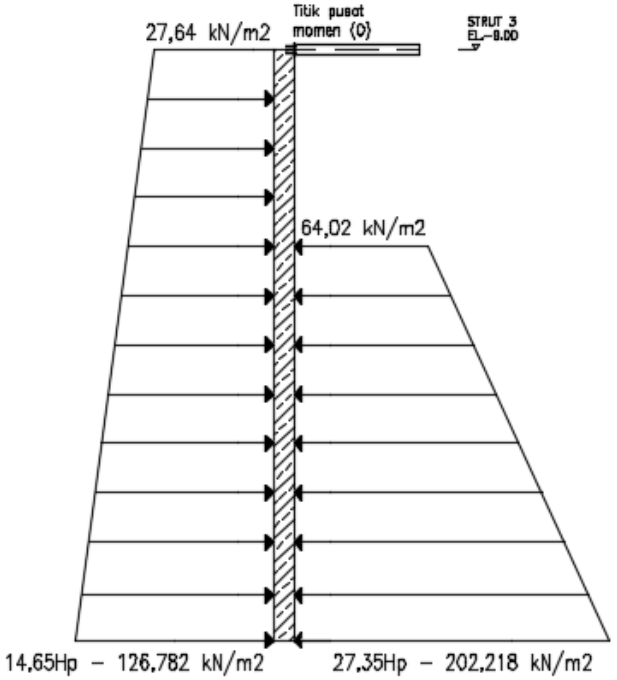
untuk tekanan tanah pasif

$\sigma_{h,p} = \sigma_v K_p + 2s_u\sqrt{K_p\left(1 + \frac{c_w}{s_u}\right)}$

$= (21Hp - 164{,}5) - 2.(2{,}46Hp - 14{,}608)\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}\right)}$

$= 27{,}35H_p - 202{,}218\ kN/m^2$

Tekanan tanah yang diperhitungkan adalah yang berada di bawah *strut* yang paling bawah. Distribusi tekanan tanah yang diperhitungkan berdasarkan teori analisis stabilitas *push-in failure* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.33 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis *Push-in Failure* untuk Potongan B dan C

$M_p = p_p.l_p$

$= 64{,}02.(Hp - 15).\left(\left(\frac{Hp-15}{2}\right) + 6\right) + (27{,}35Hp - 202{,}2 - 64{,}02)\left(\frac{Hp-15}{2}\right).\left((Hp-15).\frac{2}{3} + 6\right)$

$= 9{,}1167H_p^3 - 248{,}186H_p^2 + 2107{,}99H_p - 6546{,}7$

$M_a = p_a.l_a$

$= 27{,}64.(Hp - 9).\left(\frac{Hp-9}{2}\right) + (14{,}65Hp - 126{,}782 -$

$$27{,}64).\left(\frac{Hp-9}{2}\right).\left((Hp-9).\frac{2}{3}\right)$$

$$= 4{,}883H_p^3 - 125{,}554H_p^2 + 1073{,}31H_p - 3049{,}97$$

kedalaman *diaphragm wall* dihitung berdasarkan kesetimbangan momen akibat tekanan tanah yang berada di bawah *strut* paling bawah. Persamaan untuk menghitung kedalaman *diaphragm wall* untuk potongan sebagai berikut.

$M_a - M_p = 0$

$9{,}1167H_p^3 - 248{,}186H_p^2 + 2107{,}99H_p - 6546{,}7 - (4{,}883H_p^3 - 125{,}554H_p^2 + 1073{,}31H_p - 3049{,}97) = 0$

$-4{,}2337H_p^3 + 122H_p^2 - 1034H_p + 3496 = 0$

$H_p = 17{,}61$ m

digunakan *Safety Factor* sebesar 1,5, maka kedalaman *diaphragm wall* menjadi :

$H_p = SF \times 17{,}61$

$= 26{,}42 \text{ m} \approx 27 \text{ m}$

didapatkan kedalaman *diaphragm wall* yaitu 27 m.

4.8.2 Parameter Pemodelan Menggunakan PLAXIS

Analisis stabilitas dinding dilakukan dengan menggunakan *finite element method* dengan program bantu PLAXIS. Parameter – parameter yang dibutuhkan untuk melakukan pemodelan dengan PLAXIS adalah sebagai berikut.

A. Parameter Tanah

Tanah yang dimodelkan pada PLAXIS dilakukan dengan dua *drainage type*, yaitu *undrained* dan *drained*

untuk kemudian dipilih dari dua kondisi tersebut yang paling kritis. Rekapitulasi parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.13 Input Parameter Tanah Potongan A Undrained

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	*Type*	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	E' (kN/m^2)	S_u (kN/m^2)	*v'*	$K_{0,x}$ = $K_{0,z}$ (m/*day*)
0,0 – 16,0	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	16,00	13,00	11500	48	0,35	0,70
16,0 – 28,0	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	21,00	16,50	60000	204	0,35	0,60
28,0 – 29,5	*Silt*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	67000	270	0,35	0,50
29,50 – 40,0	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	74000	135	0,35	0,60

Tabel 4.14 *Input* Parameter Tanah Potongan A *Drained*

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	*Type*	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	E' (kN/m^2)	c' (kN/m^2)	φ' (°)	*v'*	$K_{0,x}$ = $K_{0,z}$ (m/*day*)
0,0 – 16,0	*Silty Clay*	MC	*Drained*	16,00	13,00	11500	30,00	21,0	0,35	0,70
16,0 – 28,0	*Silty Clay*	MC	*Drained*	21,00	16,50	60000	120,00	26,0	0,35	0,60
28,0 – 29,5	*Silt*	MC	*Drained*	21,00	17,50	67000	150,00	30,0	0,35	0,50
29,50 – 40,0	*Silty Clay*	MC	*Drained*	21,00	17,50	74000	75,00	27,5	0,35	0,60

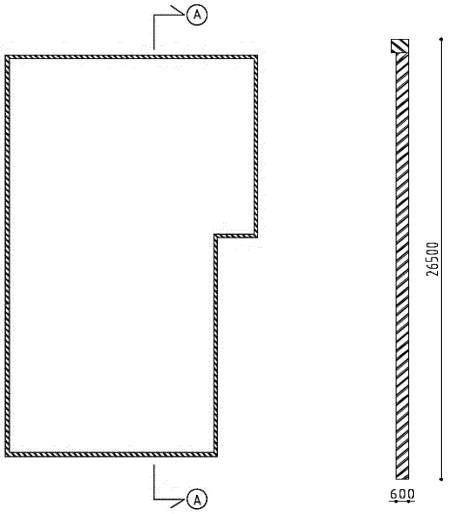
Tabel 4.15 *Input* Parameter Tanah Potongan B, dan C *Undrained*

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	*Type*	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	E' (kN/m^2)	S_u (kN/m^2)	*v'*	$K_{0,x} = K_{0,z}$ (m/*day*)
0,0 – 11,5	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	16,00	13,00	11000	30	0,35	0,60
11,5 – 17,5	*Clayey Silt*	MC	*Undrained* (B)	16,50	13,50	50000	102	0,35	0,50
17,5 – 22,0	*Silty Fine Sand*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	101000	200	0,35	0,60
22,0 – 26,5	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	40000	160	0,35	0,60
26,5 – 29,5	*Fine Sandy Silt*	MC	*Undrained* (B)	20,00	17,00	50000	150	0,35	0,60
29,5 – 32,5	*Silty Fine Sand*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	60000	300	0,35	0,50
32,5 – 37,0	*Silty Clay*	MC	*Undrained* (B)	18,50	15,50	30000	126	0,35	0,60
37,0 – 40,0	*Clayey Fine Sand*	MC	*Undrained* (B)	21,00	17,50	50000	200	0,35	0,50

Tabel 4.16 *Input* Parameter Tanah Potongan B, dan C *Drained*

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	*Type*	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	E' (kN/m^2)	c' (kN/m^2)	φ' (˚)	v'	$K_{0,x} = K_{0,z}$ (m/*day*)
0,0 – 11,5	*Silty Clay*	MC	*Drained*	16,00	13,00	11000	23,00	22,0	0,35	0,60
11,5 – 17,5	*Clayey Silt*	MC	*Drained*	16,50	13,50	50000	56,50	25,5	0,35	0,50
17,5 – 22,0	*Silty Fine Sand*	MC	*Drained*	21,00	17,50	101000	113,00	30,0	0,35	0,60
22,0 – 26,5	*Silty Clay*	MC	*Drained*	21,00	17,50	40000	93,00	27,5	0,35	0,60
26,5 – 29,5	*Fine Sandy Silt*	MC	*Drained*	20,00	17,00	50000	100,00	29,0	0,35	0,60
29,5 – 32,5	*Silty Fine Sand*	MC	*Drained*	21,00	17,50	60000	133,00	30,0	0,35	0,50
32,5 – 37,0	*Silty Clay*	MC	*Drained*	18,50	15,50	30000	70,00	27,0	0,35	0,60
37,0 – 40,0	*Clayey Fine Sand*	MC	*Drained*	21,00	17,50	50000	110,00	30,0	0,35	0,50

B. Parameter *Diaphragm Wall*



(a) (b)

Gambar 4.34 (a) Denah *Diaphragm Wall* ; (b) Potongan *Diaphragm Wall*

Parameter *diaphragm wall* berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dan data – data perencanaannya adalah sebagai berikut.

tebal *diaphragm wall* (h)	= 0,6 m
panjang *diaphragm wall*	= 26,5 m
lebar yang ditinjau (b)	= 1 m
luas penampang (A)	= tebal dinding x 1 m
	= 0,6 m x 1 m
	= 0,6 m^2

inersia penampang (I) $= \frac{1}{12} \times b \times h^3$

$= \frac{1}{12} \times 1 \times 0{,}6^3$

$= 0{,}018\ m^4$

mutu beton (fc') = 40 MPa

mutu baja (fy) = 420 MPa

berat jenis beton (γ_{beton}) $= 24\ kN/m^3$

modulus elastisitas beton (E) $= 4700\sqrt{fc'}$

$= 4700\sqrt{40}$

= 29725 MPa

$= 29725410{,}01\ kN/m^2$

EA = 29725410,01 x 0,6

= 17835246 kN

EI = 29725410,01 x 0,018

$= 535057{,}38\ kN/m^2$

Berat satuan (w) $= A \times \gamma_{beton}$

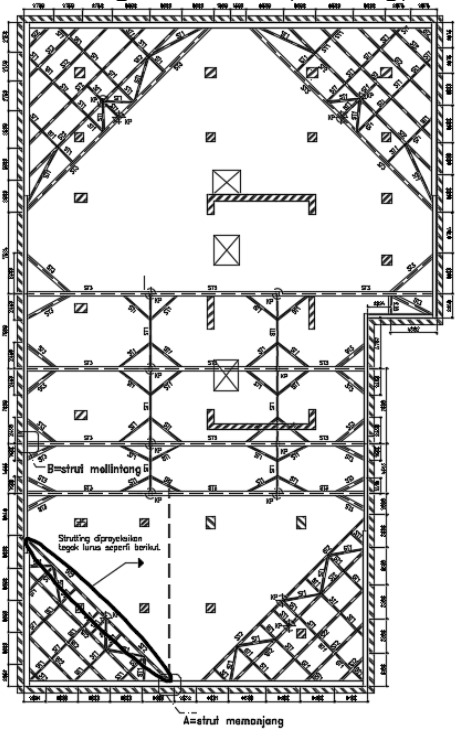
= 0,6 x 24

= 14,4 kN/m

Tabel 4.17 *Input* Parameter *Diaphragm Wall*

Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic : isotropic*	-
EA	17835246	kN/m
EI	535057,38	kN/m^2/m
w	14,4	kN/m/m
v	0	-

C. Parameter Pengaku Lateral (*Strutting*)



Gambar 4.35 Ilustrasi *Strutting* Arah Memanjang dan Melintang

Parameter pengaku lateral (*strutting*) berdasarkan data – data yang sudah direncanakan sebagai berikut.

profil baja = WF 350.350.12.19
luas penampang (A) = 0,017 m^2
modulus elastisitas baja (E) = 200000 MPa
= 20000000 kN/m^2
EA = 20000000 x 0,015
= 3010000 kN
Panjang *strut* melintang = 19,57 m
Panjang *strut* memanjang = 23,88 m

Proyeksi panjang *strut* memanjang dengan sudut 45˚ :
Panjang *strut* memanjang = 23,88 × cos 45˚
= 16,90 m
Proyeksi nilai EA *strut* memanjang dengan sudut 45˚ :
EA *strut* memanjang = 3010000 × cos 45˚
= 2128391 kN

Tabel 4.18 *Input* Parameter *Strutting* Arah Melintang

Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic*	-
EA	3010000	kN
$L_{spacing}$	7	m
Panjang batang	19,57	m

Tabel 4.19 *Input* Parameter *Strutting* Arah Memanjang

Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic*	-
EA	2128391	kN
$L_{spacing}$	3	m
Panjang batang	16,90	m

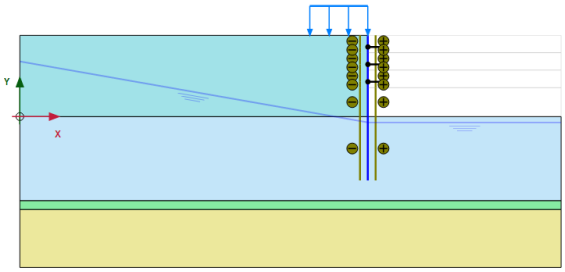
D. Fase Konstruksi Galian

Fase konstruksi dari galian pada proyek ini dilakukan dengan 14 tahapan galian. Tahapan galian yang direncanakan sama seperti pada Tabel 4.1.

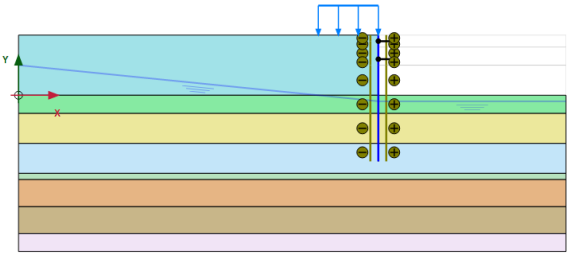
4.8.3 *Soil Model* pada PLAXIS

Tanah dimodelkan dengan model Mohr-Coulomb pada PLAXIS. Tanah dimodelkan dengan dua kondisi, yaitu *drained* dan *undrained* untuk mengetahui kondisi yang lebih kritis dari keduanya sesuai persyaratan dari SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.5. Jarak batasan yang dibutuhkan untuk analisis defleksi dinding atau penurunan tanah pada *finite element method* (D), yaitu sama dengan atau lebih dari 4 kali kedalaman galian (H_e). Pada analisis ini digunakan jarak Batasan sebesar 60 m. Beban tambahan diberikan pada analisis menggunakan *finite element method* sebesar 1t/m^2 selebar 10 m diberikan di luar galian sesuai persyaratan pada SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik.

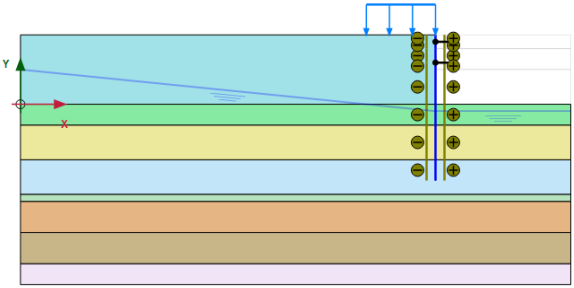
Gambar 4.32 sampai gambar 4.34 menunjukkan *soil model* pada PLAXIS dari pengujian potongan A, B, dan C.



Gambar 4.36 *Soil Model* Potongan A



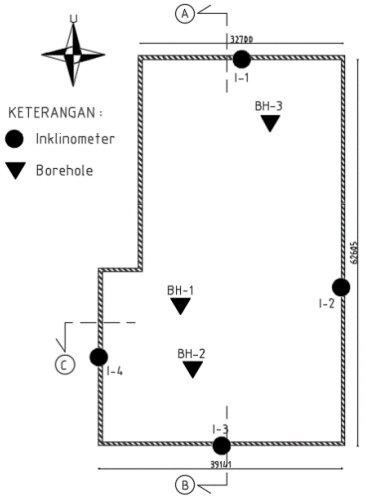
Gambar 4.37 *Soil Model* Potongan B



Gambar 4.38 *Soil Model* Potongan C

Pemodelan tanah dibagi menjadi tiga sumbu sesuai dengan panjang galian, yaitu potongan A, potongan B,

dan potongan C seperti yang ditunjukan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.39 Sumbu Potongan Pemodelan Tanah

4.8.4 Hasil Pemodelan Menggunakan PLAXIS

Hasil pemodelan menggunakan PLAXIS berupa defleksi maksimum dari *diaphragm wall*, momen dari *diaphragm wall*, dan gaya geser dari *diaphragm wall*. Rekapitulasi hasil pemodelan menggunakan PLAXIS adalah sebagai berikut.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Tipe *Undrained*

	Momen Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)	Defleksi Lateral Dinding Maksimum (m)
Pot. A	442,0	305,2	0,0429
Pot. B	301,4	194,5	0,0251
Pot. C	293,3	215,5	0,0213

Tabel 4.21 Rekapitulasi Hasil Pemodelan Tipe *Drained*

	Momen Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)	Defleksi Lateral Dinding Maksimum (m)
Pot. A	407,5	292,8	0,0317
Pot. B	281,1	204,8	0,0175
Pot. C	277,9	216,7	0,0152

4.8.5 Kontrol Deformasi Lateral Dinding

Kontrol deformasi lateral dinding dilakukan sesuai dengan persyaratan pada Pasal 11.5 SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. Lokasi gedung MTH 27 *Office Suites* ini menurut Pasal 11.5 termasuk Zona 1, yaitu perbandingan jarak dari batas galian ke bangunan terdekat dengan kedalaman galian kurang dari 1. Batasan izin maksimum deformasi untuk Zona 1 adalah 0,5%. Contoh perhitungan kontrol deformasi lateral dinding berdasarkan hasil pemodelan dari potongan A *undrained* sebagai berikut.

δ_w = 0,0429 m

kedalaman galian (H) = 14 m

δ_w/H = 0,0429 /14 x 100%

= 0,306 % < Batas izin = 0,5%

(memenuhi syarat)

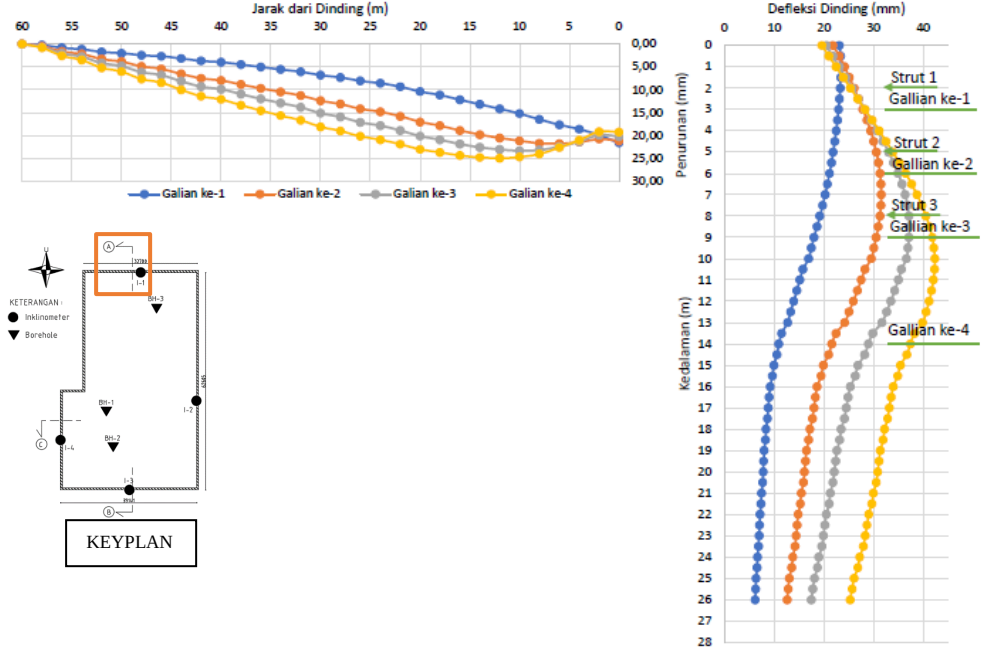
Rekapitulasi kontrol deformasi lateral dinding untuk semua hasil pemodelan dicantumkan pada tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Kontrol Deformasi Lateral

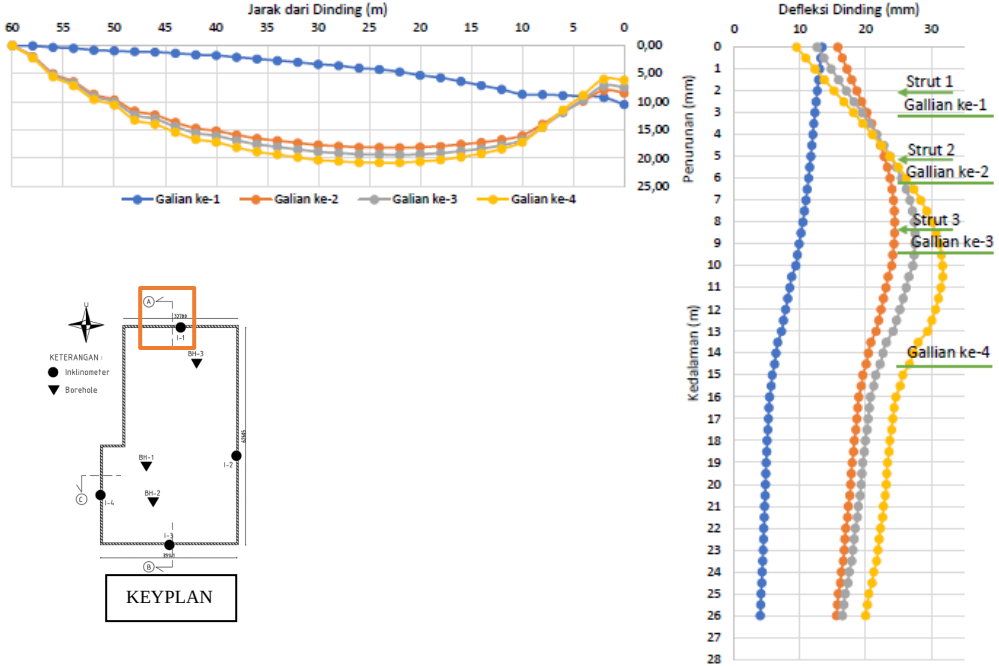
	Defleksi Dinding Maksimum (m)	δ_w/H (%)	Batas izin (m)	Ket
Undrained				
Pot. A	0,0429	0,306	0,5	Memenuhi
Pot. B	0,0251	0,251	0,5	Memenuhi
Pot. C	0,0213	0,213	0,5	Memenuhi
Drained				
Pot. A	0,0317	0,226	0,5	Memenuhi
Pot. B	0,0175	0,175	0,5	Memenuhi
Pot. C	0,0152	0,152	0,5	Memenuhi

4.8.6 Pergerakan Dinding dan Penurunan Tanah

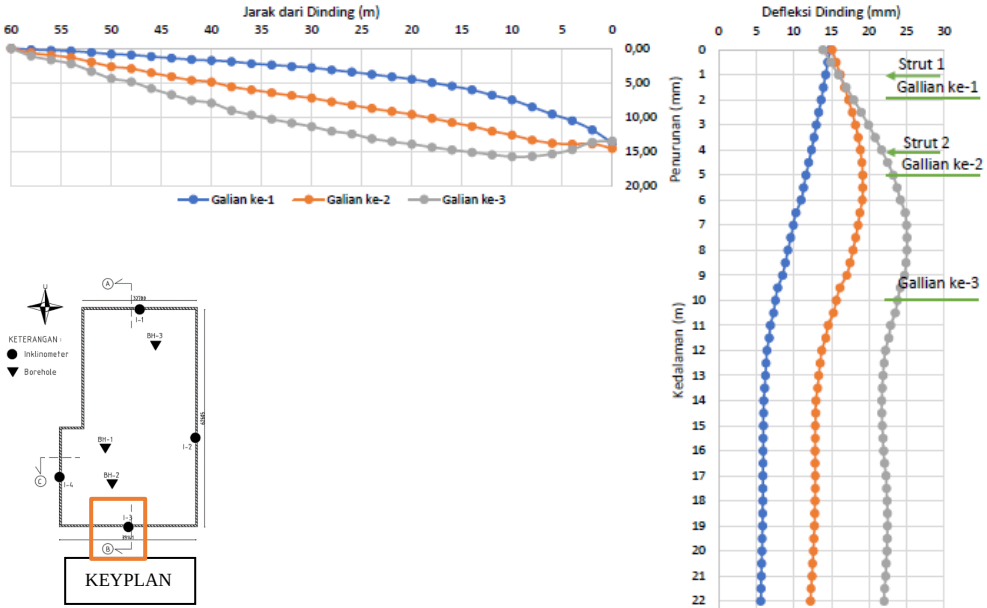
Pergerakan dinding dan penurunan tanah di belakang dinding untuk ketiga potongan, A, B, dan C ditampilkan dalam gambar 4.36 sampai gambar 4.41.



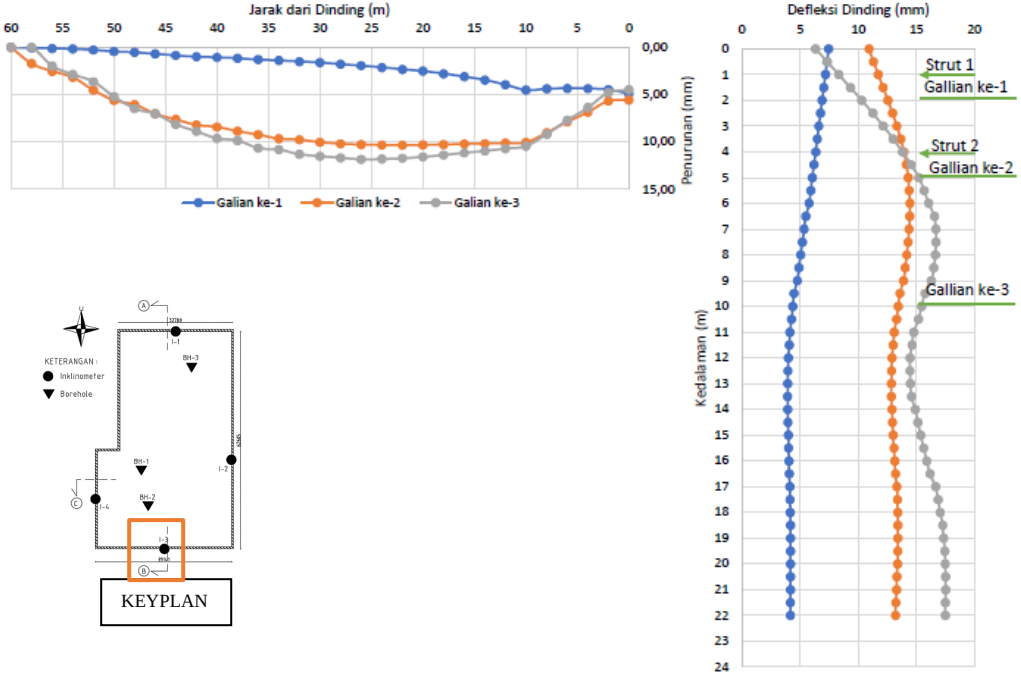
Gambar 4.40 Analisis Deformasi untuk Potongan A Tipe *Undrained*



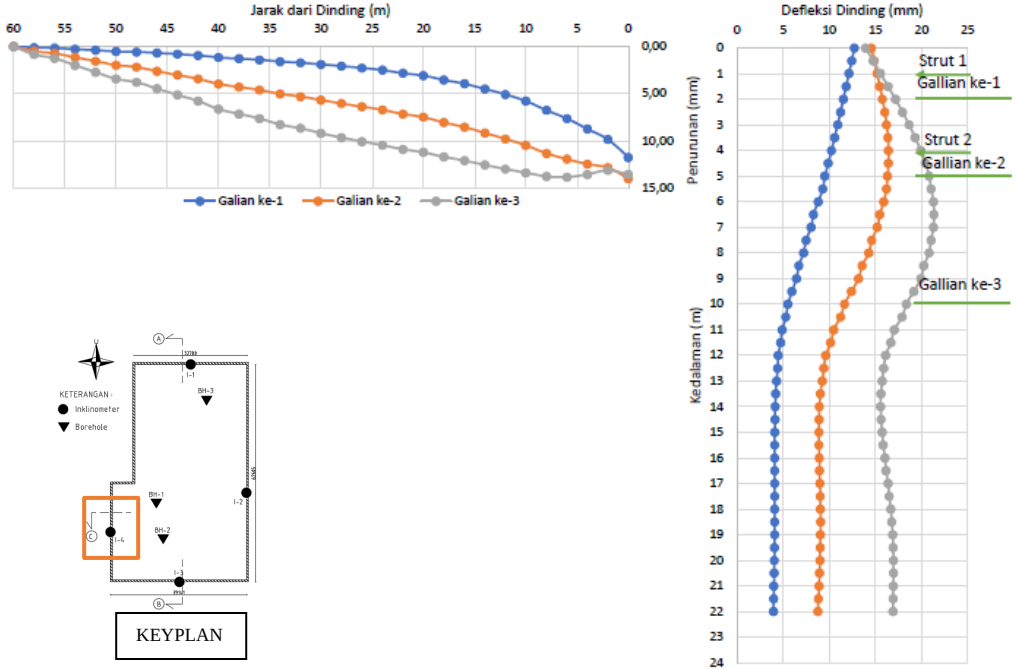
Gambar 4.41 Analisis Deformasi untuk Potongan A Tipe *Drained*



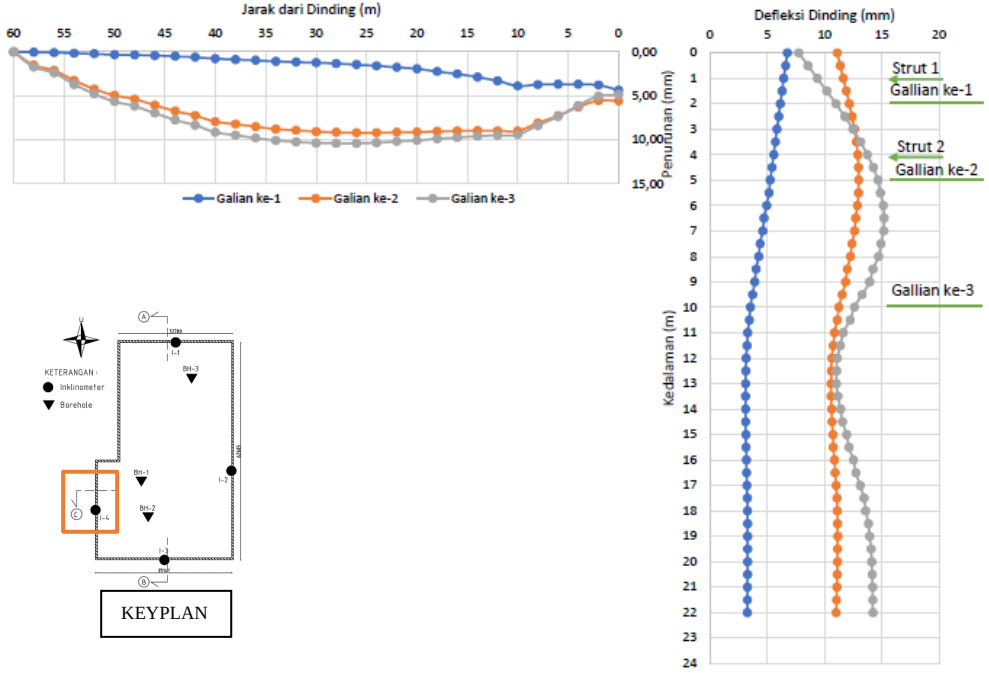
Gambar 4.42 Analisis Deformasi untuk Potongan B Tipe *Undrained*



Gambar 4.43 Analisis Deformasi untuk Potongan B Tipe *Drained*



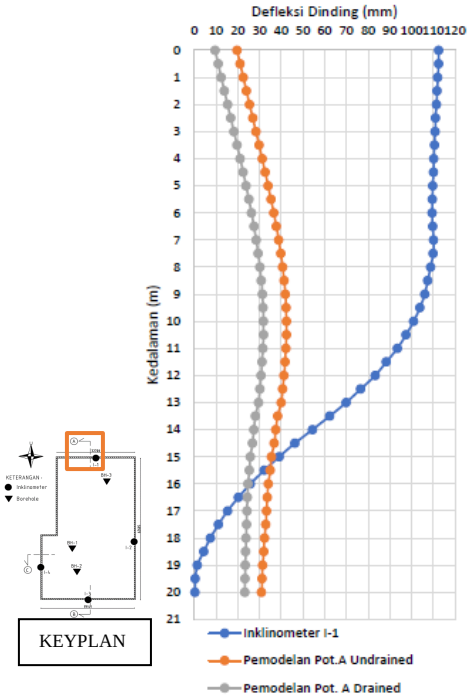
Gambar 4.44 Analisis Deformasi untuk Potongan C Tipe *Undrained*



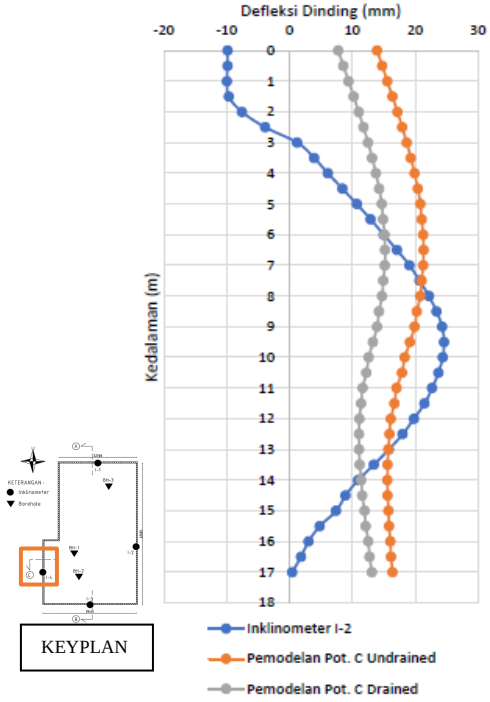
Gambar 4.45 Analisis Deformasi untuk Potongan C Tipe Drained

4.8.7 Perbandingan Deformasi Lateral Dinding di Lapangan dengan Hasil Pemodelan

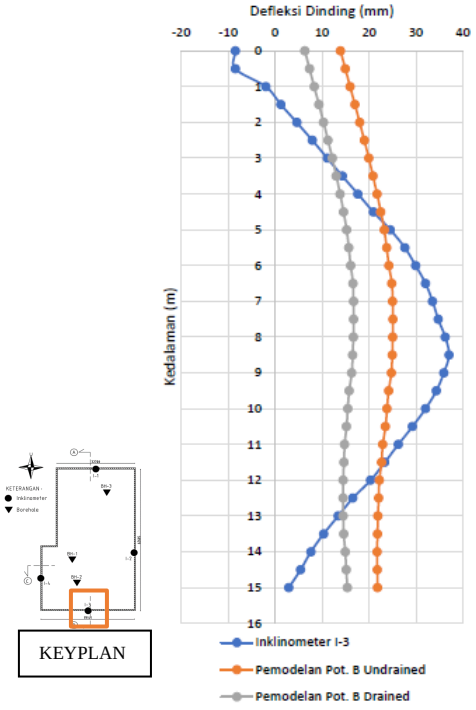
Perbandingan defleksi dinding yang terjadi di lapangan dengan defleksi dinding hasil pemodelan untuk ketiga potongan, A, B, dan C ditampilkan dalam gambar 4.42 sampai gambar 4.45.



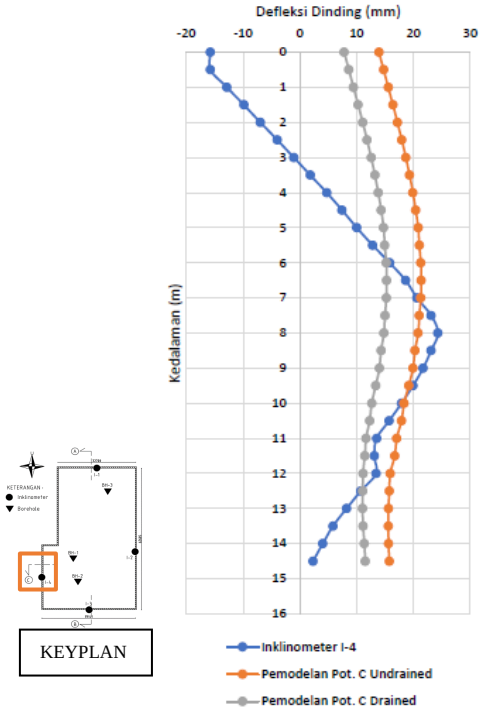
Gambar 4.46 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-1 : Potongan A



Gambar 4.47 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-2 : Potongan C



Gambar 4.48 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-3 : Potongan B



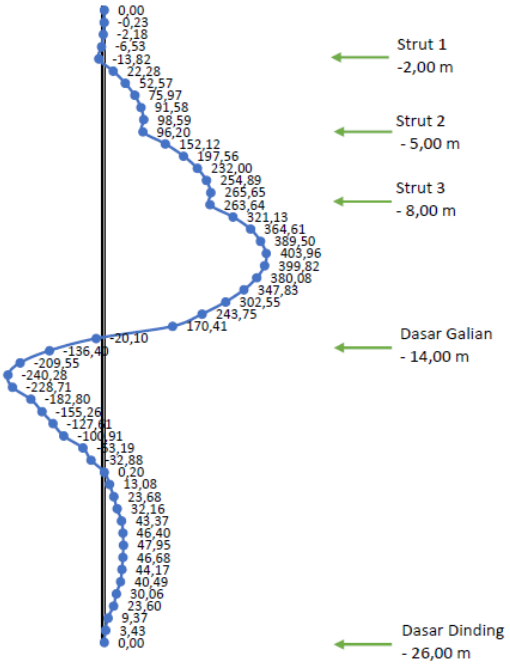
Gambar 4.49 Perbandingan Prediksi Deformasi Lateral Dinding dengan Hasil Pengukuran I-4 : Potongan C

4.8.8 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

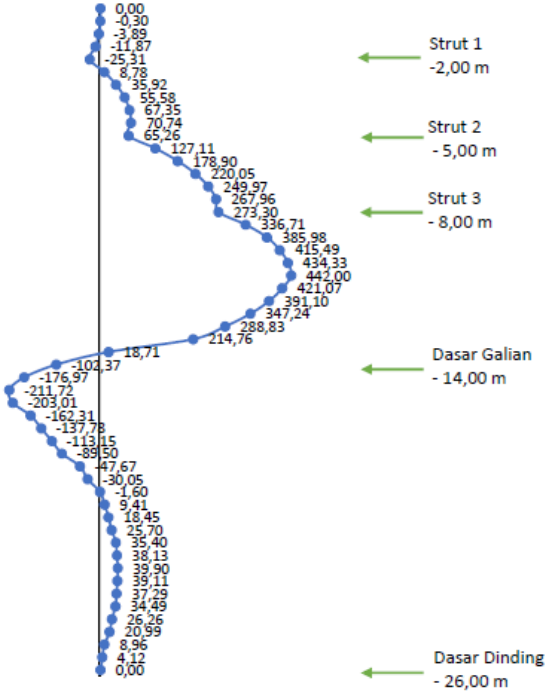
Perhitungan kebutuhan tulangan pada *diaphragm wall* dibedakan menjadi tiga, yaitu tulangan utama vertikal, tulangan horizontal, dan tulangan geser. Perhitungan kebutuhan tulangan *diaphragm wall* seperti berikut.

A. Tulangan Utama Vertikal

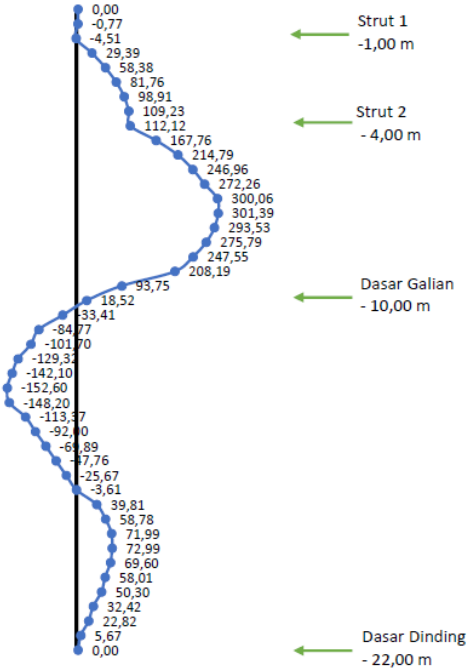
Tulangan utama vertikal dihitung berdasarkan momen maksimum dari seluruh pemodelan. Berikut merupakan diagram momen maksimum untuk potongan A, B, dan C.



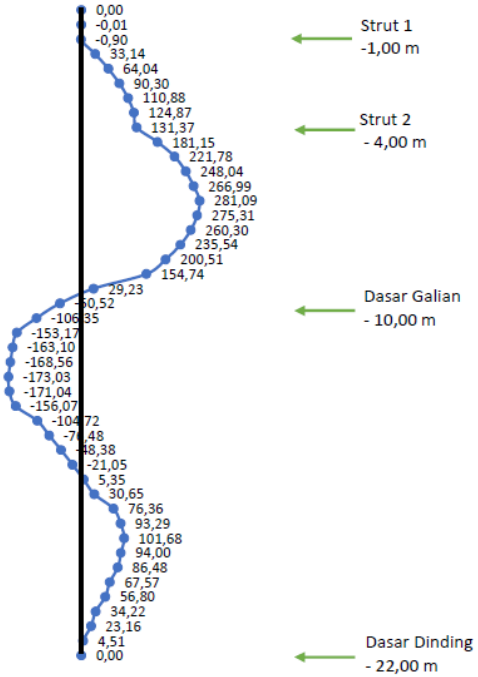
Gambar 4.50 Diagram Momen Maksimum Potongan A *Undrained*



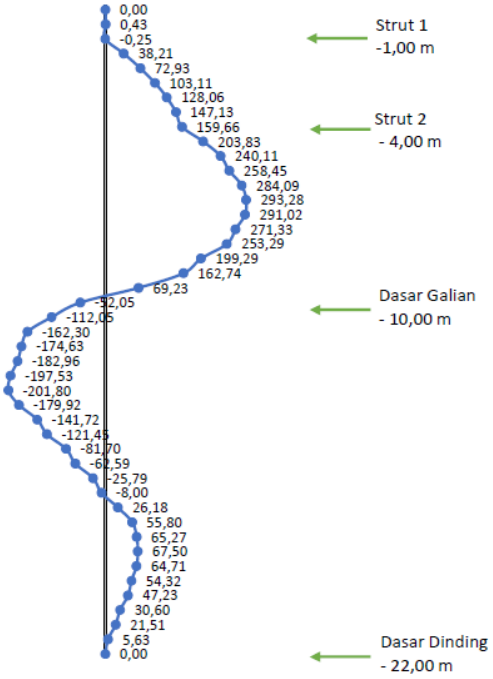
Gambar 4.51 Diagram Momen Maksimum Potongan A *Drained*



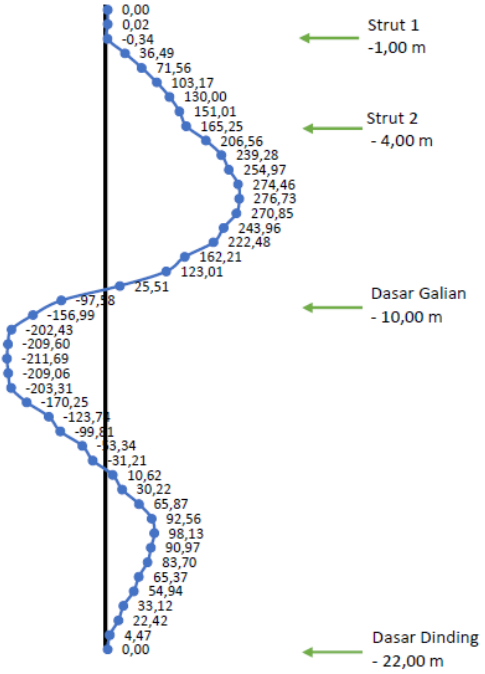
Gambar 4.52 Diagram Maksimum Potongan B *Undrained*



Gambar 4.53 Diagram Maksimum Potongan B *Drained*



Gambar 4.54 Diagram Momen Maksimum Potongan C *Undrained*



Gambar 4.55 Diagram Momen Maksimum Potongan C *Drained*

Contoh perhitungan tulangan vertikal utama untuk potongan A. Digunakan nilai momen yang paling besar antara *undrained* dan *drained*.

M_u = 442,0 kNm
= 442000000 Nmm
lebar dinding yang ditinjau (b) = 1000 mm
tebal dinding (t) = 600 mm
selimut beton = 40 mm
d = t – selimut beton = 600 – 40
= 560 mm

mutu beton (fc') = 40 MPa
mutu baja (fy) = 420 MPa
Ø = 0,9

M_n = M_u / Ø
= 442000000 / 0,9
= 491111111 Nmm

β_1 $= 0{,}85 - 0{,}05\frac{(fc'-28)}{7} \geq 0{,}65$
$= 0{,}85 - 0{,}05\frac{(40-28)}{7} \geq 0{,}65$
= 0,7643 > 0,65 (memenuhi)

ρ_b $= \frac{0{,}85fc'}{fy}\beta 1\left(\frac{6120}{6120+fy}\right)$
$= \frac{0{,}85\times 40}{420}0{,}7643\left(\frac{6120}{6120+420}\right)$
= 0,058

ρ_{max} = 0,75ρ_b
= 0,75 x 0,058
= 0,043

M_R $= \frac{1}{\emptyset}\left[\rho max.\, fy\left(1-0{,}59\frac{\rho max.fy}{fc'}\right)\right]bd^2$
$= \frac{1}{0{,}9}\left[0{,}043.420\left(1-0{,}59\frac{0{,}043.420}{40}\right)\right]1000.560^2$
= 4645335462 Nmm
= 4645,34 kNm

Ø M_R = 0,9 x 4645,34
= 4180,80 kNm

m $= \frac{fy}{0{,}85fc'}$
$= \frac{420}{0{,}85.40}$
= 12,353

ρmin $= \frac{1{,}4}{fy}$
$= \frac{1{,}4}{420}$
= 0,003

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mMn}{fybd^2}}\right)$

$= \frac{1}{12{,}353}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.12{,}353.491111111}{420.1000.560^2}}\right)$

= 0,00381 > ρmin = 0,003

maka, digunakan ρ = ρmin = 0,003721

A_s = ρbd

= 0,00381 x 1000 x 560

= 2138,50 mm^2

digunakan tulangan D19

$A_{s\ 1\ tulangan} = \frac{1}{4}\pi d^2$

$= \frac{1}{4}\pi 19^2$

= 283,53 mm^2

kebutuhan tulangan :

n = A_s / $A_{s\ 1\ tulangan}$

= 2138,50 / 283,53

= 7,5 ≈ 8 buah

jarak antar tulangan :

s = b / n

= 1000 / 8

= 120 mm

maka digunakan tulangan D19 – 120 untuk tulangan vertikal utama.

Rekapitulasi tulangan vertikal utama untuk potongan A, B, dan C adalah sebagai berikut.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Tulangan Vertikal

	Tulangan Vertikal Utama
Pot. A	D19 – 120
Pot. B	D19 – 160
Pot. C	D19 – 200

B. Tulangan Horizontal

Tulangan horizontal diperlukan jika susut dan temperatur dipertimbangkan. Perhitungan penulangan horizontal adalah sebagai berikut.

A_g = b x t
= 1000 x 600
= 600000 mm^2

A_s = 0,0018A_g
= 0,0018 x 600000
= 1080 mm^2

digunakan tulangan D13

$A_{s\ 1\ tulangan} = \frac{1}{4}\pi d^2$
$= \frac{1}{4}\pi 13^2$
= 132,73 mm^2

kebutuhan tulangan :

n = A_s / $A_{s\ 1\ tulangan}$
= 1080 / 132,73
= 8,04 ≈ 9 buah

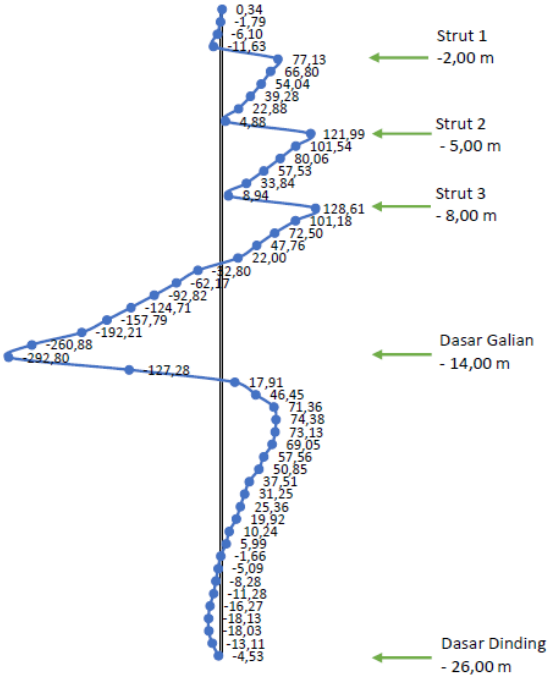
jarak antar tulangan :

s = b / n
= 1000 / 9
= 110 mm

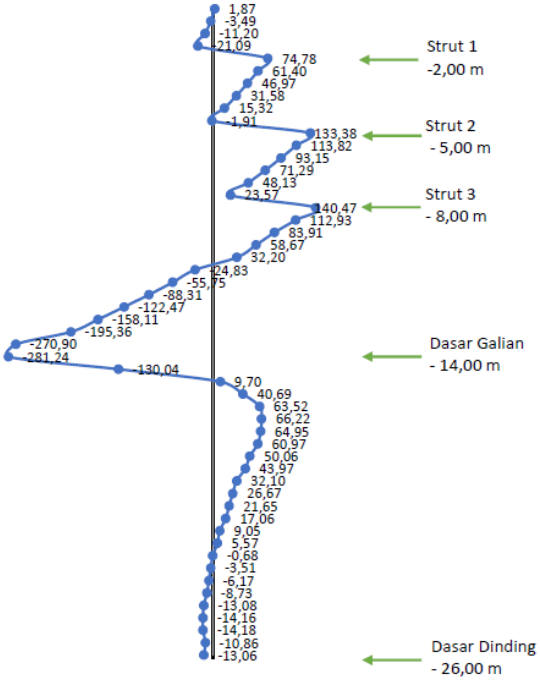
maka digunakan tulangan D13 – 110 untuk tulangan horizontal.

C. Tulangan Geser

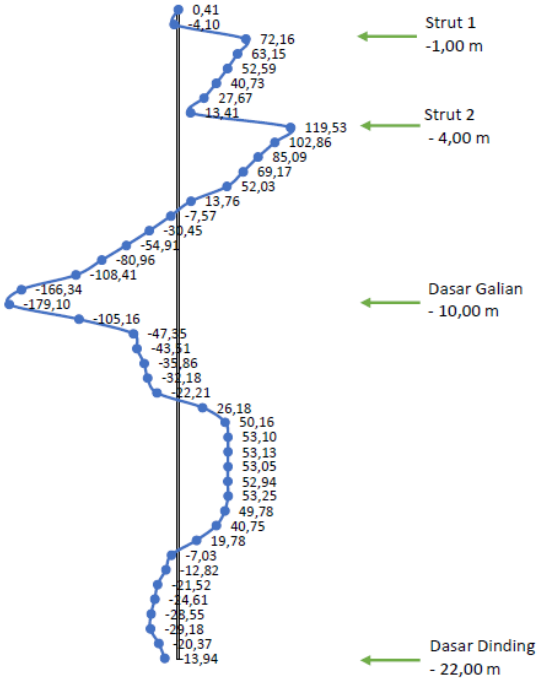
Tulangan utama vertikal dihitung berdasarkan momen maksimum dari seluruh pemodelan.



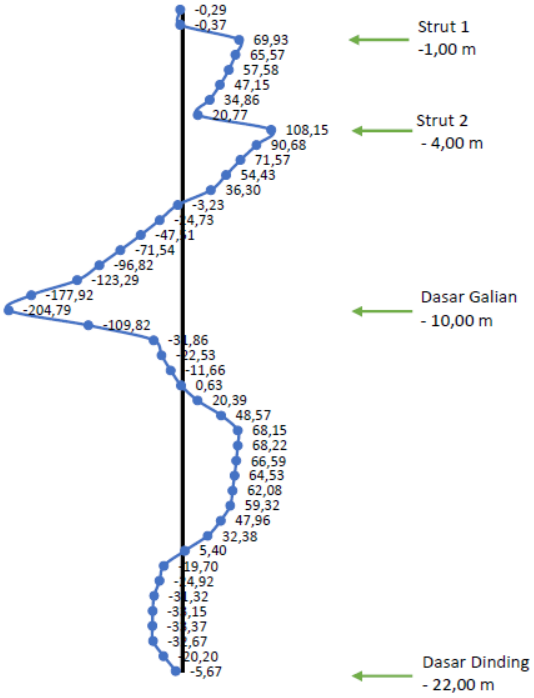
Gambar 4.56 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan A *Undrained*



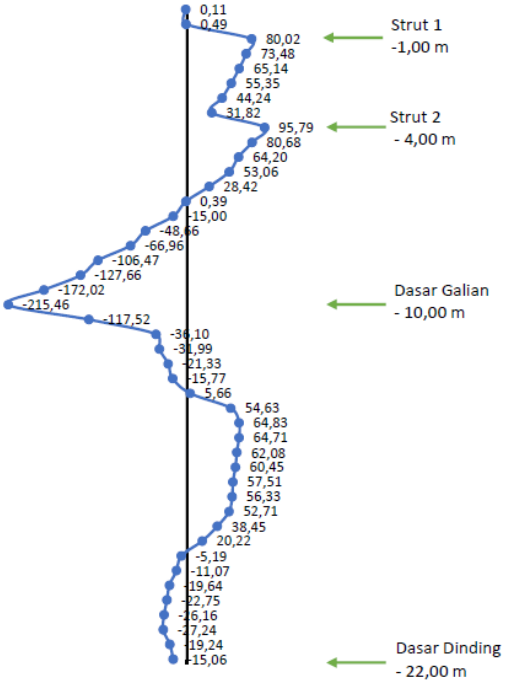
Gambar 4.57 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan A *Drained*



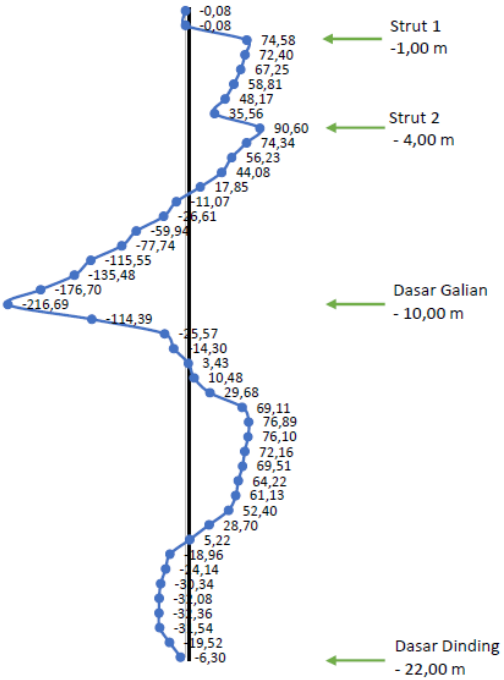
Gambar 4.58 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan B *Undrained*



Gambar 4.59 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan B *Drained*



Gambar 4.60 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan C *Undrained*



Gambar 4.61 Diagram Gaya Lintang Maksimum Potongan C *Drained*

Contoh perhitungan tulangan geser untuk potongan A. Digunakan gaya geser yang paling besar antara *undrained* dan *drained*.

V_u = 292,8 kN

Ø = 0,75

V_n = V_u / Ø

= 292,8 / 0,75

= 390,4 kN

V_c = $0{,}53\sqrt{fc'}bd$

= $0{,}53\sqrt{40}.1000.560$

= 1877,13 kN > V_n = 390,4 kN

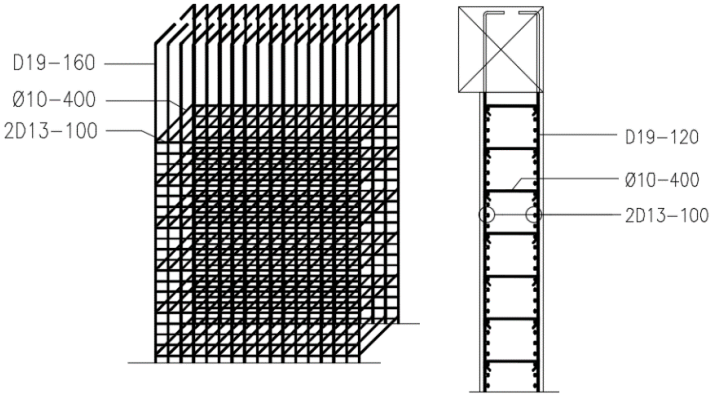
karena nilai V_c lebih besar daripada nilai V_n, sehingga tidak dibutuhkan tulangan geser. Di lapangan dipasang tulangan geser minimal Ø10 – 400.

Rekapitulasi tulangan geser untuk potongan A, B, dan C adalah sebagai berikut.

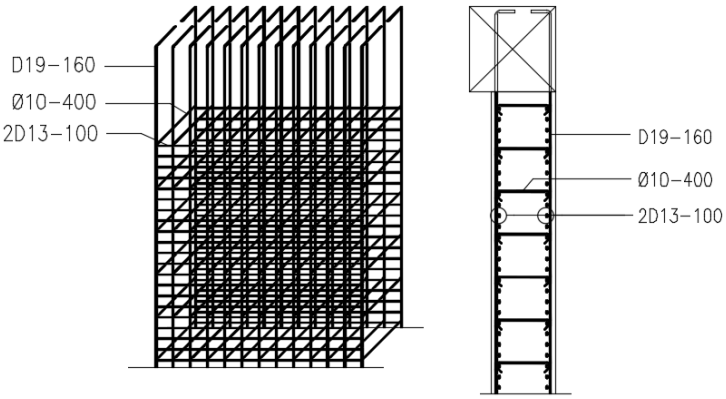
Tabel 4.24 Rekapitulasi Tulangan Geser

	Tulangan Vertikal Utama
Pot. A	Ø10 – 400
Pot. B	Ø10 – 400
Pot. C	Ø10 – 400

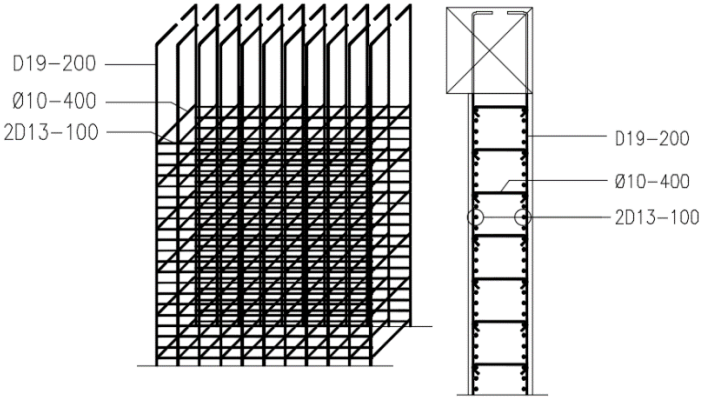
Ilustrasi penulangan *diaphragm wall* ditampilkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.62 Ilustrasi Penulangan *Diaphragm Wall* Potongan A



Gambar 4.63 Ilustrasi Penulangan *Diaphragm Wall* Potongan B



Gambar 4.64 Ilustrasi Penulangan *Diaphragm Wall* Potongan C

4.8.9 *Review* Desain Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan

Hasil desain *diaphragm wall* bersadarkan pemodelan ulang kemudian dibandingkan dengan kondisi desain *diaphragm wall* di lapangan. Review desain *diaphragm wall* berdasarkan hasil pemodelan dengan desain *diaphragm wall* di lapangan dipaparkan pada tabel 4.25 sampai 4.27.

Tabel 4.25 Perbandingan Desain *Diaphragm Wall* Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan A

	Desain Hasil Pemodelan	Desain di Lapangan
Panjang Dinding	26 m	26 m
Tulangan Vertikal	D19 – 120	D19 – 100
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400

Tabel 4.26 Perbadingan Desain *Diaphragm Wall* Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan B

	Desain Hasil Pemodelan	Desain di Lapangan
Panjang Dinding	22 m	22 m
Tulangan Vertikal	D19 – 160	D19 – 200
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400

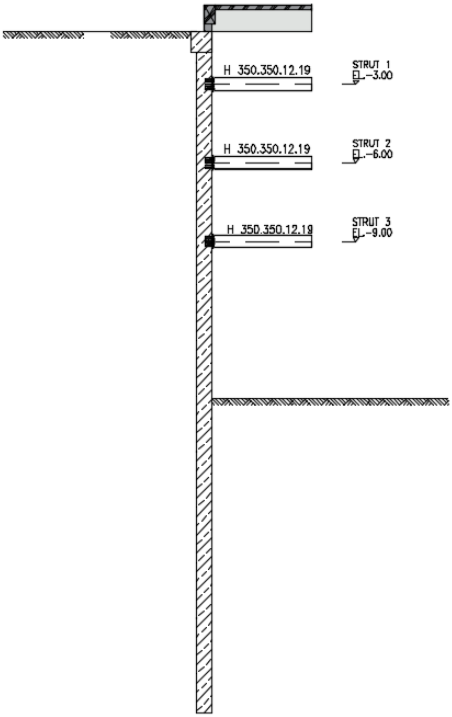
Tabel 4.27 Perbadingan Desain *Diaphragm Wall* Hasil Analisis Ulang dengan Desain di Lapangan Potongan C

	Desain Hasil Pemodelan	Desain di Lapangan
Panjang Dinding	22 m	22 m
Tulangan Vertikal	D19 – 200	D19 – 200
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400

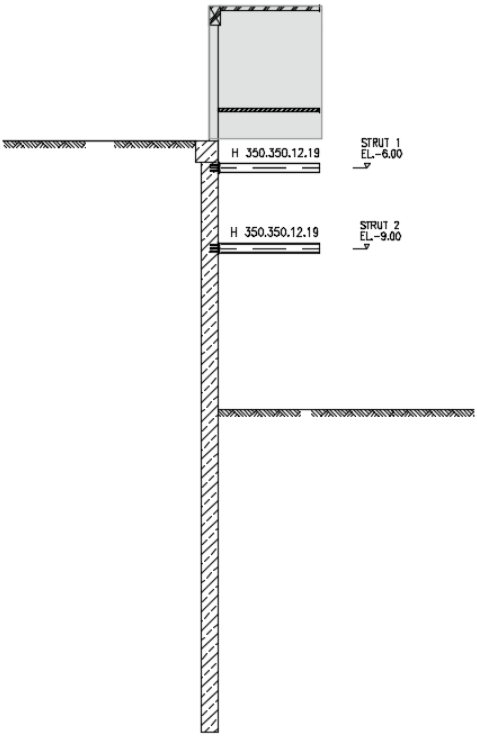
Tabel 4.24 sampai tabel 4.27 di atas menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan vertikal dan tulangan horizontal *diaphragm wall* berdasarkan hasil pemodelan ulang lebih banyak dibandingkan kebutuhan tulangan vertikal dan tulangan horizontal berdasarkan desain di lapangan.

4.8.10 Kontrol Kekuatan *Strut*

Potongan *strut* pada potongan A, B, dan C ditampilkan seperti pada gambar 4.61 dan gambar 4.62 seperti berikut.



Gambar 4.65 Potongan *Strutting* pada Potongan A



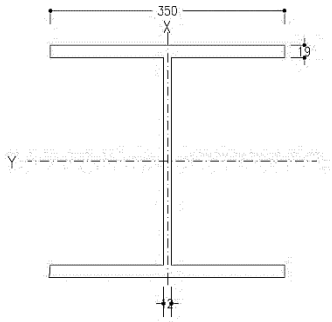
Gambar 4.66 Potongan *Strutting* pada Potongan B dan C

Gaya aksial tekan yang terjadi pada masing – masing *strut* didapatkan dari hasil pemodelan menggunakan PLAXIS. Rekapitulasi gaya aksial tekan yang terjadi pada masing – masing *strut* ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.28 Gaya Aksial Tekan pada *Strut*

	Gaya Aksial Tekan (kN)		
	Pot. A	Pot. B	Pot. C
Tipe *Undrained*			
Strut 1	375,183	275,875	585,193
Strut 2	460,969	364,798	544,277
Strut 3	428,875	-	-
Tipe *Drained*			
Strut 1	354,071	251,659	533,723
Strut 2	409,662	358,824	486,619
Strut 3	437,570	-	-

Perhitungan kontrol kekuatan batang tekan *strut* sebagai berikut.



Gambar 4.67 Profil Baja untuk *Strut*

profil *strut* = H 350.350.12.19

tinggi (H) = 350 mm

lebar (B) = 350 mm

tebal badan (t_w) = 12 mm

tebal sayap (t_f) = 19 mm

luas penampang (A) = 173,90 cm^2

momen inersia x (I_x) = 40300 cm^4

momen inersia y (I_y) = 13600 cm^4

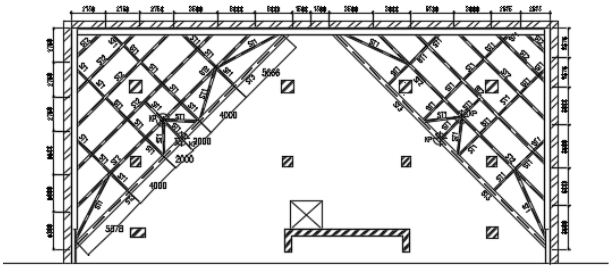
modulus elastisitas (E) = 200000 MPa

tegangan leleh (F_y) = 280 MPa

tegangan putus (F_u) = 440 MPa

kontrol kelangsingan batang tekan :

perhitungan kekuatan tekan nominal untuk *strut* potongan A dan potongan B:



Gambar 4.68 Ilustrasi Panjang Batang *Strut* untuk Potongan A dan B

untuk arah sumbu kuat (x)

panjang batang tanpa pengaku (L) = 23,88 m

r $= \sqrt{\frac{I_x}{A}}$

$= \sqrt{\frac{40300}{173,90}}$

= 15,22 cm

$\frac{k \times L}{r} \leq 200$

$\frac{1 \times 23,88}{0,1522} \leq 200$

156,89 < 200 (memenuhi syarat)

sehingga, profil baja memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

untuk arah sumbu lemah (y)

panjang batang tanpa pengaku (L) = 5,8 m

r $= \sqrt{\frac{I_y}{A}}$

$= \sqrt{\frac{13600}{173,90}}$

= 8,84 cm

$\frac{k \times L}{r} \leq 200$

$\frac{1 \times 5,8}{0,0884} \leq 200$

65,6 < 200 (memenuhi syarat)

sehingga, profil baja memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

kontrol kapasitas profil :

sayap dari profil

$\frac{b}{t_f}$ < 0,56$\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$\frac{175}{19}$ < 0,56$\sqrt{\frac{200000}{280}}$

9,21 < 14,96 (tidak langsing)

sehingga, sayap dari profil termasuk elemen tidak langsing.

badan dari profil

$\frac{h}{t_w}$ < 1,49$\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$\frac{312}{12}$ < 1,49$\sqrt{\frac{200000}{280}}$

26 < 39,82 (tidak langsing)

sehingga, badan dari profil termasuk elemen tidak langsing.

perhitungan tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing berdasarkan persyaratan pada SNI 1729:2013 Pasal E3 adalah sebagai berikut.

untuk sumbu kuat (x) :

$\frac{k \times L}{r}$ ≤ 4,71$\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$

156,89 ≤ 4,71$\sqrt{\frac{200000}{0,904.280}}$

156,89 > 132,39

nilai $\frac{k\times L}{r}$ lebih dari nilai $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$, sehingga nilai tegangan kritis (F_{cr}) dihitung menggunakan rumus berikut.

F_{cr} = 0,877F_e

nilai F_e dihitung menggunakan rumus berikut.

$$F_e = \frac{\pi^2\times E}{\left(\frac{k\times L}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2\times 200000}{\left(\frac{1\times 23{,}88}{0{,}1522}\right)^2}$$

= 80,18 MPa

F_{cr} = 0,877F_e

= 0,877×80,18

= 70,32 MPa

untuk sumbu lemah (y) :

$$\frac{k\times L}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$$

$$65{,}6 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{0{,}904.280}}$$

$$65{,}6 < 132{,}39$$

nilai $\frac{k\times L}{r}$ kurang dari nilai $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$, sehingga nilai tegangan kritis (F_{cr}) dihitung menggunakan rumus berikut.

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

nilai F_e dihitung menggunakan rumus berikut.

$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{k \times L}{r}\right)^2}$

$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1 \times 5{,}8}{0{,}0884}\right)^2}$

$= 458{,}54$ MPa

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{280}{458{,}54}}\right) . 280$

$= 216{,}85$ MPa

nilai F_{cr} untuk tekuk lentur diambil yang paling kecil antara sumbu kuat dan sumbu lemah, yaitu 70,32 MPa.

perhitungan tekuk torsi dari komponen struktur tanpa elemen langsing berdasarkan persyaratan pada SNI 1729:2013 Pasal E4 adalah sebagai berikut.

$h_o = 350 - t_f$

$= 350 - 19$

$= 331$ mm

$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$

$= \frac{136000000.331^2}{4}$

$= 3{,}725\times10^{12}\ \text{mm}^6$

G $= 77200$ MPa

J $= 2\left(\frac{1}{3}.b.{t_f}^3\right)+\frac{1}{3}\left[\left(h-2t_f\right).{t_w}^3\right]$

$= 2\left(\frac{1}{3}.350.19^3\right)+\frac{1}{3}\{(350-2.19).12^3\}$

$= 1780145\ \text{mm}^4$

nilai F_e untuk sumbu kuat (x)

$F_e = \left(\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2}+GJ\right)\frac{1}{I_x+I_y}$

$= \left(\frac{\pi^2.200000.3{,}725\times10^{12}}{(1.23880)^2}+77200.1780145\right)\times \frac{1}{13600\times10^4+40300\times10^4}$

$= 278{,}89$ MPa

$F_{cr} = 0{,}877F_e$

$= 0{,}877\times278{,}89$

$= 244{,}59$ MPa

nilai F_e untuk sumbu lemah (y)

$F_e = \left(\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2}+GJ\right)\frac{1}{I_x+I_y}$

$= \left(\frac{\pi^2.200000.3{,}725\times10^{12}}{(1.5800)^2}+77200.1780145\right)\times \frac{1}{13600\times10^4+40300\times10^4}$

$= 660{,}49$ MPa

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{280}{660{,}49}}\right) . 280$

$= 234{,}48$ MPa

nilai F_{cr} untuk tekuk torsi diambil yang paling kecil antara sumbu kuat dan sumbu lemah, yaitu 234,48 MPa.

dipilih nilai F_{cr} yang paling kecil antara tekuk lentur dan tekuk torsi, sehingga digunakan nilai F_{cr} dari tekuk lentur yaitu 70,32 MPa. Perhitungan kekuatan tekan nominal *strut* adalah sebagai berikut.

$P_n = F_{cr} \times A_g$

$= 70{,}32 \times 17390$

$= 1222864{,}8$ N

$= 1222{,}86$ kN

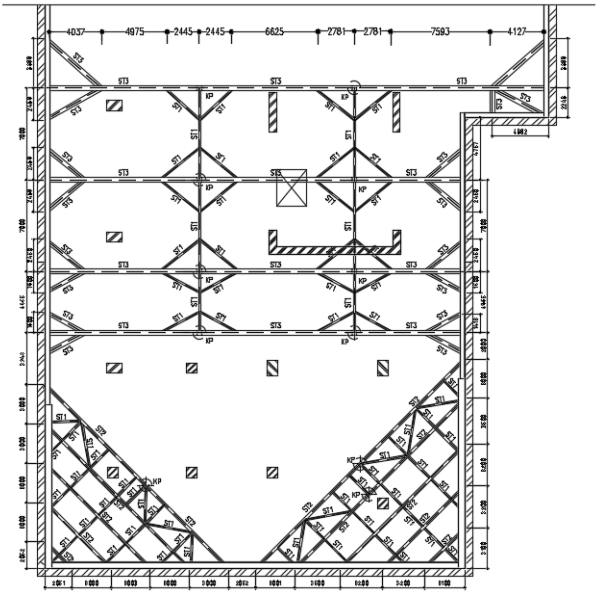
$\phi P_n = 0{,}9 \times P_n$

$= 0{,}9 \times 1222{,}86$

$= 1100{,}58$ kN

kekuatan tekan ultimit *strut* pada potongan A dan B sebesar 1100,58 kN.

perhitungan kekuatan tekan nominal untuk *strut* potongan C:



Gambar 4.69 Ilustrasi Panjang Batang *Strut* untuk Potongan C

untuk arah sumbu kuat (x)

panjang batang tanpa pengaku (L) = 19,5 m

$r = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$

$= \sqrt{\frac{40300}{173,90}}$

= 15,22 cm

$\frac{k \times L}{r} \leq 200$

$\frac{1\times19,5}{0,1522}$ ≤ 200

128,12 < 200 (memenuhi syarat)

sehingga, profil baja memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

untuk arah sumbu kuat (y)

panjang batang tanpa pengaku (L) = 7,5 m

r $= \sqrt{\frac{I_x}{A}}$

$= \sqrt{\frac{13600}{173,90}}$

= 8,84 cm

$\frac{k\times L}{r}$ ≤ 200

$\frac{1\times7,5}{0,0884}$ ≤ 200

84,84 < 200 (memenuhi syarat)

sehingga, profil baja memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

kontrol kapasitas profil :

sayap dari profil

$\frac{b}{t_f}$ < $0,56\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$\frac{175}{19}$ < $0,56\sqrt{\frac{200000}{280}}$

9,21 < 14,96 (tidak langsing)

sehingga, sayap dari profil termasuk elemen tidak langsing.

badan dari profil

$$\frac{h}{t_w} < 1{,}49\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{312}{12} < 1{,}49\sqrt{\frac{200000}{280}}$$

26 < 39,82 (tidak langsing)

sehingga, badan dari profil termasuk elemen tidak langsing.

perhitungan tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing berdasarkan persyaratan pada SNI 1729:2013 Pasal E3 adalah sebagai berikut.

tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut.

untuk sumbu kuat (x) :

$$\frac{k \times L}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$$

$$128{,}12 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{0{,}904.280}}$$

128,12 < 132,39

nilai $\frac{k \times L}{r}$ kurang dari nilai $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$, sehingga nilai tegangan kritis (F_{cr}) dihitung menggunakan rumus berikut.

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

nilai F_e dihitung menggunakan rumus berikut.

$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{k \times L}{r}\right)^2}$

$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1 \times 19{,}5}{0{,}1522}\right)^2}$

$= 120{,}25$ MPa

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{280}{120{,}25}}\right) . 280$

$= 105{,}66$ MPa

untuk sumbu lemah (y) :

$\frac{k \times L}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$

$84{,}84 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{0{,}904.280}}$

$84{,}84 < 132{,}39$

nilai $\frac{k \times L}{r}$ kurang dari nilai $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Q.Fy}}$, sehingga nilai tegangan kritis (F_{cr}) dihitung menggunakan rumus berikut.

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

nilai F_e dihitung menggunakan rumus berikut.

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{k \times L}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1 \times 7{,}5}{0{,}0884}\right)^2}$$

$$= 274{,}23 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$$

$$= \left(0{,}658^{\frac{280}{274{,}23}}\right) . 280$$

$$= 182{,}62 \text{ MPa}$$

nilai F_{cr} untuk tekuk lentur diambil yang paling kecil antara sumbu kuat dan sumbu lemah, yaitu 105,66 MPa.

perhitungan tekuk torsi dari komponen struktur tanpa elemen langsing berdasarkan persyaratan pada SNI 1729:2013 Pasal E4 adalah sebagai berikut.

$$h_o = 350 - t_f$$

$$= 350 - 19$$

$$= 331 \text{ mm}$$

$$C_w = \frac{I_{y h_o^2}}{4}$$

$$= \frac{136000000.331^2}{4}$$

$$= 3{,}725 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

G = 77200 MPa

J $= 2\left(\frac{1}{3}.b.{t_f}^3\right) + \frac{1}{3}\left[\left(h - 2t_f\right).{t_w}^3\right]$

$= 2\left(\frac{1}{3}.350.19^3\right) + \frac{1}{3}\{(350 - 2.19).12^3\}$

= 1780145 mm^4

nilai F_e untuk sumbu kuat (x)

$F_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_x + I_y}$

$= \left(\frac{\pi^2.200000.3{,}725\times10^{12}}{(1.19500)^2} + 77200.1780145\right)\times \frac{1}{13600\times10^4 + 40300\times10^4}$

= 290,84 MPa

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right)Fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{280}{290{,}84}}\right).280$

= 187,14 MPa

nilai F_e untuk sumbu lemah (y)

$F_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_x + I_y}$

$= \left(\frac{\pi^2.200000.3{,}725\times10^{12}}{(1.7500)^2} + 77200.1780145\right)\times \frac{1}{13600\times10^4 + 40300\times10^4}$

= 497,49 MPa

$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}\right) Fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{280}{497{,}49}}\right) . 280$

$= 221{,}23$ MPa

nilai F_{cr} untuk tekuk torsi diambil yang paling kecil antara sumbu kuat dan sumbu lemah, yaitu 187,14 MPa.

dipilih nilai F_{cr} yang paling kecil antara tekuk lentur dan tekuk torsi, sehingga digunakan nilai F_{cr} dari tekuk lentur yaitu 105,66 MPa. Perhitungan kekuatan tekan nominal *strut* adalah sebagai berikut.

$P_n = F_{cr} \times A_g$

$= 105{,}66 \times 17390$

$= 1837427{,}4$ N

$= 1837{,}43$ kN

$\phi P_n = 0{,}9 \times P_n$

$= 0{,}9 \times 1837{,}43$

$= 1653{,}68$ kN

kekuatan tekan ultimit *strut* pada potongan C sebesar 1653,68 kN.

Rekapitulasi kontrol kekuatan *strut* terhadap gaya aksial tekan yang terjadi ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan *Strut*

	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	Ket ($\phi P_n > P_u$)
Potongan A *Undrained*			
Strut 1	375,183	1100,58	memenuhi
Strut 2	460,969	1100,58	memenuhi
Strut 3	428,875	1100,58	memenuhi
Potongan A *Drained*			
Strut 1	354,071	1100,58	memenuhi
Strut 2	409,662	1100,58	memenuhi
Strut 3	437,570	1100,58	memenuhi
Potongan B *Undrained*			
Strut 1	275,875	1653,68	memenuhi
Strut 2	364,798	1653,68	memenuhi
Potongan B *Drained*			
Strut 1	251,659	1653,68	memenuhi
Strut 2	358,824	1653,68	memenuhi
Potongan C *Undrained*			
Strut 1	585,193	1653,68	memenuhi
Strut 2	544,277	1653,68	memenuhi
Potongan C *Drained*			
Strut 1	533,723	1653,68	memenuhi
Strut 2	486,619	1653,68	memenuhi

4.9 Pemodelan *Diaphragm Wall* Menggunakan PLAXIS

Desain *diaphragm wall* di lapangan dianalisis menggunakan PLAXIS. Hasil analisis tersebut berupa defleksi dinding, momen pada dinding, dan gaya geser pada dinding.

4.9.1 Parameter Pemodelan dengan PLAXIS

Parameter – parameter yang dibutuhkan untuk melakukan pemodelan dengan PLAXIS adalah

parameter tanah, parameter *diaphragm wall* yang direncanakan, dan parameter pengaku lateral atau pada analisis ini menggunakan *strutting* yang direncanakan.

A. Parameter Tanah

Tanah yang dimodelkan pada PLAXIS dilakukan dengan dua *drainage type*, yaitu *undrained* dan *drained* untuk kemudian dipilih dari dua kondisi tersebut yang paling kritis. Rekapitulasi parameter yang digunakan sama seperti pada pemodelan ulang yang dipaparkan pada Tabel 4.23 sampai Tabel 4.26.

B. Parameter *Diaphragm Wall*

Parameter *diaphragm wall* dihitung berdasarkan perhitungan sama seperti pada sub bab 4.3.3, namun dengan kedalaman dinding yang berbeda yaitu 26 m sesuai dengan desain di lapangan. *Input* parameter *diaphragm wall* sama seperti pada Tabel 4.27.

C. Parameter Pengaku Lateral (*Strutting*)

Parameter pengaku lateral (*strutting*) berdasarkan data – data yang sudah direncanakan sama seperti yang dipaparkan pada sub bab 4.3.3. *Imput* parameter pengaku lateral (*strutting*) sama seperti pada Tabel 4.28 untuk *strutting* arah melintang dan Tabe; 4.29 untuk *strutting* arah memanjang.

D. Fase Konstruksi Galian

Fase konstruksi dari galian pada proyek ini dilakukan dengan 14 tahapan galian. Tahapan galian yang direncanakan sama seperti pada Tabel 4.1.

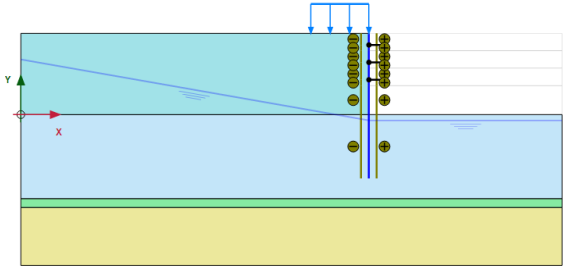
4.9.2 *Soil Model* pada PLAXIS

Tanah dimodelkan dengan dua kondisi, yaitu *drained* dan *undrained* untuk mengetahui kondisi yang

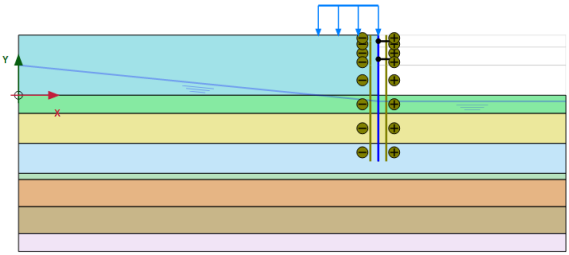
lebih kritis dari keduanya. Jarak batasan yang dibutuhkan untuk analisis defleksi dinding atau penurunan tanah pada *finite element method* (D), yaitu sama dengan atau lebih dari 4 kali kedalaman galian (H_e). Pada analisis ini digunakan jarak Batasan sebesar 60 m. Beban tambahan diberikan pada analisis menggunakan *finite element method* sebesar 1t/m^2 selebar 10 m diberikan di luar galian sesuai persyaratan pada SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik.

Pemodelan tanah dibagi menjadi tiga, masing – masing menggambarkan kondisi pada posisi *monitoring* inklinometer di lapangan. Berikut merupakan posisi inklinometer terhadap posisi sumbu potongan pada denah *diaphragm wall*.

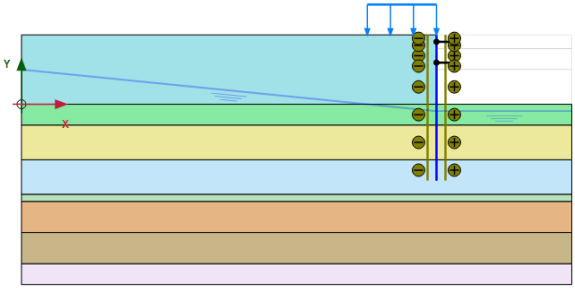
Gambar 4.65 sampai gambar 4.67 sampai gambar 4.34 menunjukkan *soil model* pada PLAXIS dari pengujian potongan A, B, dan C.



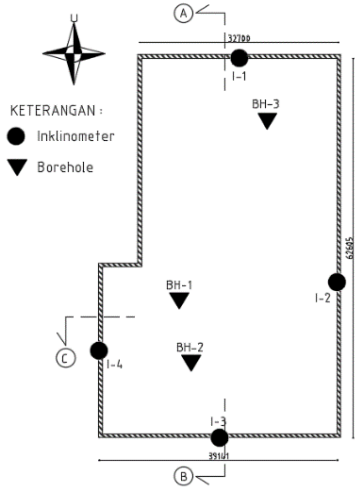
Gambar 4.70 *Soil Model* Potongan A



Gambar 4.71 *Soil Model* Potongan B



Gambar 4.72 *Soil Model* Potongan C



Gambar 4.73 Posisi Inklinometer Terhadap Sumbu Potongan Pemodelan Tanah

Gambar 4.68 menunjukkan letak inklinometer, *monitoring* yang dipasang terdiri dari 4 buah di setiap sisi dinding. Titik inklinometer I-1 dimodelkan dengan parameter tanah berdasarkan titik pengujian SPT BH-3, karena titik inklinometer I-1 termasuk dalam radius titik pengujian BH-1. Titik inklinometer I-2 dan I-4 dimodelkan menjadi satu pemodelan karena kondisinya sama. Titik tersebut dimodelkan berdasarkan parameter tanah dari titik pengujian SPT BH-1. Titik inklinometer I-3 dimodelkan dengan parameter tanah berdasarkan titik pengujian SPT BH-1.

4.10 Hasil Pemodelan Menggunakan PLAXIS

Tabel 4.30 menunjukkan persamaan dan perbedaan desain *diaphragm wall* di lapangan dan desain *diaphragm wall* berdasarkan analisis ulang.

Tabel 4.30 Desain *Diaphragm Wall* di Lapangan dan Desain *Diaphragm Wall* Berdasarkan Analisis Ulang

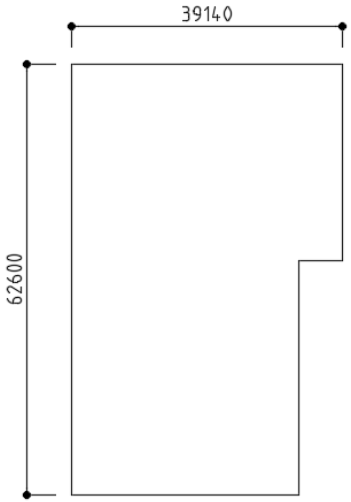
	Desain Analisis Ulang	Desain di Lapangan
Potongan A		
Panjang Dinding	26 m	26 m
Tebal Dinding	0,6 m	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 120	D19 – 100
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400
Potongan B		
Panjang Dinding	22 m	22 m
Tebal Dinding	0,6 m	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 160	D19 – 200
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400
Potongan C		
Panjang Dinding	22 m	22 m
Tebal Dinding	0,6 m	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 200	D19 – 200
Tulangan Horizontal	D13 – 100	D13 – 200
Tulangan Geser	Ø10 – 400	Ø10 – 400

Tabel 4.30 menunjukkan bahwa panjang dinding pada desain di lapangan dengan panjang dinding pada desain analisis ulang sama, yaitu 26 m untuk potongan A

dan 22 m untuk potongan B dan C. Kedalaman yang sama ini memberikan hasil yang sama pada PLAXIS untuk momen dari dinding, gaya geser dari dinding, dan defleksi lateral dinding, sehingga analisis pada PLAXIS tidak perlu dilakukan kembali.

4.11 Analsis *Dewatering*

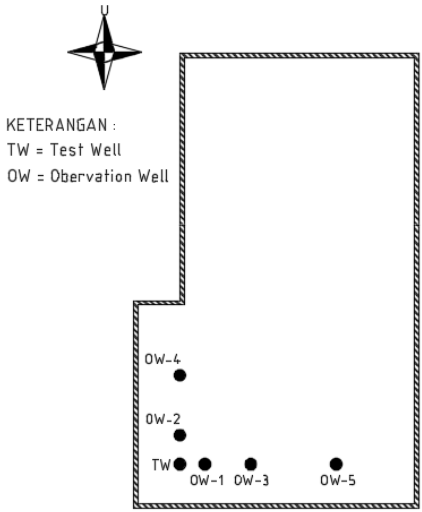
Perhitungan *dewatering* yang dilakukan adalah perhitungan untuk potongan melintang atau potongan B atau C. Denah galian yang akan dilakukan perhitungan *dewatering* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.74 Denah Galian

Parameter hidrogeologi yang digunakan untuk melakukan analisis *dewatering* adalah hasil analisis dari *pumping test* yang sudah dilaksanakan. *Pumping test* yang dilakukan menggunakan 1 *Test Well* (TW) dan 5

Observation Well (OW). Denah dari titik sumur uji untuk *pumping test* adalah sebagai berikut.



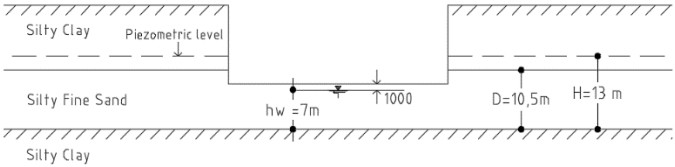
Gambar 4.75 Denah Sumur Uji

Parameter hidrogeologi untuk sistem *dewatering* berdasarkan hasil analisis dari *pumping test* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.31 Parameter Hidrogeologi untuk Sistem *Dewatering*

Parameter	Nilai (*min* – *max*)
T (m^2/det)	0,00007 s/d 0,00754
C_s	0,002 s/d 1,3537
K (m/det)	$1{,}744\times10^{-4}$
R_o (m)	120,09

Analisis perhitungan *dewatering* untuk potongan melintang adalah sebagai berikut.



Gambar 4.76 Rencana Penurunan Air Tanah pada Galian

D = tebal lapisan *aquifer*

= 10,5 m

k = $1{,}744\times10^{-4}$ m/det

= 0,01046 m/menit

H = *piezometric level before pumping*

= 13 m

h_w = *ground water level in the well after pumping*

= 7 m

R_o = 120 m

$R_w = \sqrt{\frac{luas\ galian}{\pi}}$

$= \sqrt{\frac{39{,}14\times62{,}6}{\pi}}$

= 27,93 m

perhitungan total jumlah air yang harus dipompa menggunakan *equilibrium equation* dengan metode *Thiem's equilibrium*. Total debit air yang harus dipompa adalah sebagai berikut.

$$Q_{tot} = \frac{2\pi kD(H-h_w)}{\ln\left(\frac{R_o}{R_w}\right)}$$

$$= \frac{2.\pi.0{,}01046.10{,}5.(13-7)}{\ln\left(\frac{120}{27{,}93}\right)}$$

$$= 2{,}84 \text{ m}^3\text{/menit}$$

kapasitas pompa pada setiap sumur adalah sebagai berikut.

$$Q_w = 200 \text{ dm}^3\text{/menit}$$

$$= 0{,}2 \text{ m}^3\text{/menit}$$

kebutuhan jumlah sumur untuk menurunkan muka air tanah sesuai yang direncanakan adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{Q_{tot}}{Q_w}$$

$$= \frac{2{,}84}{0{,}2}$$

$$= 14{,}2 \approx 15 \text{ buah}$$

4.12 Pembahasan

Analisis evaluasi untuk *diaphragm wall* yang sudah dilakukan yaitu, analisis stabilitas tanah dasar galian, analisis deformasi, perbandingan deformasi lateral dinding dengan hasil inklinometer, dan kontrol kekuatan sistem *strutting*. Analisis desain ulang *diaphragm wall*

juga dilakukan untuk dilakukan perbandingan desain antara desain ulang dengan desain di lapangan.

Analisis stabilitas tanah dasar galian dan kontrol kekuatan *strutting* sudah memenuhi persyaratan yang berlaku. Selanjutnya, untuk analisis perkiraan deformasi lateral dinding cenderung sama dengan deformasi lateral dinding berdasarkan hasil pemodelan PLAXIS. Namun, perbandingan deformasi lateral dinding dengan hasil inklinometer menunjukkan hasil yang berbeda dan terdapat deformasi lateral yang tidak memenuhi persyaratan.

Perbandingan deformasi lateral dinding dengan hasil inklinometer untuk potongan A sangat berbeda deformasi lateral maksimal berdasarkan hasil pemodelan adalah 42,9 mm dan berdasarkan hasil inklinometer adalah 112,4 mm. Deformasi lateral dinding berdasarkan hasil pemodelan untuk potongan B cenderung sama yaitu deformasi lateral maksimal berdasarkan hasil pemodelan adalah 21,34 mm dan berdasarkan hasil inklinometer adalah 24,6 mm. Deformasi lateral dinding berdasarkan hasil pemodelan untuk potongan C cukup berbeda yaitu deformasi lateral maksimal berdasarkan hasil pemodelan adalah 25,1 mm dan berdasarkan hasil inklinometer adalah 37 mm.

Analisis evaluasi untuk *diaphragm wall* pada kasus ini menunjukkan bahwa kapasitas dari *diaphragm wall* di lapangan sudah memenuhi persyaratan, namun pada deformasi lateral dinding berdasarkan inklinometer pada titik I-1 tidak memenuhi persyaratan. Deformasi lateral dinding berdasarkan inklinometer pada titik I-1 juga sangat berbeda dengan deformasi lateral berdasarkan

hasil pemodelan dengan PLAXIS. Hal ini terjadi kemungkinan karena beberapa penyebab berikut :

1. Kekakuan *strutting* yang tidak sesuai antara perencanaan dengan keadaan di lapangan.
2. Pemasangan *strutting* yang tidak sesuai dengan posisi yang sudah direncanakan.
3. Jarak waktu antara selesai penggalian dengan pemasangan *strutting* yang cukup lama.

4.13 Rekapitulasi Hasil Analisis

Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil analisis yang sudah dilakukan.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Hasil Analisis

Uraian	Keterangan
Stabilitas tanah dasar galian	
Potongan A	
Push-in failure	SF = 1,56
Basal heave metode *bearing capacity*	SF = 3,42
Basal heave metode *negative bearing capacity*	SF = 3,59
Basal heave metode *slip circle*	SF = 3,36
Potongan B dan C	
Push-in failure	SF = 1,6
Basal heave metode *bearing capacity*	SF = 2,34
Basal heave metode *negative bearing capacity*	SF = 2,52
Basal heave metode *slip circle*	SF = 3,34

Tabel 4.32 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan)

Uraian	Keterangan
Hasil desain analisis ulang	
Potongan A	
Panjang Dinding	26 m
Tebal Dinding	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 120
Tulangan Horizontal	D13 – 100
Tulangan Geser	Ø10 – 400
Potongan B	
Panjang Dinding	22 m
Tebal Dinding	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 160
Tulangan Horizontal	D13 – 100
Tulangan Geser	Ø10 – 400
Potongan C	
Panjang Dinding	22 m
Tebal Dinding	0,6 m
Tulangan Vertikal	D19 – 200
Tulangan Horizontal	D13 – 100
Tulangan Geser	Ø10 – 400
Pembacaan defleksi dinding berdasarkan inklinometer dengan hasil pemodelan	
Inklinometer titik I-1	112 mm
Hasil pemodelan pot. A	42,39 mm
Inklinometer titik I-2	24,6 mm
Hasil pemodelan pot. C	21,35 mm
Inklinometer titik I-3	37 mm
Hasil pemodelan pot. B	25,03 mm
Inklinometer titik I-4	24,3 mm
Hasil pemodelan pot. C	21,34 mm

Tabel 4.32 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan)

Uraian	Keterangan
Analisis *dewatering*	
Jumlah debit air yang harus dipompa	2,84 m^3/menit
Kebutuhan sumur untuk *dewatering*	15 buah
Analisis kekuatan *strut*	
Kuat tekan ultimit *strut* memanjang	1100,58 kN
Kuat tekan ultimit *strut* melintang	1653,68 kN

BAB V
KESIMPULAN

4.14 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan analisis yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas tanah dasar galian *diaphragm wall* pada proyek MTH 27 *Office Suites* memenuhi persyarat, yaitu angka keamanannya lebih dari 1,5 untuk *push-in failure* potongan memanjang angka keamanannya adalah 1,56 dan untuk potongan melintangnya adalah 1,6, untuk *basal heave* potongan memanjang angka keamananya adalah 3,36 dan untuk potongan melintangnya adalah 2,34.
2. Perbandingan desain *diaphragm wall* ulang dengan desain *diaphragm wall* di lapangan adalah sebagai berikut, untuk potongan melintang dan memanjang tebal dinding di lapangan dan desain ulang sama yaitu 0,6 m, untuk panjang dinding pada potongan melintang di lapangan dan desain ulang juga sama yaitu 22 m, untuk panjang dinding pada potongan memanjang di lapangan dan desain ulang sama yaitu 26 m, pada potongan melintang di lapangan tulangan yang terpasang yaitu untuk tulangan vertikal D19-200, tulangan horizontal D13-200, dan tulangan geser Ø10 – 400, sedangkan berdasarkan desain ulang untul tulangan vertikal D19-200, tulangan horizontal D13-100, dan tulangan geser Ø10 – 400, kemudian pada potongan memanjang di lapangan tulangan yang terpasang yaitu untuk tulangan vertikal D19-100, tulangan horizontal D13-200, dan tulangan geser Ø10 – 400, sedangkan

berdasarkan desain ulang untuk tulangan vertikal D19 - 120, tulangan horizontal D13-100, dan tulangan geser Ø10 – 400.

3. Perbandingan deformasi lateral *diaphragm wall* berdasarkan inklinometer dengan hasil pemodelan menggunakan PLAXIS adalah sebagai berikut, deformasi lateral berdasarkan pembacaan inklinometer untuk titik I-1 adalah 112 mm, sedangkan berdasarkan hasil pemodelannya adalah 42,39 mm, hasil pembacaan untuk titik I-2 adalah 24,6 mm, sedangkan berdasarkan hasil pemodelannya adalah 21,35 mm, hasil pembacaan untuk titik I-3 adalah 37 mm, sedangkan berdasarkan hasil pemodelannya 25,03 mm, dan untuk pembacaan titik I-4 adalah 24,3 mm, sedangkan berdasarkan hasil pemodelannya adalah 21,34 mm.
4. Jumlah debit air yang harus dipompa untuk menurunkan muka air tanah menjadi 1 m di bawah permukaan galian adalah 2,84 m^3/menit dengan kebutuhan jumlah sumur untuk menurunkan muka air tanah sesuai yang direncanakan adalah 15 buah.
5. Kekuatan batang *strut* untuk potongan memanjang adalah 1100,58 kN dan untuk potongan melintang adalah 1653,68 kN. Kekuatan batang *strut* untuk potongan memanjang dan potongan melintang keduanya sama – sama mampu menahan beban yang terjadi atau kekuatan batang *strut* lebih besar daripada gaya aksial tekan yang terjadi pada setiap batang *strut*.

4.15 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan analisis evaluasi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya sampel tanah yang akan dilakukan pengujian diambil untuk setiap lapisan tanahnya agar parameter tanah yang akan digunakan untuk analisis bisa lebih akurat.
2. Sebaiknya pembacaan inklinometer di lapangan dilakukan sejak tahap pertama penggalian hingga tahap terakhir agar dapat dibandingkan dengan hasil dari pemodelan menggunakan PLAXIS.
3. Sebaiknya pada saat pemasangan *strutting* diberi catatan tentang keadaan batang – batang *strut* yang sudah dipasang di lapangan, sehingga terdapat data yang dapat membantu untuk melakukan evaluasi deformasi *diaphragm wall*.

.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. SNI 2847-2013. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2015. **Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. SNI 1729-2015. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional .

Badan Standardisasi Nasional. 2017. **Persyaratan Perancangan Geoteknik**. SNI 8460-2017. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Bowles, J. E. 1988. **Foundation Analysis and Design**. Fifth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. Terjemahan Pantur Silaban. 1992. Edisi keempat. Erlangga. Jakarta.

Das, B. M. 2005. **Principles Geotechnical Engineering**. 6th edition. Cengage Learning, Stamford, USA.

Das, B. M. 2011. **Principles of Foundation Engineering**. 7th edition. Cengage Learning, Stamford, USA.

Hardiyatmo, H. C. 1999. **Mekanika Tanah 1**. Gadjah Mada University Press, Yogyakata.

Hardiyatmo, H. C. 2010. **Mekanika Tanah 2**. Gadjah Mada University Press, Yogyakata.

Hardiyatmo, H C. 2011. **Analisis dan Perancangan Fondasi I**. Gadjah Mada University Press, Yogyakata.

Houhou, M., Emeriault, F., Belounar, A., "Three-Dimensional Numerical Back-Analysis of A Monitored Deep Excavation Retained by Strutted Diaphragm Walls". **Tunelling and Underground Space Technology** 83, 153-164.

Hsiung, B., Yang., K., Aila., W., Ge., L. "Evaluation of The Wall Deflection of A Deep Ecvataion in Central Jakarta Using Thre-Dimensional Modeling". **Tunnelling and Underground Space Technology** 72, 84-96.

Khoiri, M., Ou, C., Januari 2012. "Evaluation of Deformation Parameter for Deep Excavation in Sand Through Case Histories". **Computers and Geotechnics** 47, 57-67.

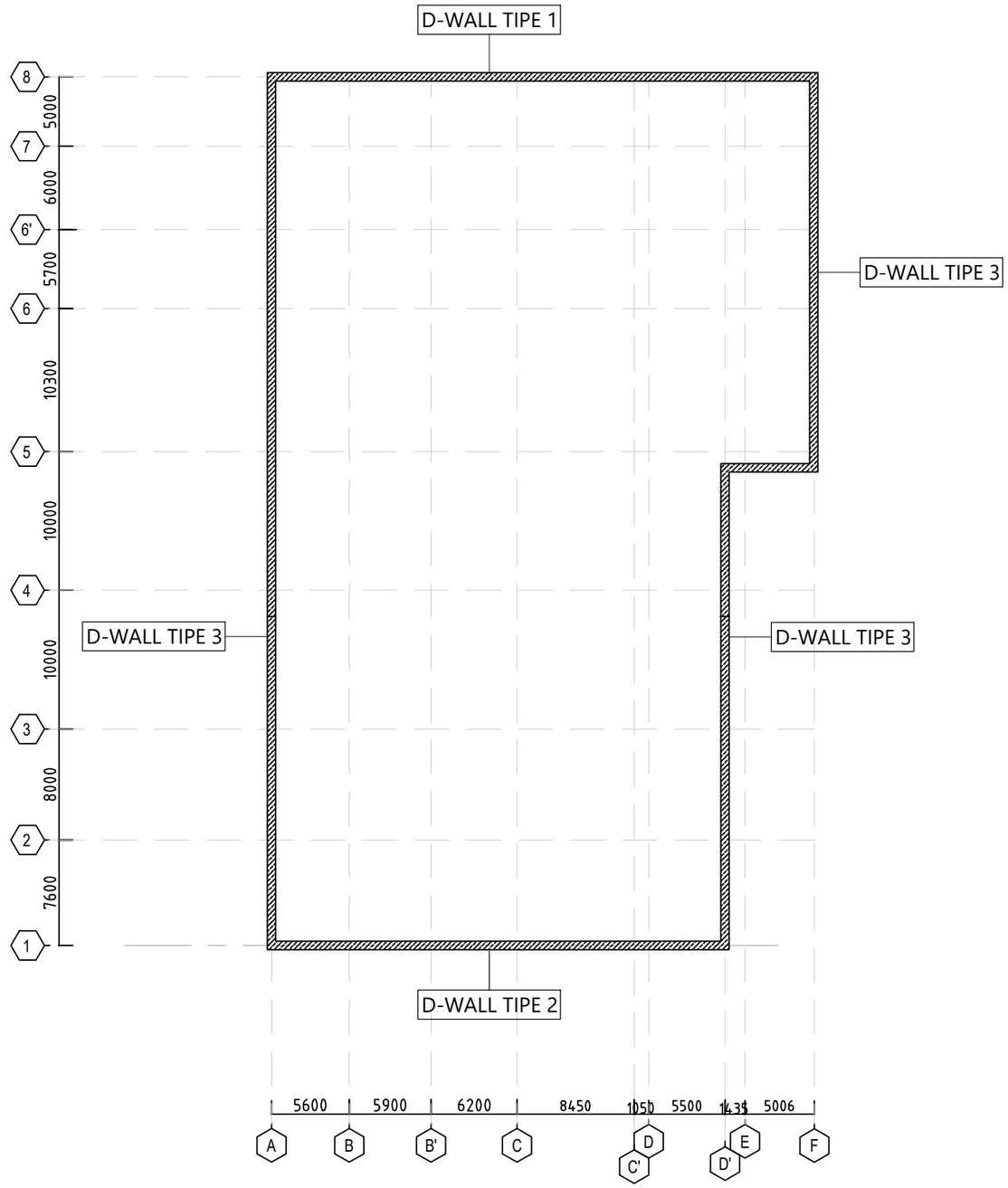
Khoiri, M., Ou, C., Teng., Mei 2014. "A Comprehensive Evaluation of Strength and Modulus Parameters of A Gravelly Cobble Deposit for Deep Excavation Analysis". **Engineering Geology** 174, 61-72.

Ou, C., Liao, J., lin, H., September 1998. "Performance of Diaphragm Wall Constructed Using Top-Down Method". **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,** 798-808.

Ou, C., Shiau, B., Wang, I., Februari 2000. "Three-Dimensional Deformation Behavior of The Taipei National Enterprise Center (TNEC) Excavation Case History". **Canadian Geotech** 37, 438-448.

Ou, Chang-Yu. 2006. **Deep Excavation Theory and Practice**. Taylor & Francis Group, London, UK.

PT. Daya Creasi Mitrayasa. 2018. **Laporan Penyelidikan Tanah Cikoko Office**, Jakarta Selatan. PT. Daya Creasi Mitrayasa.



DENAH DIAPHRAGM WALL

SKALA 1 : 400

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MUTU BESI BETON :
- ULIR = BJTD 42 : fy = 420 MPa
- POLS = BJTD 28 : fy`= 280 MPa

MUTU BETON :
- fc' = 25 MPa

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

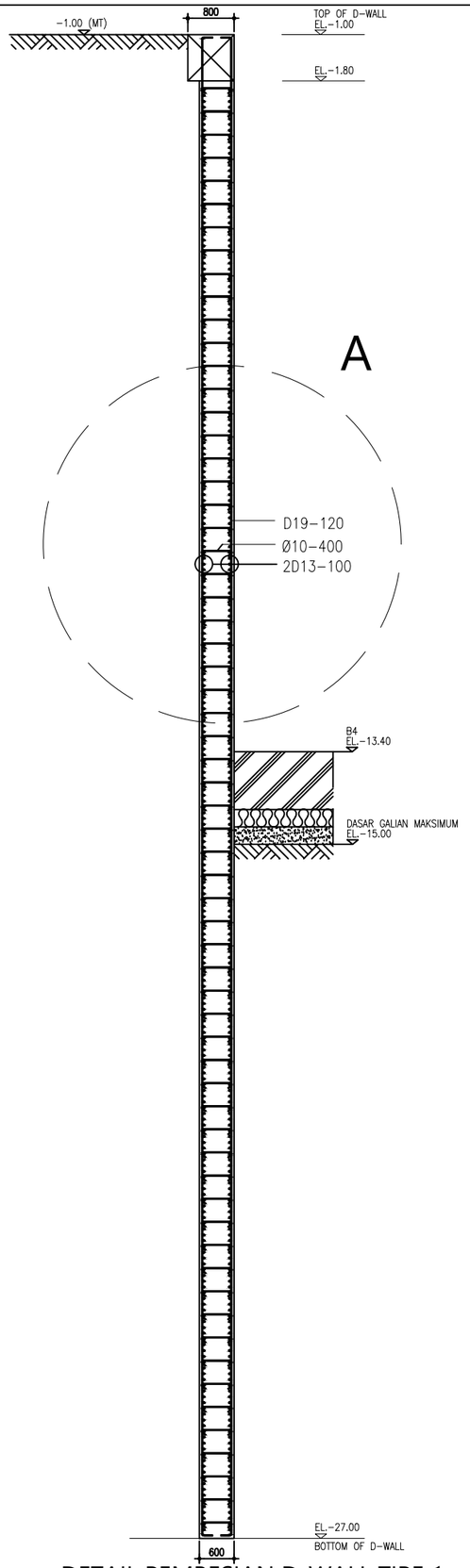
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

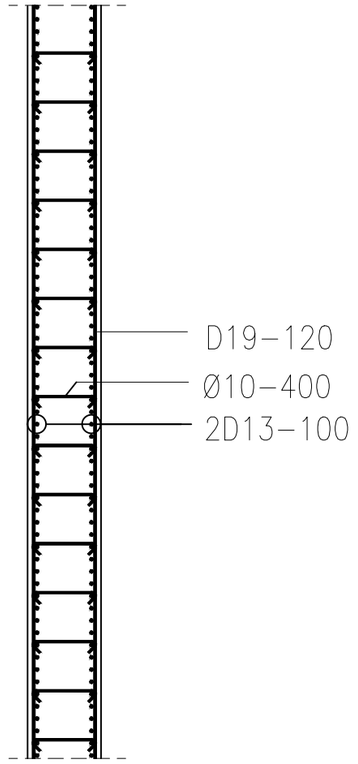
Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	DENAH DIAPHRAGM WALL	1 : 400

NOMOR	JUMLAH
1	19



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 1
SKALA 1 : 100



DETAIL A
SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MUTU BESI BETON :
- ULIR = BJTD 42 : fy = 420 MPa
- POLS = BJTD 28 : fy`= 280 MPa

MUTU BETON :
- fc' = 25 MPa

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

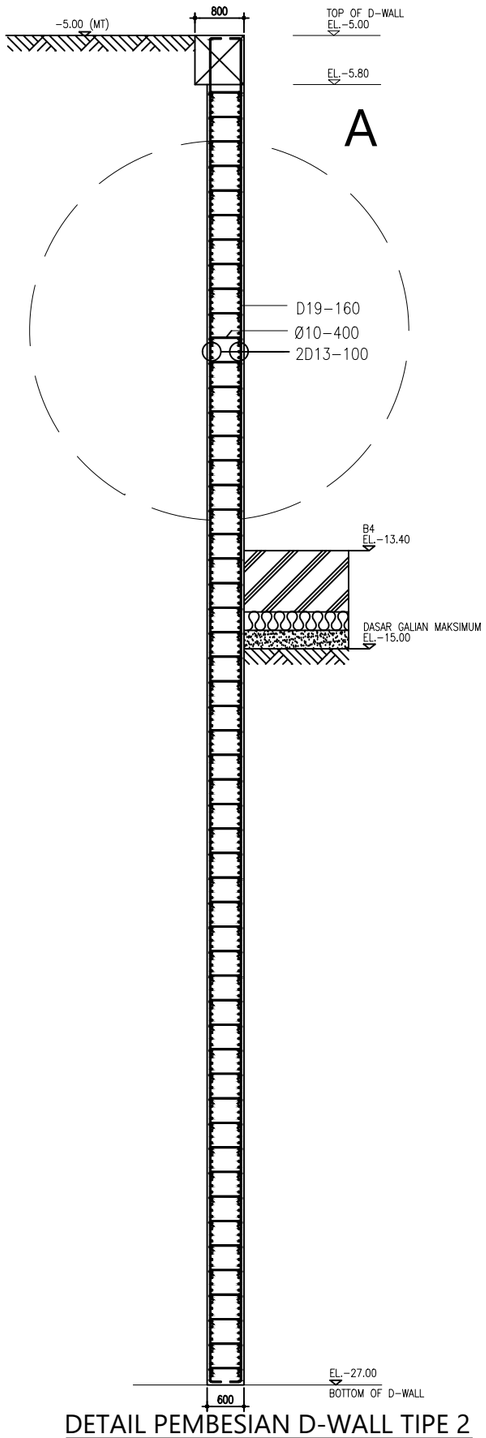
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

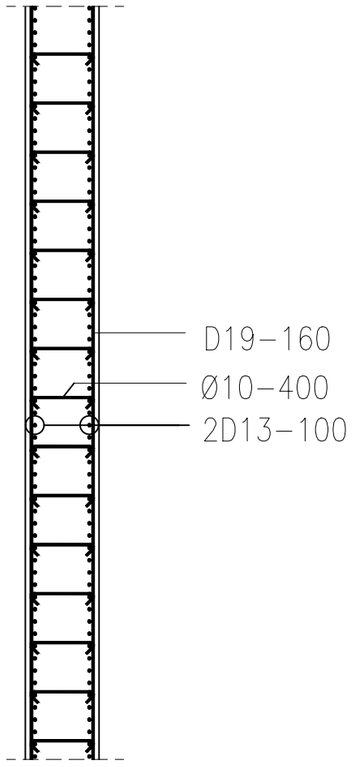
Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 1	1 : 100
2.	DETAIL A	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
2	19



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 2
SKALA 1 : 100



DETAIL A
SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MUTU BESI BETON :
- ULIR = BJTD 42 : fy = 420 MPa
- POLS = BJTD 28 : fy`= 280 MPa

MUTU BETON :
- fc' = 25 MPa

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

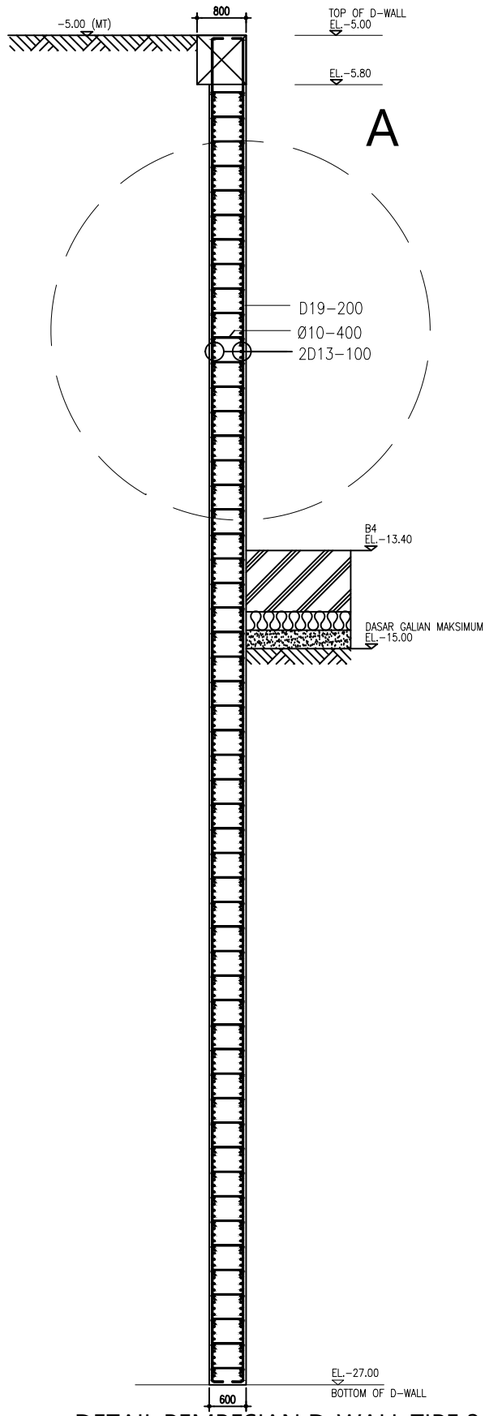
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

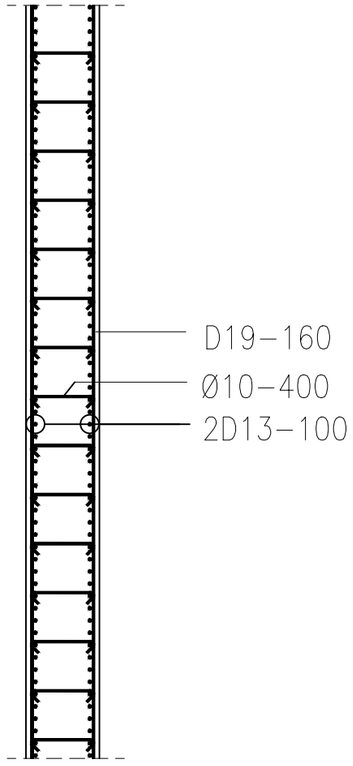
Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 2	1 : 100
2.	DETAIL A	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
3	19



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 3
SKALA 1 : 100



DETAIL A
SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MUTU BESI BETON :
- ULIR = BJTD 42 : fy = 420 MPa
- POLS = BJTD 28 : fy`= 280 MPa

MUTU BETON :
- fc' = 25 MPa

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

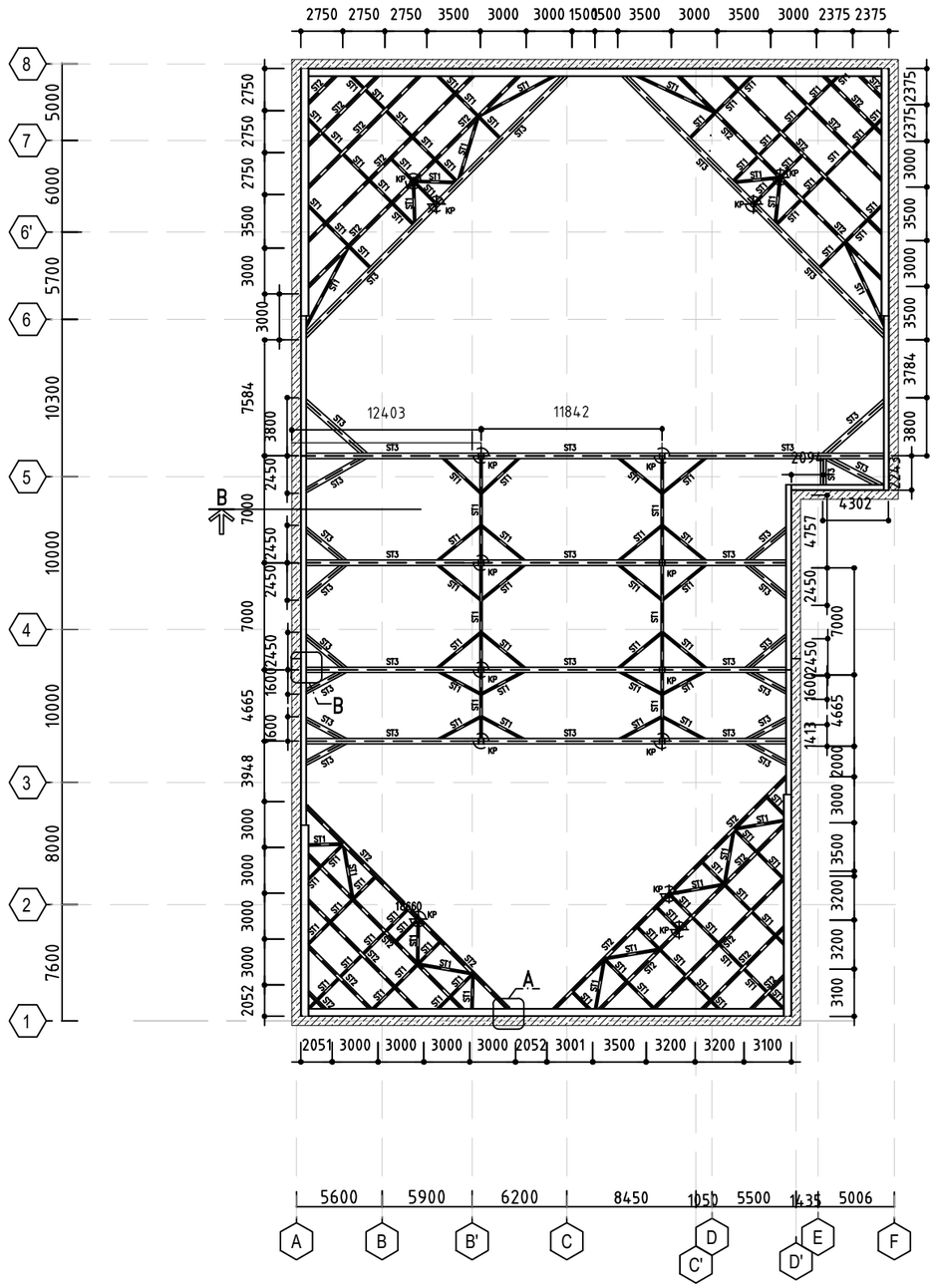
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	DETAIL PEMBESIAN D-WALL TIPE 3	1 : 100
2.	DETAIL A	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
4	19



DENAH STRUTTING

SKALA 1 : 400

DAFTAR UKURAN

TIPE	UKURAN
KP	H 350.350.12.19
ST1	WF 300.150.6,5.9
ST2	WF 500.200.10.16
ST3	H 350.350.12.19

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

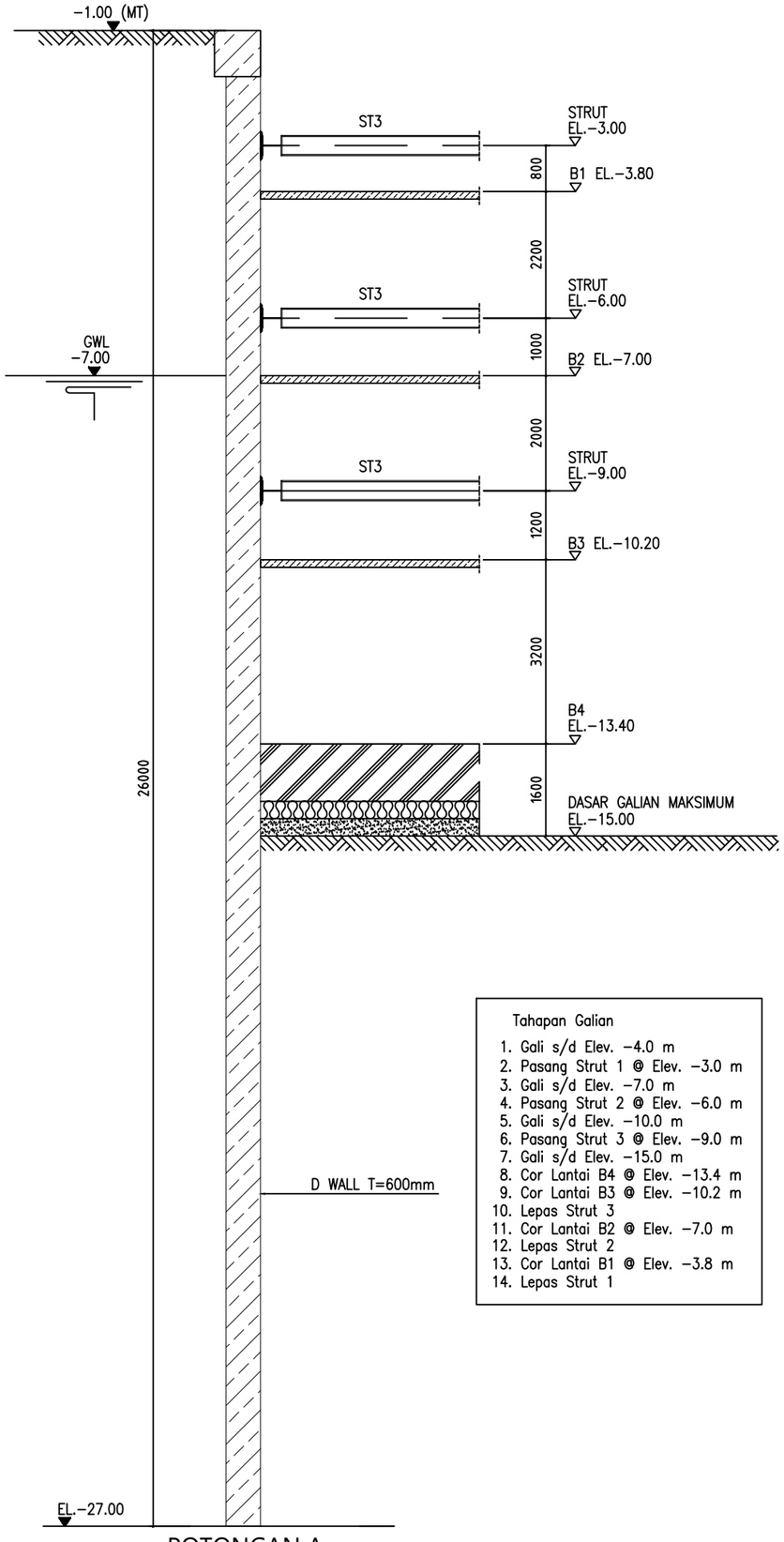
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	DENAH STRUTTING	1 : 400

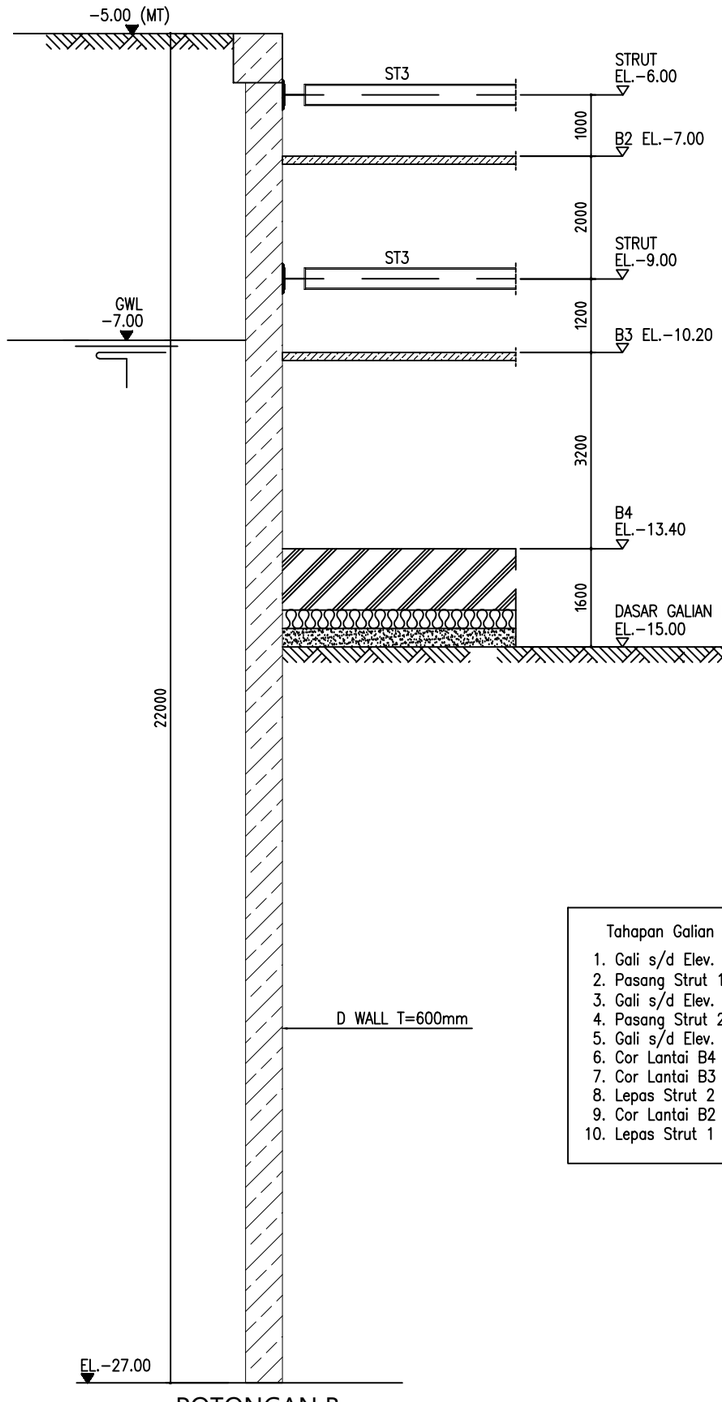
NOMOR	JUMLAH
5	19



Tahapan Galian

1. Gali s/d Elev. −4.0 m
2. Pasang Strut 1 @ Elev. −3.0 m
3. Gali s/d Elev. −7.0 m
4. Pasang Strut 2 @ Elev. −6.0 m
5. Gali s/d Elev. −10.0 m
6. Pasang Strut 3 @ Elev. −9.0 m
7. Gali s/d Elev. −15.0 m
8. Cor Lantai B4 @ Elev. −13.4 m
9. Cor Lantai B3 @ Elev. −10.2 m
10. Lepas Strut 3
11. Cor Lantai B2 @ Elev. −7.0 m
12. Lepas Strut 2
13. Cor Lantai B1 @ Elev. −3.8 m
14. Lepas Strut 1

POTONGAN A
SKALA 1 : 100



Tahapan Galian

1. Gali s/d Elev. −7.0 m
2. Pasang Strut 1 @ Elev. −6.0 m
3. Gali s/d Elev. −10.0 m
4. Pasang Strut 2 @ Elev. −9.0 m
5. Gali s/d Elev. −15.0 m
6. Cor Lantai B4 @ Elev. −13.4 m
7. Cor Lantai B3 @ Elev. −10.2 m
8. Lepas Strut 2
9. Cor Lantai B2 @ Elev. −7.0 m
10. Lepas Strut 1

POTONGAN B
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MUTU BESI BETON :
- ULIR = BJTD 42 : fy = 420 MPa
- POLS = BJTD 28 : fy`= 280 MPa

MUTU BETON :
- fc' = 25 MPa

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

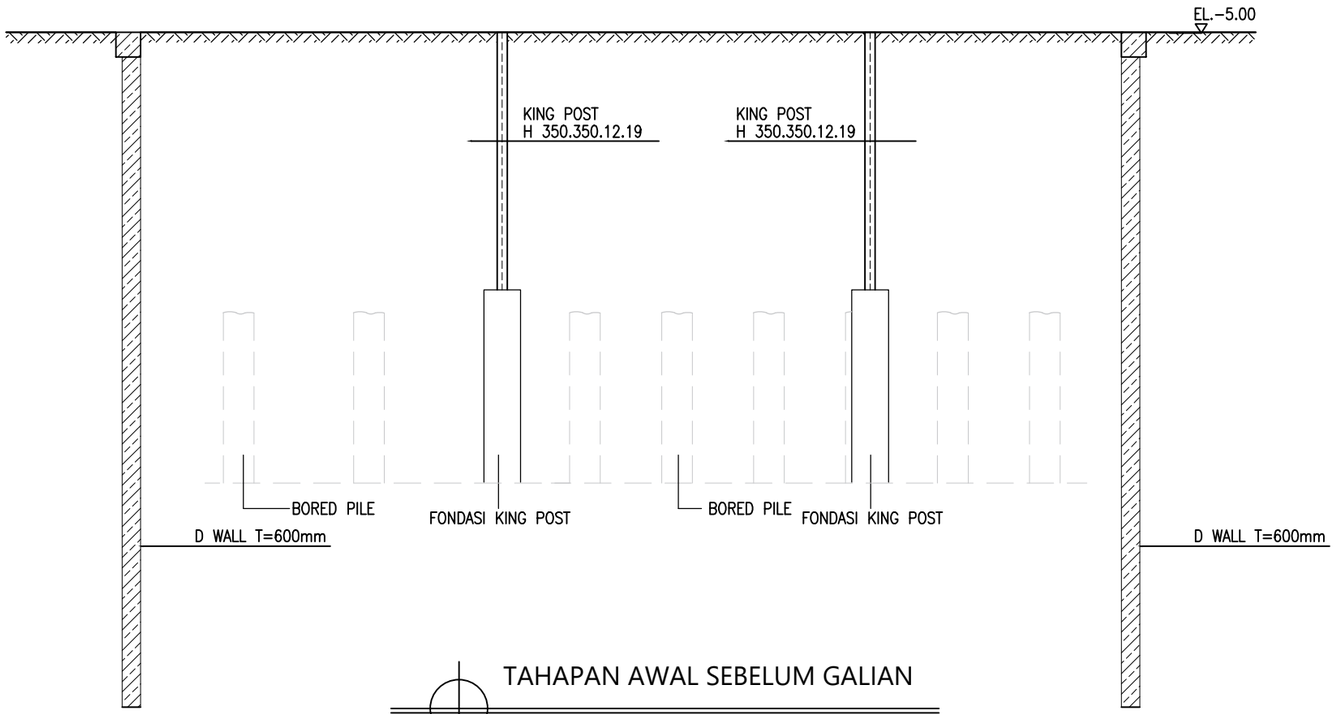
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

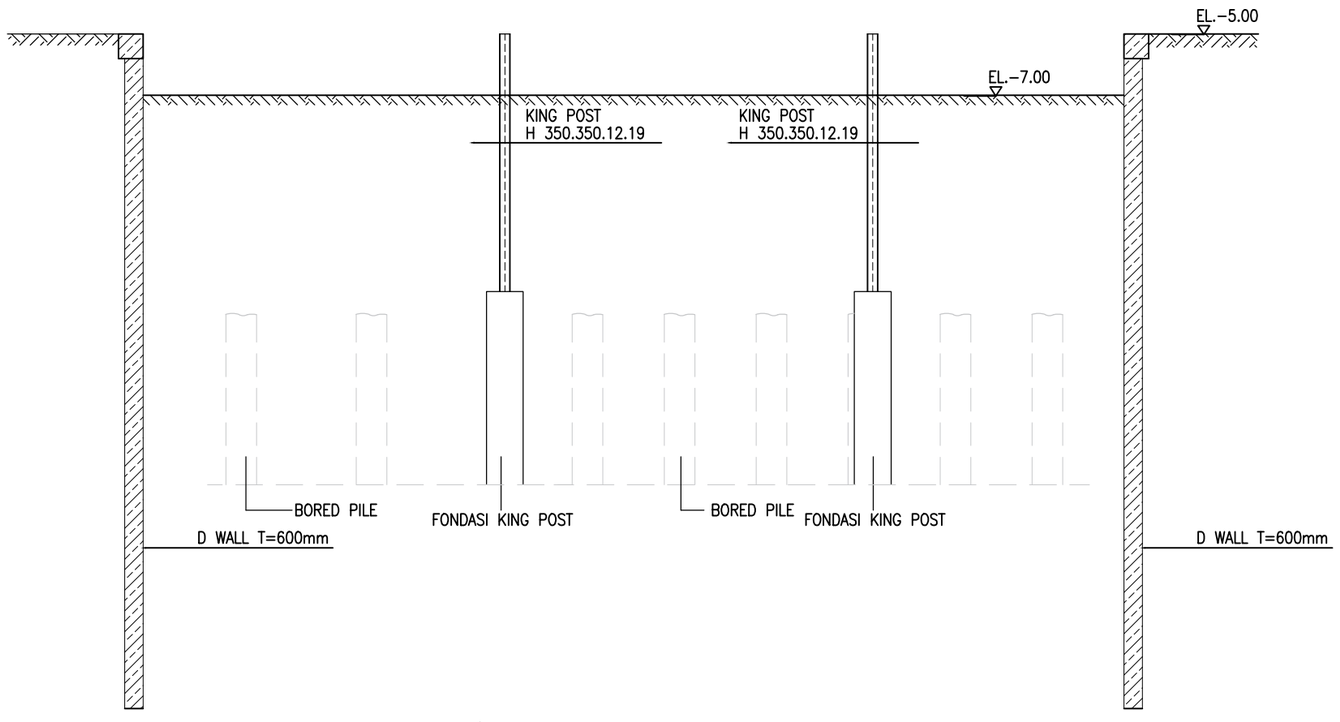
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	POTONGAN A	1 : 100
2.	POTONGAN B	1 : 100

NOMOR	JUMLAH
6	19



TAHAPAN AWAL SEBELUM GALIAN

SKALA 1 : 200



TAHAPAN GALIAN PERTAMA

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

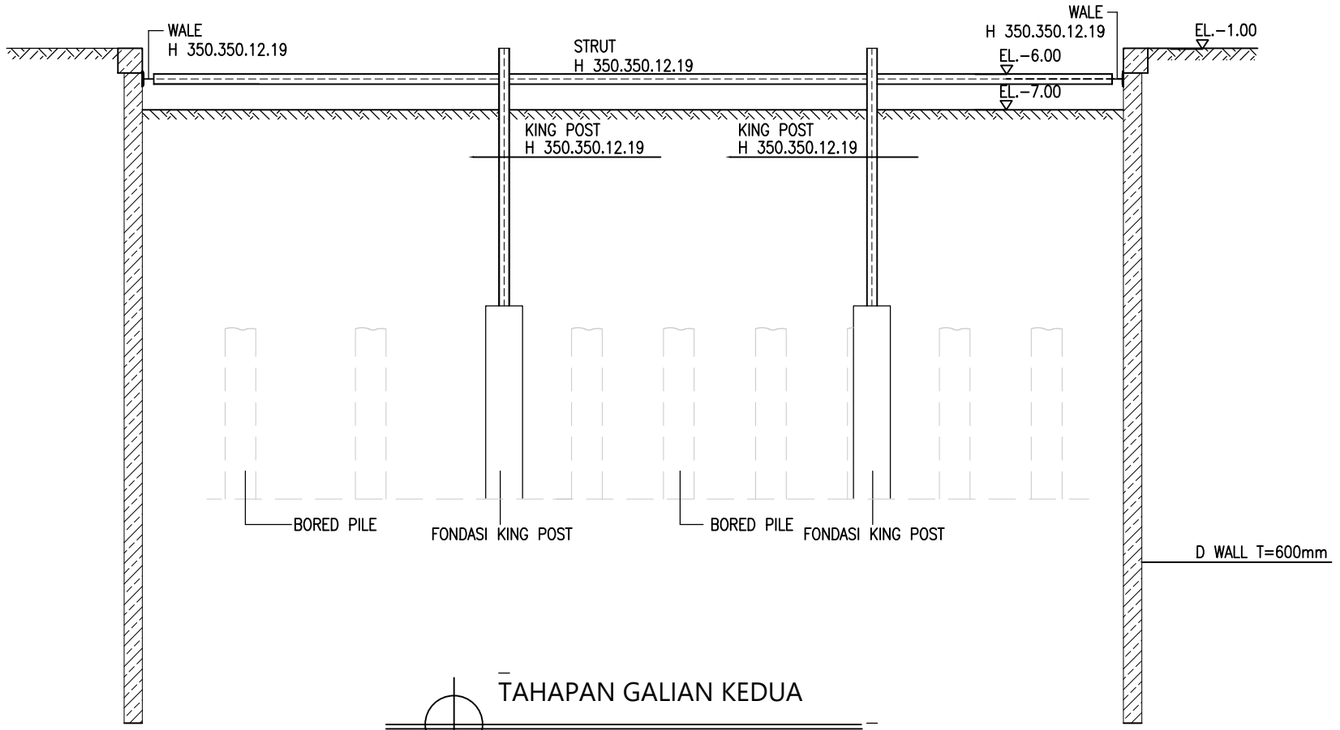
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

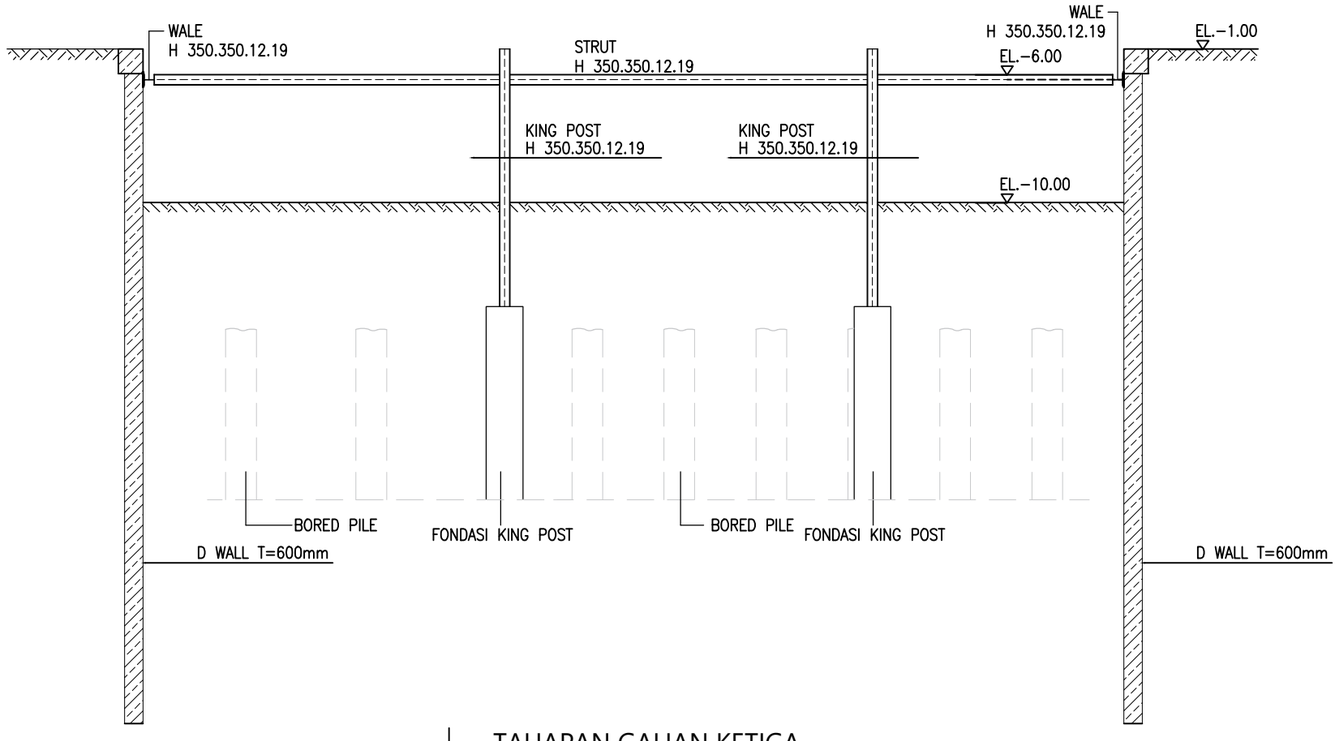
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN AWAL SEBELUM GALIAN	1 : 200
2.	TAHAPAN GALIAN PERTAMA	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
7	19



TAHAPAN GALIAN KEDUA

SKALA 1 : 200



TAHAPAN GALIAN KETIGA

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

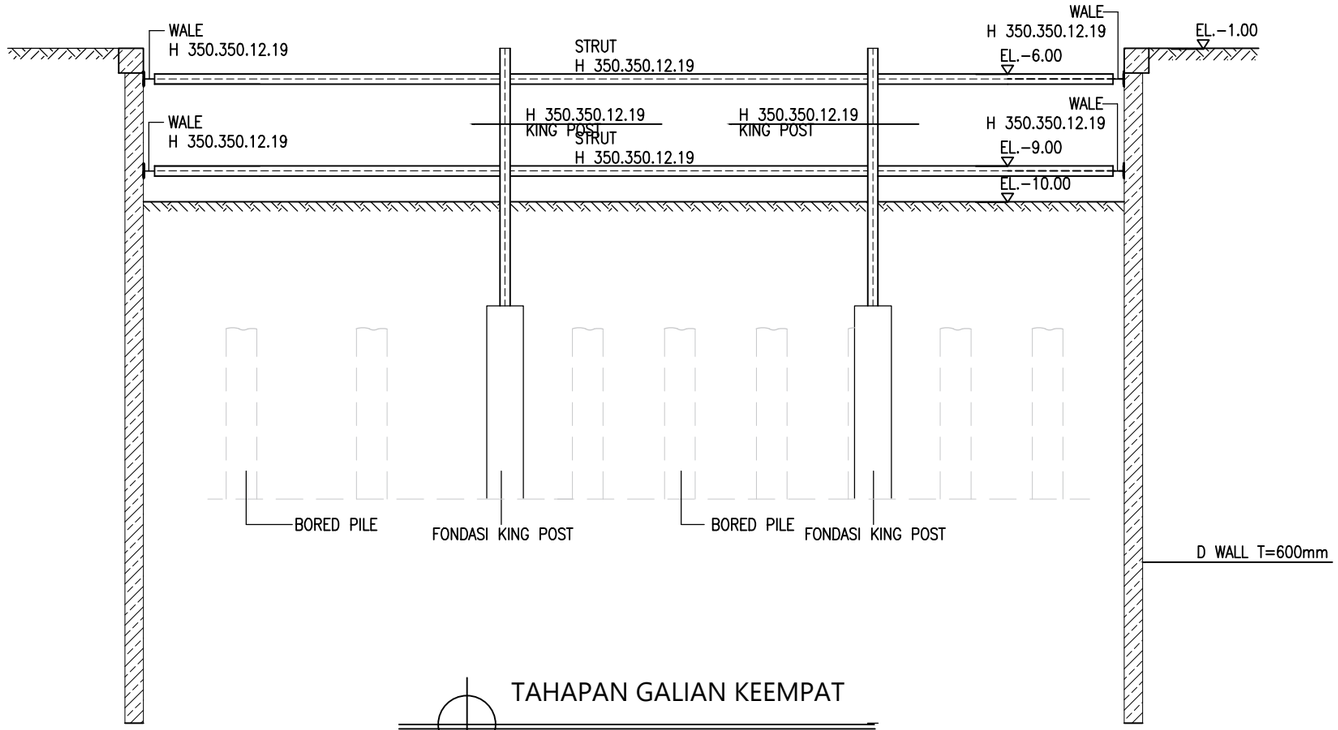
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

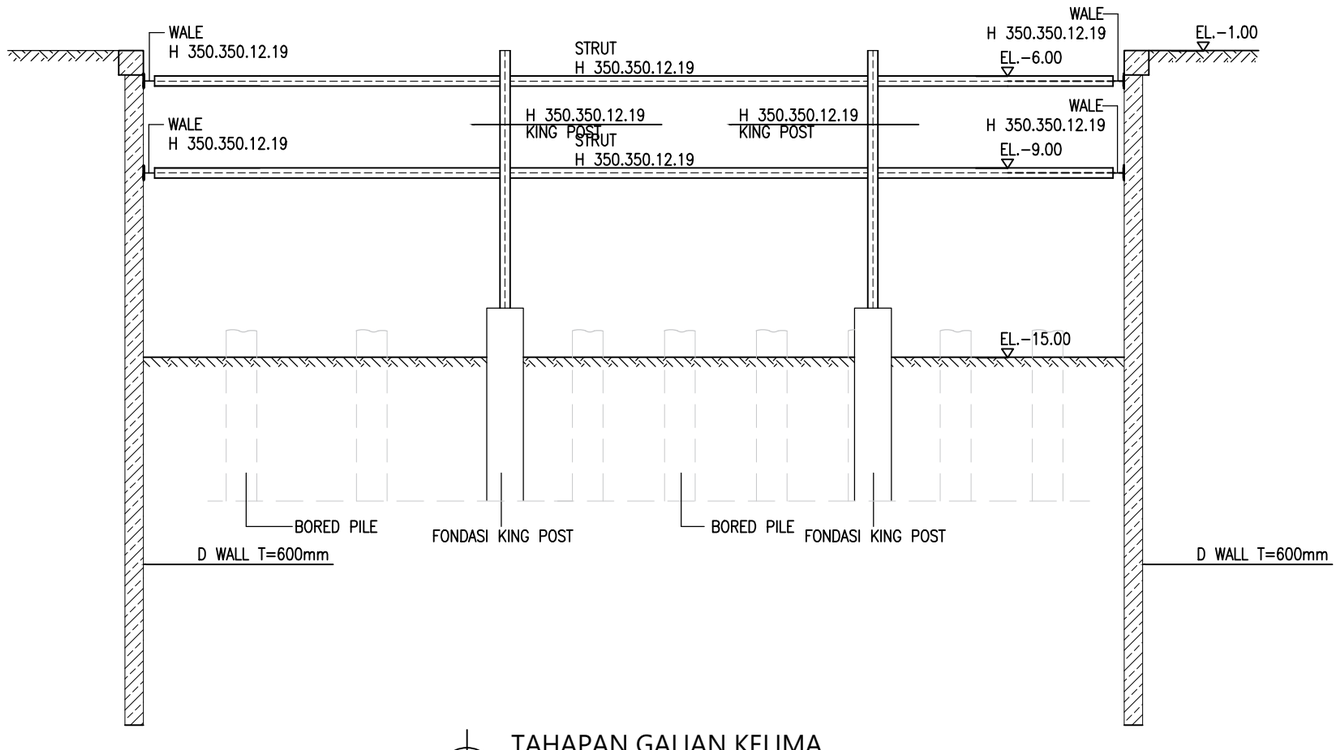
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN GALIAN KEDUA	1 : 200
2.	TAHAPAN GALIAN KETIGA	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
8	19



TAHAPAN GALIAN KEEMPAT

SKALA 1 : 200



TAHAPAN GALIAN KELIMA

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

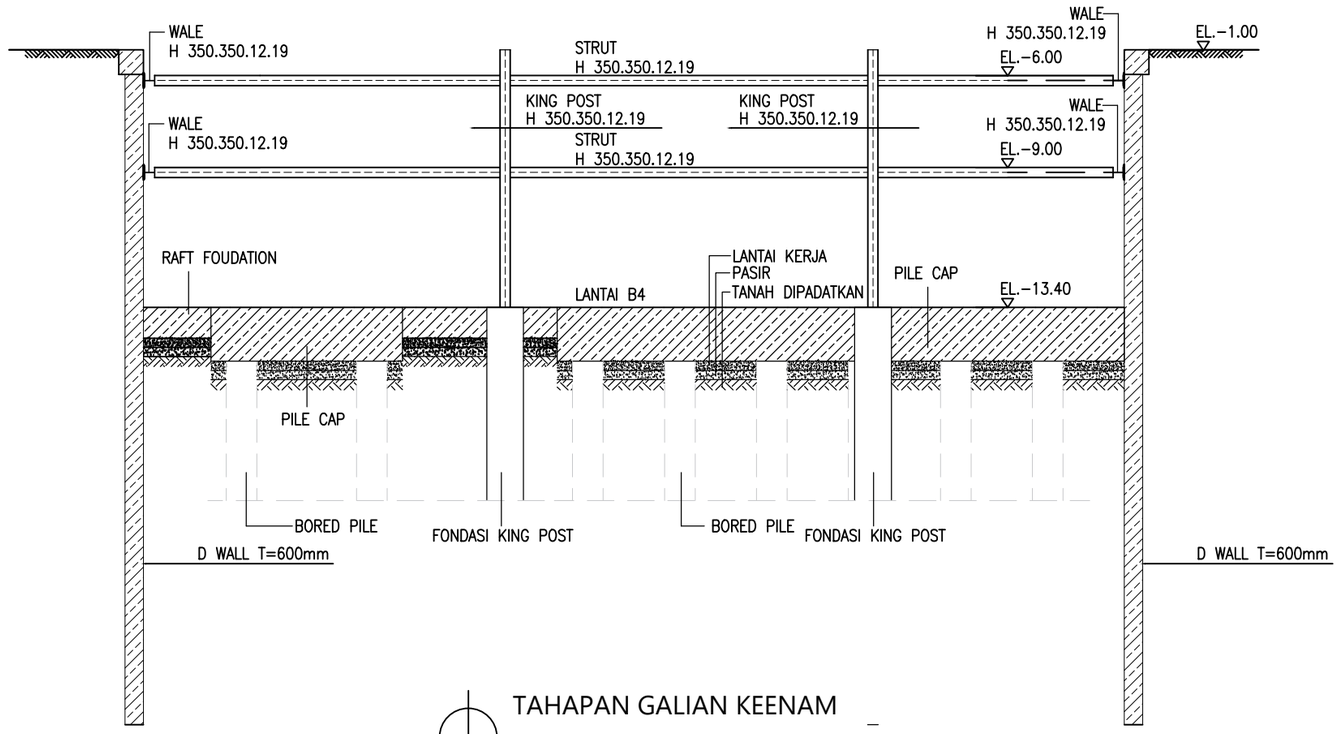
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

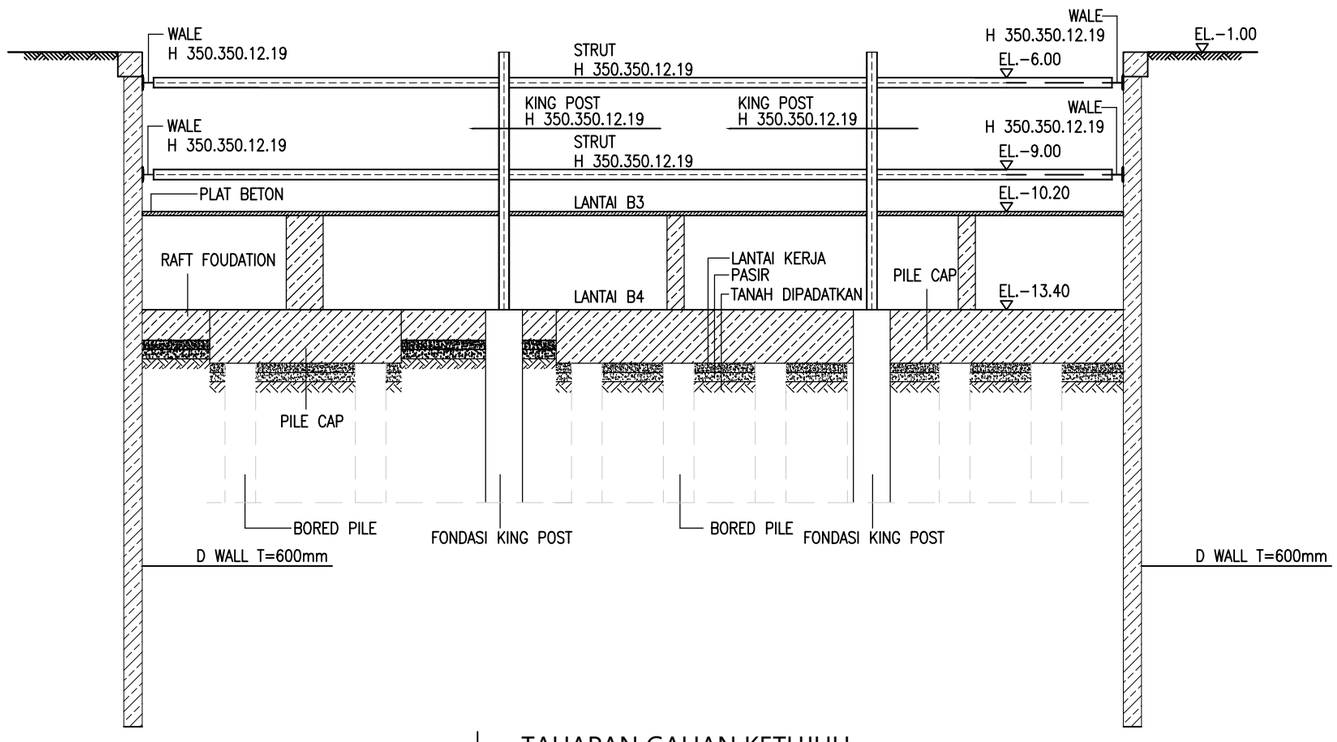
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN GALIAN KEEMPAT	1 : 200
2.	TAHAPAN GALIAN KELIMA	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
9	19



TAHAPAN GALIAN KEENAM

SKALA 1 : 200



TAHAPAN GALIAN KETUJUH

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

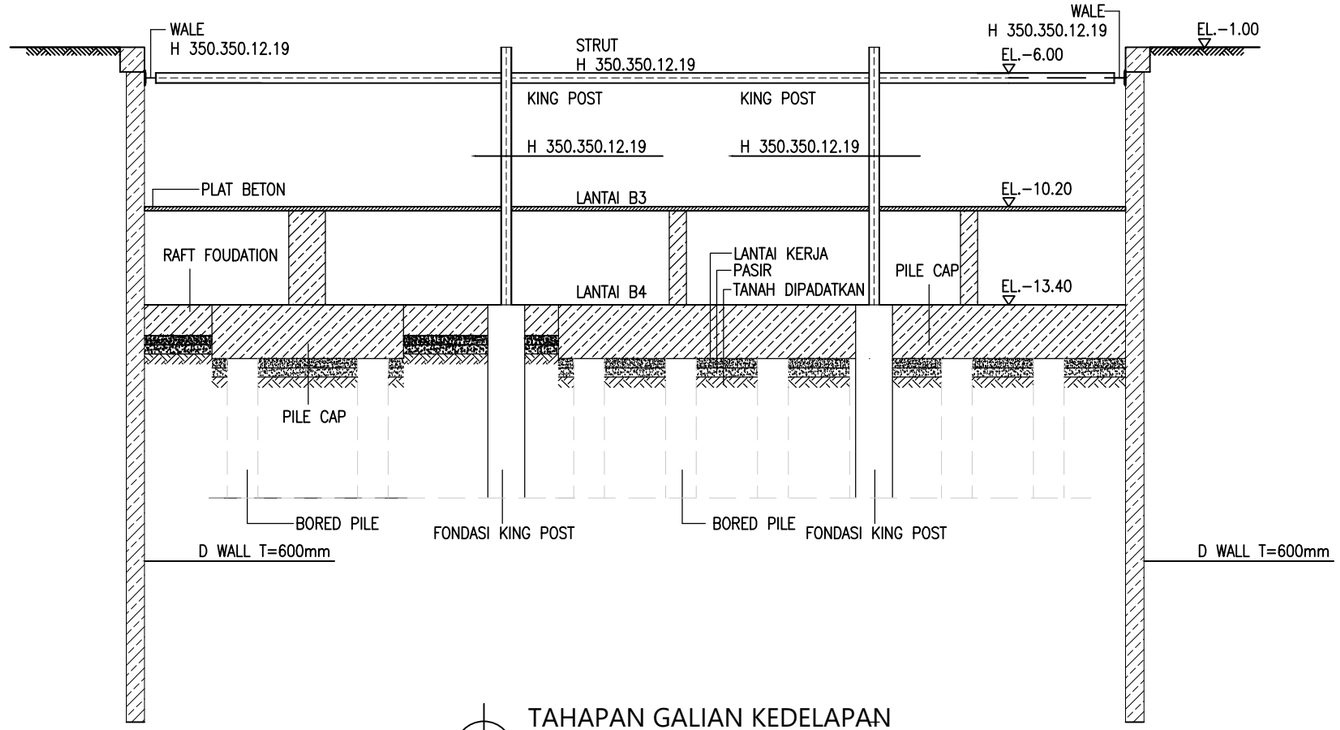
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

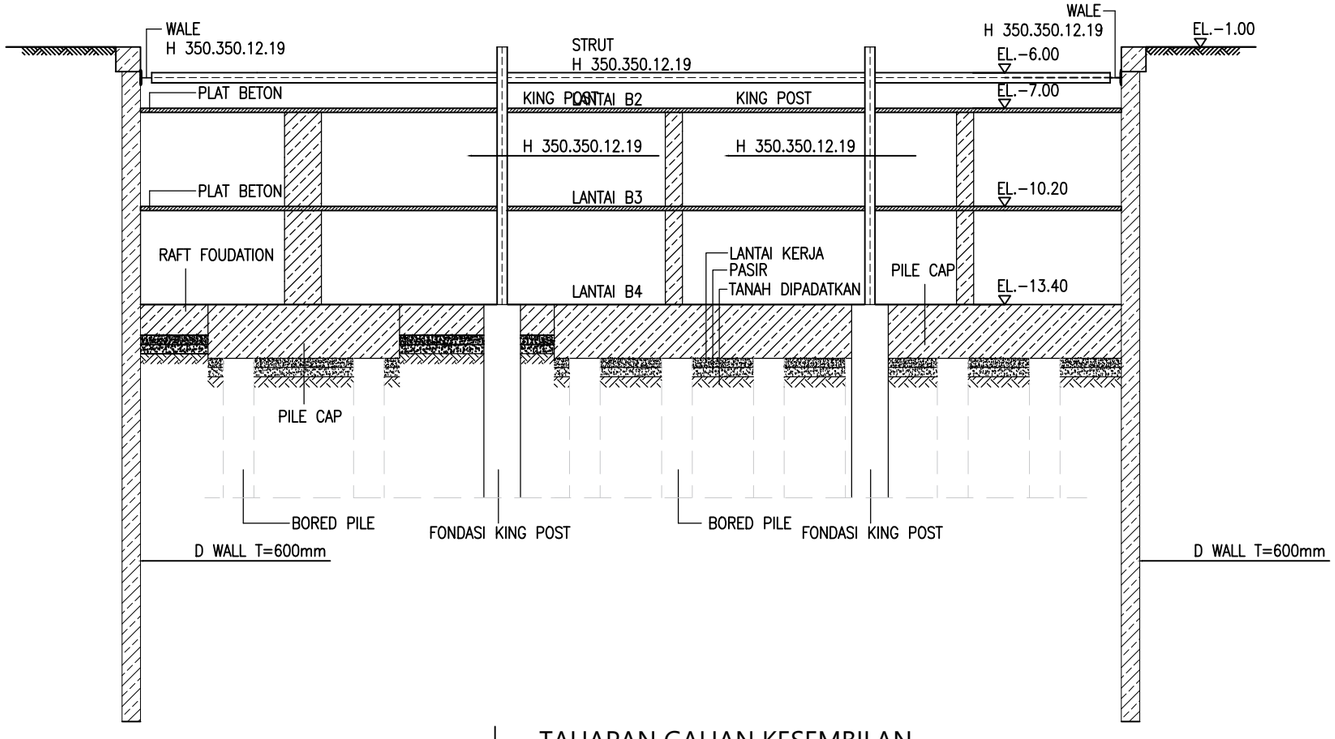
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN GALIAN KEENAM	1 : 200
2.	TAHAPAN GALIAN KETUJUH	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
10	19



TAHAPAN GALIAN KEDELAPAN

SKALA 1 : 200



TAHAPAN GALIAN KESEMBILAN

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

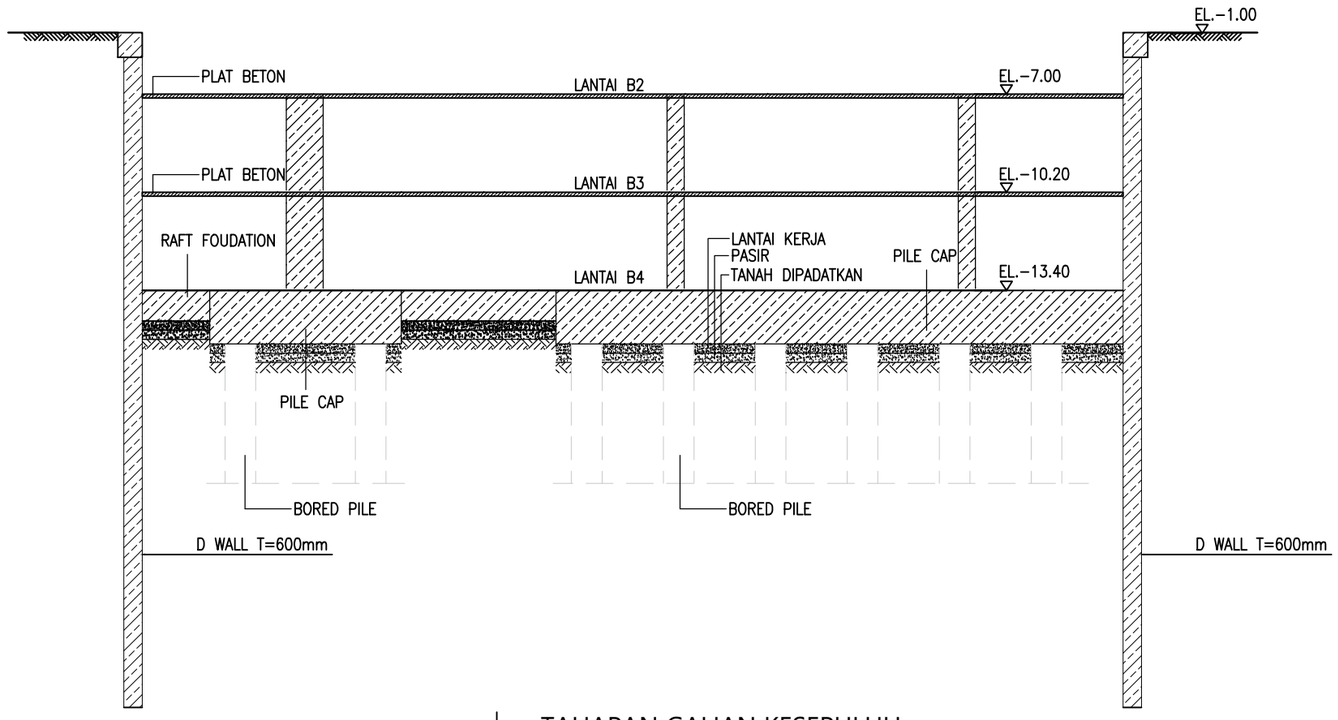
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN GALIAN KEDELAPAN	1 : 200
2.	TAHAPAN GALIAN KSEMBILAN	1 : 200

NOMOR	JUMLAH
11	19



TAHAPAN GALIAN KESEPULUH

SKALA 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh. Khoiri , S.T., M.T., Ph.D

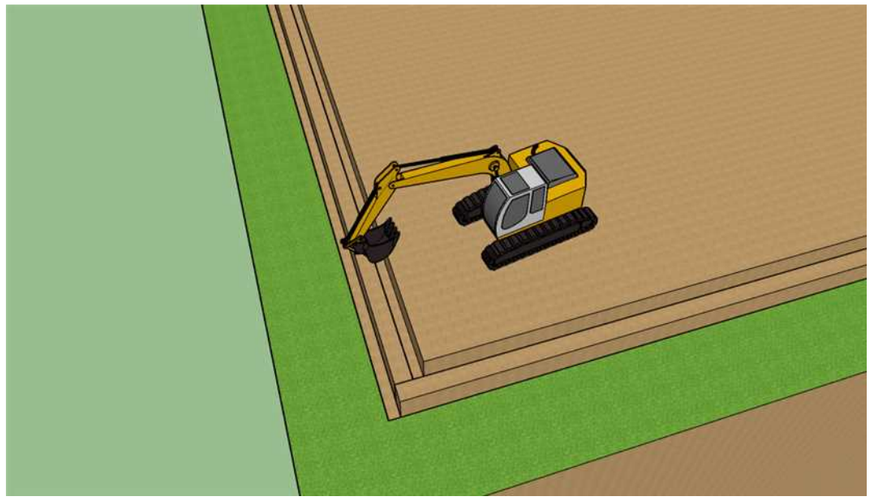
Dr. Moh. Muntaha , S.T., M.T.

DIBUAT OLEH:

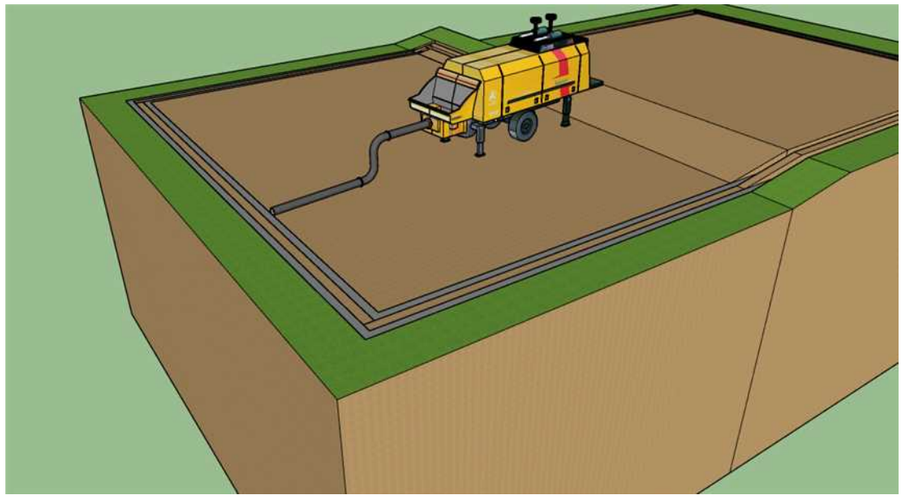
Gheanifa Irma Yustika
NRP.10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	TAHAPAN GALIAN KESEPULUH	1 : 200

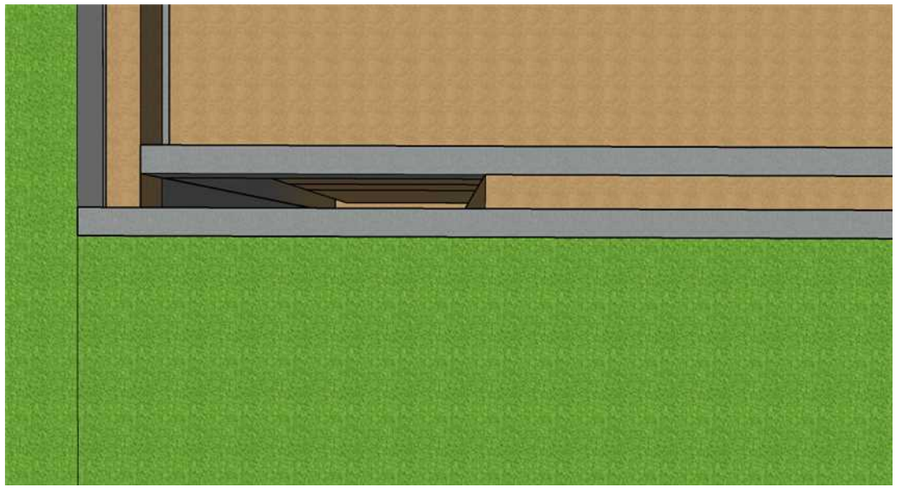
NOMOR	JUMLAH
12	19



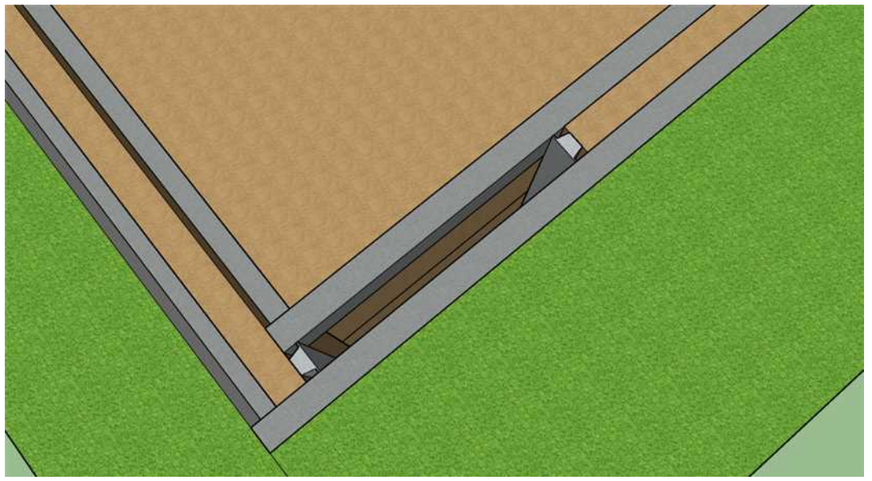
TAHAP 1 : PENGGALIAN UNTUK PEMBUATAN GUIDE WALL



TAHAP 2 : PENGECORAN GUIDE WALL



TAHAP 3 : PENGGALIAN DIAPHRAGM WALL SESUAI LEBAR SEGMEN (6 m)



TAHAP 4 : PEMASANGAN END STOP

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

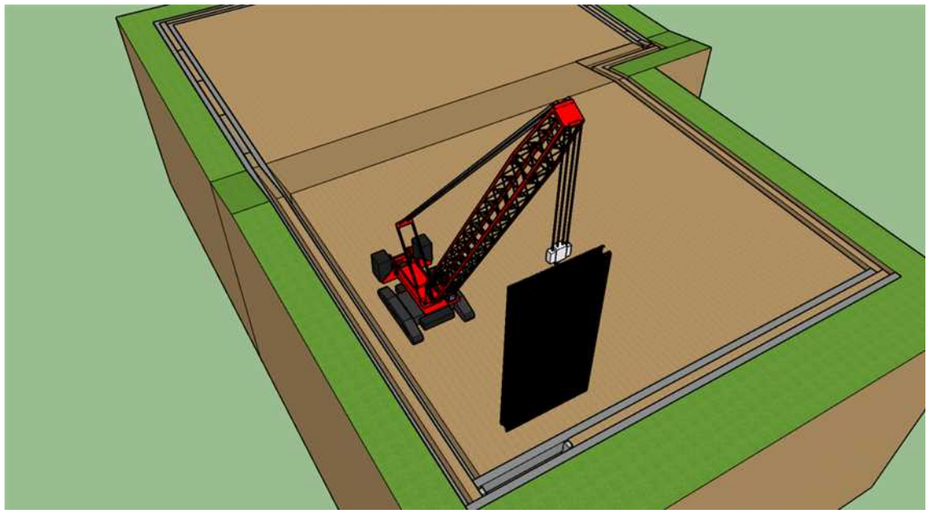
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

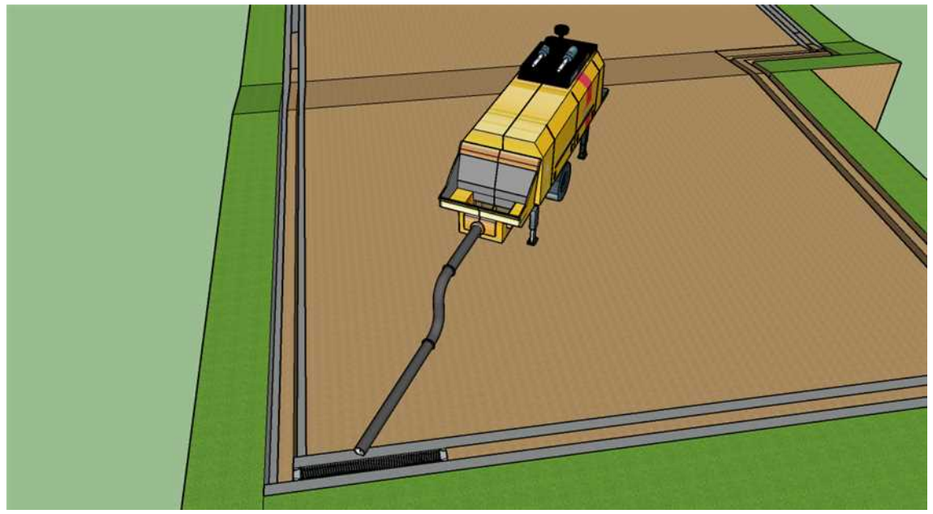
Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

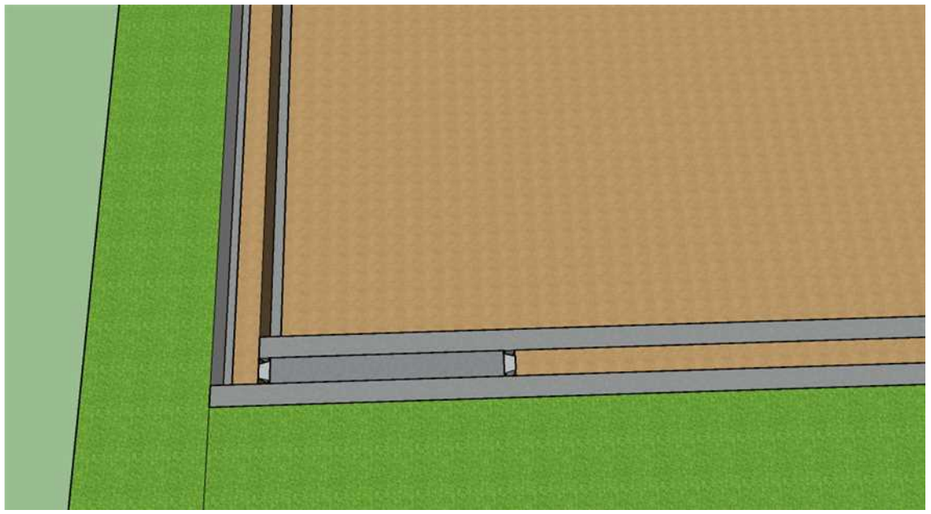
NOMOR	JUMLAH
13	19



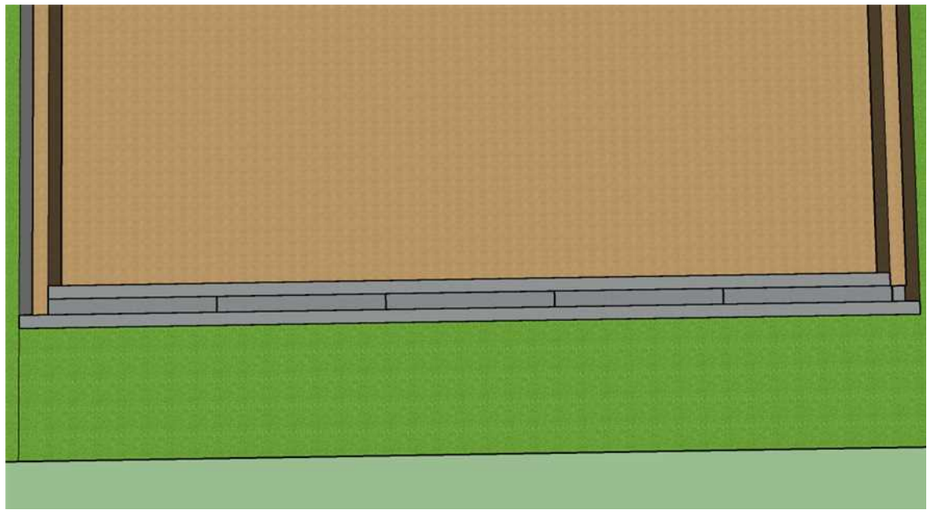
TAHAP 5 : PEMASANGAN TULANGAN DIAPHRAGM WALL



TAHAP 6 : PENGECORAN DIAPHRAGM WALL



TAHAP 7 : PEMBONGKARAN END STOP UNTUK SEGMEN YANG SUDAH DIKERJAKAN



TAHAP 8 : PENYELESAIAN PEMBUATAN DIAPHRAGM WALL UNTUK FASE 1

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

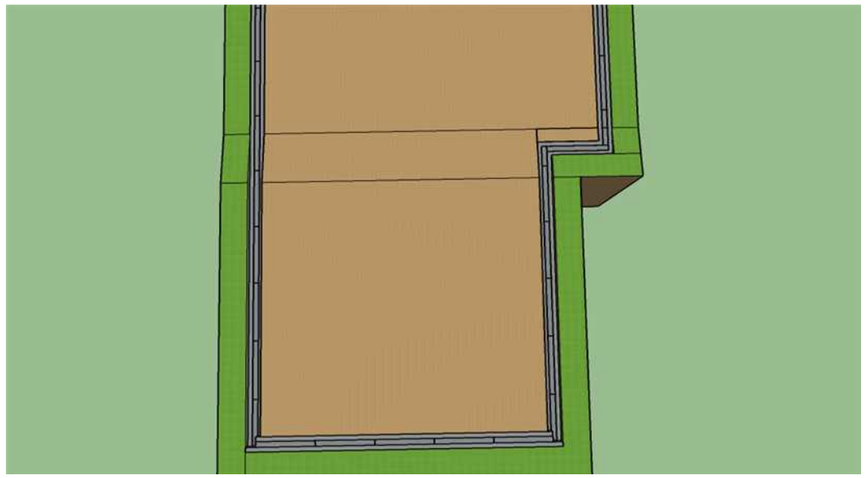
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

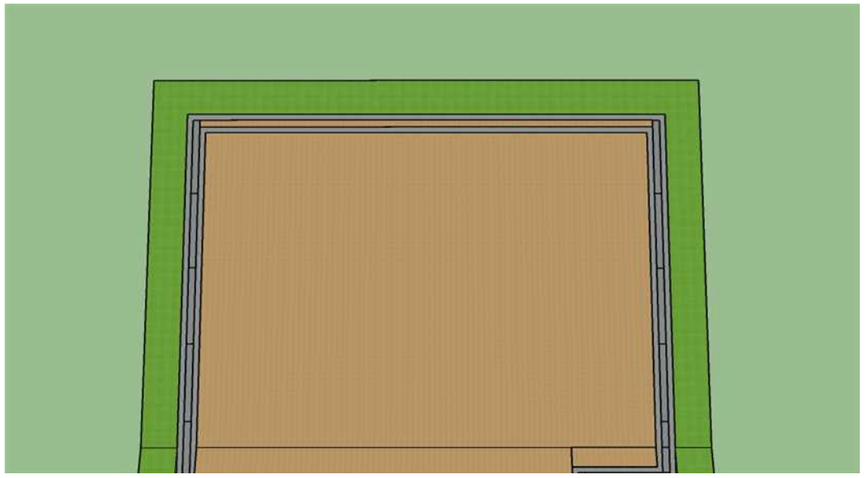
Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

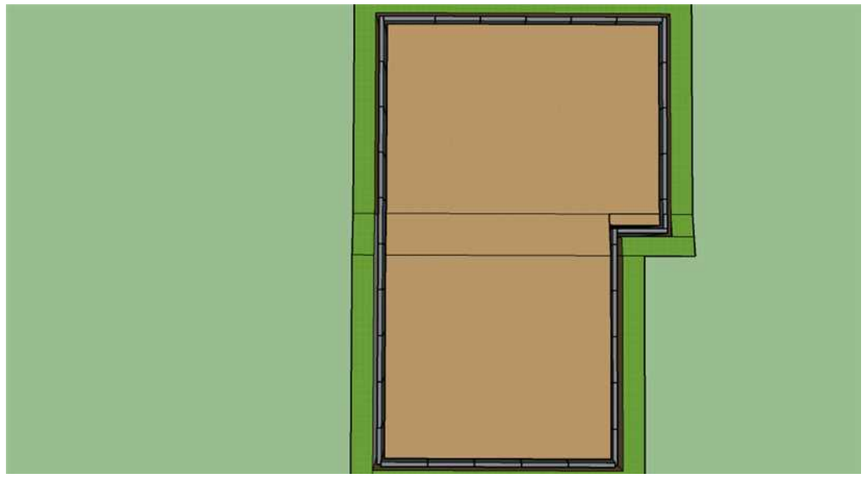
NOMOR	JUMLAH
14	19



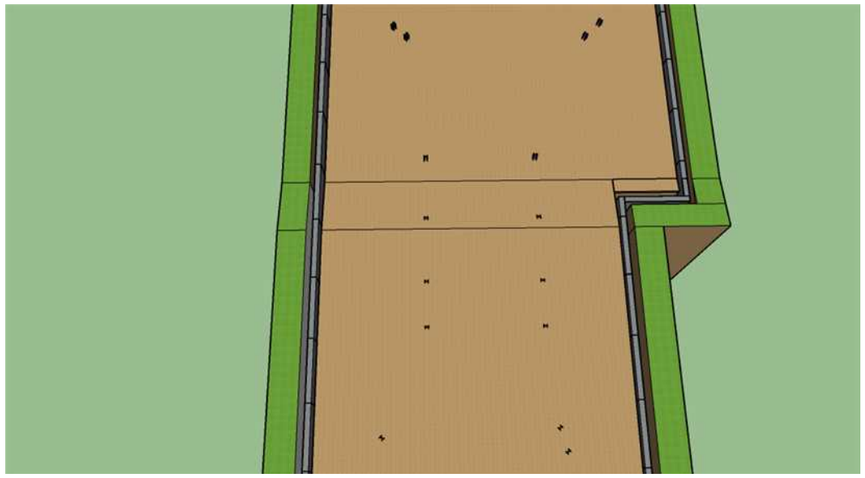
TAHAP 9 : PENYELESAIAN PEMBUATAN DIAPHRAGM WALL FASE 2



TAHAP 10 : PENYELESAIAN PEMBUATAN DIAPHRAGM WALL FASE 3



TAHAP 11 : PEMBONGKARAN GUIDE WAL



TAHAP 12 : PEMASANGAN KING POST

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

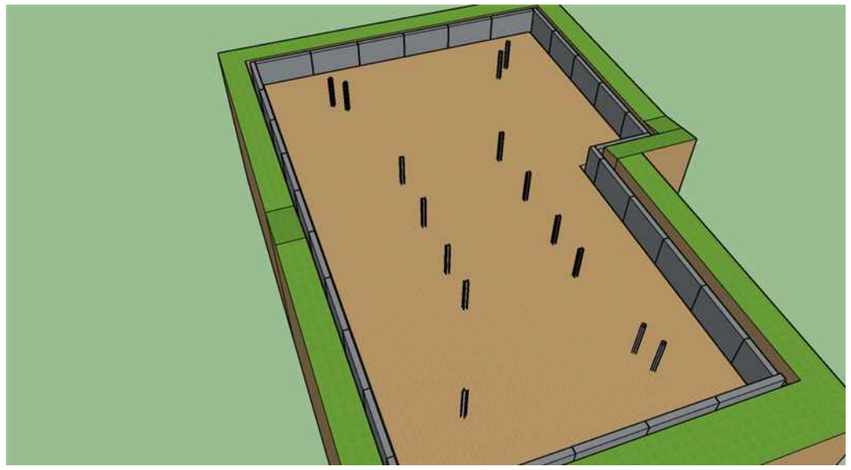
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

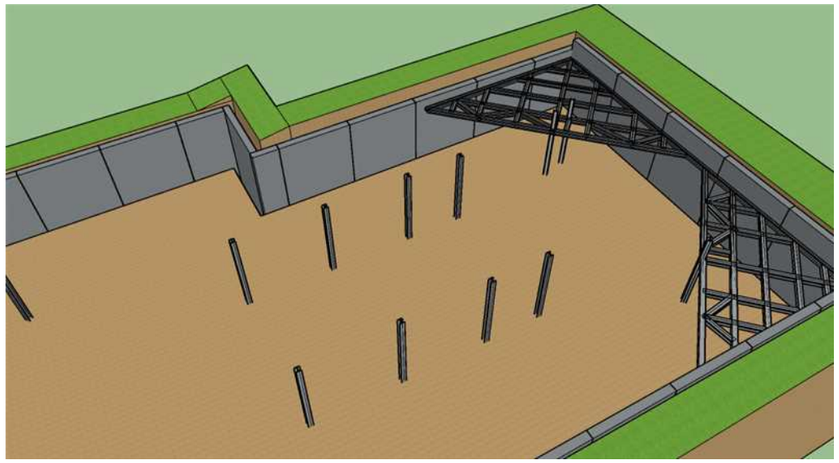
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

NOMOR	JUMLAH
15	19

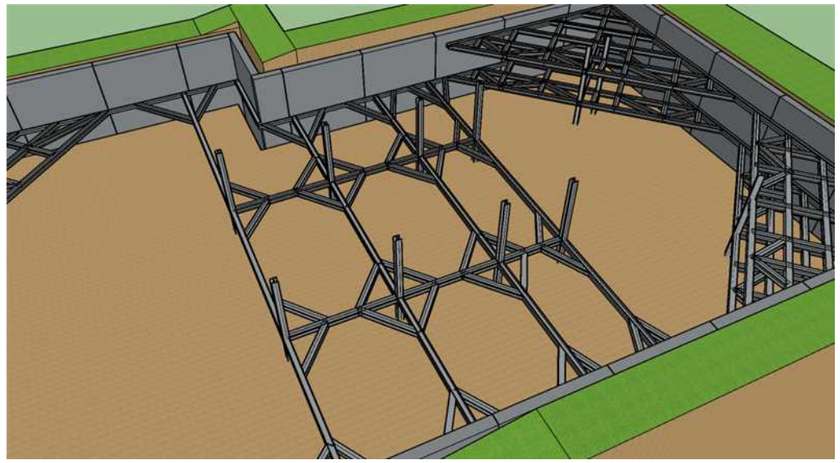


TAHAP 13 : GALIAN TAHAP 1 SAMPAI ELEVASI -4 m

TAHAP 14 : PEMASANGAN STRUT 1 PADA ELEVASI -3 m



TAHAP 15 : GALIAN TAHAP 2 SAMPAI ELEVASI -7 m



TAHAP 16 : PEMASANGAN STRUT 2 PADA ELEVASI -6 m

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

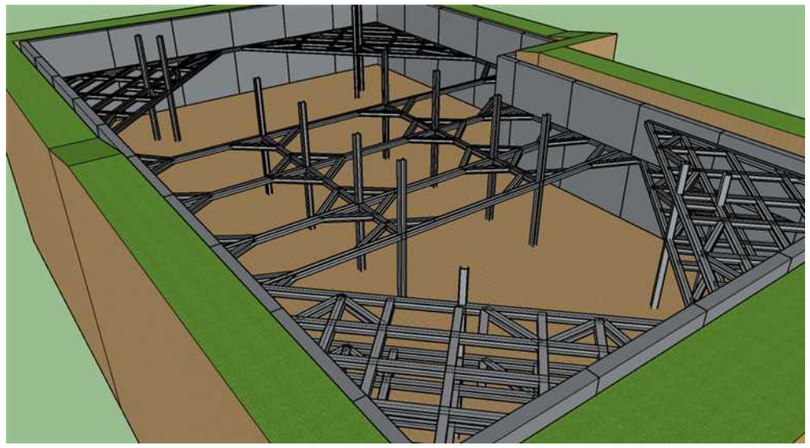
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

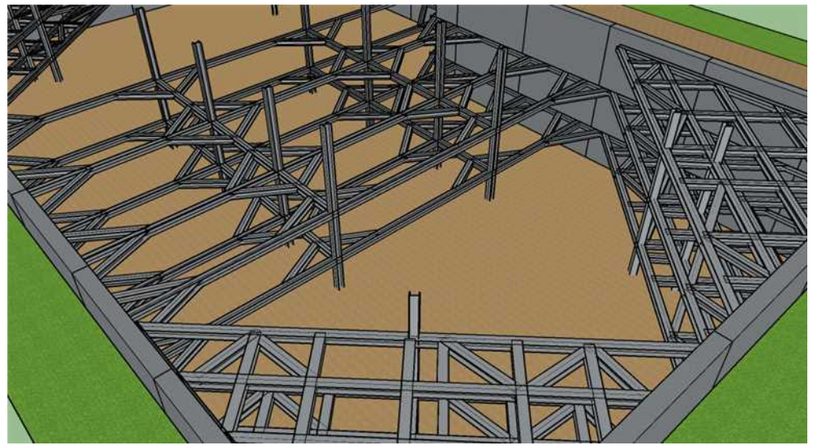
Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

NOMOR	JUMLAH
16	19

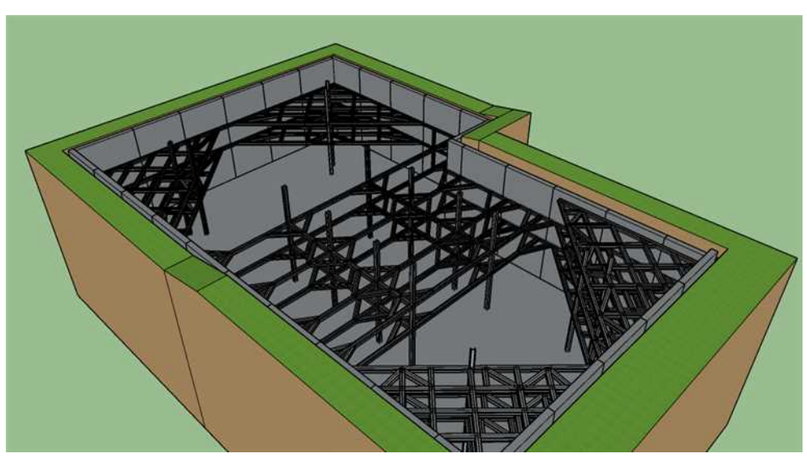


TAHAP 17 : GALIAN TAHAP 3 SAMPAI ELEVASI - 10 m



TAHAP 18 : PEMASANGAN STRUT 3 PADA ELEVASI -9 m

TAHAP 19 : GALIAN TAHAP 4 SAMPAI ELEVASI -15 m



TAHAP 20 : PENGECORAN LANTAI BASEMENT 4 ELEVASI -13,4 m

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

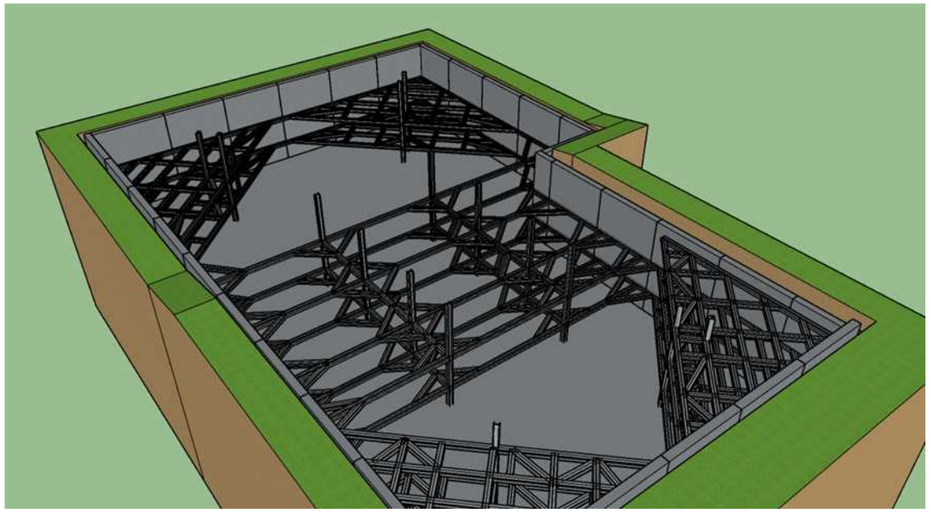
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

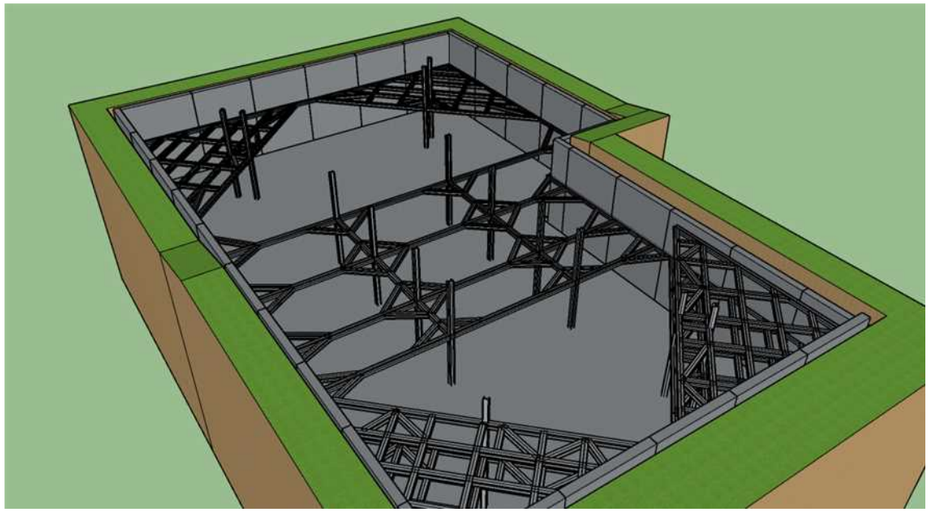
Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

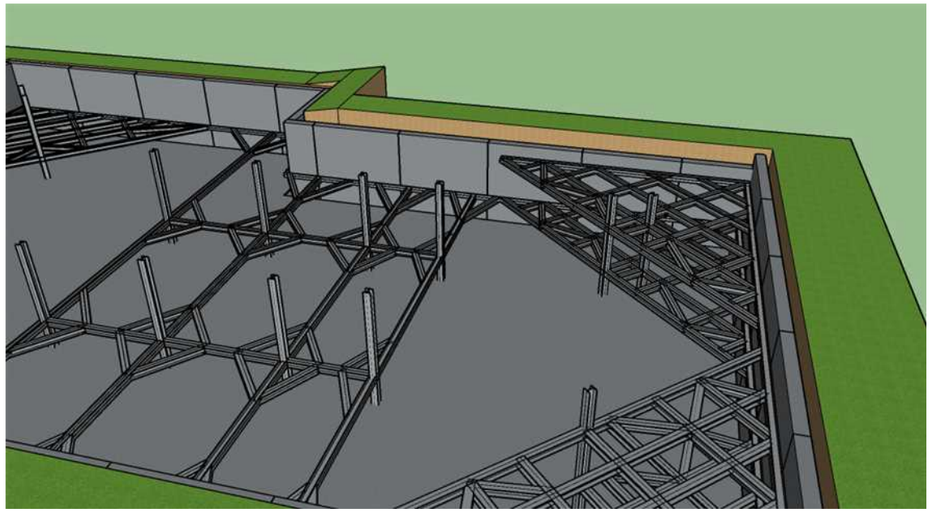
NOMOR	JUMLAH
17	19



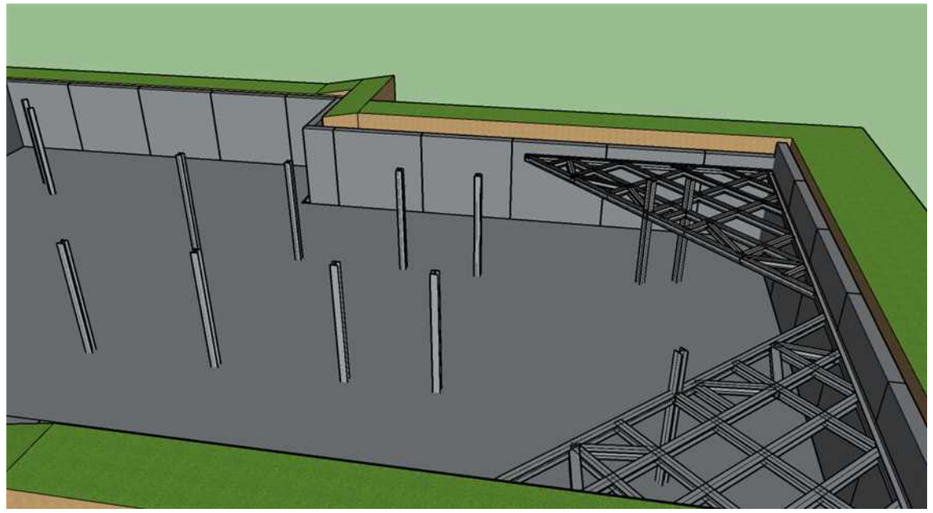
TAHAP 21 : PENGECORAN LANTAI BASEMENT 3 ELEVASI -10,2 m



TAHAP 22 : PEMBONGKARAN STRUT 3



TAHAP 23 : PENGECORAN LANTAI BASEMENT 2 ELEVASI -7 m



TAHAP 24 : PEMBONGKARAN STRUT 2

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

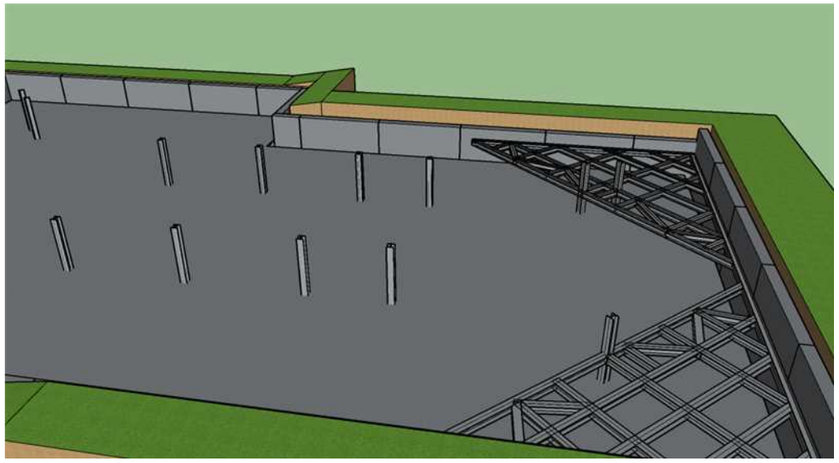
Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

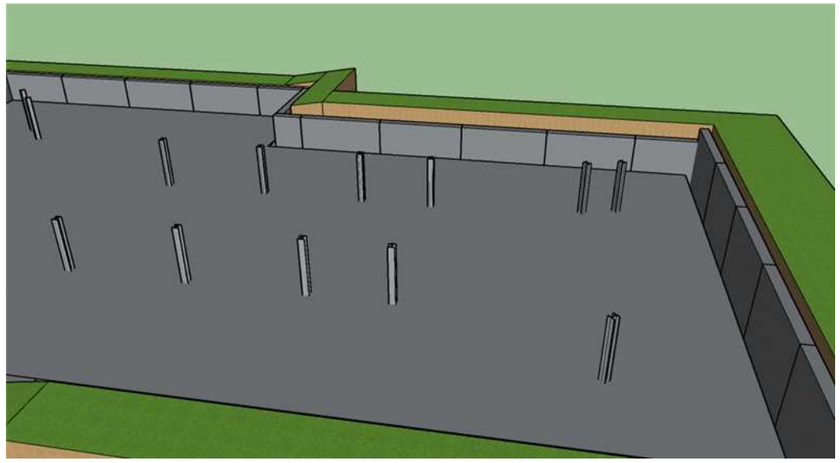
Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSAAN GALIAN DALAM	NTS

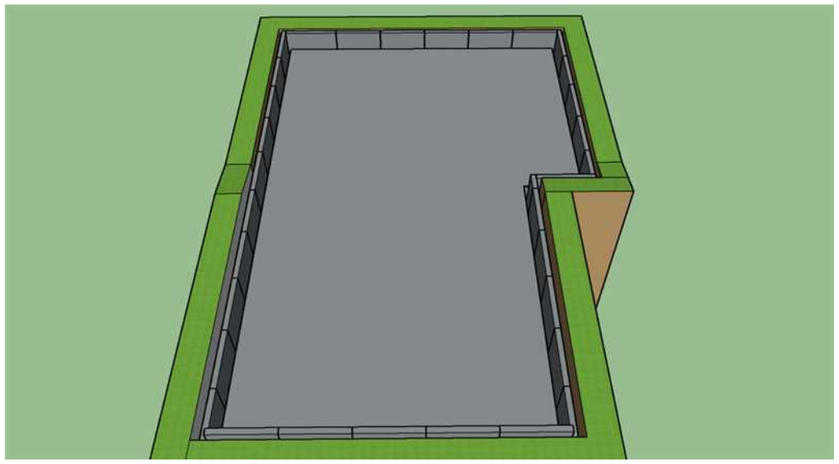
NOMOR	JUMLAH
18	19



TAHAP 25 : PENGECORAN LANTAI BASEMENT 1 ELEVASI -3,8 m



TAHAP 26 : PEMBONGKARAN STRUT 1



TAHAP 27 : PEMBONGKARAN KING POST

DEPARTEMEN TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
T.A 2019 / 2020

KETERANGAN

MATA KULIAH

PROYEK AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Moh Khoiri, S.T., M.T., Ph.D

Dr. Moh. Muntaha, S,T.,M.T.

DIBUAT OLEH:

Gheanifa Irma Yustikasari
NRP. 10111910015036

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1.	METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM	NTS

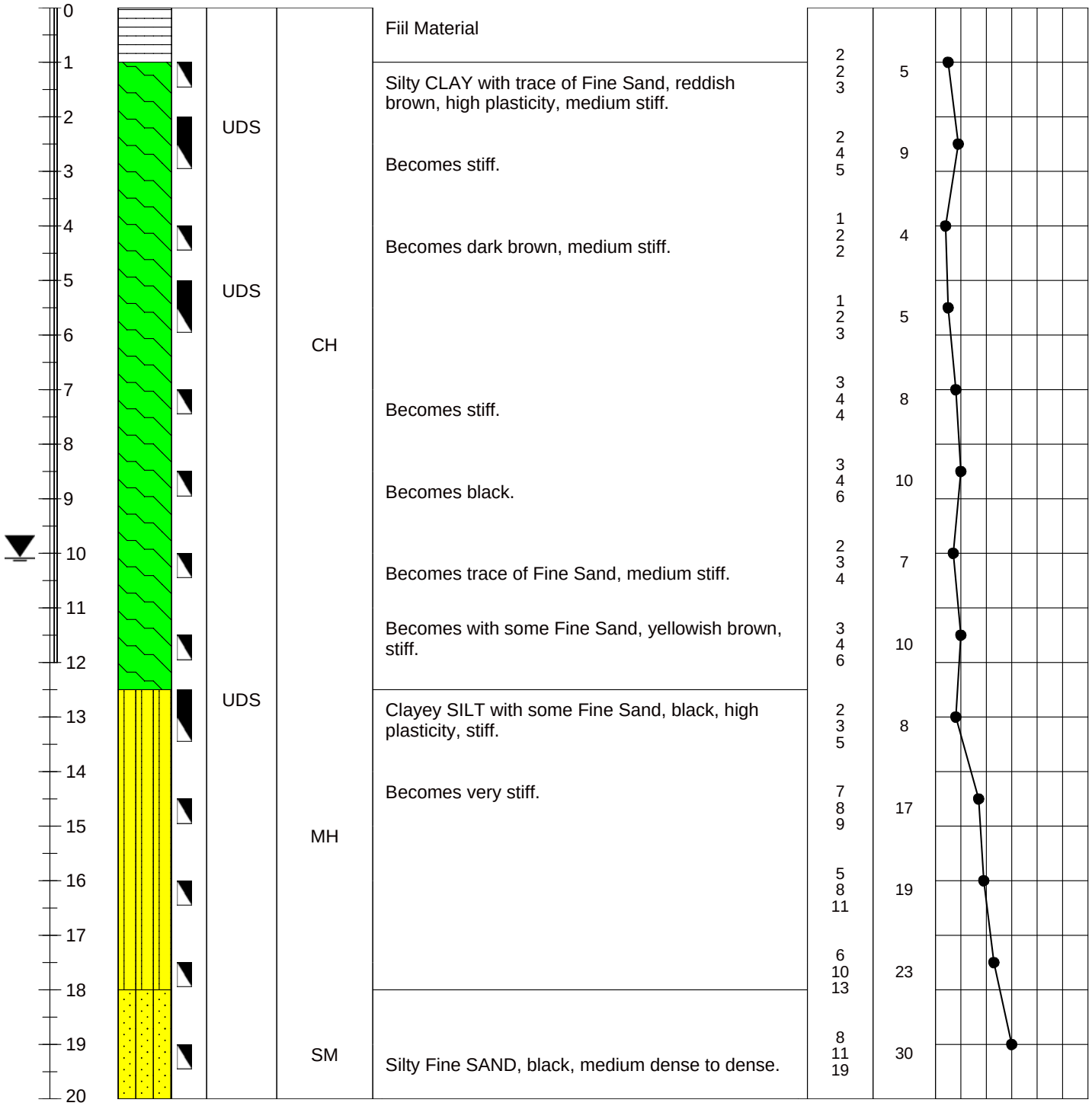
NOMOR	JUMLAH
19	19

BORING LOG

Boring No. : BH - 1

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*24/01- 01/02 2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran*	ELEVATION :	*-3,75*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -9,9 At Completion ▼ : -9,9



BORING LOG

Boring No. : BH - 1

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*24/01- 01/02 2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran*	ELEVATION :	*-3,75*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -9,9 At Completion ▼ : -9,9

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
20						
21				14 21 27	48	
22				10 15 19	34	
23			Silty CLAY, gray, high plasticity, very stiff.	6 9 13	22	
24						
25		UDS		8 11 16	27	
26						
27			Becomes hard.	9 16 20	36	
28			Fine Sandy SILT, dark brown, low plasticity, very stiff.	6 10 15	25	
29						
30			Silty Fine SAND, cemented, black, dense.	24 32 28/5	50/20	
31			Silty Fine to Coarse SAND, black, dense.	18 26 24/15	50/30	
32						
33				16 22 28/15	50/30	
34			Silty CLAY with trace of Fine Sand, yellowish gray, high plasticity, very stiff.	7 9 12	21	
35		UDS				
36				6 10 14	24	
37				5 8 11	19	
38			Clayey Fine to Coarse SAND, yellowish gray, dense.	10 15 18	33	
39						
40			Becomes with some gravel, black, dense.	13 17 21	38	
41						

BORING LOG

Boring No. : BH - 1

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*24/01- 01/02 2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran*	ELEVATION :	*-3,75*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -9,9 At Completion ▼ : -9,9

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
41						
42		SC	Becomes with some gravel, black, dense.	24 32 28/12	50/27	
43			Clayey Fine to Coarse SAND, yellowish gray, dense.	11 17 23	40	
44				9 14 18	32	
45			Silty CLAY with trace of Fine Sand, brownish gray, high plasticity, hard.	8 13 16	29	
46			Becomes very stiff.	10 13 18	31	
47				7 11 15	26	
48		CH	Becomes hard.	6 9 14	23	
49				8 10 13	23	
50			Becomes gray, very stiff.	11 18 22	40	
51		UDS	Becomes brownish gray.	7 11 16	27	
52				9 12 17	29	
53			Clayey Fine SAND, yellowish gray, dense.	10 14 18	32	
54		SC	Silty CLAY, yellowish light gray, high plasticity, very stiff.	8 12 16	28	
55				6 10 13	23	
56		UDS				
57		CH				
58			Becomes hard.			
59						
60		UDS	Becomes light gray, very stiff.			
61						
62						

BORING LOG

Boring No. : BH - 1

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*24/01- 01/02 2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran*	ELEVATION :	*-3,75*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -9,9 At Completion ▼ : -9,9

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
62						
63			Becomes yellowish gray, hard.	9 14 17	31	
64			Becomes yellowish light gray, very stiff.	7 10 14	24	
65		CH		10 13 16	29	
66			Becomes grayish brown.			
67			Becomes light gray.	8 9 11	20	
68		UDS				
69			Becomes yellowish light gray.	6 8 10	18	
70				9 12 14	26	
71			Drilling terminated at the depth of 70,50 meters.			
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						

BORING LOG

Boring No. : BH - 2

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*02 - 05/02/2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan*	ELEVATION :	*-4,00*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -8,10 At Completion ▼ : -8,10

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
0		Fill Material	Fill Material			
1			Silty CLAY with trace of Fine Sand, reddish brown, high plasticity, soft to medium stiff.	2 2 2	4	
2						
3			Becomes brownish gray.	1 2 2	4	
4	UDS		Becomes soft.	1 1 1	2	
5						
6			Becomes dark gray.	1 1 2	3	
7	UDS		Silty CLAY, gray, medium stiff.	1 2 3	5	
8		CH	Becomes blackish gray, medium stiff..	2 3 4	7	
9						
10	UDS			2 4 4	8	
11						
12				3 3 4	7	
13	UDS		Becomes with trace of Fine Sand, stiff.	3 4 5	9	
14			Becomes brown, stiff.	3 6 8	14	
15						
16			Becomes with some Fine Sand, very stiff.	5 8 14	22	
17			Silty Fine SAND, black, dense.	12 15 19	34	
18		SM				
19			Becomes with some gravel.	14 18 21	39	
20						

BORING LOG

Boring No. : BH - 2

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*02 - 05/02/2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan*	ELEVATION :	*-4,00*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -8,10 At Completion ▼ : -8,10

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
20						
21		SM	Becomes with some gravel.	10 16 22	38	
22		CH	Silty CLAY with some Fine Sand, gray, high plasticity, very stiff.	8 11 15	26	
23				5 7 10	17	
24		UDS CL	Silty CLAY with some Fine Sand, black, low plasticity, very stiff.	6 8 12	20	
25						
26				8 11 13	24	
27		CH	Silty CLAY, gray, high plasticity, very stiff.			
28			Becomes cemented, brownish gray, hard.	13 20 25	45	
29		SC	Clayey Fine SAND, cemented, black, dense.	27 38 12/5	50/20	
30						
31			Silty CLAY, brownish gray, high plasticity, very stiff.	6 8 12	20	
32		UDS				
33				9 12 15	27	
34		CH	Becomes yellowish brown with gray spot.	7 10 14	24	
35						
36			Becomes gray with yellowish brown spot.	9 13 15	28	
37			Becomes with some Fine Sand, brownish gray, hard.	13 18 21	39	
38						
39			Silty CLAY, gray, very stiff.	6 10 13	23	
40				8 12 15	27	
41			Drilling terminated at the depth of 40,50 meters.			
42						

BORING LOG

Boring No. : BH - 3

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*08 - 11/02/2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan*	ELEVATION :	*0,16*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -7,36 At Completion ▼ : -7,36

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
0		Fill Material	Fill Material			
1			Silty CLAY with trace of Fine Sand, reddish brown, high plasticity, soft.	1 1 2	3	
2	UDS					
3			Becomes brown.	1 1 1	2	
4				1 2 2	4	
5						
6			Becomes reddish brown soft.	1 1 1	2	
7	UDS		Becomes dark brown, soft.	1 1 1	2	
8						
9				1 1 2	3	
10	UDS	CH	Becomes brown, medium stiff.	3 3 4	7	
11						
12				2 3 3	6	
13	UDS		Becomes yellowish brown, stiff.	3 3 5	8	
14						
15			Becomes with some Fine Sand, dark brown.	4 5 7	12	
16	UDS		Silty CLAY, brown.	3 3 5	8	
17						
18			Becomes brownish light gray, very stiff.	5 7 12	19	
19				7 10 13	23	
20						

BORING LOG

Boring No. : BH - 3

PROJECT :	***CIKOKO OFFICE***	PROJECT NO. :	*DCM.G.18 - 006*
CLIENT :	*PT. Adhi Karya*	TESTED DATE :	*08 - 11/02/2018*
LOCATION :	*Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan*	ELEVATION :	*0,16*
DRILLER :	*Ade Juanda*	LOGGED BY :	*Indah*
DRILL RIG :	*AX-OP1*	BORING METHOD :	*Continuous Coring*

GROUND WATER TABLE : Initial ▽ : -7,36 At Completion ▼ : -7,36

ELEVATION/ DEPTH (m)	SOIL SYMBOLS, SAMPLERS AND TEST DATA	USCS	DESCRIPTION	N1 N2 N3	STANDARD PENETRATION TEST N-SPT	10 30 50
20						
21			Becomes cemented, hard.	15 21 27	48	
22				18 25 25	50	
23						
24		CH	Silty CLAY, dark gray, hard.	16 20 25	45	
25			Becomes brownish gray, very stiff.	5 7 11	18	
26				8 11 14	25	
27						
28			Becomes cemented, gray, hard.	10 15 19	34	
29				14 20 25	45	
30		ML	SILT, black, low plasticity, hard.			
31			Silty CLAY, gray, high plasticity, very stiff.	8 12 14	26	
32		CH		18 24 26	50	
33			Becomes cemented, brown, hard.			
34		SM	Silty Fine SAND, cemented, black, dense.	27 39 11/9	50/26	
35			Silty CLAY with trace of Fine Sand, yellowish gray, high plasticity, very stiff.	6 9 12	21	
36						
37	UDS	CH	Becomes yellowish light gray.	7 11 13	24	
38				8 10 13	23	
39						
40			Becomes brownish gray.	7 9 13	22	
41			Drilling terminated at the depth of 40,50 meters.			
42						

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	09 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			
					UDS Sample

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 2,00 - 2,50

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	83,52	77,28	84,12
Wt. of dry soil + can [gram]	67,02	59,28	63,51
Wt. of can [gram]	34,53	23,39	23,47
Wt. of wet soil [gram]	48,98	53,90	60,65
Wt. of water [gram]	16,50	18,00	20,60
Wt. of dry soil [gram]	32,48	35,89	40,04
Water content, w %	50,79	50,16	51,46
γ_s [gram/cm^3]	**1,66**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,10**	**50,80**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 5,50 - 6,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	80,03	74,42	75,61
Wt. of dry soil + can [gram]	60,45	55,16	56,16
Wt. of can [gram]	32,07	22,04	23,02
Wt. of wet soil [gram]	47,96	52,39	52,59
Wt. of water [gram]	19,57	19,27	19,45
Wt. of dry soil [gram]	28,39	33,12	33,14
Water content, w %	68,96	58,17	58,70
γ_s [gram/cm^3]	**1,63**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,00**	**61,94**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 12,50 - 13,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	91,33	90,97	85,38
Wt. of dry soil + can [gram]	75,73	69,23	68,81
Wt. of can [gram]	33,77	22,21	21,75
Wt. of wet soil [gram]	57,55	68,76	63,63
Wt. of water [gram]	15,60	21,74	16,57
Wt. of dry soil [gram]	41,95	47,02	47,06
Water content, w %	37,19	46,23	35,21
γ_s [gram/cm^3]	**1,95**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,40**	**39,54**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	09 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			

UDS Sample

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 24,50 - 25,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	94,66	71,35	74,43
Wt. of dry soil + can [gram]	79,91	58,24	60,89
Wt. of can [gram]	39,29	21,41	22,25
Wt. of wet soil [gram]	55,38	49,95	52,17
Wt. of water [gram]	14,75	13,11	13,53
Wt. of dry soil [gram]	40,62	36,84	38,64
Water content, w %	36,32	35,59	35,02
γ_s [gram/cm^3]	**1,88**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,38**	**35,64**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 35,00 - 35,50

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	92,84	77,87	68,66
Wt. of dry soil + can [gram]	78,49	63,42	57,06
Wt. of can [gram]	37,85	24,53	23,07
Wt. of wet soil [gram]	54,99	53,35	45,59
Wt. of water [gram]	14,35	14,45	11,61
Wt. of dry soil [gram]	40,64	38,90	33,98
Water content, w %	35,30	37,15	34,15
γ_s [gram/cm^3]	**1,87**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,38**	**35,53**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 51,00 - 52,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	83,18	59,04	67,32
Wt. of dry soil + can [gram]	67,92	48,41	54,62
Wt. of can [gram]	28,16	21,16	21,60
Wt. of wet soil [gram]	55,02	37,89	45,72
Wt. of water [gram]	15,26	10,63	12,70
Wt. of dry soil [gram]	39,76	27,26	33,02
Water content, w %	38,38	39,00	38,46
γ_s [gram/cm^3]	**1,87**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,35**	**38,62**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	09 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			

UDS Sample

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 55,50 - 56,50

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	95,83	67,13	68,31
Wt. of dry soil + can [gram]	82,74	56,65	57,60
Wt. of can [gram]	38,31	21,60	22,59
Wt. of wet soil [gram]	57,52	45,53	45,72
Wt. of water [gram]	13,09	10,48	10,70
Wt. of dry soil [gram]	44,43	35,06	35,01
Water content, w %	29,47	29,88	30,57
γ_s [gram/cm^3]	**1,95**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,50**	**29,97**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 60,00 - 61,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	92,17	58,75	65,98
Wt. of dry soil + can [gram]	76,91	48,22	53,81
Wt. of can [gram]	37,60	21,15	21,92
Wt. of wet soil [gram]	54,57	37,60	44,07
Wt. of water [gram]	15,26	10,53	12,18
Wt. of dry soil [gram]	39,32	27,07	31,89
Water content, w %	38,81	38,89	38,18
γ_s [gram/cm^3]	**1,85**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,34**	**38,63**	

Borehole : BH - 1
Depth (m) : 68,00 - 68,50

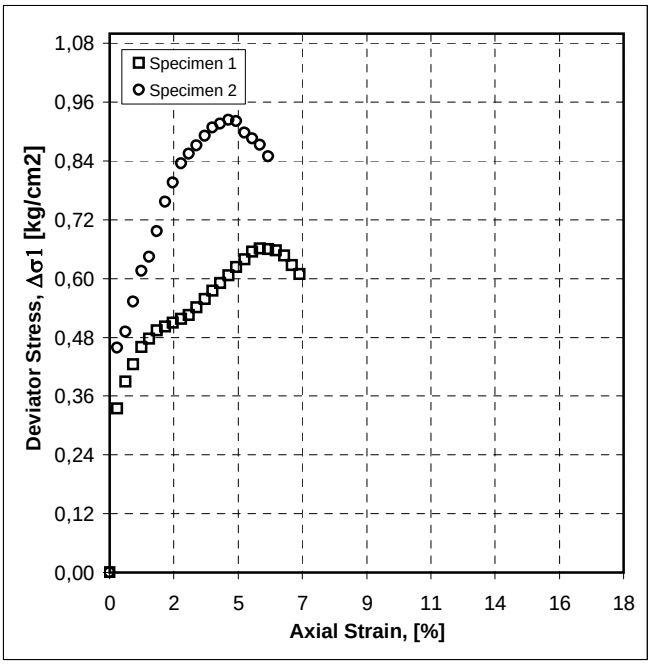
Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	89,00	82,12	72,73
Wt. of dry soil + can [gram]	74,09	65,54	58,73
Wt. of can [gram]	36,80	24,71	23,77
Wt. of wet soil [gram]	52,20	57,41	48,96
Wt. of water [gram]	14,91	16,58	14,00
Wt. of dry soil [gram]	37,29	40,83	34,96
Water content, w %	39,99	40,61	40,03
γ_s [gram/cm^3]	**1,77**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,26**	**40,21**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

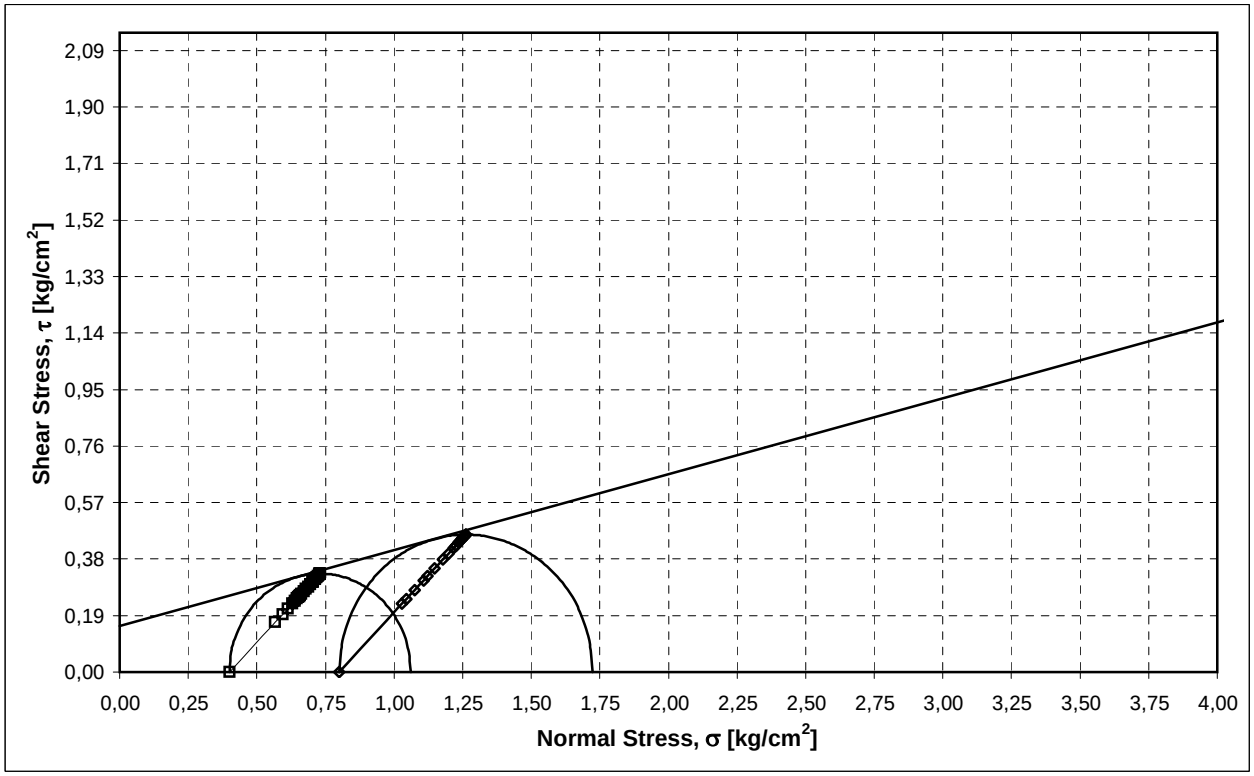
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 1**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**12,50 - 13,00**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	14 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	19,455	19,466
Moisture content (%)	39,36	39,01
Dry Density (KN/m^3)	13,96	14,00
Specific Gravity	2,65	2,65
Void Ratio	0,857	0,851
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	40	80
Deviator Stress (KN/m²)	66,14	92,43
Strain (%)	5,28	4,17



Cohesion, c (kg/m^2)	**0,15**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**14,32**

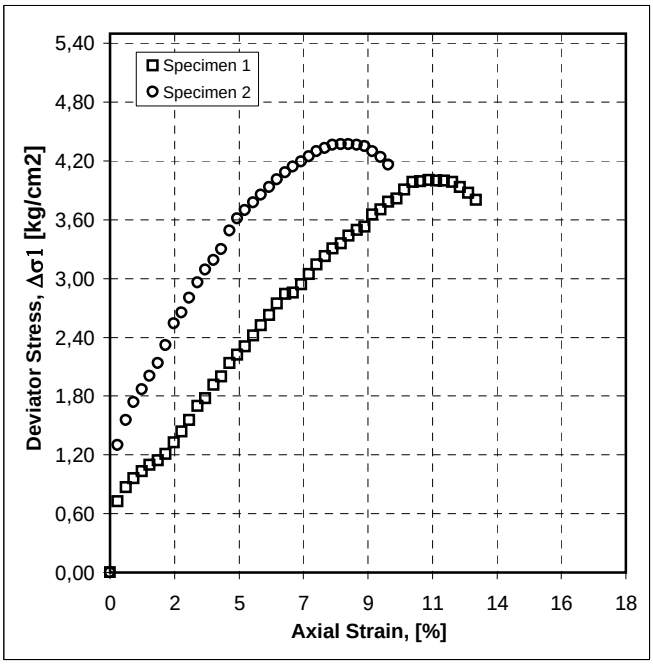


PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

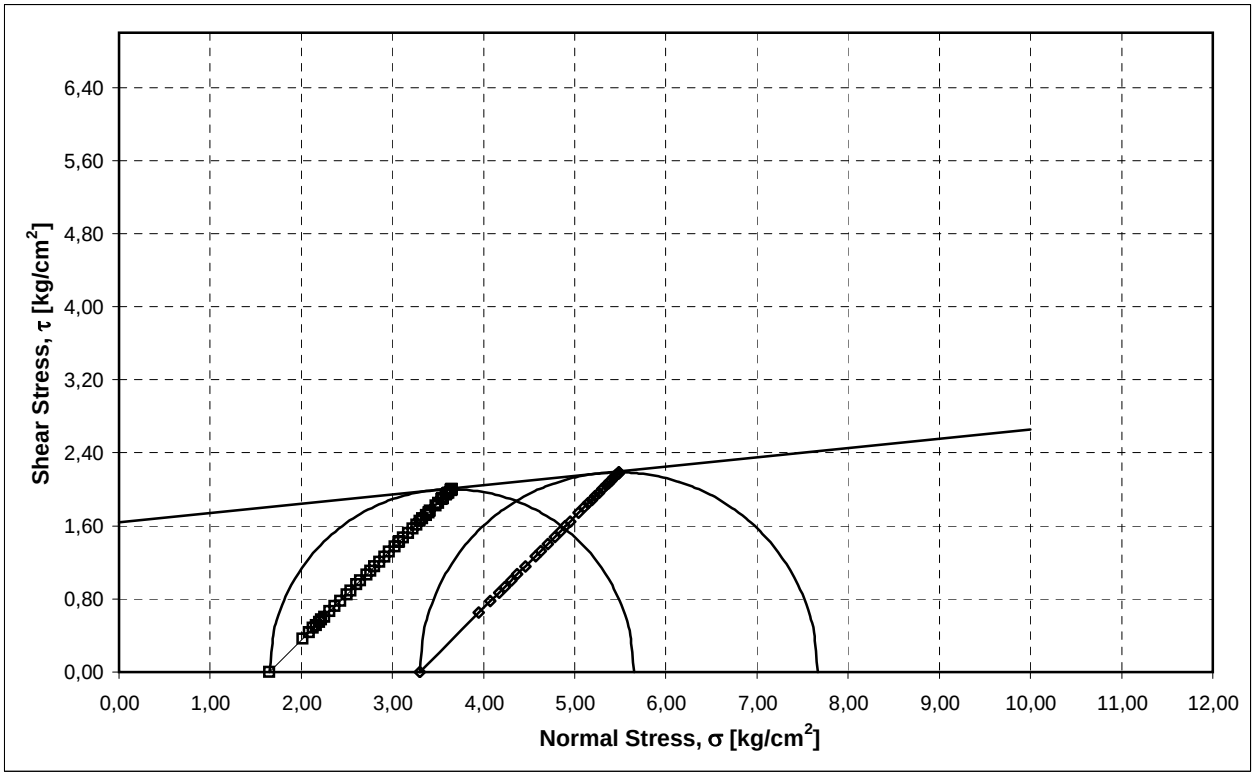
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 1**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**51,00 - 52,00**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	14 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	18,607	18,611
Moisture content (%)	38,96	38,61
Dry Density (KN/m^3)	13,39	13,43
Specific Gravity	2,63	2,63
Void Ratio	0,924	0,919
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	165	330
Deviator Stress (KN/m²)	400,18	437,05
Strain (%)	11,11	8,06



Cohesion, c (kg/m^2)	**1,64**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**5,77**

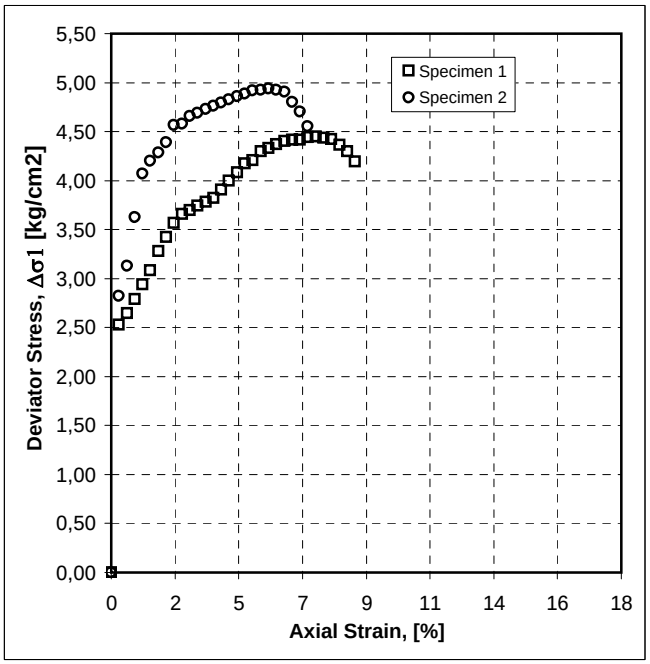


PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

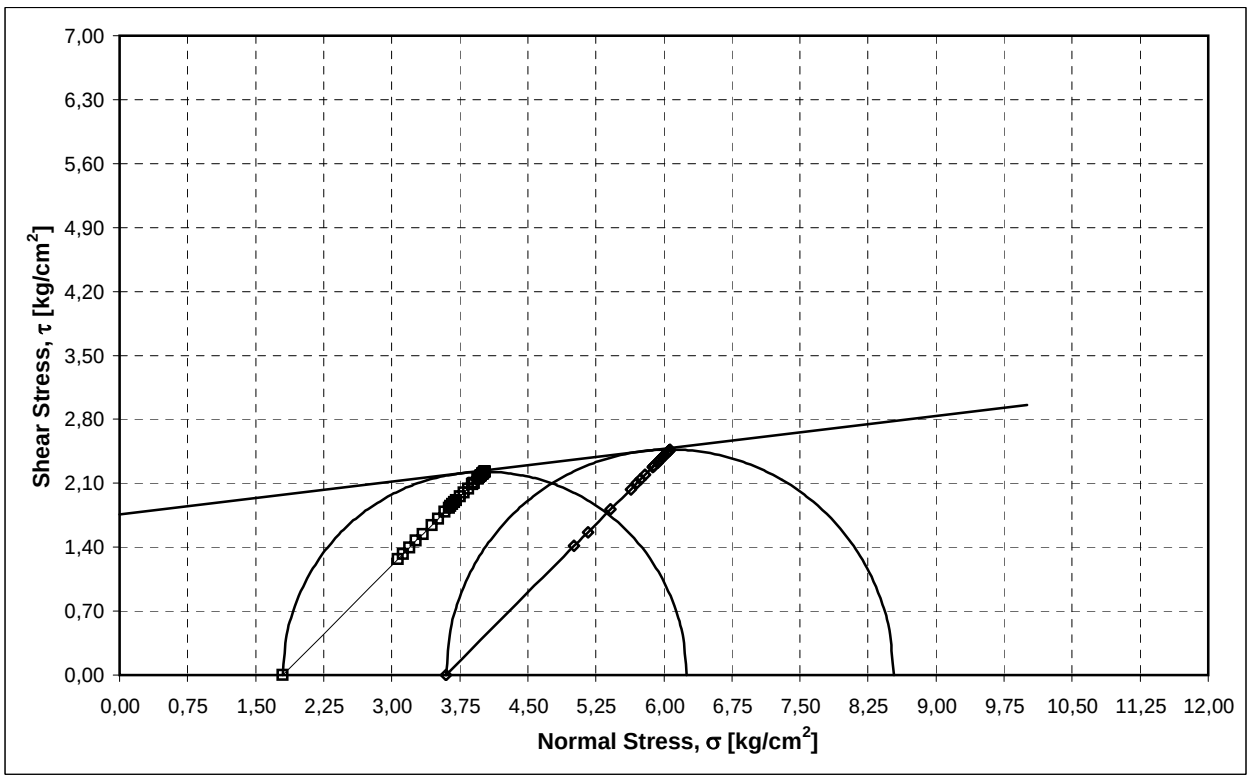
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 1**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**55,50 - 56,50**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	19,578	19,562
Moisture content (%)	29,90	29,62
Dry Density (KN/m^3)	15,07	15,09
Specific Gravity	2,63	2,63
Void Ratio	0,711	0,709
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	180	360
Deviator Stress (KN/m²)	444,98	493,77
Strain (%)	7,22	5,56



Cohesion, c (kg/m^2)	**1,76**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**6,85**

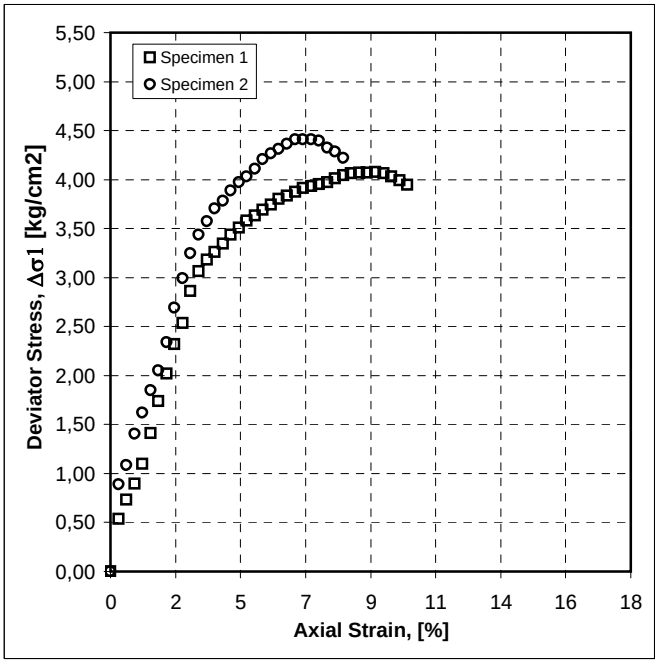


PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

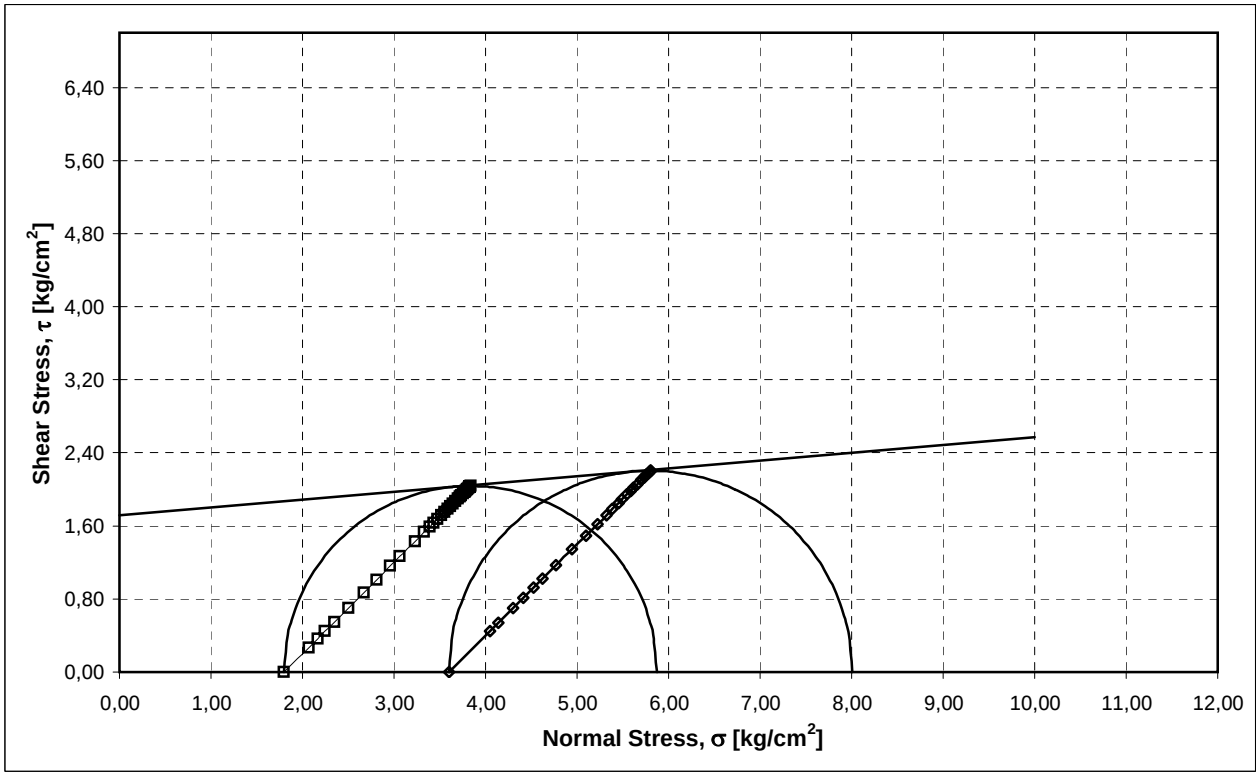
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 1**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**60,00 - 61,00**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	18,549	18,564
Moisture content (%)	38,85	38,94
Dry Density (KN/m^3)	13,36	13,36
Specific Gravity	2,69	2,69
Void Ratio	0,971	0,971
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	180	360
Deviator Stress (KN/m²)	407,41	440,77
Strain (%)	9,17	6,94



Cohesion, c (kg/m^2)	**1,72**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**4,86**

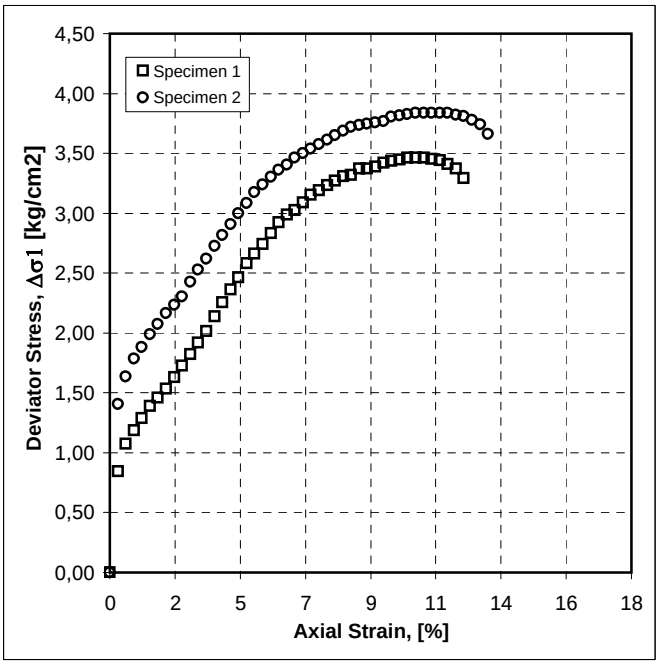


PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

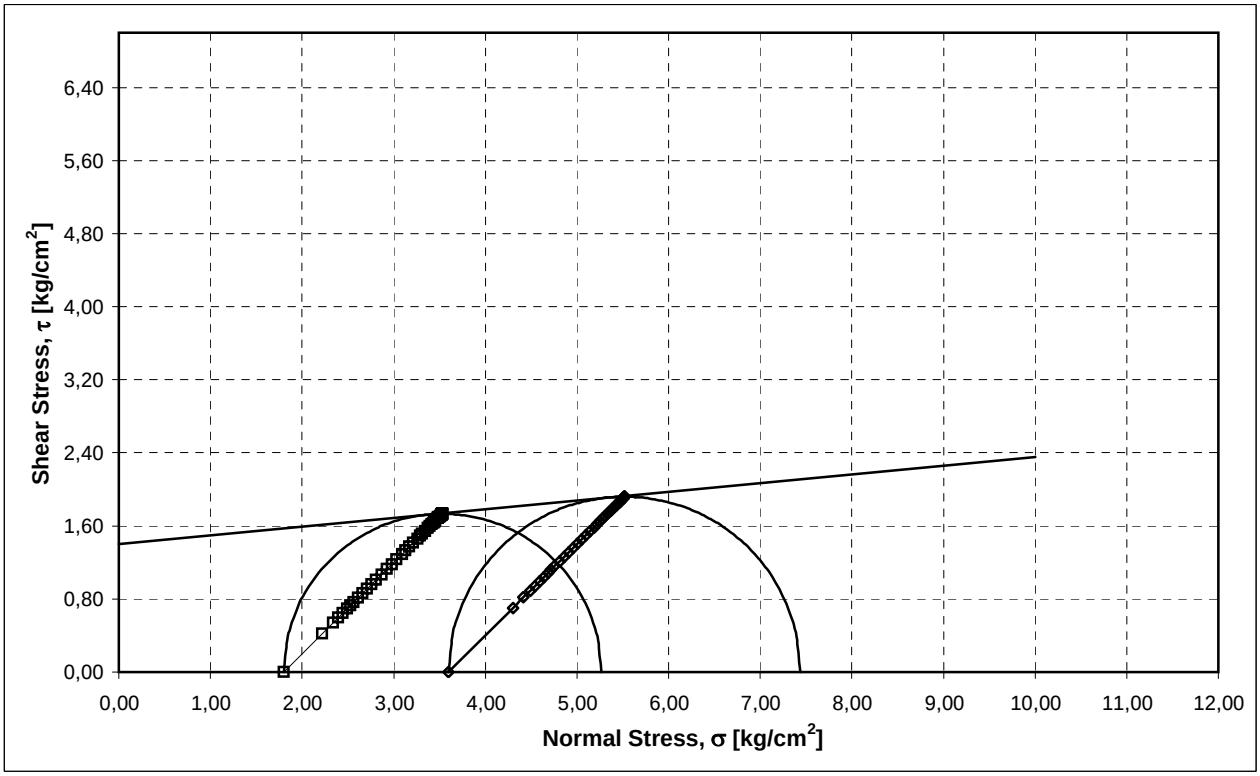
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 1**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**68,00 - 68,50**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	17,710	17,739
Moisture content (%)	40,70	40,38
Dry Density (KN/m^3)	12,59	12,64
Specific Gravity	2,65	2,65
Void Ratio	1,066	1,057
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	180	360
Deviator Stress (KN/m²)	346,31	383,86
Strain (%)	10,83	10,56



Cohesion, c (kg/m^2)	**1,40**
Internal angle of friction, ϕ (^{0})	**5,42**



PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	12 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			
					UDS Sample

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 3,50 - 4,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	75,41	66,89	70,50
Wt. of dry soil + can [gram]	57,42	49,99	52,96
Wt. of can [gram]	28,19	21,99	23,95
Wt. of wet soil [gram]	47,21	44,90	46,55
Wt. of water [gram]	17,99	16,90	17,54
Wt. of dry soil [gram]	29,23	28,00	29,02
Water content, w %	61,54	60,36	60,44
γ_s [gram/cm^3]	**1,60**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,00**	**60,78**	

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 6,50 - 7,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	84,05	90,50	74,68
Wt. of dry soil + can [gram]	66,32	65,26	55,18
Wt. of can [gram]	36,00	22,30	21,67
Wt. of wet soil [gram]	48,05	68,19	53,01
Wt. of water [gram]	17,73	25,24	19,50
Wt. of dry soil [gram]	30,32	42,96	33,51
Water content, w %	58,48	58,75	58,19
γ_s [gram/cm^3]	**1,63**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,03**	**58,47**	

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 9,50 - 10,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	88,62	71,34	61,59
Wt. of dry soil + can [gram]	71,97	52,49	45,98
Wt. of can [gram]	39,73	14,89	15,18
Wt. of wet soil [gram]	48,89	56,45	46,41
Wt. of water [gram]	16,66	18,84	15,61
Wt. of dry soil [gram]	32,23	37,60	30,80
Water content, w %	51,67	50,12	50,69
γ_s [gram/cm^3]	**1,66**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,10**	**50,83**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	12 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			

UDS Sample

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 12,50 - 13,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	87,89	88,91	81,13
Wt. of dry soil + can [gram]	72,00	67,89	61,96
Wt. of can [gram]	37,29	21,90	20,96
Wt. of wet soil [gram]	50,60	67,01	60,17
Wt. of water [gram]	15,90	21,02	19,17
Wt. of dry soil [gram]	34,70	45,99	41,00
Water content, w %	45,81	45,71	46,77
γ_s [gram/cm^3]	**1,72**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,17**	**46,10**	

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 24,50 - 25,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	83,65	64,96	65,79
Wt. of dry soil + can [gram]	69,27	54,02	54,37
Wt. of can [gram]	28,91	22,03	22,98
Wt. of wet soil [gram]	54,74	42,93	42,81
Wt. of water [gram]	14,37	10,95	11,42
Wt. of dry soil [gram]	40,36	31,98	31,39
Water content, w %	35,61	34,22	36,38
γ_s [gram/cm^3]	**1,86**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,37**	**35,40**	

Borehole : BH - 2
Depth (m) : 32,00 - 32,50

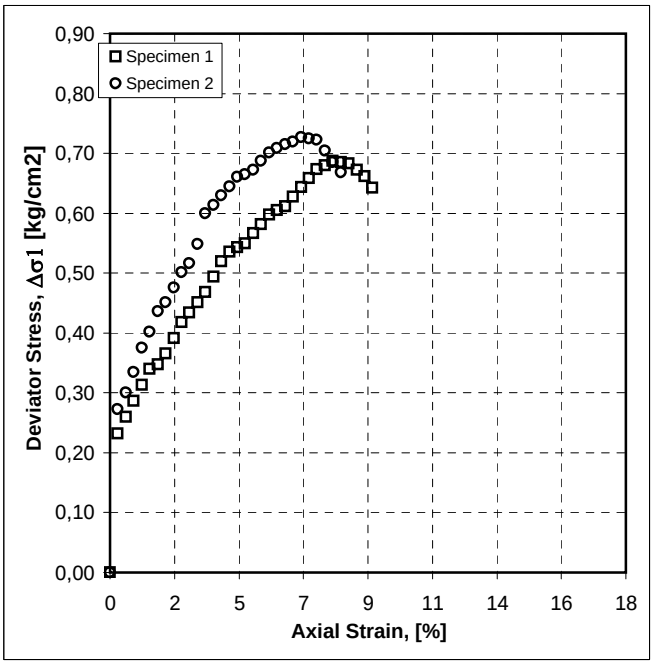
Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	93,76	70,56	61,91
Wt. of dry soil + can [gram]	79,04	56,94	51,16
Wt. of can [gram]	38,48	21,10	20,95
Wt. of wet soil [gram]	55,29	49,46	40,96
Wt. of water [gram]	14,73	13,61	10,75
Wt. of dry soil [gram]	40,56	35,85	30,21
Water content, w %	36,30	37,98	35,58
γ_s [gram/cm^3]	**1,88**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,37**	**36,62**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

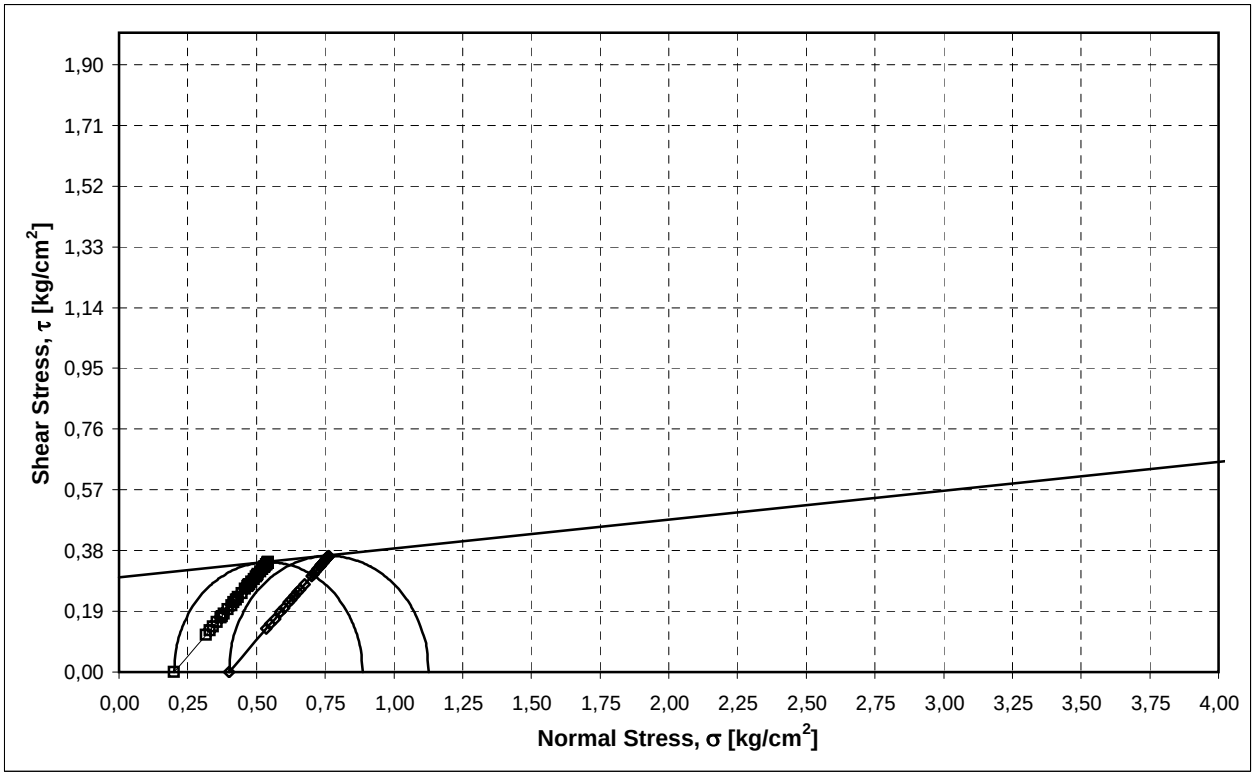
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 2**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**6,50 - 7,00**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	16,378	16,320
Moisture content (%)	58,70	58,36
Dry Density (KN/m^3)	10,32	10,31
Specific Gravity	2,66	2,66
Void Ratio	1,526	1,529
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	20	40
Deviator Stress (KN/m²)	68,68	72,64
Strain (%)	7,78	6,67



Cohesion, c (kg/m^2)	**0,30**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**5,16**



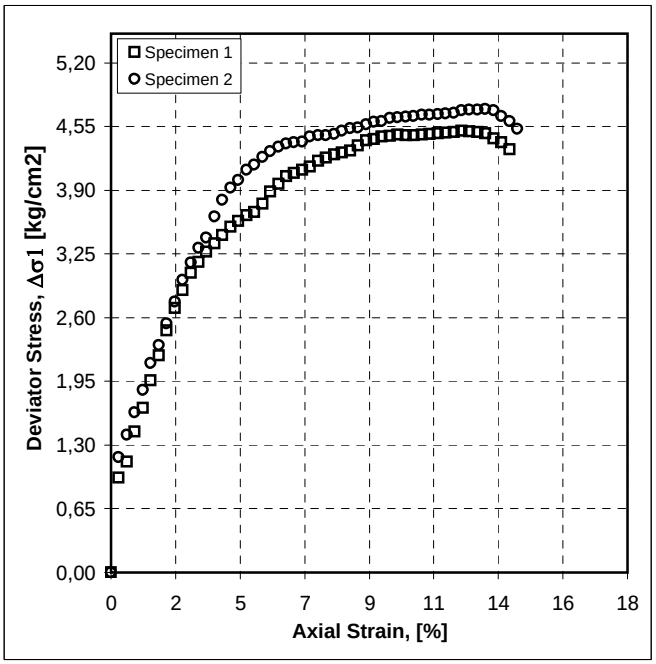
PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

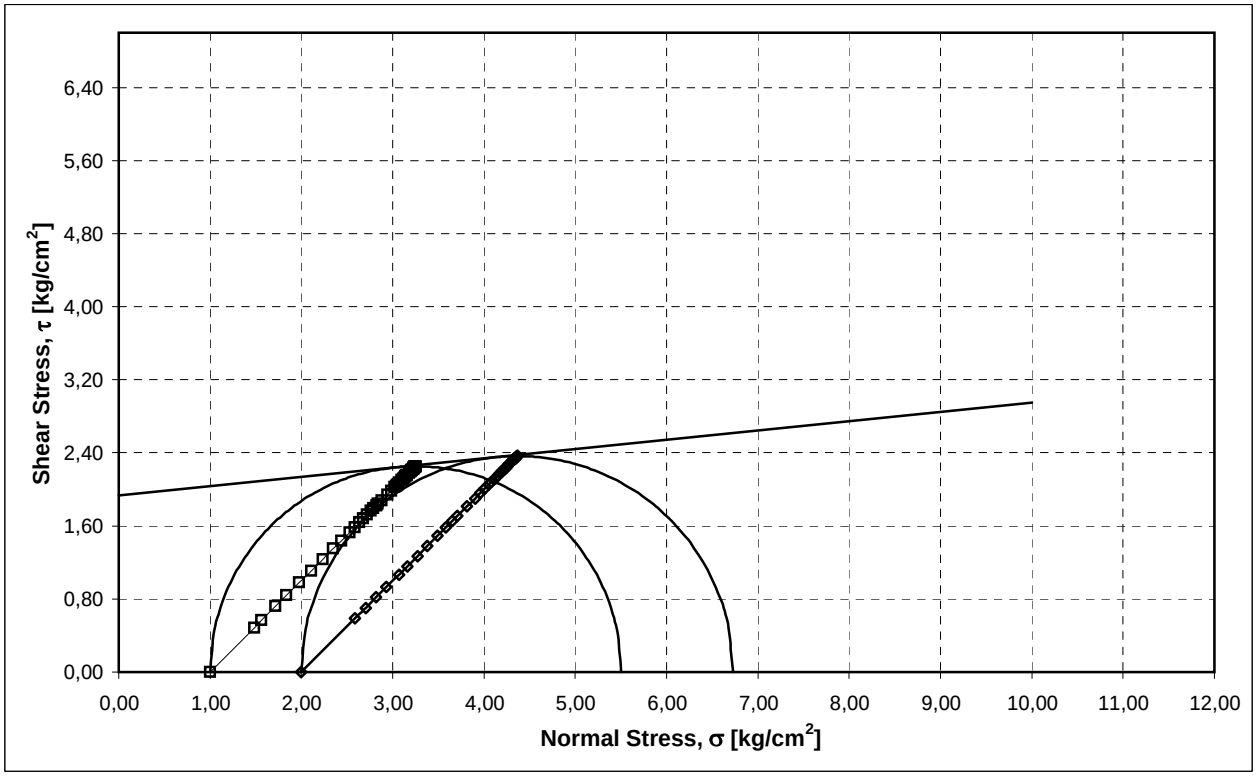
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 2**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**32,00 - 32,50**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	18,773	18,783
Moisture content (%)	36,64	37,65
Dry Density (KN/m^3)	13,74	13,65
Specific Gravity	2,65	2,65
Void Ratio	0,889	0,902
Degree of Saturation (%)	100,00	100,00
Lateral Pressure (KN/m²)	100	200
Deviator Stress (KN/m²)	450,42	473,01
Strain (%)	12,22	13,06

Cohesion, c (kg/m^2)	**1,93**
Internal angle of friction, ϕ (^{0})	**5,83**





PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	15 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			
			UDS Sample		

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 2,00 - 2,50

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	75,77	87,42	78,97
Wt. of dry soil + can [gram]	58,83	64,06	59,22
Wt. of can [gram]	28,19	21,99	23,95
Wt. of wet soil [gram]	47,58	65,43	55,02
Wt. of water [gram]	16,94	23,36	19,75
Wt. of dry soil [gram]	30,64	42,08	35,27
Water content, w %	55,30	55,51	56,00
γ_s [gram/cm^3]	**1,61**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,04**	**55,60**	

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 6,50 - 7,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	87,01	85,45	92,74
Wt. of dry soil + can [gram]	69,77	62,91	68,54
Wt. of can [gram]	39,29	23,08	24,52
Wt. of wet soil [gram]	47,72	62,37	68,22
Wt. of water [gram]	17,24	22,54	24,20
Wt. of dry soil [gram]	30,48	39,83	44,02
Water content, w %	56,56	56,60	54,97
γ_s [gram/cm^3]	**1,62**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,04**	**56,04**	

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 9,50 - 10,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	85,68	89,15	74,12
Wt. of dry soil + can [gram]	69,04	66,97	57,00
Wt. of can [gram]	36,80	24,71	23,77
Wt. of wet soil [gram]	48,88	64,44	50,36
Wt. of water [gram]	16,64	22,18	17,12
Wt. of dry soil [gram]	32,25	42,26	33,23
Water content, w %	51,59	52,49	51,52
γ_s [gram/cm^3]	**1,66**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,09**	**51,87**	

PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

WATER CONTENT DETERMINATION (ASTM D 2216)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Tested date	:	15 Februari 2018
Client	:	PT. Adhi Karya	Tested by	:	Ari
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Checked by	:	Juweni
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan			

UDS Sample

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 12,50 - 13,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	87,92	77,51	65,85
Wt. of dry soil + can [gram]	72,16	59,68	51,84
Wt. of can [gram]	38,48	21,10	20,95
Wt. of wet soil [gram]	49,44	56,42	44,90
Wt. of water [gram]	15,76	17,84	14,01
Wt. of dry soil [gram]	33,68	38,58	30,89
Water content, w %	46,78	46,23	45,37
γ_s [gram/cm^3]	**1,68**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,15**	**46,13**	

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 15,50 - 16,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	89,53	76,64	76,29
Wt. of dry soil + can [gram]	74,06	59,21	58,83
Wt. of can [gram]	39,73	21,91	20,96
Wt. of wet soil [gram]	49,80	54,73	55,33
Wt. of water [gram]	15,47	17,43	17,46
Wt. of dry soil [gram]	34,33	37,30	37,87
Water content, w %	45,07	46,73	46,09
γ_s [gram/cm^3]	**1,69**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,16**	**45,96**	

Borehole : BH - 3
Depth (m) : 36,50 - 37,00

Description	Test by Ring	Test 1	Test 2
Wt. of wet soil + can [gram]	90,62	63,25	63,61
Wt. of dry soil + can [gram]	76,12	52,22	52,73
Wt. of can [gram]	36,00	22,30	21,73
Wt. of wet soil [gram]	54,62	40,96	41,87
Wt. of water [gram]	14,50	11,03	10,87
Wt. of dry soil [gram]	40,12	29,93	31,00
Water content, w %	36,13	36,84	35,08
γ_s [gram/cm^3]	**1,85**	**Average of water content [%]**	
γ_d [gram/cm^3]	**1,36**	**36,02**	

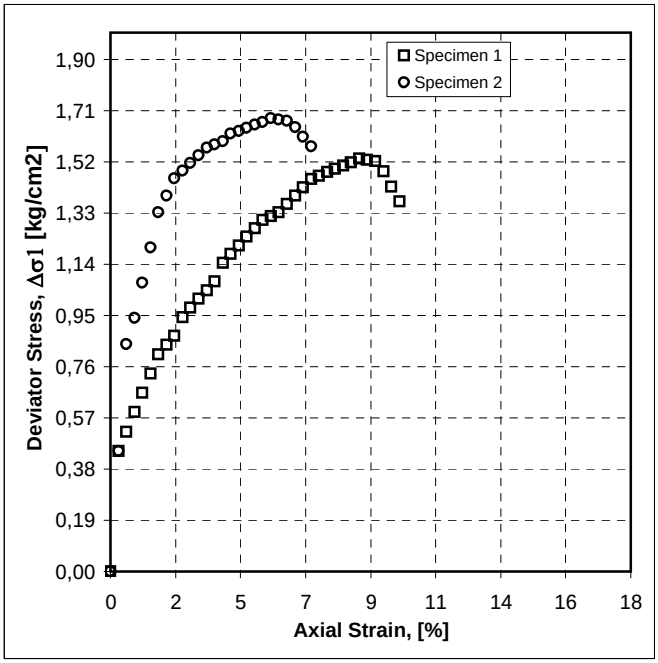
PT. DAYA CREASI MITRAYASA
Design & Engineering Consultants

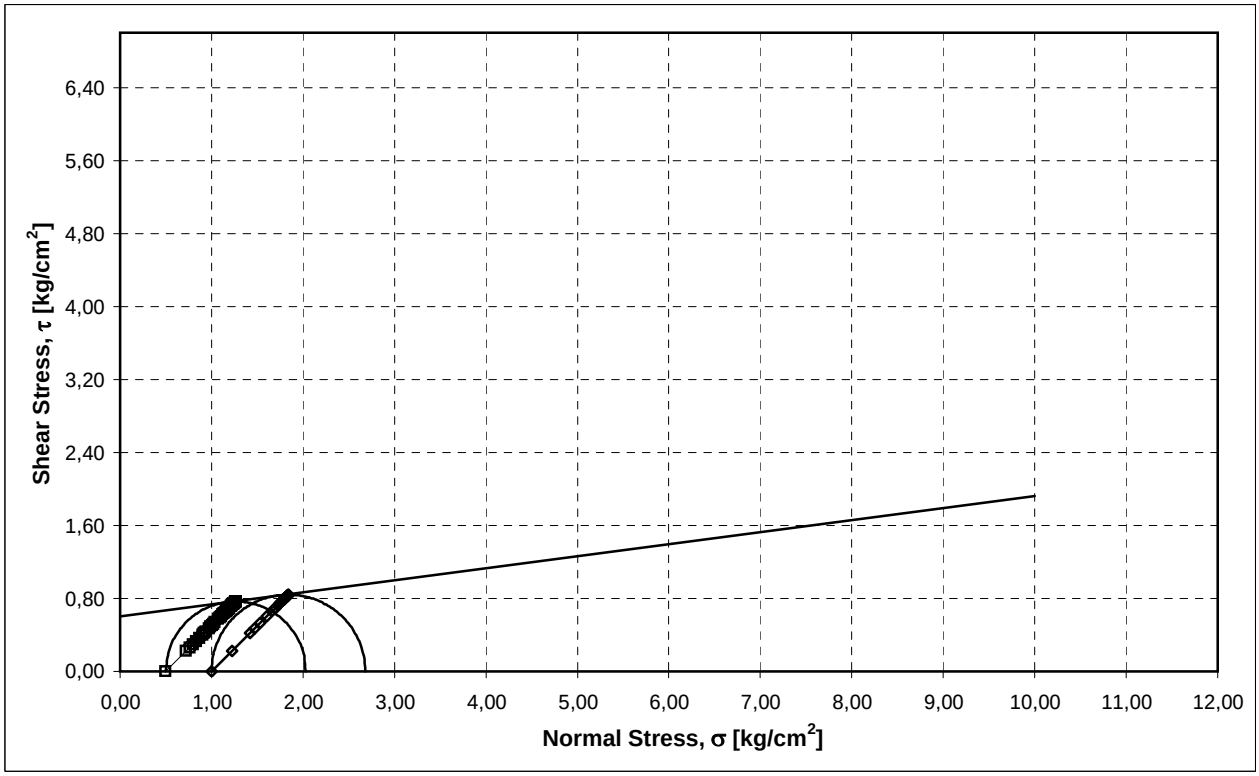
UU TRIAXIAL COMPRESSION TEST (ASTM D 2850)

Project No.	:	DCM.G.18 - 006	Borehole	:	**BH - 3**
Client	:	PT. Adhi Karya	Depth (m)	:	**15,50 - 16,00**
Project	:	**CIKOKO OFFICE**	Tested date	:	19 Februari 2018
Location	:	Jl. MT. Haryono, Pancoran, Jakarta Selatan	Tested by	:	Zaenuri
			Checked by	:	Juweni

Soil Specimen No.	1	2
Bulk Density (KN/m^3)	16,838	16,857
Moisture content (%)	46,75	46,73
Dry Density (KN/m^3)	11,47	11,49
Specific Gravity	2,66	2,66
Void Ratio	1,273	1,270
Degree of Saturation (%)	97,74	97,92
Lateral Pressure (KN/m²)	50	100
Deviator Stress (KN/m²)	153,14	168,11
Strain (%)	8,61	5,56

Cohesion, c (kg/m^2)	**0,61**
Internal angle of friction, ϕ (^{o})	**7,48**





LAPORAN INCLINOMETER
PROYEK MTH 27 OFFICE SUITES

INCLINOMETER READING

Project	: *MTH 27 OFFICE SUITES*	Inclinometer	: **INC 01**
Date of Instalation	:	Base Reading	: 18 Desember 2019
Top Pipe Elevation	:	Inclinometer Depth	: 20 m
Change Equipment	:	GWL	:
Maximum Displacement	:	Elevation @ max displacement	:

Remark:
- Initial base reading di tanggal 18 Desember 2019

Excavation condition:
- Galian sudah dielevasi -± 15 m / galian sudah sampai nol atau lantai kerja

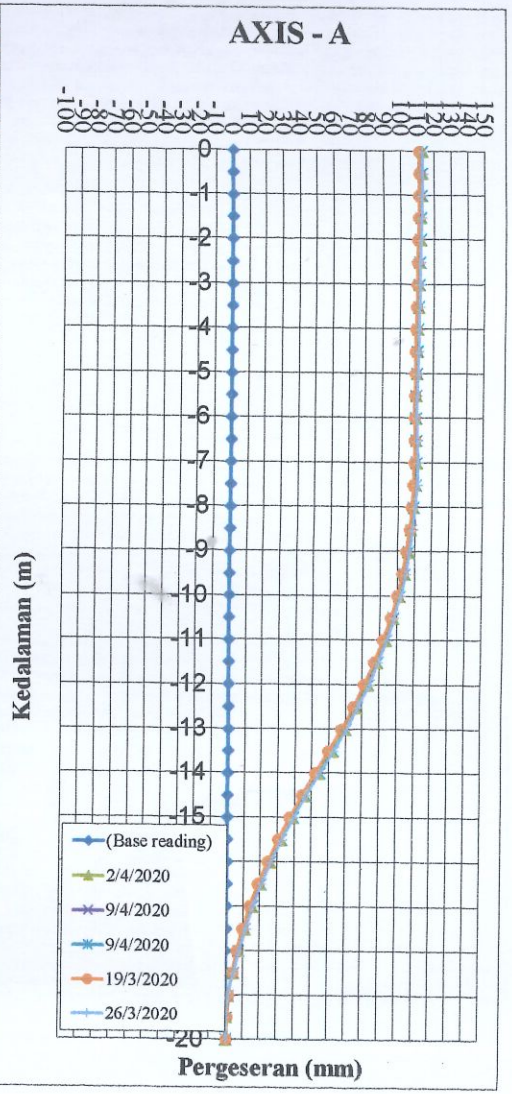
Reading Summaries:
- Pergeseran di -0.00 m s/d -0.50 m sebesar 110.80 mm tanggal 19 Maret 2020
- Pergeseran di -0.00 m s/d -0.50 m sebesar 112.60 mm tanggal 26 Maret 2020
- Pergeseran di -0.00 m s/d -0.50 m sebesar 112.50 mm tanggal 02 April 2020
- **Pergeseran di -0.00 m s/d -0.50 m sebesar 112.40 mm tanggal 09 April 2020**

Dikerjakan Oleh,	Diperiksa Oleh,		Disetujui Oleh,
PT.GHAZINDO MU	PT.ADHI PERSADA GEDUNG		PT.BINA KARYA
Asmoro Budi S	Slamet	Suherman	.....
	QC	PPM	

Tanggal Pekerjaan: 09 April 2020	Dimulai Jam : **05:00 Wib**

Inclinometer No.	: 1
Date	: -
Top Casing Elev.	: -

Depth	#Reading				
	18/12/2019	19/3/2020	26/3/2020	2/4/2020	9/4/2020
	(Base reading)	Pembacaan 14	Pembacaan 15	Pembacaan 16	Pembacaan 17
		Axis A	Axis A	Axis A	Axis A
	mm	mm	mm	mm	mm
0.0	0	110.80	112.60	112.50	112.40
-0.5	0	110.80	112.60	112.50	112.40
-1.0	0	110.60	112.30	112.10	112.00
-1.5	0	110.30	112.00	111.70	111.70
-2.0	0	110.00	111.80	111.40	111.40
-2.5	0	109.80	111.50	111.10	111.00
-3.0	0	109.60	111.30	110.80	110.80
-3.5	0	109.40	111.10	110.60	110.50
-4.0	0	109.20	110.90	110.30	110.20
-4.5	0	109.10	110.70	110.10	110.10
-5.0	0	109.00	110.50	109.90	109.70
-5.5	0	108.90	110.20	109.70	109.50
-6.0	0	108.90	110.20	109.60	109.40
-6.5	0	109.00	110.50	109.80	109.70
-7.0	0	108.90	110.90	110.10	110.10
-7.5	0	108.50	110.70	109.80	109.90
-8.0	0	107.70	109.50	108.70	108.70
-8.5	0	106.50	108.10	107.40	107.40
-9.0	0	104.90	106.70	106.00	106.00
-9.5	0	102.60	104.50	103.80	103.80
-10.0	0	99.70	101.40	100.80	100.90
-10.5	0	96.00	97.90	97.30	97.40
-11.0	0	91.60	93.80	93.10	93.40
-11.5	0	86.50	88.60	88.00	88.30
-12.0	0	80.70	83.60	82.90	83.20
-12.5	0	74.20	76.80	76.10	76.50
-13.0	0	67.20	70.10	69.40	69.80
-13.5	0	59.60	62.50	61.80	62.20
-14.0	0	51.90	54.60	53.90	54.30
-14.5	0	44.20	46.40	45.80	46.20
-15.0	0	37.10	39.30	38.70	39.00
-15.5	0	30.30	32.30	31.80	32.10
-16.0	0	24.20	25.90	25.50	25.70
-16.5	0	18.60	20.50	20.00	20.20
-17.0	0	13.70	15.50	15.10	15.20
-17.5	0	9.70	11.30	11.00	11.00
-18.0	0	6.40	7.60	7.30	7.30
-18.5	0	3.80	4.30	4.20	4.20
-19.0	0	1.70	1.20	1.30	1.30
-19.5	0	0.70	0.20	0.30	0.30
-20.0	0	0.40	0.20	0.20	0.20



LAPORAN INCLINOMETER
PROYEK MTH 27 OFFICE SUITES

INCLINOMETER READING

Project	: *MTH 27 OFFICE SUITES*	Inclinometer	: **INC 02**
Date of Instalation	:	Base Reading	: 18 Desember 2019
Top Pipe Elevation	:	Inclinometer Depth	: 14.5 m
Change Equipment	:	GWL	:
Maximum Displacement	:	Elevation @ max displacement :	

Remark:

- Initial base reading di tanggal 18 Desember 2019
- Initial base reading di tanggal 13 Februari 2020

Excavation condition:

- Galian sudah dielevasi ± - 10 m / galian sudah nol
- Penambahan pipa inclino dari 14,5 m menjadi 17 m

Reading Summaries:

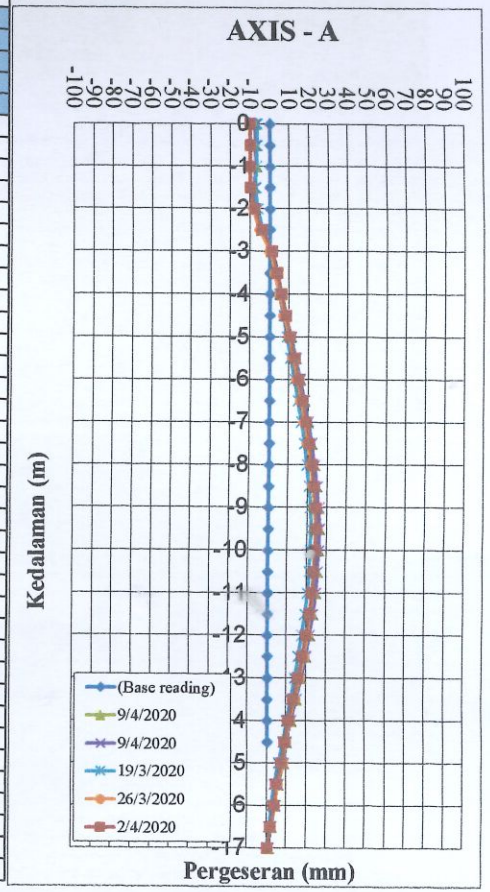
- Pergeseran di -9.50 m sebesar 21.80 mm pada tanggal 19 Maret 2020
- Pergeseran di -9.50 m sebesar 24.30 mm pada tanggal 26 Maret 2020
- Pergeseran di -9.50 m sebesar 24.60 mm pada tanggal 02 April 2020
- **Pergeseran di -9.50 m sebesar 26.20 mm pada tanggal 09 April 2020**

Dikerjakan Oleh, PT.GHAZINDO MU	Diperiksa Oleh, PT.ADHI PERSADA GEDUNG		Disetujui Oleh, PT.BINA KARYA
Asmoro Budi S	Slamet QC	Suherman PPM	.....

Tanggal Pekerjaan: 09 April 2020	Dimulai Jam : **05:30 Wib**

Date : -
Top Casing Elev. : -

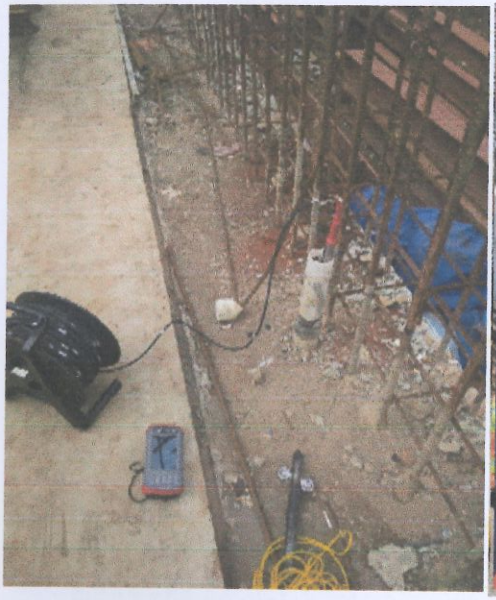
Depth	#Reading				
	18/12/2019	19/3/2020	26/3/2020	2/4/2020	9/4/2020
	(Base reading)	Pembacaan 14	Pembacaan 15	Pembacaan 16	Pembacaan 17
		Axis A	Axis A	Axis A	Axis A
	mm	mm	mm	mm	mm
0.0	0	-6.60	-9.80	-9.90	-7.40
-0.5	0	-6.60	-9.80	-9.90	-7.40
-1.0	0	-7.10	-9.80	-10.00	-7.10
-1.5	0	-7.30	-9.60	-9.70	-8.10
-2.0	0	-6.30	-8.30	-7.60	-7.50
-2.5	0	-3.60	-5.00	-3.90	-4.30
-3.0	0	0.90	0.20	1.20	0.70
-3.5	0	3.10	2.60	3.90	3.30
-4.0	0	5.00	5.00	6.10	5.70
-4.5	0	6.90	7.30	8.40	8.20
-5.0	0	8.80	9.90	10.70	11.00
-5.5	0	10.70	12.00	12.90	13.30
-6.0	0	12.60	14.00	15.00	15.60
-6.5	0	14.50	16.10	17.10	17.80
-7.0	0	16.40	18.00	19.10	19.90
-7.5	0	18.00	19.70	20.70	21.70
-8.0	0	19.30	21.40	22.20	23.40
-8.5	0	20.50	22.70	23.40	24.70
-9.0	0	21.40	23.80	24.30	25.80
-9.5	0	21.80	24.30	24.60	26.20
-10.0	0	21.60	24.20	24.40	26.10
-10.5	0	21.10	23.70	23.70	25.50
-11.0	0	20.20	23.10	22.70	24.60
-11.5	0	19.10	22.00	21.50	23.30
-12.0	0	17.50	20.70	19.80	21.60
-12.5	0	15.80	18.90	18.00	19.70
-13.0	0	14.00	16.70	15.80	17.30
-13.5	0	12.10	14.20	13.40	14.80
-14.0	0	10.10	11.50	10.90	12.10
-14.5	0	8.00	9.40	8.90	9.80
-15.0	0	5.90	8.10	7.40	8.30
-15.5	0	3.80	5.30	4.80	5.50
-16.0	0	2.20	4.10	3.60	4.10
-16.5	0	1.10	2.10	1.80	2.30
-17.0	0	0.40	0.40	0.40	0.90



LAPORAN INCLINOMETER
PROYEK MTH 27 OFFICE SUITES

INCLINOMETER READING

Project	: *MTH 27 OFFICE SUITES*	Inclinometer	: **INC 03**
Date of Instalation	:	Base Reading	: 18 Desember 2019
Top Pipe Elevation	:	Inclinometer Depth	: 15 m
Change Equipment	:	GWL	:
Maximum Displacement	:	Elevation @ max displacement	:



Remark:

- Initial base reading di tanggal 18 Desember 2019

Excavation condition:

- Galian sudah dielevasi -± 12 m / galian sudah nol atau lantai kerja

Reading Summaries:

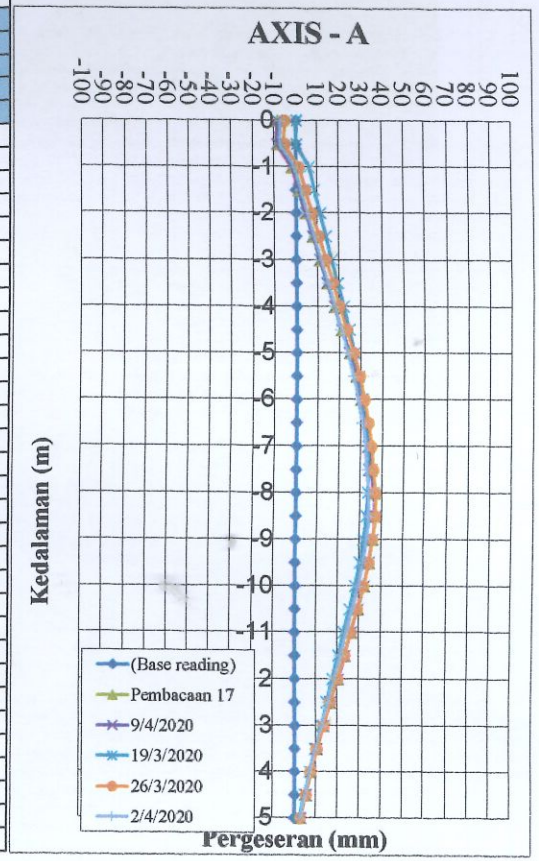
- Pegeseran di -7.50 m sebesar 33.70 mm tanggal 19 Maret 2020
- Pegeseran di -8.50 m sebesar 37.00 mm tanggal 26 Maret 2020
- Pegeseran di -8.50 m sebesar 33.90 mm tanggal 02 April 2020
- **Pegeseran di -8.50 m sebesar 37.00 mm tanggal 09 April 2020**

Dikerjakan Oleh,	Diperiksa Oleh,		Disetujui Oleh,
PT.GHAZINDO MU	PT.ADHI PERSADA GEDUNG		PT.BINA KARYA
GHAZINDO			
Asmoro Budi S	Slamet	Suherman	.....
	QC	PPM	

Tanggal Pekerjaan: 09 April 2020	Dimulai Jam : **04.00 WIB**

Inclinometer No. : 3
Date : -
Top Casing Elev. : -

Depth	#Reading				
	18/12/2019	19/3/2020	26/3/2020	2/4/2020	9/4/2020
	(Base reading)	Pembacaan 14	Pembacaan 15	Pembacaan 16	Pembacaan 17
		Axis A	Axis A	Axis A	Axis A
	mm	mm	mm	mm	mm
0.0	0	0.40	-5.00	-7.10	-8.50
-0.5	0	0.40	-5.00	-7.10	-8.50
-1.0	0	6.20	1.40	-0.80	-2.00
-1.5	0	8.70	4.40	2.20	1.20
-2.0	0	11.30	7.60	5.30	4.60
-2.5	0	14.00	10.80	8.50	7.90
-3.0	0	16.60	14.00	11.60	11.10
-3.5	0	19.30	17.10	14.80	14.30
-4.0	0	21.90	20.20	17.90	17.60
-4.5	0	24.50	23.40	20.90	20.90
-5.0	0	26.70	26.50	23.80	24.50
-5.5	0	28.60	29.30	26.50	27.60
-6.0	0	30.40	31.40	28.60	29.90
-6.5	0	32.10	33.40	30.60	32.00
-7.0	0	33.20	34.80	32.00	33.50
-7.5	0	33.70	35.80	32.90	34.70
-8.0	0	33.40	36.80	33.80	36.20
-8.5	0	32.70	37.00	33.90	37.00
-9.0	0	31.70	35.90	33.00	35.90
-9.5	0	30.10	34.20	31.50	34.30
-10.0	0	28.00	31.80	29.40	32.00
-10.5	0	25.60	29.10	26.90	29.20
-11.0	0	23.00	26.10	24.10	26.20
-11.5	0	20.40	23.20	21.40	23.30
-12.0	0	17.80	20.20	18.60	20.30
-12.5	0	15.10	16.60	15.40	16.50
-13.0	0	12.50	13.60	12.60	13.40
-13.5	0	9.80	10.50	9.70	10.30
-14.0	0	7.30	7.70	7.10	7.60
-14.5	0	4.80	5.40	5.00	5.40
-15.0	0	2.40	2.80	2.60	2.90



LAPORAN INCLINOMETER
PROYEK MTH 27 OFFICE SUITES

INCLINOMETER READING

Project	: *MTH 27 OFFICE SUITES*	Inclinometer	: INC 04
Date of Instalation	:	Base Reading	: 18 Desember 2019
Top Pipe Elevation	:	Inclinometer Depth	: 14.5 m
Change Equipment	:	GWL	:
Maximum Displacement	:	Elevation @ max displacement	:

Remark:

- Initial base reading di tanggal 18 Desember 2019

Excavation condition:

- Galian sudah dielevasi -± 12 m / galian sudah nol atau lantai kerja

Reading Summaries:

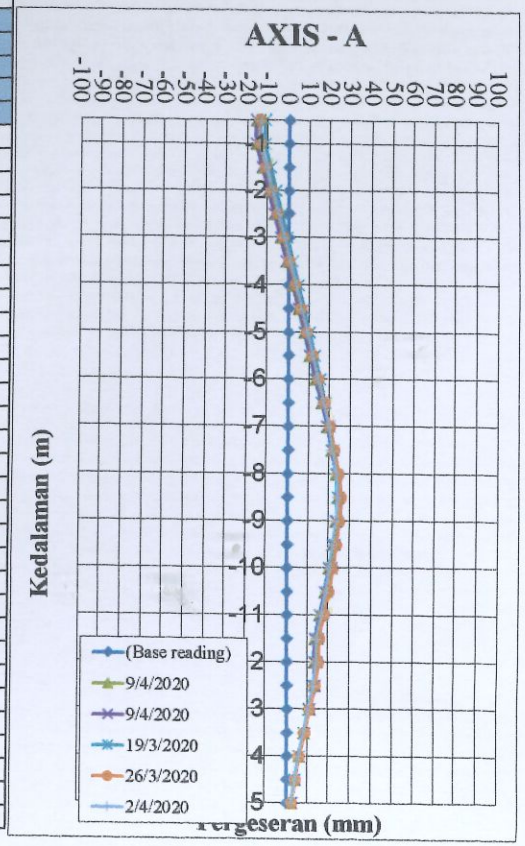
- **Pergeseran di -8.00 m s/d -8.50 mm sebesar 23.70 mm tanggal 19 Maret 2020**
- **Pergeseran di -8.00 m sebesar 25.50 mm tanggal 26 Maret 2020**
- **Pergeseran di -8.00 m sebesar 24.10 mm tanggal 02 April 2020**
- **Pergeseran di -8.00 m sebesar 24.30 mm tanggal 09 April 2020**

Dikerjakan Oleh, PT.GHAZINDO MU	Diperiksa Oleh, PT.ADHI PERSADA GEDUNG		Disetujui Oleh, PT.BINA KARYA
Asmoro Budi S	Slamet QC	Suherman PPM	.....

Tanggal Pekerjaan: 09 April 2020	Dimulai Jam : **04:30 Wib**

Date : -
Top Casing Elev. : -

Depth	#Reading				
	18/12/2019	19/3/2020	26/3/2020	2/4/2020	9/4/2020
	(Base reading)	Pembacaan 14	Pembacaan 15	Pembacaan 16	Pembacaan 17
		Axis A	Axis A	Axis A	Axis A
	mm	mm	mm	mm	mm
0.0	0	-11.60	-14.10	-13.70	-15.80
-0.5	0	-11.60	-14.10	-13.70	-15.80
-1.0	0	-8.90	-11.30	-10.90	-12.90
-1.5	0	-6.20	-8.40	-7.90	-9.90
-2.0	0	-3.50	-5.50	-5.00	-7.00
-2.5	0	-0.80	-2.60	-2.10	-4.00
-3.0	0	2.00	0.30	0.80	-1.10
-3.5	0	4.70	3.20	3.60	1.80
-4.0	0	7.40	6.10	6.30	4.70
-4.5	0	10.10	8.80	9.00	7.40
-5.0	0	12.60	11.50	11.50	10.00
-5.5	0	15.10	14.30	14.10	12.80
-6.0	0	17.50	17.20	16.80	15.80
-6.5	0	19.60	19.90	19.30	18.60
-7.0	0	21.50	22.00	21.10	20.60
-7.5	0	22.90	24.30	23.20	23.10
-8.0	0	23.70	25.50	24.10	24.30
-8.5	0	23.70	24.70	23.10	23.10
-9.0	0	22.70	23.50	21.80	21.70
-9.5	0	21.20	21.90	20.20	19.90
-10.0	0	19.20	19.90	18.40	17.90
-10.5	0	17.00	17.70	16.30	15.70
-11.0	0	14.80	15.50	14.20	13.50
-11.5	0	14.40	15.00	13.90	13.10
-12.0	0	12.70	13.50	12.50	13.40
-12.5	0	10.30	10.80	10.00	10.70
-13.0	0	8.10	8.40	7.80	8.20
-13.5	0	6.00	6.00	5.50	5.80
-14.0	0	4.00	4.10	3.80	4.00
-14.5	0	2.00	2.30	2.20	2.30



2.0 LINGKUP PEKERJAAN

2.1 Lokasi Sumur Uji di Lokasi Pekerjaan

Lokasi sumur uji, *Test Well* dan *Observation Well*, di lokasi pekerjaan adalah seperti terlihat pada **Gambar 2**.

Detail dari *Test Well* dan *Observation Well* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Detail Sumur Uji

Well	Diameter (in)	Depth (m)	Casing Type	Screen Type	Gravel Pack Type (cm)	Screened Zone (m)
TW	6”	20	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 19
OW_1	2”	17	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 16
OW_2	2”	17	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 16
OW_3	2”	17	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 16
OW_4	2”	17	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 16
OW_5	2”	17	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 16
OW_6	2”	19	PVC - AW	Perforated+Nylon Screen	Split 1 – 2	1 – 18

2.2 Pembuatan Sumur Uji

2.2.1 Pembuatan *Test Well* (TW)

Test well (TW), seperti yang terlihat dalam **Gambar 3**, dibuat dengan prosedur berikut:

- Sebelum memulai pekerjaan pengeboran, dilakukan persiapan yang meliputi:
  - Penentuan lokasi titik *Test Well* (TW)
  - Pembuatan bak sirkulasi air di dekat titik *Test Well* (TW); untuk keperluan pengeboran dengan sistem *wash boring*.

- Pembuatan *Test Well* (TW) dilakukan dengan mesin bor berdiameter sekitar 10” sedalam ± 20 meter.

- Setelah pengeboran selesai, pipa *casing* tipe *perforated PVC* berdiameter 6” dimasukkan dan di sekeliling pipa PVC diisi dengan *split*/*gravel pack* sepanjang kedalaman lubang *test well.*

- Dilakukan instalasi kabel listrik beserta panel-panelnya.

- Pompa *submersible* dengan kapasitas terpasang sekitar 100 - 300 liter/menit (tergantung jauh dekatnya tempat pembuangan di lapangan dan Beda Head) diletakkan di dalam pipa *casing*. Pompa diletakkan pada kedalaman 19,5 meter dari permukaan tanah; peletakan pompa ini disesuaikan dengan kebutuhan lapangan.

2.2.2 Pembuatan *Observation Well* ($OW_1 – OW_6$)

Observation well ($OW_1 – OW_6$), seperti yang terlihat dalam **Gambar 4**, dibuat dengan prosedur berikut:

- Sebelum memulai pekerjaan pengeboran, dilakukan persiapan yang meliputi :
  - Penentuan lokasi titik *Observation Well* ($OW_1 – OW_6$)
  - Pembuatan bak sirkulasi air di dekat titik *Observation Well* ($OW_1 – OW_6$); untuk keperluan pengeboran dengan sistem *wash boring*.

- Pembuatan *Observation Well* dilakukan dengan mesin bor berdiameter sekitar 5” sedalam ± 17 meter.

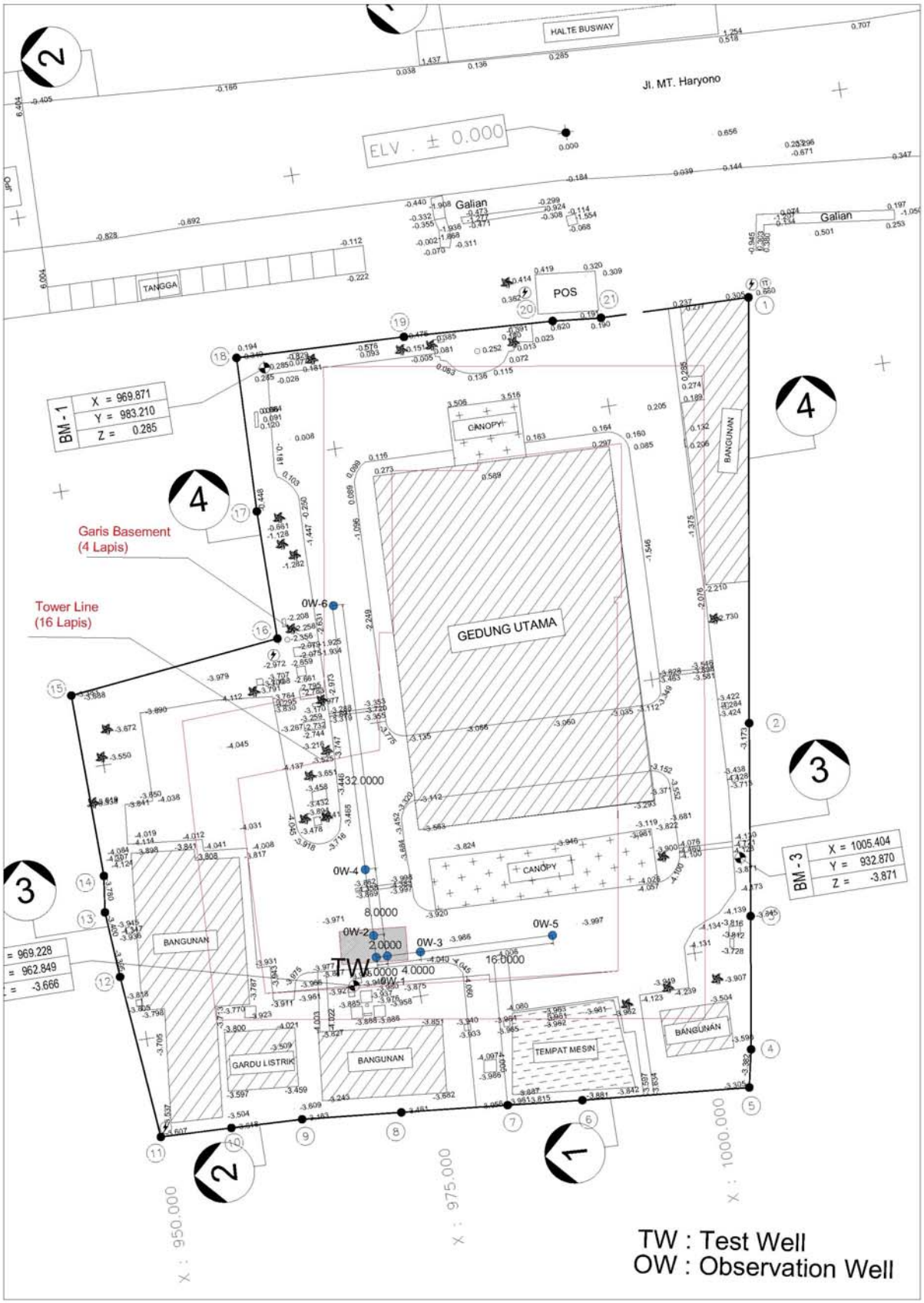
- Setelah pengeboran selesai, pipa *casing* tipe *perforated PVC* berdiameter 3” dimasukkan dan di sekeliling pipa PVC diisi dengan *split*/*gravel pack* sepanjang kedalaman lubang *observation well.*

- Pengukuran elevasi muka air dilakukan dengan cara mengukur kedalaman muka air dari ujung pipa PVC paling tinggi.

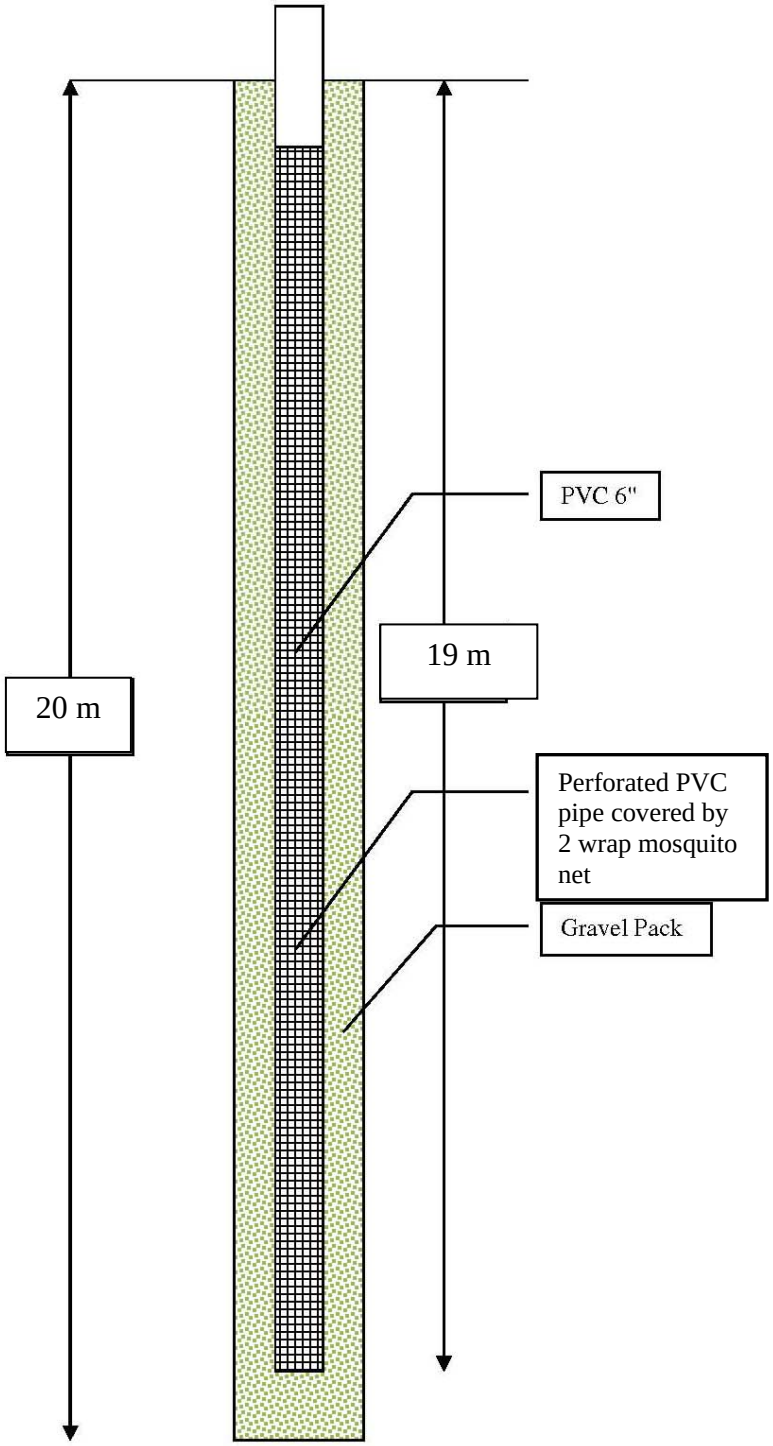
2.3 Pelaksanaan *Pumping Test*

Metode yang digunakan untuk *Pumping Test* adalah *Trial Pumping*, digunakan untuk mendapatkan Debit (Q). Parameter ini digunakan selama *pumping test*, dan berguna untuk menentukan letak dari pompa *submersible* pada waktu *dewatering*.

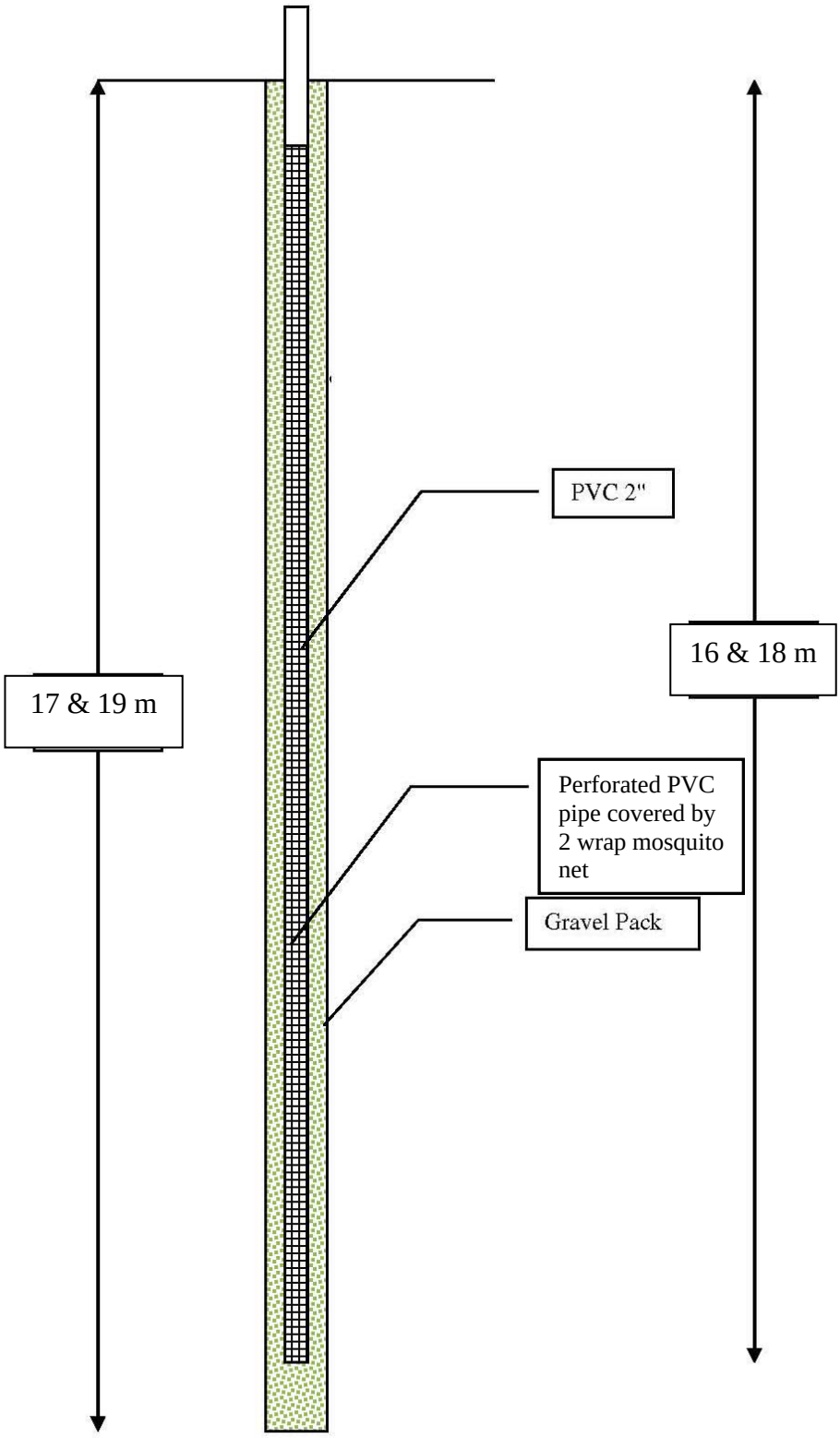
Long Term Pumping Test dilakukan secara terus menerus selama sekitar 72 jam (aktual yang sudah dilakukan adalah sampai ± 4310 menit (≈ 72 jam)). *Recovery Test* dilakukan sampai muka air tanah kembali pada posisi keadaan *initial* sebelum *pumping test* dilakukan dan dibutuhkan waktu ≈ 48 jam. Elevasi muka air yang didapat pada lokasi *Test Well* adalah -16,71 m yang dicapai pada menit ke-4310.



PT. Daya Creasi Mitrayasa	**Lokasi Titik Sumur Uji** Laporan Penyelidikan Tanah Cikoko Office – Jl. MT Haryono No. 27, Cawang, Kramatjati, Jakarta Timur	No. Proyek **DCM.P.18 - 006** Gambar **2**



PT. Daya Creasi Mitrayasa	**Detail Test Well** Laporan Penyelidikan Tanah Cikoko Office – Jl. MT Haryono No. 27, Cawang, Kramatjati, Jakarta Timur	No. Proyek **DCM.P.18 - 006** Gambar **3**



PT. Daya Creasi Mitrayasa	**Detail Observation Well** Laporan Penyelidikan Tanah Cikoko Office – Jl. MT Haryono No. 27, Cawang, Kramatjati, Jakarta Timur	No. Proyek **DCM.P.18 - 006** Gambar **4**

3.0 EVALUASI DATA

3.1 Umum

Kondisi tanah di lokasi proyek dapat dilihat dari *boring log* yang terdapat pada **Lampiran-A**.

3.2 Elevasi Muka Air Tanah

Muka air tanah, pada waktu sebelum pelaksanaan *pumping test*, ditemukan pada kedalaman 1,84m s/d 4,88m di bawah muka tanah setempat. Ini berarti lapisan tanah dangkal dalam kondisi relatif jenuh air sebagian pada saat *pumping test* dilakukan.

Tabel 3.1. Resume Pengamatan Elevasi Muka Air Tanah pada tanggal 22 Februari 2018

Titik	Elevasi muka air [m]
TW	- 2,98
OW_1	- 2,86
OW_2	- 2,86
OW_3	- 2,79
OW_4	- 3,02
OW_5	- 1,84
OW_6	- 4,88

3.3 Hasil *Pumping Test*

Berdasarkan data *Test Well* (TW) dan *Observation Well* (OW_1 – OW_6) yang diperoleh dari *Pumping Test* yang dilakukan selama 3 X 24 jam diperoleh debit air rata-rata sebesar 200,098 liter/menit dengan elevasi muka air tanah tercapai pada kedalaman seperti yang tertera pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2. Data *Test Well* dan *Observation Well*

Deskripsi	TW	OW_1	OW_2	OW_3	OW_4	OW_5	OW_6
Jarak (m)	0	1	2	4	8	16	32
Initial GW Level (m) dari muka tanah	-2,98	-2,86	-2,86	-2,79	-3,02	-1,84	-4,88
Final GW Level (m) dari muka tanah	-16,71	-4,87	-4,11	-3,99	-4,01	-2,64	-5,77
GW Level Max (m) dari muka tanah	-16,71	-4,87	-4,11	-3,99	-4,01	-2,64	-5,77
Drawdown Max (m)	13,73	2,01	1,25	1,20	0,99	0,80	0,89
Drawdown Final (m)	13,73	2,01	1,25	1,20	0,99	0,80	0,89
Recovery Time (menit)	2240	>2870	>2870	>2870	>2870	>2870	>2870

4.0 ANALISIS *PUMPING TEST*

4.1 Formula

Berdasarkan data *Pumping Test* yang dianalisa dengan mengunakan formula JACOB didapatkan *hydrology parameter design* seperti: *Transmissibility* (T), *Storage Coefficient* (Cs), dan *Permeability* (k atau K).

JACOB FORMULA

From δ/log t plot (metric unit):

- $T = \frac{0.26Q}{\Delta\delta}$
- $T = \frac{0.52Q}{\Delta\delta}$
- $K = \frac{T}{B}$

From δ/log r plot (metric unit):

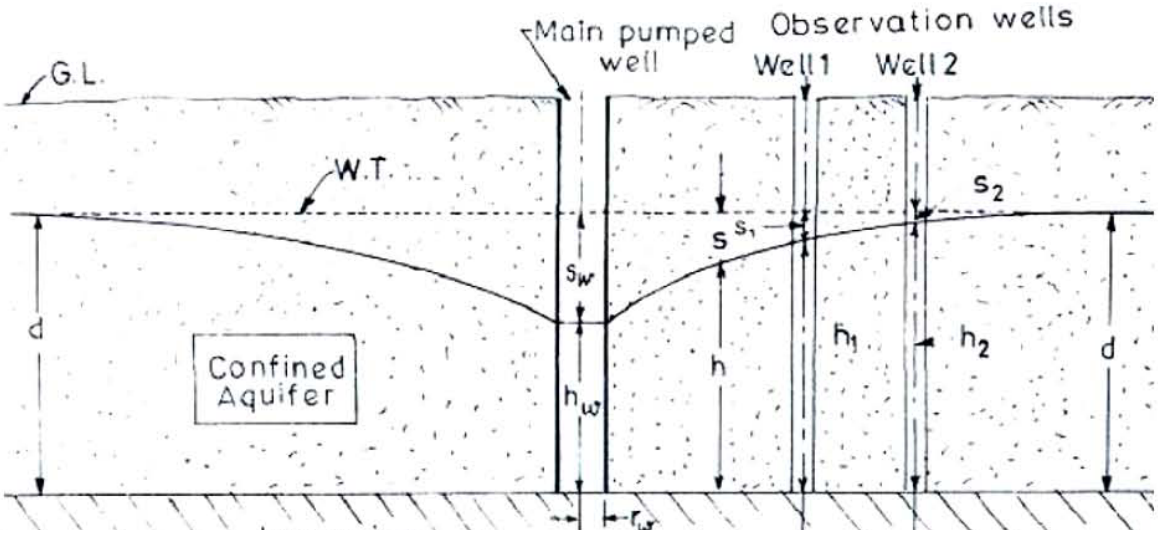
- $Cs = \frac{Tt_o}{640r^2}$
- $Cs = \frac{Tt}{640R_o^2}$
- $Q = \frac{2\pi KB(H - Hw)}{\ln Ro / rw}$

(Construction Dewatering – A guide to theory and Practice page 58, by J. Patrick Powers, P.E)

Dimana:

Q	:	*Discharge pumping*	m^3/day
T	:	*Transmissibility*	m^2/day
Cs	:	*Storage Coefficient*	
K	:	*Permeability*	m/day
t	:	*Time*	min
t_o	:	*Time of Zero drawdown intercept*	min
R	:	*Distance to observation well*	m
R_o	:	*Zero drawdown intercept*	m
δ	:	*Drawdown*	m
Δδ	:	*Drawdown difference per log cycle*	m
B	:	*Aquifer thickness*	m
K	:	*Hydraulic conductivity*	m/sec
H	:	*Piezometric level before pumping*	m
Hw	:	*Groundwater level in the well after pumping*	m
Rw	:	*Radius of the well*	m

THIEM'S EQUILIBRIUM FORMULA



$$Q = \frac{\pi k(h_2^2 - h_1^2)}{2.3\log_{10}(r2/r1)}$$

Q	: *Discharge pumping*	m^3/day
K	: *Permeability*	m/day
r_1, r_2	: *Distance to observation well from test well*	m
h_1, h_2	: *Depth below steady water table to reference datum*	m

4.2 Perhitungan Desain Parameter

4.2.1. Untuk Sumur TW (*Test Well*)

Berdasarkan grafik penurunan muka air terhadap waktu sejak tes dimulai:

Tabel 4.1. Analisis *Drawdown* TW Sejak Dimulai *Pumping Test*

Sumur	$\Delta\delta_i$ (m)	T_i (m^2/sec)
TW	3,14	0,000192
	8,42	0,0000716

Catatan: $\Delta\delta_i$ (m) = penurunan muka air setiap satu siklus logaritma.

Berdasarkan grafik kenaikan muka air terhadap waktu sejak tes dihentikan :

Tabel 4.2. Analisis *Recovery* TW Sejak Pemompaan Dihentikan

Sumur	$\Delta(\delta - \delta')_i$ (m)	T_i (m^2/sec)
TW	2,86	0,00021

Catatan: $\Delta(\delta - \delta')_i$ (m) = kenaikan muka air tanah dalam satu siklus logaritma.

Berdasarkan grafik penurunan sisa (residu) terhadap rasio dari waktu tes dimulai dengan waktu tes dihentikan:

Tabel 4.3. Analisis Residual *Drawdown* TW

Sumur	$\Delta\delta'_i$ (m)	T_i (m^2/sec)
TW	3,02	0,000199

4.2.2. Untuk Sumur OW (*Observation Well*)

Berdasarkan grafik penurunan muka air terhadap waktu sejak tes dimulai:

Tabel 4.4. Analisis *Drawdown* OW_1 – OW_6 Sejak Dimulai *Pumping Test*

Sumur	$\Delta\delta_i$ (m)	T_i (m^2/sec)	Cs_i
OW_1	0,92	0,000655	0,1177
	0,08	0,00753	1,3537
OW_2	0,38	0,00158	0,0224
	0,45	0,00134	0,0189
OW_3	0,42	0,001435	0,0123
	0,58	0,00104	0,0089
OW_4	0,31	0,00194	0,006
	0,52	0,00116	0,0036
OW_5	0,12	0,00502	0,0052
	0,17	0,00355	0,0036
OW_6	0,35	0,00172	0,0004
	0,53	0,00114	0,0002

Berdasarkan grafik kenaikan muka air terhadap waktu sejak tes dihentikan:

Tabel 4.5. Analisis *Recovery* $OW_1 - OW_6$ Sejak Pemompaan Dihentikan

Sumur	$\Delta(\delta - \delta')_i$ (m)	T_i (m^2/sec)	Cs_i
OW_1	0,61	0,000988	0,1191
OW_2	0,19	0,003173	0,0969
OW_3	0,31	0,001945	0,0137
OW_4	0,38	0,001586	0,0041
OW_5	0,08	0,007535	0,0105
OW_6	0,21	0,002871	0,0013

Berdasarkan grafik penurunan sisa (residu) terhadap rasio dari waktu tes dimulai dengan waktu tes dihentikan:

Tabel 4.6. Analisis Residual *Drawdown* $OW_1 - OW_6$

Sumur	$\Delta\delta'_i$ (m)	T_i (m^2/sec)
OW_1	0,55	0,001093
OW_2	0,67	0,000902
OW_3	0,67	0,000904
OW_4	0,16	0,003856
OW_5	0,16	0,003816
OW_6	0,10	0,006309

Berdasarkan grafik penurunan terhadap jarak *observation well* (OW) untuk rentang-rentang waktu pengamatan tertentu (100, 200, 300, 500, 700, 1000, 2000, 2900 dan 4310 menit) untuk jarak sejauh 1 log scale:

Tabel 4.7. Analisis Residual *Drawdown* $OW_1 - OW_6$

Waktu (min)	$\Delta\delta$ (m)	T (m^2/sec)	Cs
100	0,32	0,00383	0,035
200	0,29	0,00416	0,04
300	0,27	0,00447	0,036
500	0,35	0,00344	0,045
700	0,35	0,00344	0,017
1000	0,50	0,00241	0,013
2000	0,70	0,00172	0,017
2900	0,78	0,00155	0,017
4310	0,80	0,00151	0,016

Gambar 5 menunjukkan aliran debit pemompaan terhadap waktu. **Gambar 6** menunjukkan besarnya penurunan muka air tanah pada setiap sumur pengujian terhadap waktu. **Gambar 7** menunjukkan penurunan muka air tanah terhadap jarak untuk setiap waktu tertentu

4.2.3. *Permeability* (k)

Karena lapisan *impermeable* berada di bawah dasar sumur PW, maka analisa nilai parameter *permeability* (k) dilakukan menggunakan Thiem's Equilibrium Formula. Formula Thiem mengasumsukan air mengalir secara horizontal.

Tabel 4.8. Parameter *Permeability* (k)

Q = 0,003335 m3/detik
H PW = 20 m

Well id	PW	OW1	OW2	OW3	OW4	OW5	OW6
well elev. (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
r_i (m)	0,125	1,00	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00
Final GWL (m)	-16,71	-4,88	-4,11	-3,99	-4,01	-2,64	-3,77
h_i (m)	3,29	15,12	15,89	16,01	15,99	17,36	16,23
Well id	**Permeability, k (m/sec)**						
OW1				5,306E-05		4,041E-05	
OW2					4,611E-04		2,692E-04
OW3						3,263E-05	
OW4							1,901E-04
OW5							
OW6							
Average Permeability	1,744E-04						

Lampiran-B memperlihatkan analisis *pumping test* dan hasil analisa.

5.0 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

- Elevasi muka air tanah berada pada rentang -1,84m hingga -4,88m dari muka tanah eksisting pada masing-masing sumur pengujian.

- Kapasitas pompa saat digunakan adalah 100 - 300 liter/menit, dengan tujuan dapat menurunkan muka air tanah sampai ±15m di bawah muka tanah eksisting. Pompa berada pada kedalaman 19,5m, dengan kemampuan pompa rata-rata adalah 200,098 liter/menit. Muka air tanah pada *Test Well* berhasil diturunkan hingga mencapai kedalaman -16,71m.

- Tipe akuifer yang ada cenderung merupakan tipe *Mixed Aquifer*.

- Hasil analisa dari *Pumping Test* menunjukkan bahwa parameter hidrogeologi untuk sistem *dewatering* adalah sebagai berikut:

Parameter	Rentang (min – max)
T [m^2/sec]	0,00007 s/d 0,00754
Cs [dimensionless]	0,0002 s/d 1,3537
K [m/sec]	1,744E-04
R_o [m]	**± 120,09**

5.2 Rekomendasi

- Apabila terdapat saluran drainase/tampungan air di dekat lokasi, ini harus diperhatikan untuk pemodelan di saat perencanaan *dewatering*, karena akan selalu ada suplai air.

- Selama pekerjaan penggalian, perlu diusahakan agar elevasi muka air tanah terdapat sekitar ± 1.00 meter di bawah elevasi terdalam dari penggalian.

- Untuk mereduksi jumlah pompa dan stabilitas galian hendaknya dilakukan sistem proteksi galian yang dapat menghambat air masuk ke dalam galian.

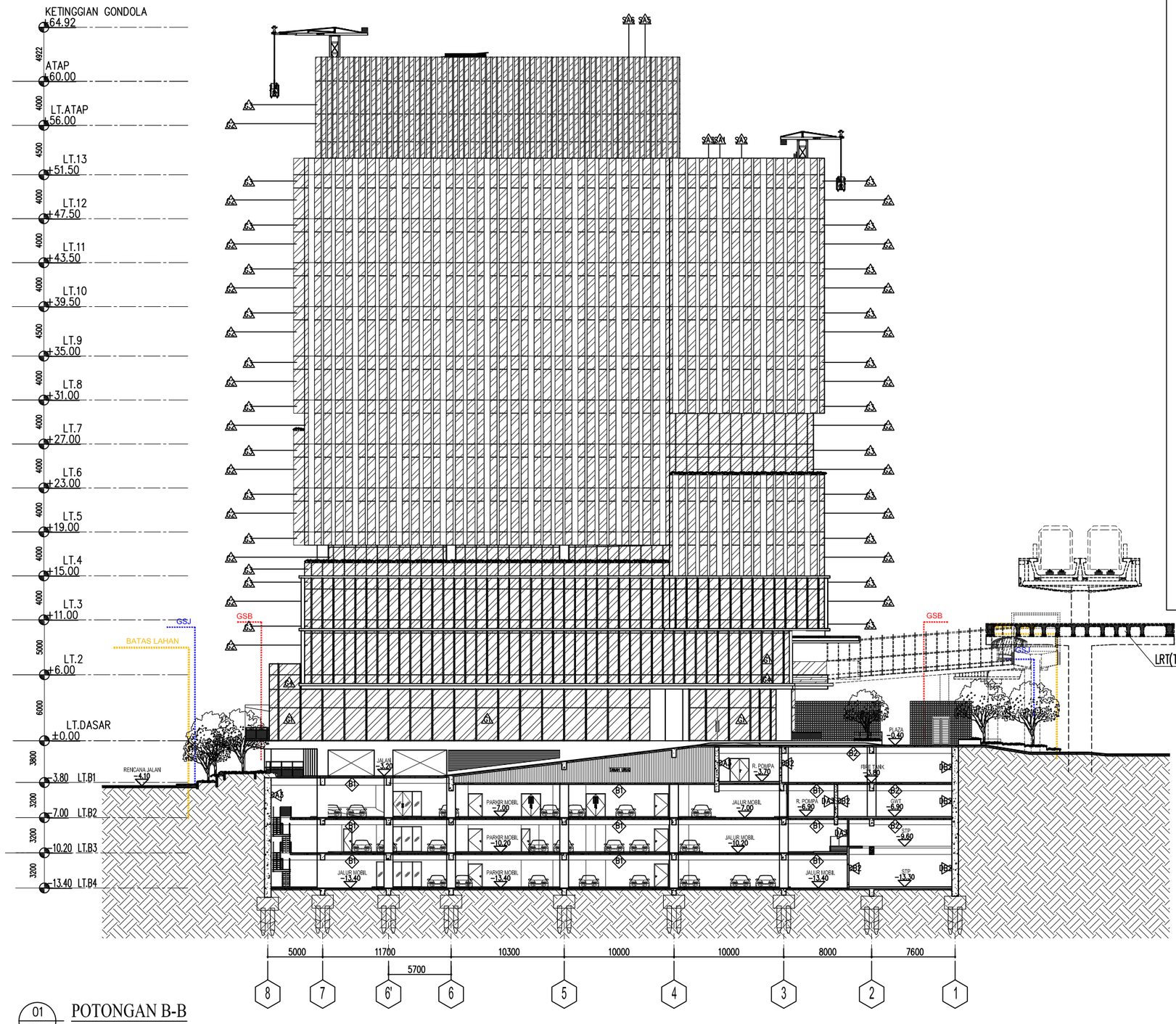
- Tinggi rendahnya muka air tanah juga bergantung pada musim dan waktu dimana masyarakat sekitar melakukan atau tidak melakukan aktifitas, oleh karena itu diperlukan *monitoring* berkala dengan

menggunakan beberapa *geotechnical instrumentations* seperti *piezometer* atau *standpipe*, inclinometer, dan *settlement plate* untuk memonitor fluktuasi air tanah, pergerakan lateral dan vertikal dari tanah akibat *dewatering* maupun naiknya muka air tanah.

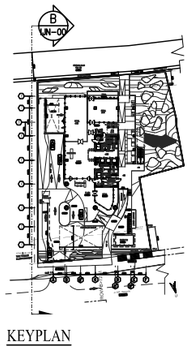
- Selama pekerjaan *dewatering*, kontraktor wajib memperhatikan masalah lingkungan karena penurunan muka air tanah yang cukup signifikan dalam waktu yang singkat dapat menyebabkan terjadinya penurunan tanah yang mungkin berdampak pada bangunan dan infrastruktur sekitar yang menggunakan pondasi dangkal.

- Bila penurunan muka air tanah pada *radius of influence* (jari-jari pengaruh) yang bersangkutan dengan pekerjaan *dewatering* diperkirakan dapat melebihi perubahan elevasi rata-rata muka air tanah pada dua musim yang berbeda, dapat digunakan *recharging well* untuk mengurangi kemungkinan permasalahan penurunan tanah akibat pemompaan air/*dewatering*.

- Pada musim penghujan, bila ada debit air yang berasal dari lokasi proyek dan dari penduduk sekitar, pada saat *dewatering* perlu dipikirkan untuk melakukan pengalihan saluran dari penduduk supaya tidak mengganggu pekerjaan.



01 IJN/238/IM/17 **POTONGAN B-B**
SKALA 1 : 200



02 IJN/238/IM/17 KEYPLAN
SKALA NTS

LEGENDA

FINISHING DINDING

- G1 KACA SUNERGY CLEAR #2 T:8MM + A12(AIR) + CLEAR T:6mm + RANGKA ALUMUNIUM BACK MULLION
- G2 KACA SUNERGY BLUE GREEN #2 T:8MM + A12(AIR) + CLEAR T:6mm + RANGKA ALUMUNIUM BACK MULLION
- G3 KACA SUNERGY BLUE GREEN #2 T:8MM + RANGKA ALUMUNIUM BACK MULLION + BACK PANEL
- G4 KACA INDOFLOT CLEAR #2 T:8MM + RANGKA ALUMUNIUM BACK MULLION + BACK PANEL
- FT1 DINDING BATA RINGAN PLESTER FINISH CLAY FLEXY TILE TIPE A
- FT2 DINDING BATA RINGAN PLESTER FINISH CLAY FLEXY TILE TIPE B
- M2 DINDING BATA RINGAN FINISH MARMER APPREGIANTE GREY
- M3 DINDING BATA RINGAN FINISH MARMER IMPOR TYPE C
- BR BATA ROSTER 200X200X100MM
- DB2 BETON WATERPROOFING INTEGRAL+FINISH EPOXY NON TOXIC
- DA1 DINDING BATA RINGAN PLESTER ACI FINISH BY TENANT
- DA3 DINDING BATA RINGAN/BETON 100 MM PLESTER ACI FINISH CAT INTERIOR WASHABLE 1,5 M DARI LANTAI, SISA FINISH CAT PUTIH
- SA1 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 100x550mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA2 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 100x350mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA3 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 100x200mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA4 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 300x100mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA5 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 200x100mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA6 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 150x100mm FIN. POWDER COATING WARNA PUTIH
- SA7 SIRIP ALUMINIUM VERTIKAL 300X100mm FIN. POWDER COATING WARNA BRUSHED GOLD
- SA8 SIRIP ALUMINIUM HORIZONTAL 500X200mm FIN. POWDER COATING WARNA DARK GREY

FINISHING PLAFON

- B1 BETON EXPOSED + FAIR FACE FINISH CAT INTERIOR
- B2 BETON WATERPROOFING INTEGRAL + FINISH EPOXY NON TOXIC
- B3 BETON WATERPROOFING INTEGRAL + ROCKWOOL INSULATION
- C1 GYPSUM BOARD 12 MM FIN.CAT + RANGKA METAL FURING +SHADOW LINE 10 MM
- GW GLASS REINFORCED GYPSUM
- WR WR GYPSUM BOARD 9 MM FIN.CAT + RANGKA METAL FURING +SHADOW LINE 10 MM

KETERANGAN

LEGENDA SIMBOL :

- JARAK BEBAS
- GSJ
- GSB
- BATAS LAHAN

NO.	REVISI	TANGGAL	PARAF

PROYEK

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV 27

PEMILIK/PENGEMBANG

PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
Jalan Pengantin A6 No. 88, Ciracas, Jakarta Timur, 13740

MANAJEMEN KONSTRUKSI

PT. BINA KARYA (Persero)
Consulting & Development Partner
JL. R. PANGERAN KAV. NO. 12 PANCORAN JAKARTA 12870
PHONE: (021)7976445 (HUNTING) 7975155 FAX: (021) 7197490

KONSULTAN ARSITEK

indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp : (021) 5401054

KONSULTAN STRUKTUR

PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Ruko Grand Aries Niaga
Jl. Raya Taman Aries Blok E-1 No. 5A-B
Meruya Utara - Jakarta Barat 11620
ph. 2931 9262/63/64 fax. 2931 9265

KONSULTAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL

PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL.RAWAJATI BARAT.B/33 KALIBATA TIMUR.JAKARTA 12750
TELP: (021) 7976775,7932853,7994659 FAX : (021) 7952003
E-mail : matrik@majmass.co.id & majmassmitra@yahoo.co.id

KONSULTAN BIAYA

PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultant
MTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav 10. Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : info@arthareka.com

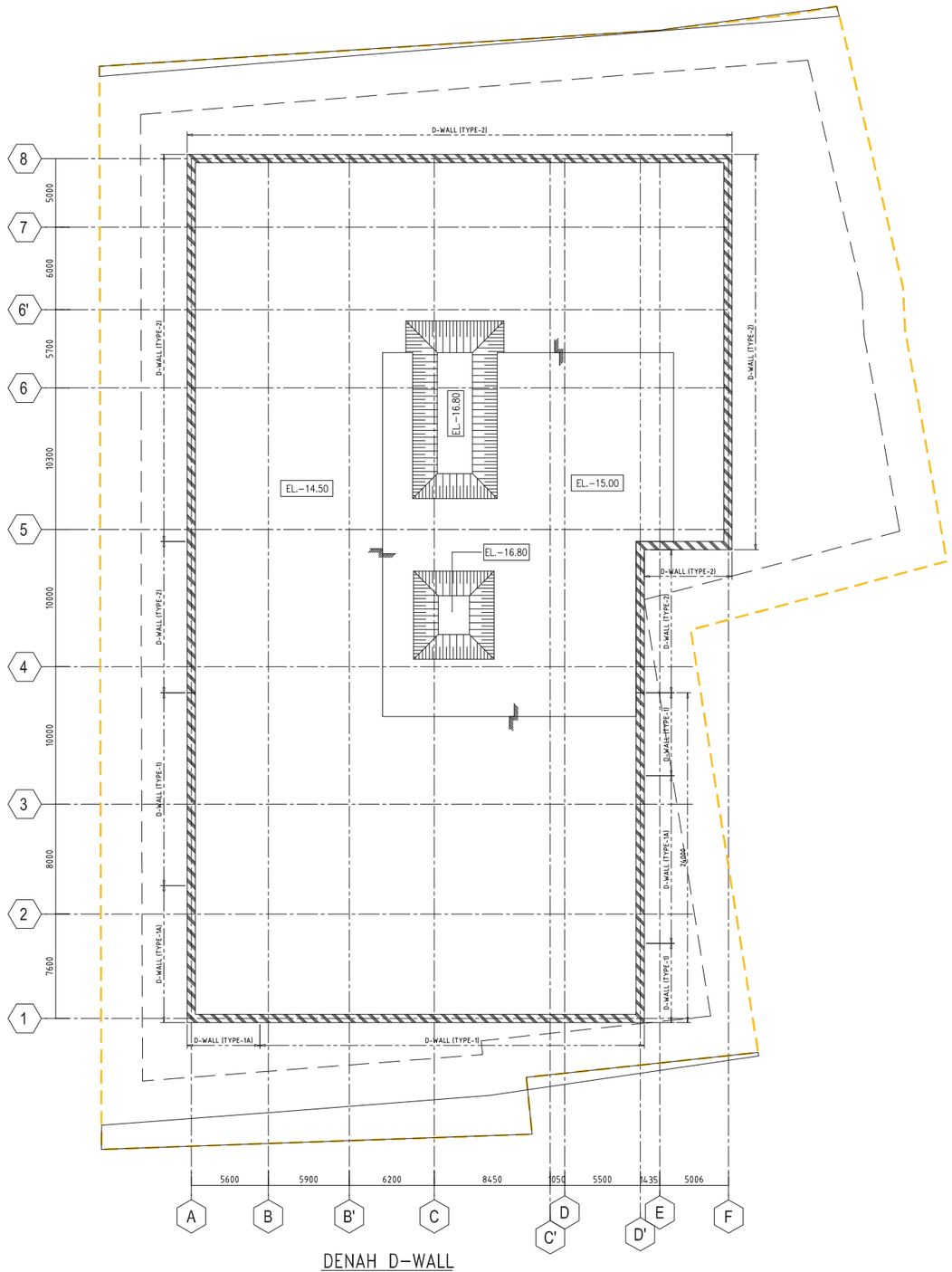
JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B

DIGAMBAR :	DIPERIKSA :	SKALA A3: 1 : 400 / SKALA A1: 1 : 200
TANGGAL: 01/03/2019	DISETUJUI :	NO. REVISI: R - 00

NO. PROYEK	NO. GAMBAR
237/IM/17	ARS/238/IM/OCCA/ AR-01-17

D:\002-B-Private & Project Sample\25-MTH Project\PART 02\02-EDIT\CAD MTH 19.03.2019-For Cons
Drawing AR ST ME\2. FORCONT ARS\2. FORCONT ARS 2019 03 19\MTH 27 DD SOIL 280219\AR-01 - DENAH



DENAH D-WALL
SKALA 1 : 200

PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
Jalan Pengantin Ali No. 88, Ciracas,
Jakarta Timur, 13740

CATATAN

LEGENDA SIMBOL :

- SEMUA UKURAN, JARAK & ELEVASI HARUS MENGACU JUGA KE GAMBAR ARSITEK & ME
- MUTU BESI BETON :
  * D (ULIR) = BJTD 42 : fy = 420 MPa
  * D (POLOS) = BJTD 28 : fy = 280 MPa
- MUTU BETON :
  * D-WALL + CAPPING BEAM : f'c = 25 MPa

NO	PERBAIKAN	TGL	PARAF

PROYEK :

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV.27
KELURAHAN CAWANG
KECAMATAN KRAMAT JATI
KOTA JAKARTA TIMUR

PEMOHON :
PT. ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
JALAN PENGANTIN ALI NO 88, CIRACAS
JAKARTA TIMUR 13740

ANGGA ADHIGUNA
PROJECT MANAGER PROPERTY

PERENCANA :
indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp. (021) 54010154

KONSULTAN STRUKTUR :
PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Roko Grand Arles Niaga
Jl. Raya Taman Arles Blok E-1 No. 5A-B
Menuju Utara - Jakarta Barat 11520
ph. 2931 9262/63/64 fax. 2931 9265

STRUKTUR IPTB :

EURICKY EDUARDO TANUWIDJAJA , M.Sc.
Nomor 43/C.40/31.73/-1.785.5/2018

Ir. SINDHU RUDIANTO, MSc.
Nomor 03/C.40.1/31.73/-1.785.5/2019

PEMEGANG IPTB WAJIB MEMATUHI PERATURAN GUBERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NOMOR 132 TAHUN 2007 TENTANG IZIN PELAKU TEKNIS BANGUNAN

KONSULTAN M E :
MATRIK
PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL.RAWAJATI BARAT.E/33 KALIBATA TIMUR,JAKARTA 12750
TELP. (021) 7980175,7983083,7984459 FAX : (021) 7983083
E-mail : mmtk@indosat.co.id & malmassmitra@yahoo.co.id

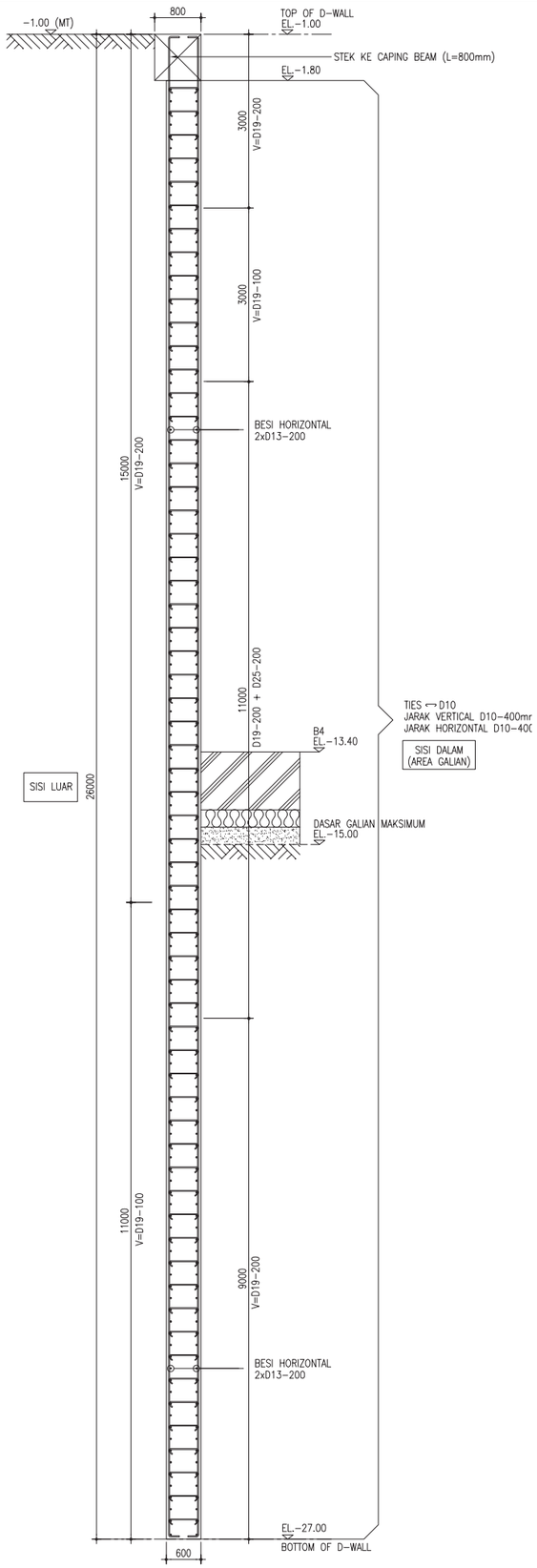
KONSULTAN Q S :
PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultant
MTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav 10, Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : Info@arthareka.com

NAMA GAMBAR :

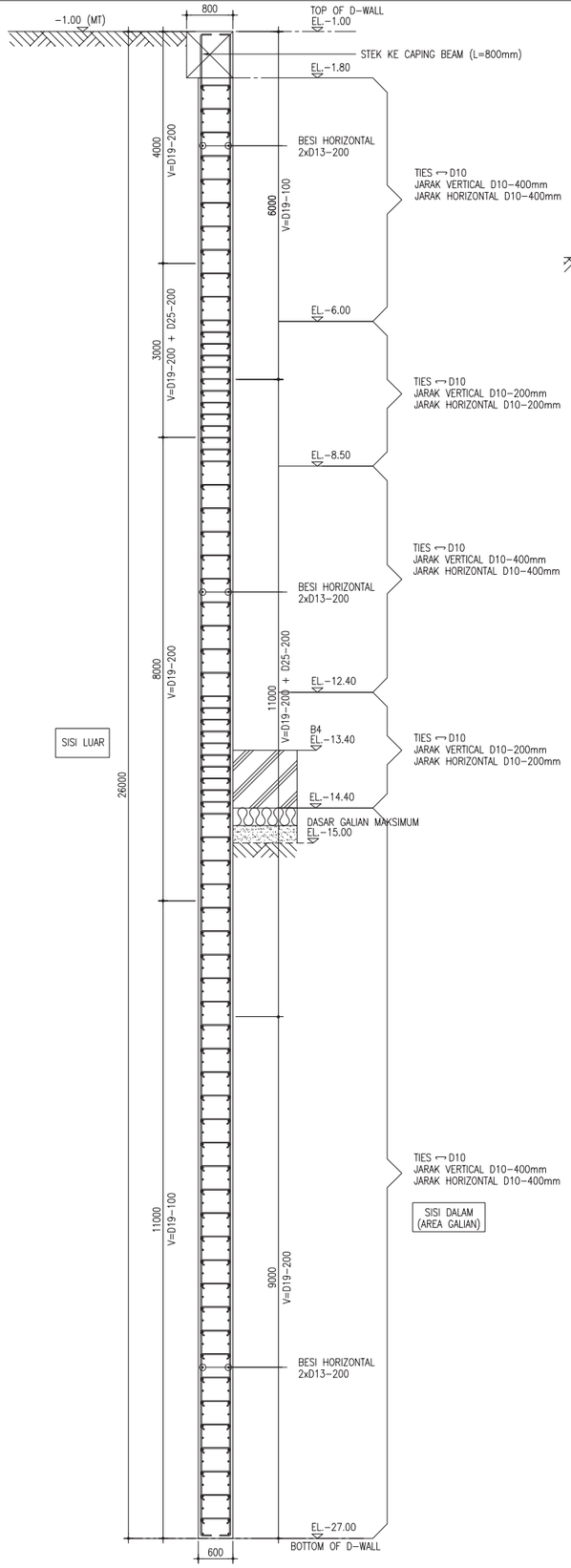
DENAH D-WALL

SKALA	DIGAMBAR		TGL	
	DIPERIKSA		TGL	
	DISETUJUI		TGL	

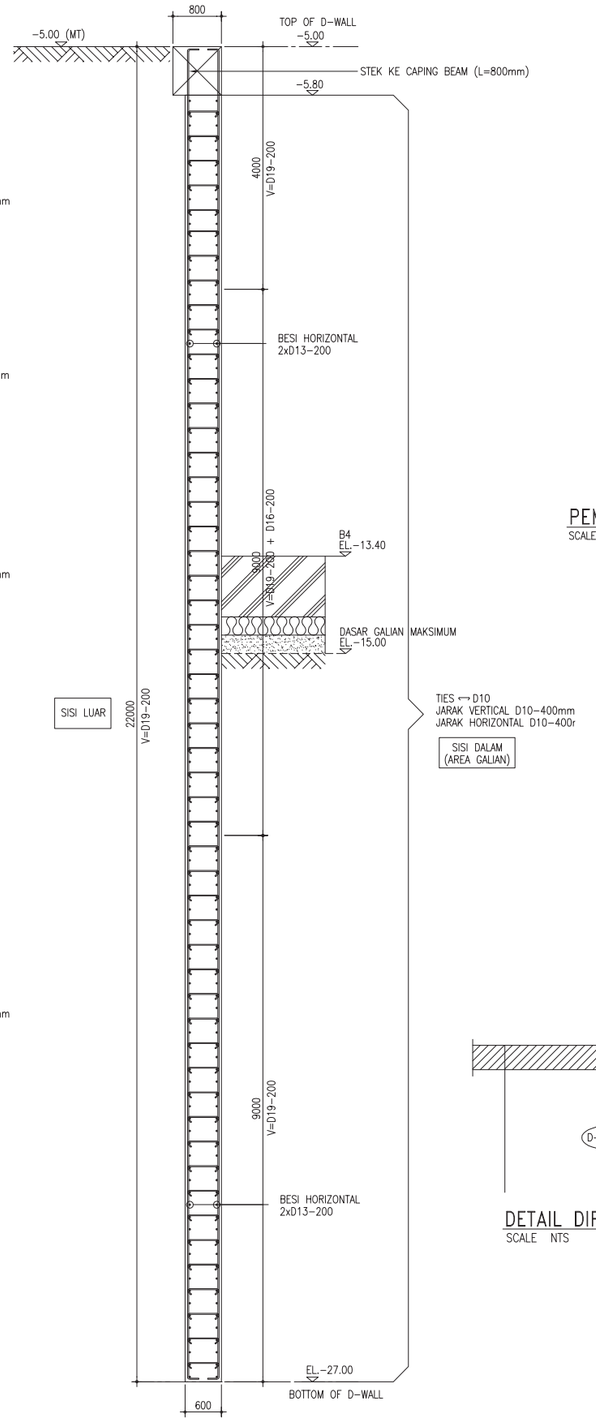
DIKELUARKAN UNTUK	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
TABG - SG (STRUKTUR BAWAH)		SE-01
TANGGAL: FEBRUARI 2019		REV : 00



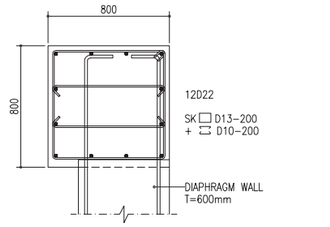
DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-1
SCALE 1:50



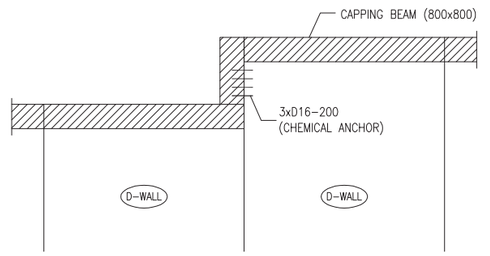
DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-1A (AREA STP & R. GENSET)
SCALE 1:50



DETAIL PEMBESIAN D-WALL TYPE-2
SCALE 1:50



PEMBESIAN CAPING BEAM (fc=25 Mpa)
SCALE 1:20



DETAIL DIFFERENT LEVEL AT CAPPING BEAM
SCALE NTS

PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
Jalan Pengantin Ali No. 88, Ciracas,
Jakarta Timur, 13740

CATATAN

LEGENDA SIMBOL :

- SEMUA UKURAN, JARAK & ELEVASI HARUS MENGACU JUGA KE GAMBAR ARSITEK & ME
- MUTU BESI BETON :
  * D (ULIR) = BJTD 42 : fy = 420 MPa
  * D (POLOS) = BJTD 28 : fy = 280 MPa
- MUTU BETON :
  * D-WALL + CAPPING BEAM : f'c = 25 MPa

NO	PERBAIKAN	TGL	PARAF

PROYEK :

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV.27
KELURAHAN CAWANG
KECAMATAN KRAMAT JATI
KOTA JAKARTA TIMUR

PEMOHON :

PT. ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
JALAN PENGANTIN ALI NO 88, CIRACAS
JAKARTA TIMUR 13740

ANGGA ADHIGUNA
PROJECT MANAGER PROPERTY

PERENCANA :

indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp. (021) 54010154

KONSULTAN STRUKTUR :

PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Roko Grand Arles Niaga
Jl. Raya Taman Arles Blok F-1 No. 5A-B
Menuju Utara - Jakarta Barat 11620
ph. 2931 9262/63/64 fax. 2931 9265

STRUKTUR IPTB :

EURICKY EDUARDO TANUWIDJAJA , M.Sc.
Nomor 43/C.40/31.73/-1.785.5/2018

Ir. SINDHU RUDIANTO, MSc.
Nomor 03/C.40.1/31.73/-1.785.5/2019

PEMEGANG IPTB WAJIB MEMATUHI PERATURAN GUBERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NOMOR 132 TAHUN 2007 TENTANG IZIN PELAKU TEKNIS BANGUNAN

KONSULTAN M E :

PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL.RAWAJATI BARAT 9/53 KALIBATA TIMUR,JAKARTA 12750
TELP: (021) 7988775/7912993,7984020 FAX : (021) 7993203
E-mail : malk@indosat.co.id & malmassmm@yahoo.co.id

KONSULTAN Q S :

PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultant
NTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav 10, Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : info@arthareka.com

NAMA GAMBAR :

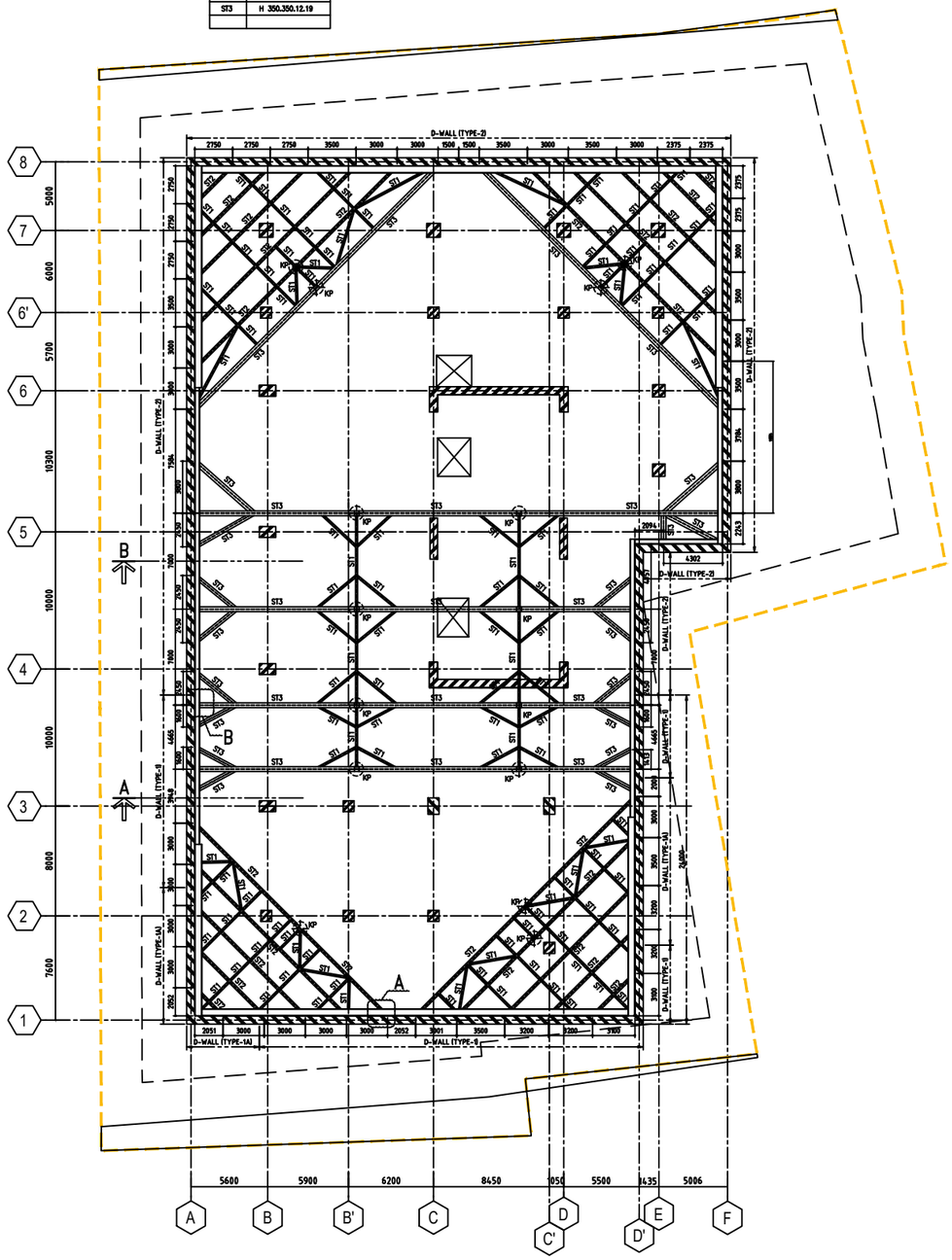
DETAIL PEMBESIAN D-WALL
TYPE - 1, 1A & TYPE - 2

SKALA	DIGAMBAR		TGL	
	DIPERIKSA		TGL	
	DISETUJUI		TGL	

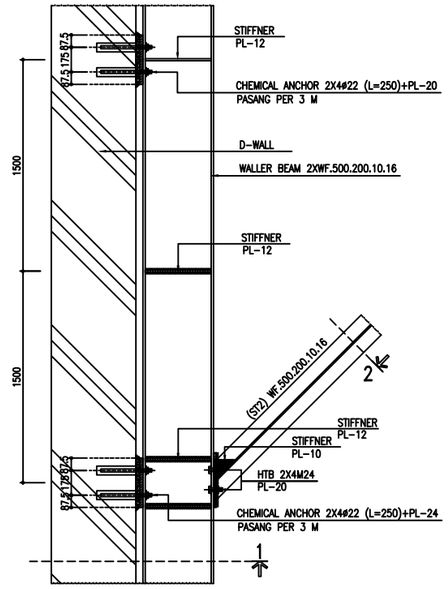
DIKELUARKAN UNTUK	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
TABG - SG (STRUKTUR BAWAH)		SE-01A
TANGGAL : FEBRUARI 2019		REV : 00

DAFTAR UKURAN

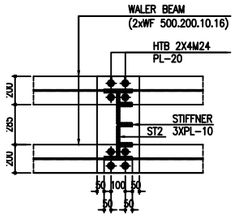
TIPE	UKURAN
KP	H 350.350.12.19
ST1	WF 300.150.6,5.9
ST2	WF 500.200.10.16
ST3	H 350.350.12.19



DENAH STRUTTING D-WALL
SKALA 1 : 200



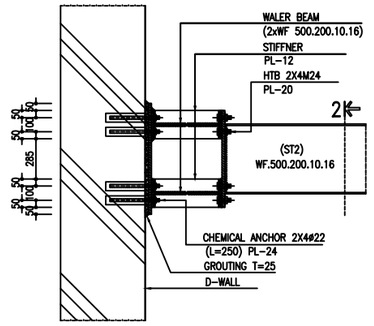
DETAIL –A



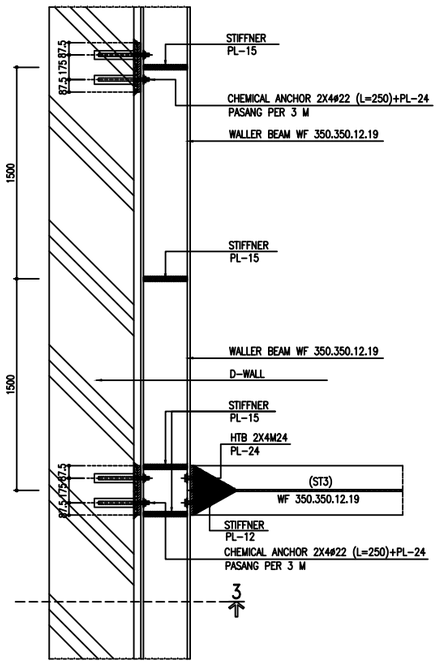
POTONGAN –2
SKALA 1 : 20

DAFTAR UKURAN

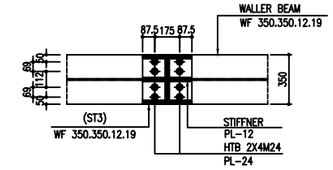
TIPE	UKURAN
KP	H 350.350.12.19
ST1	WF 300.150.6,5.9
ST2	WF 500.200.10.16
ST3	H 350.350.12.19



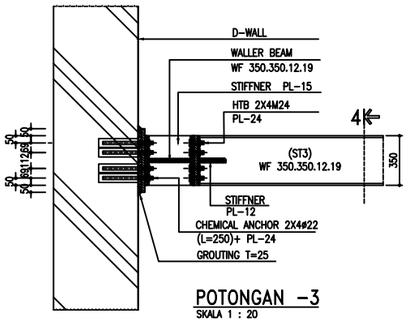
POTONGAN –1
SKALA 1 : 20



DETAIL –B
SKALA 1 : 20



POTONGAN –4
SKALA 1 : 20



POTONGAN –3
SKALA 1 : 20

CATATAN

LEGENDA SIMBOL :

– SEMUA UKURAN, JARAK & ELEVASI HARUS MENGACU JUGA KE GAMBAR ARSITEK & ME

NO	PERBAIKAN	TGL	PARAF
01	FOR INFORMATION	12-02-18	

PROYEK :

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV 27
KELURAHAN CAWANG
KECAMATAN KRAMAT JATI
KOTA JAKARTA TIMUR

PEMOHON :

PT. ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
JALAN PENGANTIN ALI NO 88, CIRACAS
JAKARTA TIMUR 13740

ANGGA ADHIGUNA
PROJECT MANAGER PROPERTY

PERENCANA :

indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp. (021) 5401054

KONSULTAN STRUKTUR :

PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Ruko Grand Aries Niaga
Jl. Raya Taman Aries Blok E-1 No. 5A-B
Meruya Utara - Jakarta Barat 11620
ph. 2931 9382/6364 fax. 2931 9265

STRUKTUR IPTB :

EURICKY EDUARDO TANUWIDJAJA, M.Sc.
Nomor 43/C.40/31.73/-1.785.5/2018

PEMEGANG IPTB WAJIB MEMATUHI PERATURAN GUBERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NOMOR 132 TAHUN 2007 TENTANG IZIN PELAKU TEKNIS BANGUNAN

KONSULTAN M E :

PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL.RAWAJATI BARAT.S33 KALIBATA TIMUR,JAKARTA 12750
TELP (021) 7985775,7982851/7940934 FAX : (021) 7983893
E-mail : mamk@malmass.co.id & malmassmtp@yahoo.co.id

KONSULTAN Q S :

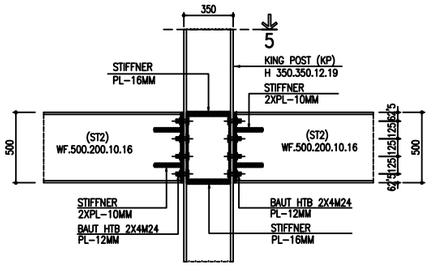
PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultant
MTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav. 27 Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : info@arthareka.com

NAMA GAMBAR :

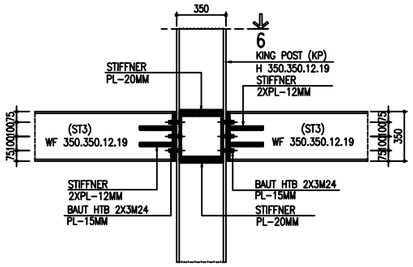
DENAH STRUTTING

SKALA				
-	DIGAMBAR	-	TGL	-
	DIPERIKSA	-	TGL	-
	DISETUJUI	-	TGL	-

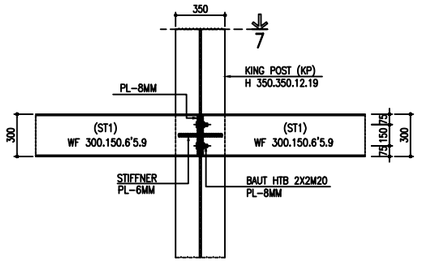
DIKELUARKAN UNTUK		KODE GAMBAR	NO GAMBAR
-		-	SE-02
TANGGAL	-		REV : 00



DETAIL JOINT KING POST ~ ST2
SKALA 1 : 20



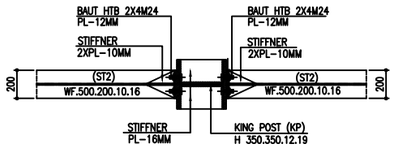
DETAIL JOINT KING POST ~ ST3
SKALA 1 : 20



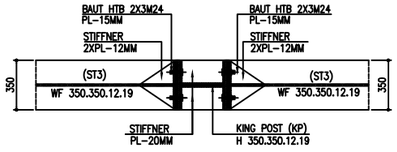
DETAIL KING POST ~ ST1
SKALA 1 : 20

DAFTAR UKURAN

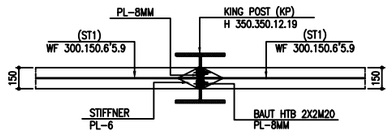
TIPE	UKURAN
KP	H 350.350.12.19
ST1	WF 300.150.6,5.9
ST2	WF 500.200.10.16
ST3	H 350.350.12.19



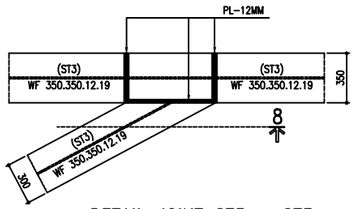
POTONGAN -5
SKALA 1 : 20



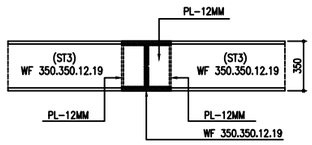
POTONGAN -6
SKALA 1 : 20



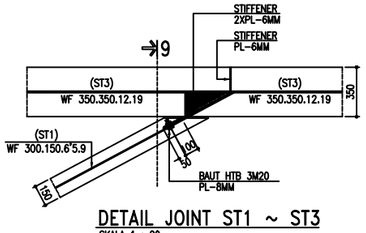
POTONGAN 7
SKALA 1 : 20



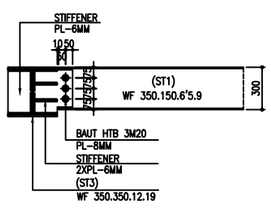
DETAIL JOINT ST3 ~ ST3
SKALA 1 : 20



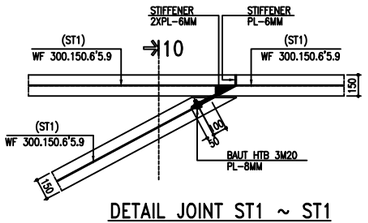
POTONGAN -8
SKALA 1 : 20



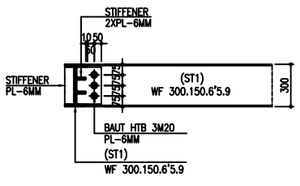
DETAIL JOINT ST1 ~ ST3
SKALA 1 : 20



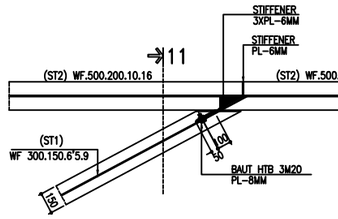
POTONGAN -9
SKALA 1 : 20



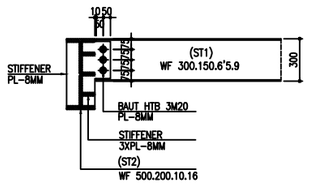
DETAIL JOINT ST1 ~ ST1
SKALA 1 : 20



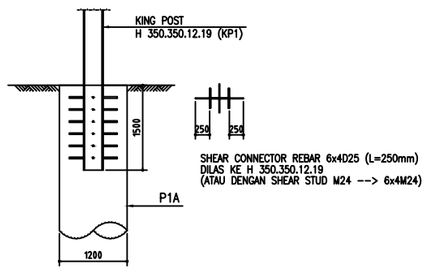
POTONGAN -10
SKALA 1 : 20



DETAIL JOINT ST1 ~ ST2
SKALA 1 : 20



POTONGAN -11
SKALA 1 : 20



DETAIL PONDASI KING POST
SKALA 1 : 50

PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
Jalan Pengantin Ali No. 88, Ciracas,
Jakarta Timur, 13740

CATATAN

LEGENDA SIMBOL :

- SEMUA UKURAN, JARAK & ELEVASI HARUS MENGACU JUGA KE GAMBAR ARSITEK & ME

NO	PERBAIKAN	TGL	PARAF
01	FOR INFORMATION	12-02-18	

PROYEK :

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV 27
KELURAHAN CAWANG
KECAMATAN KRAMAT JATI
KOTA JAKARTA TIMUR

PEMOHON :

PT. ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
JALAN PENGANTIN ALI NO 88, CIRACAS
JAKARTA TIMUR 13740

ANGGA ADHIGUNA
PROJECT MANAGER PROPERTY

PERENCANA :

indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp. (021) 5401054

KONSULTAN STRUKTUR :

PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Ruko Grand Aries Niaga
Jl. Raya Taman Aries Blok E-1 No. 5A-B
Meruya Utara - Jakarta Barat 11620
ph. 2931 9262/6364 fax. 2931 9265

STRUKTUR IPTB :

EURICKY EDUARDO TANUWIDJAJA, M.Sc.
Nomor 43/C.40/31.73/-1.785.5/2018

PEMEGANG IPTB WAJIB MEMATUHI PERATURAN GUBERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NOMOR 132 TAHUN 2007 TENTANG IZIN PELAKU TEKNIS BANGUNAN

KONSULTAN M E :

PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL. RAWA BUNTU BARAT 2ED NO.6,BLK.N, TAMAN JAHANTA 12750
TELP. (021) 7985775,7892855,7994928 FAX : (021) 7992855
E-mail : matrik@malmass.co.id & malmassmitra@yahoo.co.id

KONSULTAN Q S :

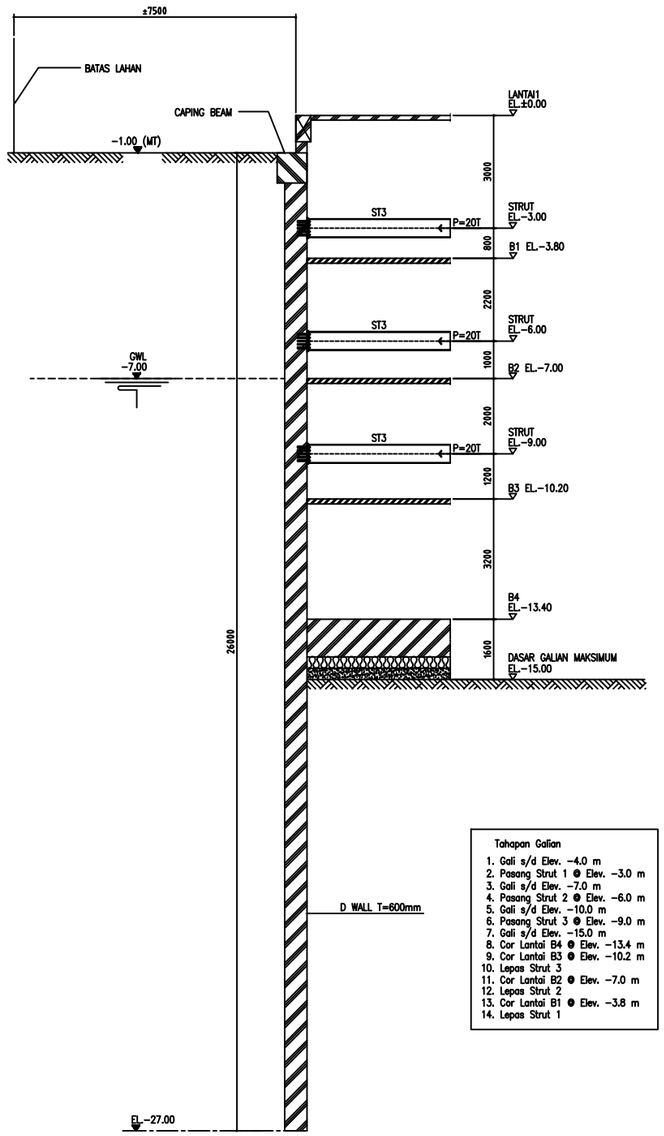
PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultants
MTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav.10 , Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : info@arthareka.com

NAMA GAMBAR :

DETAIL STRUTTING

SKALA				
1:150	DIGAMBAR	-	TGL	-
	DIPERIKSA	-	TGL	-
	DISETUJUI	-	TGL	-

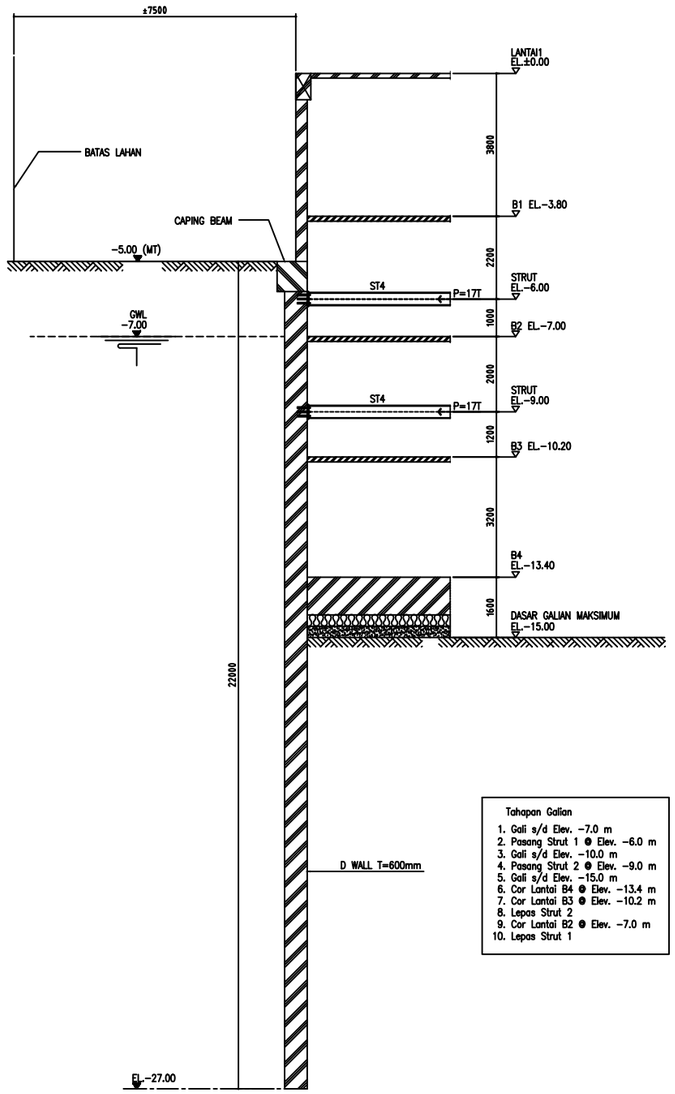
DIKELUARKAN UNTUK		KODE GAMBAR	NO GAMBAR
-		-	SE-02B
TANGGAL	.		REV : 00



Tahapan Galian

1. Gali s/d Elev. −4.0 m
2. Pasang Strut 1 @ Elev. −3.0 m
3. Gali s/d Elev. −7.0 m
4. Pasang Strut 2 @ Elev. −6.0 m
5. Gali s/d Elev. −10.0 m
6. Pasang Strut 3 @ Elev. −9.0 m
7. Gali s/d Elev. −15.0 m
8. Cor Lantai B4 @ Elev. −13.4 m
9. Cor Lantai B3 @ Elev. −10.2 m
10. Lepas Strut 3
11. Cor Lantai B2 @ Elev. −7.0 m
12. Lepas Strut 2
13. Cor Lantai B1 @ Elev. −3.8 m
14. Lepas Strut 1

POTONGAN −A
SCALE 1 : 75



Tahapan Galian

1. Gali s/d Elev. −7.0 m
2. Pasang Strut 1 @ Elev. −6.0 m
3. Gali s/d Elev. −10.0 m
4. Pasang Strut 2 @ Elev. −9.0 m
5. Gali s/d Elev. −15.0 m
6. Cor Lantai B4 @ Elev. −13.4 m
7. Cor Lantai B3 @ Elev. −10.2 m
8. Lepas Strut 2
9. Cor Lantai B2 @ Elev. −7.0 m
10. Lepas Strut 1

POTONGAN −B
SCALE 1 : 75

PT. ADHI KARYA (PERSERO) Tbk
Jalan Pengantin Ali No. 88, Ciracas,
Jakarta Timur, 13740

CATATAN

LEGENDA SIMBOL :

- SEMUA UKURAN, JARAK & ELEVASI HARUS MENGACU JUGA KE GAMBAR ARSITEK & ME

NO	PERBAIKAN	TGL	PARAF
01	FOR INFORMATION	12-02-18	

PROYEK :

MTH 27 OFFICE SUITES
KANTOR - BESERTA FASILITAS
JL. LETJEN MT. HARYONO KAV 27
KELURAHAN CAWANG
KECAMATAN KRAMAT JATI
KOTA JAKARTA TIMUR

PEMOHON :

PT. ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
JALAN PENGANTIN ALI NO 88, CIRACAS
JAKARTA TIMUR 13740

ANGGA ADHIGUNA
PROJECT MANAGER PROPERTY

PERENCANA :

indomegah
understand • create • solution
project@indomegah.com | tlp. (021) 5401054

KONSULTAN STRUKTUR :

PT HAERTE (HRT) WIDYA KONSULTAN
Ruko Grand Aries Niaga
Jl. Raya Taman Aries Blok E-1 No. 5A-B
Meruya Utara - Jakarta Barat 11620
ph. 2931 9262/63/64 fax. 2931 9265

STRUKTUR IPTB :

EURICKY EDUARDO TANUWIDJAJA, M.Sc.
Nomor 43/C.40/31.73/-1.785.5/2018

PENEGANG IPTB WAJIB MEMATUHI PERATURAN GUBERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NOMOR 132 TAHUN 2007 TENTANG IZIN PELAKU TEKNIS BANGUNAN

KONSULTAN M E :

MATRIK
PT. MALMASS MITRA TEKNIK
ENGINEERING CONSULTANT & SERVICES
JL.RAWAJATI BARAT.II/23 KALIBATA TIMUR,JAKARTA 12750
TELP (021)7995775,7992853,7994053 FAX (021) 7992853
E-mail : matrik@malmass.co.id & malmassmtk@yahoo.co.id

KONSULTAN Q S :

PT. ARTHAREKA GRAHA SARANA
Quantity Surveyors & Construction Cost Consultant
MTH Square, Lantai 1/03
Jl. MT. Haryono Kav 10. Jakarta 13330
Tel. : (021) 2906 7180
Fax. : (021) 2906 7181
E-mail : info@arthareka.com

NAMA GAMBAR :

POTONGAN STRUTTING

SKALA				
-	DIGAMBAR	-	TGL	-
	DIPERIKSA	-	TGL	-
	DISETUJUI	-	TGL	-

DIKELUARKAN UNTUK	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
-	-	SE-02A
TANGGAL : -		REV : 00

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Magelang, 6 Agustus 1998, merupakan anak pertama dan satu – satunya. Penulis telah menempuh pendidikan formal TK Tadika Puri Pekanbaru, SD N Jetisharjo Yogyakarta, SMP N 8 Yogyakarta dan SMA N 6 Yogyakarta. Setelah lulus dari SMA tahun 2016 penulis melanjutkan studi di D3 Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Sekolah Vokasi UGM. Setelah lulus dari UGM tahun 2019, penulis melanjutkan studi alih program ke D4 di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS. Penulis sangat tertarik pada bidang studi geoteknik dan struktur. Oleh karena itu, pada Proyek Akhir ini penulis mengambil bidang studi geoteknik tentang evaluasi dinding penahan tanah.