PROYEK AKHIR – VC191845

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DELLA AISHA
NRP. 10111710013003

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

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK SIPIL
(TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL)
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2021

PROYEK AKHIR – VC191845

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DELLA AISHA
NRP. 10111710013003

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

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK SIPIL
(TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL)
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2021

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT – VC191845

EVALUATION OF SHEET PILE RETAINING WALL AT THE KCU BCA BUILDING SURABAYA

DELLA AISHA
NRP. 10111710013003

Advisor
Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197406262003121001

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada
Program Studi D4 Teknik Sipil
Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan
Pemeliharaan Bangunan Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun oleh:

DELLA AISHA
NRP. 10111710013003

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proyek Akhir:
1. Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D.

Surabaya
13 Agustus 2021

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

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

Nama : **DELLA AISHA**

NRP : **10111710013003**

Judul Tugas Akhir : **Evaluasi Dinding Penahan Tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya**

Dosen pembimbing : **Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D**

No.	Tanggal	Tugas/ Materi Yang Dibahas	Tanda Tangan	Keterangan		
1.	13 April 2021	- Gambar layout proyek diberi sketsa bangunan sekitar		B	C	K
		- Titik DB dan inklinometer di layout diperjelas		☐	☐	☐
		- Potongan diberi ilustrasi tanah asli, garis titik2 untuk bedain fase galian.				
		- Table DB dijejerkan dalam 1 lembar				

2.	24 April 2021	- Layout diberi elevasi		**B**	**C**	**K**
		- Elevasi tanah asli diperjelas dimana, retaining wall tidak perlu diarsir. Embankment diperjelas dan fase2 galiannya.		☐	☐	☐
		- Perhitungan yg lain menyesuaikan gambar				
		- Mulai pemodelan plaxis				
3.	11 Mei 2021	- Jelaskan cara menentukan EA, EI di Plaxis		**B**	**C**	**K**
		- Terangkan semua parameter input Plaxis.		☐	☐	☐
		- Urutan konstruksi dijelaskan saat pemodelan Plaxis.				
		- Tampilkan table parameter tanah.				
		- Cari tahu artimanual Plaxis seperti deformasi dll. Cari deformasi sheetpile yg horizontal				
		- Cocokkan perhitungan Plaxis				

		dengan Clough				
4.	24 Mei 2021	- Buat grafik kedalaman vs parameter NSPT, gamma, strength test		**B**	**C**	**K**
		- Cari korelasi dari N ke E		☐	☐	☐
		- Lanjutkan Plaxis				
5.	11 Juni 2021	- Jenis tanah di grafik parameter perlu diplot		**B**	**C**	**K**
		- Istilah di grafik defleksi dibetulkan (tahap 1 -4m dll)		☐	☐	☐
		- Tampilkan q untuk asumsi diplaxis				
		- Bandingkan inklino I-1 misal galian 1 dibandingkan dg inklino tgl brp				
		- Mungkin bacaan pd minggu ke-sekian ada keanehan, tapi beberapa msh oke bisa jd acuan perbandingan pertahap sesuai dg inklino tgl sekian.				
		- Cek angka strut load (Peck dikali 8m jarak antar strut)				

		- Kontrol strut pot. A				
		- Gaya strut ditahan oleh brp PC				
		- Kontrol horizontal strut oleh PC, diterima oleh pile grup (cek masuk/tdk)				
		- Kontrol kapasitas sloof apakah kuat menahan gaya horizontal strut (untuk beban sementara galian).				
		- Dindingnya di crosscheck dg tekanan horizontal strut.				
		- Cek strut apakah bisa lebih hemat, desain alternatif.				
		- Urutan pelaksanaan pekerjaan (vertical & horizontal)				
		- Cek sambungan baseplate (angkur terhadap geser)				
6	23 Juni 2021	- Tabelkan diagram Peck bersama kekuatan strut		**B**	**C**	**K**
		- Gaya strut ditahan oleh brp PC		☐	☐	☐

		- Kontrol horizontal strut oleh PC, (cek)				
		- Cek daya dukung lateral tiang kelompok				
		- Gaya horizontal dikonversi ke miring (1/cos)				
		- Cek gaya lateral diambil dari Plaxis				
7.	3 Juli 2021	- Gaya horizontal pilegrup diambil dari kondisi undrained.		**B**	**C**	**K**
		- - Lengkapi gambar dan laporan		☐	☐	☐

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

Nama Mahasiswa : DELLA AISHA
NRP : 10111710013003
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D
NIP : 197406262003121001

ABSTRAK

Proyek pembangunan Gedung KCU BCA Surabaya yang berlokasi di Jalan Mayjen Yono Suwoyo Surabaya Barat direncanakan memiliki 2 lantai basement. Kondisi tanah di daerah ini merupakan tanah lempung dengan konsistensi medium to stiff clay. Proyek ini terletak dilokasi yang padat lalu lintas dan dekelilingi oleh bangunan gedung tinggi yang lain seperti PTC Mall. Dinding penahan tanah yang dipilih untuk pembangunan basement yaitu flat concrete sheet pile. Untuk memantau pergerakan dinding penahan tanah maka dilakukan monitoring inklinometer pada 6 titik. Inklinometer titik I-1 mencapai deformasi sebesar 105 mm dengan kedalaman galian 8,6 meter. Syarat batas maksimum deformasi lateral dinding penahan tanah yaitu 0,5%, sedangkan pada inklinometer titik I-1 sudah melebihi batas persyaratan yang berlaku dengan hasil deformasi dibandingkan dengan kedalaman mencapai 1,2%. Oleh karena itu harus dilakukan analisis lebih lanjut terkait evaluasi dinding penahan tanah yang diperlukan. Proyek akhir ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah, stabilitas tanah dasar galian, perbandingan deformasi lateral dinding

berdasarkan pemodelan dengan inklinometer, kekuatan strutting dan kekuatan pilecap dalam menahan gaya horizontal akibat beban strut.

Persyaratan yang digunakan yaitu mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Pemodelan dilakukan dengan metode elemen hingga program bantu Plaxis. Dari pemodelan didapatkan hasil deformasi lateral dinding, gaya momen, gaya geser, safety factor, dan gaya aksial yang terjadi pada strut.

Analisis dinding penahan tanah yang telah dilakukan yaitu dengan push-in failure menghasilkan angka keamanan 2,46 dan analisis tanah dasar galian dengan basal heave menghasilkan angka keamaan antara 2,12 – 3,21. Analisis tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu lebih dari 1,5. Perbandingan deformasi lateral dinding berdasarkan pemodelan dengan inklinometer cenderung sama, namun untuk titik I-1 berbeda jauh yaitu sebesar 105 mm dibandingkan dengan pemodelan sebesar 34,2 mm. Gaya tekan pada strut berdasarkan pemodelan berkisar antara 31 ton – 79 ton. Sedangkan kuat tekan strut berdasarkan perhitungan yang mengacu pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural yaitu berkisar antara 81 ton – 169 ton, sehingga kekuatan strut memenuhi persyaratan. Analisis evaluasi dinding penahan tanah masih memenuhi persyaratan. Deformasi lateral berdasarkan inklinometer yang melebihi batasan deformasi, kemungkinan terjadi karena perencanaan strut yang tidak sesuai dengan persyaratan atau terjadinya kesalahan pembacaan saat monitoring.

Kata Kunci: Dinding penahan tanah, sheet pile, inklinometer, galian dalam, strutting.

EVALUATION OF SHEET PILE RETAINING WALL AT THE KCU BCA BUILDING SURABAYA

Nama Mahasiswa	**: DELLA AISHA**
NRP	**: 10111710013003**
Departemen	**: Teknik Infrastruktur Sipil**
Dosen Pembimbing	**: Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D**
NIP	**: 197406262003121001**

ABSTRACK

The KCU BCA Surabaya Building construction project, which is located on Jalan Mayjen Yono Suwoyo, West Surabaya, is planned to have 2 basement floors. The soil condition in this area is clay soil with medium to stiff clay consistency. This project is located in a traffic-heavy location and is surrounded by other high-rise buildings such as PTC Mall. The retaining wall chosen for the basement construction is flat concrete sheet pile. To monitor the movement of the retaining wall, monitoring inclinometer is carried out at 6 points. The point I-1 inclinometer reached a deformation of 105 mm with an excavation depth of 8.6 meters. The maximum limit requirement for lateral deformation of the retaining wall is 0.5%, while the inclinometer point I-1 has exceeded the applicable requirements with the deformation results compared to the depth reaching 1.2%. Therefore, further analysis related to the evaluation of the required retaining wall must be carried out. This final project aims to determine the stability of the retaining wall, the stability of the excavated subgrade, the comparison of the lateral deformation of the wall based on modeling with an inclinometer, the strutting strength and the pilecap strength in resisting horizontal forces due to strut loads.

The requirements used are referring to SNI 8460:2017 concerning Geotechnical Design Requirements. The modeling is done by using the finite element method Plaxis program. From the modeling, the results obtained are lateral wall deformation, moment, shear force, safety factor, and axial force that occurs in the strut.

The analysis of retaining walls that has been calculated with push-in failure resulted in a safety number of 2.46 and an analysis of subgrade excavation using basal heave resulted a safety number between 2.12 - 3.21. The analysis has fulfilled the requirements of more than 1.5. The comparison of lateral wall deformation based on modeling with an inclinometer tends to be the same, but for point I-1 it is much different with 105 mm compared to 34.2 mm from modeling. The force on the strut based on the modeling ranges from 31 tons – 79 tons. Meanwhile, the compressive strength of the strut is based on calculations that refer to SNI 1729:2020 concerning Specifications for Structural Steel Buildings, which ranges from 81 tons - 169 tons, so that the strength of the strut has fulfilled the requirements. The evaluation analysis of retaining walls has fulfilled the requirements. Lateral deformation based on the inclinometer that exceeds the deformation limit, may occur due to improper strut planning or the occurrence of reading errors during monitoring.

Keywords: retaining wall, sheet pile, inclinometer, deep excavation, strutting.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat serta karunia-Nya sehingga Proyek Akhir yang berjudul "Evaluasi Dinding Penahan Tanah *Sheet Pile* Pada Gedung KCU BCA Surabaya" dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Proyek Akhir ini nantinya dijadikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan Proyek Akhir ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Mohamad Khoiri, S.T., M.T., PhD., selaku dosen pembimbing dalam penyusunan Proyek Akhir yang berjudul "Evaluasi Dinding Penahan Tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya".
2. Bapak dan Ibu dosen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi yang telah membantu dan membimbing dalam proses perkuliahan selama ini.
3. PT. Tatamulia Nusantara Indah yang telah membantu memberikan data untuk Proyek Akhir ini.
4. Orang tua, bunda, nenek, kakek, dan saudara saya yang selalu mendoakan untuk kelancaran dan kesehatan selama masa perkuliahan.
5. Salsafanti, mbak gheanifa, mas fikri, mas hilmi, yoni, arlo dan teman – teman yang lain yang selalu mendukung saya dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
6. Dan teman-teman yang berjuang bersama dalam menyelesaikan masa perkuliahan di Teknik Infrastruktur Sipil ini.

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

Surabaya, 17 Maret 2021

Della Aisha

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
ABSTRAK ix
ABSTRACK xi
KATA PENGANTAR xiii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xxi
DAFTAR TABEL xxvii
DAFTAR SIMBOL xxix
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan 5
1.5 Manfaat 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Referensi Jurnal 7
2.2 Tanah Kohesif 9
2.2.1 Sifat teknis tanah kohesif 9
2.3 Tanah Lempung 9
2.4 Korelasi Data Tanah 11
2.5 *Embedded Walls* 12

2.5.1 Definisi *embedded walls* 12
2.5.2 Jenis – jenis *embedded walls* 13
2.5.3 Persyaratan deformasi 18
2.6 Tekanan Lateral Tanah 19
2.6.1 Tekanan tanah aktif menurut rankine 21
2.6.2 Tekanan tanah pasif menurut rankine 24
2.7 *Monitoring* Inklinometer 27
2.8 Faktor Keamanan Stabilitas Dinding Penahan Tanah 27
2.8.1 Analisis stabilitas terhadap geser 28
2.8.2 Analisis stabilitas terhadap guling 29
2.8.3 Analisis pembebanan 30
2.9 Faktor Keamanan Stabilitas Dasar Galian 31
2.9.1 *Basal heave* 31
2.9.2 *Blow-in* 36
2.9.3 *Piping* 36
2.10 *Strutting* Baja 36
2.10.1 *Horizontal struts* 37
2.10.2 *Center posts* 38
2.10.3 *End braces and corner braces* 41
2.10.4 *Wales* 42
2.10.5 Kontrol *strutting* 43
2.11 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah 44
2.11.1 *Free earth support method* 45
2.11.2 *Analisis push-in* 45

2.12 Program Bantu Plaxis 46
2.13 Pemodelan Tanah dengan Mohr-Columb pada Plaxis 47
2.13.1 Analisis kondisi *undrained* 47
2.14 Metode Pelaksanaan 49
2.14.1 Metode pemancangan dinding penahan tanah (*Sheet Pile*) 49
2.14.2 Metode galian dalam 52
BAB III METODOLOGI 59
3.1 Diagram Alir Metodologi 59
3.2 Persiapan 61
3.3 Lokasi Penelitian 61
3.4 Lokasi Pengambilan Sampel 62
3.4.1 *Standard penetration test* (SPT) 62
3.4.2 *Monitoring* Inklinometer 63
3.5 Studi Literatur 63
3.6 Pengumpulan Data 63
3.7 Penentuan Kriteria Desain 64
3.8 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah 64
3.9 Analisis Stabilitas Dasar Galian 65
3.10 Analisis Metode *Strutting* 65
3.11 Pemodelan dengan Plaxis 65
3.12 Perencanaan Ulang *Sheet Pile* 65
3.13 Kesimpulan 65
BAB IV ANALISA DATA 67

4.1 Karakteristik Tanah dan Gambaran Proyek.....67
4.2 Data Tanah Hasil Uji SPT 69
4.3 Penentuan Parameter Tanah 73
4.3.1 Parameter ɣsat 75
4.3.2 Parameter Su.....75
4.3.3 Parameter *modulus elastisitas* (E) dan *poisson ratio* (v) 76
4.3.4 Parameter K0 77
4.3.5 Rekapitulasi nilai parameter yang digunakan.....77
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 81
5.1 Penentuan Kriteria Desain.....81
5.2 Analisis Stabilitas *Sheet Pile* 82
5.3 Analisis Stabilitas Dasar Galian 90
5.4 Analisis Deformasi 100
5.5 Analisis *Strut Load* 105
5.6 Penentuan Ulang Kedalaman *Sheet Pile* 111
5.7 Pemodelan *Sheet Pile* dengan Plaxis 119
5.7.1 *Soil Model* pada PLAXIS 127
5.7.2 Hasil pemodelan PLAXIS 137
5.7.3 Kontrol Deformasi Lateral.....141
5.7.4 Penurunan Tanah dan Defleksi Dinding.....143
5.7.5 Perbandingan Defleksi Dinding di Lapangan dengan Hasil Pemodelan Plaxis 150
5.7.6 Kontrol Momen Hasil Pemodelan dengan Momen Crack.....153

5.7.7 Kontrol Kestabilan Lereng di Atas *Sheet Pile* 154
5.8 Kontrol *Strutting* 155
5.8.1 Kontrol *Pile Group* Tiang Pancang 175
5.8.2 Perhitungan *Baseplate* 181
5.9 Rekapitulasi Hasil Analisis 189
5.10 Pembahasan 191
BAB VI KESIMPULAN 195
6.1 Kesimpulan 195
6.2 Saran 196
DAFTAR PUSTAKA 199
BIODATA PENULIS 201
LAMPIRAN 203

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Tampak Atas 1
Gambar 1. 2 Potongan Melintang Bangunan Gedung KCU BCA Surabaya 2
Gambar 1. 3 Galian Basement -9,6 meter 3
Gambar 2. 1 Statigrafi Lapisan Tanah 10
Gambar 2. 2 Sheetpile Baja 13
Gambar 2. 3 Corrugated Sheetpile dan Flat Sheet Pile 14
Gambar 2. 4 Flat Concrete Sheet Pile (FCSP) 14
Gambar 2. 5 Soldier Pile 15
Gambar 2. 6 Contigous bored pile 15
Gambar 2. 7 Secant Pile 16
Gambar 2. 8 Dinding Diafragma 16
Gambar 2. 9 *Sheet Pile* 17
Gambar 2. 10 Diagram Tekanan Tanah Menurut Peck 20
Gambar 2. 11 Massa Tanah 21
Gambar 2. 12 Lingkaran Mohr Tekanan Aktif 22
Gambar 2. 13 Resultan Tekanan Tanah Aktif 23
Gambar 2. 14 Lingkaran Mohr Tekanan Pasif 24
Gambar 2. 15 Resultan Tekanan Tanah Pasif 26
Gambar 2. 16 Analisis Basal Heave Metode Terzaghi (D ≥ B 2) 32
Gambar 2. 17 Analisis Basal Heave Metode Terzaghi (D < B 2) 32
Gambar 2. 18 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity 33
Gambar 2. 19 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity 34
Gambar 2. 20 Analisis Basal Heave Metode Bjerrum and Eide's 34
Gambar 2. 21 Analisis Basal Heave Metode Slip Circle 35
Gambar 2. 22 Komponen Sistem Strutting 37
Gambar 2. 23 Horizontal *Strut* 37
Gambar 2. 24 Pemasangan *Center Posts* 39
Gambar 2. 25 Jarak dan Sudut diantara *Struts* dan *End Braces* atau *Corner Braces* 41

Gambar 2. 26 Distribusi Tekanan Lateral Pada Dinding 45
Gambar 2. 27 Kesetimbangan Gaya Dinding Sebagai Free Body 46
Gambar 2. 28 Pengangkutan Sheet Pile Dari Pabrik Menuju Lokasi Proyek 49
Gambar 2. 29 Penentuan Titik Pemancangan Dengan Waterpass 50
Gambar 2. 30 Pemasangan Guide Beam.....50
Gambar 2. 31 Pemancangan Sheet Pile 51
Gambar 2. 32 Pemotongan Sisa Pemancangan Sheet Pile 52
Gambar 2. 33 Galian Tahap 1 Elevasi -4 meter.....53
Gambar 2. 34 Excavator Komatsu PC 200 53
Gambar 2. 35 Galian Tahap 2 Elevasi -6 meter.....54
Gambar 2. 36 Galian Tahap 3 Elevasi -8 meter.....55
Gambar 2. 37 Pemasangan Strutting.....56
Gambar 2. 38 Area Galian Embankment.....56
Gambar 3. 1 Diagram Alir 60
Gambar 3. 2 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung KCU BCA Surabaya 61
Gambar 3. 3 Denah dinding penahan tanah (sheet pile) 62
Gambar 3. 4 Lokasi Pengambilan Sampel Pengujian *Standart Penetration Test* 62
Gambar 3. 5 Lokasi Pengambilan Sampel Inklinometer 63
Gambar 4. 1 Lokasi Inklinometer dan sumbu potongan 67
Gambar 4. 2 Profil Tanah Potongan A.....68
Gambar 4. 3 Profil Tanah Potongan B.....68
Gambar 4. 4 Profil Tanah Potongan C.....69
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan NSPT.....73
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan Berat Volume Tanah(ɤ), Kohesi (c) dan Sudut Geser (ϕ).....74
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan PL, ω, LL. ..74
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan N_{SPT}, Su (kN/m^2), dan modulus elastisitas (kN/m^2).....77
Gambar 5. 1 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan A 82
Gambar 5. 2 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure Potongan A 85

Gambar 5. 3 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan B dan C 86
Gambar 5. 4 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure Potongan B dan C 89
Gambar 5. 5 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A 90
Gambar 5. 6 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A 90
Gambar 5. 7 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C 91
Gambar 5. 8 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C 92
Gambar 5. 9 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan A 93
Gambar 5. 10 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* Potongan A 93
Gambar 5. 11 Faktor Daya Dukung Skempton untuk Potongan A 94
Gambar 5. 12 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan B dan C 95
Gambar 5. 13 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan B dan C 95
Gambar 5. 14 Faktor Daya Dukung Skempton untuk Potongan B 96
Gambar 5. 15 Bidang Kelongsoran Potongan A Basal Heave Metode Slip Cirle 97
Gambar 5. 16 Bidang Kelongsoran Potongan B dan C Basal Heave Metode Slip Cirle 98
Gambar 5. 17 Bidang Analisis Deformasi Potongan A 100
Gambar 5. 18 Grafik Analisis Deformasi Potongan A 102
Gambar 5. 19 Bidang Analisis Deformasi Potongan B dan C 103
Gambar 5. 20 Grafik Analisis Deformasi Potongan B dan C 104
Gambar 5. 21 Profil Tanah Potongan A 105
Gambar 5. 22 Distribusi Tekanan Tanah dan Posisi Strut Potongan A 107
Gambar 5. 23 Profil Tanah Potongan B dan C 108
Gambar 5. 24 Distribusi Tekanan Tanah dan Posisi Strut Potongan B dan C 110
Gambar 5. 25 Profil Tanah Potongan A 111

Gambar 5. 26 Distribusi Tekanan Tanah pada Penentuan Kedalaman Sheet Pile Potongan A.....114
Gambar 5. 27 Profil Tanah Potongan B dan C 115
Gambar 5. 28 Distribusi Tekanan Tanah pada Penentuan Kedalaman Sheet Pile Potongan B dan C 118
Gambar 5. 29 (a) Denah sheet pile; (b) Potongan sheet pile.....124
Gambar 5. 30 Ilustrasi Denah Strutting 126
Gambar 5. 31 Lokasi Bangunan Gedung BCA.....128
Gambar 5. 32 Soil Model Potongan A.....129
Gambar 5. 33 Soil Model Potongan B 129
Gambar 5. 34 Soil Model Potongan C 130
Gambar 5. 35 Parameter Tanah Yang Sudah Di *Assign* 131
Gambar 5. 36 Jaring Elemen Pada Pemodelan Plaxis.....133
Gambar 5. 37 Fase Pertama Potongan A 134
Gambar 5. 38 Fase Kedua Potongan A.....134
Gambar 5. 39 Fase Ketiga Potongan A.....135
Gambar 5. 40 Fase Keempat Potongan A 135
Gambar 5. 41 Fase Kelima Potongan A.....136
Gambar 5. 42 Fase Keenam Potongan A 136
Gambar 5. 43 Fase Ketujuh Potongan A 137
Gambar 5. 44 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan A Undrained 137
Gambar 5. 45 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan A Drained 138
Gambar 5. 46 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan B Undrained 138
Gambar 5. 47 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan B Drained 139
Gambar 5. 48 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan C Undrained 139
Gambar 5. 49 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan C Drained 140
Gambar 5. 50 Layout Potongan Tambahan (DEF) 142
Gambar 5. 51 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan A Undrained.....144

Gambar 5. 52 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan A Drained 145
Gambar 5. 53 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan B Undrained 146
Gambar 5. 54 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan B Drained 147
Gambar 5. 55 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan C Undrained 148
Gambar 5. 56 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan C Drained 149
Gambar 5. 57 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan A dengan Inklinometer I-1 150
Gambar 5. 58 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan B dengan Inklinometer I-VI 151
Gambar 5. 59 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan C dengan Inklinometer I-V 152
Gambar 5. 60 Brosur *Sheetpile* 153
Gambar 5. 61 Lereng Bagian Atas Sheet Pile 154
Gambar 5. 62 Hasil Kontrol Kestabilan Lereng 155
Gambar 5. 63 Penampang *Strut* Potongan A (As F) 156
Gambar 5. 64 Penampang *Strut* Potongan A (As E) 163
Gambar 5. 65 Penampang Strut Potongan B 169
Gambar 5. 66 Penampang *Strut* Potongan C 169
Gambar 5. 67 Pile Cap 9 (3600x3600) 176
Gambar 5. 68 Brosur Tiang Pancang 176
Gambar 5. 69 grafik untuk mencari harga f 178
Gambar 5. 70 Koefisien Momen Akibat Gaya Lateral P[17] 179
Gambar 5. 71 Koefisien Defleksi Akibat Gaya Lateral P[17] 180
Gambar 5. 72 Baseplate pada Pilecap As 2-F (Potongan A) 181

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi Jurnal Pendukung Proyek Akhir 7
Tabel 2. 2 Korelasi Nilai N-SPT dengan ɣsat dan qu, Terzaghi and Peck[8] 11
Tabel 2. 3 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson'Ratio, Das [9]..... 12
Tabel 2. 4 Batasan deformasi lateral dinding penahan tanah. 18
Tabel 2. 5 Koefisien gesek antara tanah dan pondasi..... 29
Tabel 2. 6 Beban Perkerasan Jalan..... 31
Tabel 4. 1 Fase Konstruksi dan Galian 69
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-1 70
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-2 71
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-3 72
Tabel 4. 5 Korelasi Nilai N-SPT dengan ɣsat dan qu, Terzaghi and Peck[8] 75
Tabel 4. 6 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson'Ratio, Das [9]..... 76
Tabel 4. 7 Parameter Tanah Titik DB1 untuk Potongan A 78
Tabel 4. 8 Parameter Tanah Titik DB2 untuk Potongan B dan C 79
Tabel 5. 1 Batasan deformasi lateral dinding penahan tanah.[12]..... 81
Tabel 5. 2 Rekapitulasi hasil kontrol analisis stabilitas..... 100
Tabel 5. 3 Input Parameter Tanah Potongan A Undrained 120
Tabel 5. 4 Input Parameter Tanah Potongan A Drained 121
Tabel 5. 5 Input Parameter Tanah Potongan B dan C Undrained 122
Tabel 5. 6 Input Parameter Tanah Potongan B dan C Drained 123
Tabel 5. 7 Input Parameter Sheet Pile 126
Tabel 5. 8 Input Parameter *Strutting* Potongan A 127
Tabel 5. 9 Input Parameter *Strutting* Potongan B dan C 127
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Deformasi Maksimum 140
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Defleksi Dinding, Momen dan Gaya Geser Pemodelan Undrained 140

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Defleksi Dinding, Momen dan Gaya Geser Pemodelan Drained 141
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Kontrol Deformasi (Undrained) 142
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Kontrol Deformasi *(Drained)* 143
Tabel 5. 15 Kontrol Momen Hasil Pemodelan Undrained dengan Momen Crack 153
Tabel 5. 16 Kontrol Momen Hasil Pemodelan Drained dengan Momen Crack 154
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kontrol Kuat Tekan Strut 175
Tabel 5. 18 Rekapitulasi kontrol *pile group* akibat gaya horizontal *strut*. 180
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Analisis 189
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan) 190
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan) 191

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*.
Δ_t = perubahan temperature *strut*.
a = tinggi blok kuat tekan beton.
A = luas area *strut*.
A_b = luas tulangan geser.
A_g = luas permukaan profil baja.
A_g = tebal dinding penahan x lebar
A_p = luas penampang *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.
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_e = kedalaman galian.
i_e = gradien keluar masuk.
k = koefisien permeabilitas.
K = gaya tekuk batang baja.
K_a = koefisien tekanan tanah aktif.
K_p = koefisien tekanan tanah pasif.
K_{ac} = koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif.
K_{pc} = koefisien tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif.
$K_{0(NC)}$ = koefisien tanah diam untuk *normally consolidated.*
$K_{0(OC)}$ = 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 daric enter *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.*
r = radius girasi batang baja.
S_u = *section modulus*
S_v = *shear strength undrained.*
S_h = jarak vertical antar tulangan geser utama.
t_f = jarak horizontal antar tulangan geser.
t_w = tebal sayap profil baja.
T_s = tebal badan profil baja.
u = tekanan pori tanah.
V_c = gaya geser yang diberikan beton.
V_n = geser nominal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1
PENDAHULUAN

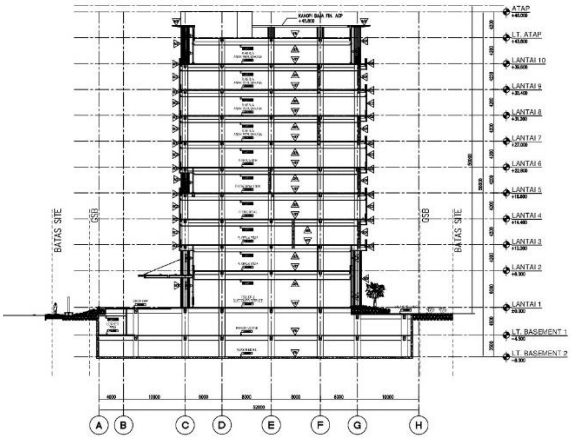
1.1 Latar belakang

Surabaya merupakan kota sebagai sentra ekonomi dan bisnis terbesar kedua setelah DKI Jakarta, sehingga kota ini menjadi banyak kegiatan konstruksi untuk menunjang kelancaran perekonomiannya. Salah satunya yaitu adanya pembangunan Gedung BCA di Jalan Mayjen Yono Suwoyo Surabaya. Pada pembangunan gedung tinggi biasanya membutuhkan area parkir yang luas. Oleh karena itu untuk mengatasi terbatasnya lahan, maka basement menjadi salah satu pilihan dalam mengatasi kendala tersebut. Kondisi di sekitar proyek sudah dipadati bangunan seperti PTC Mall dan ruko-ruko. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Tampak Atas
Sumber: google earth

Pembangunan ini direncanakan memiliki 2 (dua) lantai basement sebagai lahan parkir dan 10 (sepuluh) lantai di area tower sebagai area kantor dan bank. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.2. Tahapan dalam pembuatan basement

menggunakan metode *bottom up*, yaitu urutan pembangunannya dimulai dari bawah ke atas [1].



Gambar 1. 2 Potongan Melintang Bangunan Gedung KCU BCA Surabaya

Sumber: PT. Tatamulia Nusantara Indah

Kedalaman galian basement mencapai -9,6 m dengan muka tanah asli berada di kedalaman -1,0 m seperti yang terlihat pada Gambar 1.3, sedangkan kedalaman galian untuk *pitlift* mencapai -10,4 m dan untuk *sump pit* mencapai -10,7 m. Kondisi tanah di Surabaya sebagian besar termasuk dalam golongan tanah lempung sehingga diperlukan ketelitian dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. Pekerjaan galian sangat rentan terhadap keruntuhan tanah, apalagi kedalaman galian yang lebih dari 6 m termasuk galian dalam (*deep excavation*). Oleh karena itu, dibutuhkan dinding penahan tanah yang berfungsi sebagai penahan tekanan lateral yang diakibatkan oleh dorongan tanah aktif.

Gambar 1. 3 Galian Basement -9,6 meter

Konstruksi dinding penahan tanah yang dipilih pada proyek pembangunan ini yaitu *Flat Concrete Sheet Pile* tipe G sepanjang 12 m. Dalam perencanaannya, *sheet pile* dibantu oleh *strutting* dalam menahan tekanan lateral tanah, agar saat pengerjaan galian dinding penahan tanah tidak bergeser [2]. Untuk mencegah terjadinya keruntuhan dinding basement, maka dibutuhkan perhitungan analisis stabilitas yang tepat terhadap perencanaan tersebut. Pergerakan lateral tanah dapat dianalisis dengan pemodelan program bantu Plaxis.

Selain itu, pergerakan tanah juga dikontrol dengan alat inklinometer. Inklinometer adalah alat yang berfungsi untuk memantau pergerakan tanah. Terdapat 6 titik inklinometer yang dipasang dengan kedalaman yang sama yaitu 12 m. Pada titik I terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 105 mm, titik II terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 36 mm, titik III terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 11 mm, titik IV terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 26 mm, titik V terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 45 mm, dan titik VI terjadi deformasi lateral maksimum sebesar 47 mm. Syarat batas maksimum deformasi lateral dinding penahan tanah yaitu 0,5%,

sedangkan pada inklinometer titik I-1 sudah melebihi batas persyaratan yang berlaku dengan hasil deformasi 1,2%. Oleh karena itu harus dilakukan analisis lebih lanjut terkait evaluasi dinding penahan tanah yang diperlukan.

Analisis yang dilakukan yaitu analisis stabilitas dinding penahan tanah, analisis stabilitas dasar galian, dan perhitungan struktur dinding penahan tanah berdasarkan perhitungan manual dan berdasarkan pemodelan pada program bantu Plaxis. Tujuan akhir dari pemilihan topik ini yaitu membandingkan hasil perhitungan analisis stabilitas s*heet pile* sebagai dinding penahan tanah dengan hasil inklinometer. Selain itu perhitungan perencanaan ulang dengan *strut* dan *flat concrete sheet pile* yang sesuai persyaratan sehingga diharapkan mendapatkan hasil analisis yang sesuai dengan kondisi lapangan dan dapat meminimalisir deformasi lateral tanah yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Proyek Akhir ini adalah:

1. Bagaimana stabilitas dinding penahan tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya?
2. Bagaimana stabilitas tanah dasar galian dinding penahan tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya?
3. Bagaimanakah perbandingan pergeseran horizontal *Sheet Pile* berdasarkan data di lapangan dengan hasil pemodelan?
4. Apakah dibutuhkan perencanaan ulang dinding penahan tanah setelah dilakukan evaluasi struktur eksistingnya?
5. Bagaimana desain dinding penahan tanah dan sistem *strutting* yang sesuai dengan metode galian?

1.3 Batasan Masalah

Proyek akhir ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Persyaratan dinding penahan tanah mengacu pada SNI 8460-2017 (Persyaratam Perancangan Geoteknik).

2. Evaluasi perhitungan dinding penahan tanah *Sheet Pile* menggunakan metode Rankine dan Terzaghi serta berdasarkan metode elemen hingga dengan program bantu PLAXIS.
3. Desain berupa gambar DED dan perhitungan sistem struktur dinding penahan saja.

1.4 Tujuan

Penulisan Proyek Akhir tentu memiliki tujuan, adapun tujuan dari penulisan Proyek Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui stabilitas dinding penahan tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya.
2. Mengetahui stabilitas tanah dasar galian dinding penahan tanah *Sheet Pile* pada Gedung KCU BCA Surabaya.
3. Mengetahui perbandingan pergeseran horizontal *Sheet Pile* berdasarkan data di lapangan dengan hasil pemodelan.
4. Mengetahui hasil evaluasi *sheet pile* eksisting sehingga dapat diketahui apakah membutuhkan perencanaan ulang atau tidak.
5. Mengetahui desain dinding penahan tanah dan sistem *strutting* yang sesuai dengan metode galian.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Proyek Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui tahapan analisis dan evaluasi dinding penahan tanah.
2. Sebagai alternatif perencanaan dinding penahan tanah.
3. Sebagai referensi literatur pengerjaan Proyek Akhir dengan topik yang sama di masa mendatang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Referensi Jurnal

Referensi jurnal yang berkaitan dengan topik proyek akhir untuk mendukung pengerjaan proyek akhir yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Referensi Jurnal Pendukung Proyek Akhir

No	Judul	Penyusun	Pembahasan
1.	Desain, Sistem Monitoring, dan Unjuk Kerja Metode *Braced Excavation* pada Pekerjaan Galian Dalam (*Deep Excavation*)[1]	Mohamad Khoiri, ST., MT.	Menjelaskan galian dalam dan metode *braced excavation* beserta analisis stabilitas galiannya.
2.	Evaluation of the wall deflections of a deep excavation in Central Jakarta using three-dimensional modeling[3]	Bin-Chen Benson Hsiung, Kuo-Hsin Yang, Wahyuning Aila, Louis Ge	Menjelaskan studi kasus galian berskala besar di Jakarta dan tanah berupa tanah lempung. Analisis menggunakan *finite elemen method*.
3.	Evaluation of deformation parameter for deep excavation in sand through case histories [4]	Mohamad Khoiri, Chang-Yu Ou	Menjelaskan tentang prediksi deformasi dinding penahan akibat galian berdasarkan data galian dan nilai modulus young.

4.	Estimation of strut forces for braced excavation in granular soils from numerical analysis and case histories [2]	Wengang Zhang, Zhongjie Hou, Anthony T.C. Goh, Runhong Zhang	Menjelaskan *finite elemen method* pada tanah granular.
5.	Aspek Geoteknik Perancangan Galian Dalam (*Deep Excavation*) di Tanah Surabaya [5]	Mohamad Khoiri	Menjelaskan contoh kasus galian dalam di Surabaya dan kondisi tanah Surabaya.
6.	Three-dimensional numerical back-analysis of a monitored deep excavation retained by strutted diaphragm walls [6]	Mohamed Nabil Houhou, Fabrice Emeriault, Abderahim Belounar	Menjelaskan deformasi lateral pada dinding diafragma dan metode *strutting*.
7.	Structural modelling in finite element analysis of deep excavation.[7]	Suched Likitlersuang, Chhunla Chheng, and Surapar Keawsawasvong	Menjelaskan pemodelan struktur dinding diafragma, diagonal strut dan eksisting bored pile.

2.2 Tanah Kohesif

Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan diantara butir-butirnya. Contohnya yaitu: tanah kerikil yang berbutir halus, tanah lempung, tanah lempung berpasir dan tanah lempung berlanau. Kuat geser dari tanah kohesif ditentukan dari nilai kohesinya.

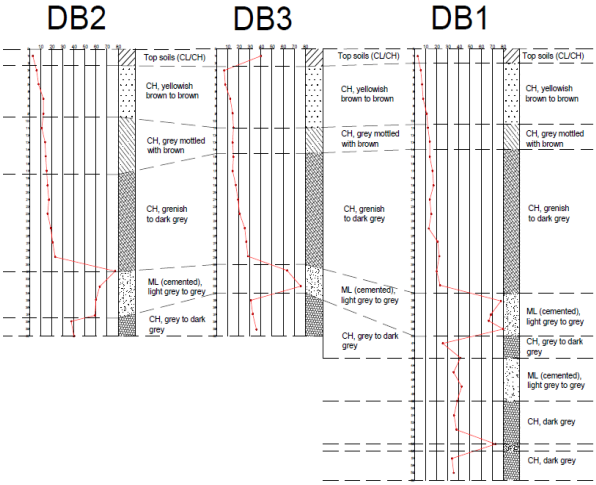
2.2.1 Sifat teknis tanah kohesif

Sifat -sifat jenis tanah kohesif sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah.
2. Bersifat plastis dan mudah mampat bila keadaan basah.
3. Kadar kembang susut yang tinggi.
4. Merupakan material kedap air.
5. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu.
6. Berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah.

2.3 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan material yang terdiri dari butiran mineral padat yang terikat secara kimia satu sama lain. Tanah lempung menjadi sangat keras apabila dalam keadaan kering dan menjadi sangat lembek apabila keadaan basah. Oleh karena itu, tanah lempung merupakan tanah kohesif yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi. Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung yaitu terdiri dari partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim,1963). Berdasarkan penyelidikan tanah yang dilakukan pada proyek pembangunan Gedung KCU BCA ini, stratigrafi tanah termasuk dalam formasi Lidah (Tpl)[5] yang tersusun oleh tanah lempung dari permukaan hingga akhir kedalaman penyelidikan tanah (dapat dilihat pada gambar 2.1)



Gambar 2. 1 Statigrafi Lapisan Tanah

Berikut merupakan statigrafi lapisan tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah:

- Stratum 1, merupakan lapisan tanah permukaan dengan ketebalan sekitar 2m. Pada lokasi pemboran DB-1 dan DB-2 lapisan permukaan tersusun dari tanah lempung berlanau berwarna abu-abu kecoklatan. Sedangkan untuk area pemboran DB-3 lapisan permukaan terdiri oleh urugan dengan kepadatan tanah antara lepas sampai dengan sedang.
- Stratum 2, tersusun oleh lempung berwarna coklat kekuningan – coklat terang, berkonsistensi antara sedang hingga teguh dengan ketebalan sekitar 7m.
- Stratum 3, lapisan tanah peralihan, didominasi oleh lempung berlanau berwarna abu-abu gelap yang berselang seling dengan berwarna coklat kekuningan/coklat. Berkonsistensi teguh dengan ketebalan lapisan tanah antara 3 m hingga 8 m.

- Stratum 4, didominasi oleh lempung berwarna abu-abu kehijauan hingga abu-abu gelap. Berkonsistensi antara teguh – amat teguh dengan ketebalan mulai dari 14 m hingga 20 m.
- Stratum 5, dijumpai hingga akhir kedalaman maksimum pemboran yang dilakukan dan dikelompokkan menjadi 2 bagian. Bagian pertama tersusun oleh lapisan lNu berpasir yang tersementasi, berwarna abu-abu terang dan mengandung pecahan kulit kerang. Bagian kedua tersusun oleh tanah lempung amat teguh hingga keras dengan warna abu-abu terang hingga abu-abu gelap.

2.4 Korelasi Data Tanah

Korelasi data tanah dilakukan apabila terdapat parameter tanah yang belum diketahui dari hasil penyelidikan tanah di lapangan atau borlog. Parameter tanah dapat diperoleh berdasarkan hasil korelasi terhadap nilai *standard penetration test* (N-SPT) atau dihubungkan dengan parameter-parameter hasil penelitian para ahli. Parameter tersebut digunakan untuk perhitungan analisis stabilitas dan input data saat melakukan pemodelan dinding penahan pada Plaxis.

Tabel 2. 2 Korelasi Nilai N-SPT dengan ɣsat dan qu, Terzaghi and Peck[8]

N-SPT (blows/ft)	*Consistency*	qu (*Unconfined Compression Strength*, ton/ft^2)	ɣsat (kN/m^3)
< 2	Very soft	< 0,25	16 - 19
2 - 4	Soft	0,25 – 0,5	16 - 19
4 – 8	Medium	0,5 – 1	17 – 20
8 – 15	Stiff	1 – 2	19 - 22
15 - 30	Very Stiff	2 – 4	19 - 22
> 30	Hard	> 4	19 - 22

Tabel 2. 3 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson'Ratio, Das [9]

Type of Soil	*Modulus of Elastisity, E_s*		*Poisson's ratio, μ_s*
	MN/m²	lb/in²	
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	

Nilai Su *(undrained shear strength)* didapatkan dengan melakukan korelasi menggunakan nilai SPT berdasarkan metode empiris oleh Kulhawy dan Mayne (1990)[10]

Su = 6 x N

Penentuan tegangan awal berdasarkan nilai K0 dengan menggunakan persamaan oleh Jaky (1944)[11] sebagai berikut:

K0 = 1-sinφ'

= 0,93

2.5 *Embedded Walls*

2.5.1 Definisi *embedded walls*

Embedded walls adalah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah saat dilakukan pekerjaan galian pada pembuatan basement dalam, dimana stabilitasnya sebagian atau sepenuhnya diperoleh dari tahanan pasif tanah di dasar galian. *Embedded walls* ini berbentuk barisan tiang pancang/tiang bor tunggal, baik yang

bersinggungan maupun tidak bersinggungan. Terdapat juga bentuk rangkaian panel/*sheet* yang disusun rapat sehingga membentuk dinding.[12]

2.5.2 Jenis – jenis *embedded walls*

Berikut ini merupakan tipe dari *Embedded Walls* :

1. Dinding *sheetpile* baja.
   Sheetpile baja berupa lembaran profil baja yang dibuat saling mengait antara satu dengan yang lainnya. Banyak dipakai pada konstruksi dermaga dan tanggul pada aliran sungai.

Gambar 2. 2 Sheetpile Baja

Sumber: SNI 8460

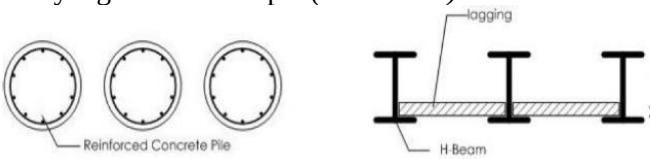
2. Dinding *sheetpile* beton, *corrugated* dan *flat*.
   Sheetpile beton terbuat dari beton prategang yang dirancang dengan tulangan untuk menahan tegangan selama konstruksi berlangsung. Berupa lembaran yang saling mengait dan terdapat tipe *corrugated* dan *flat*. Masing-masing dibedakan berdasarkan bentuknya, *corrougated sheet pile* seperti huruf W dan *flat sheet pile* berbentuk balok balok.

Gambar 2. 3 *Corrugated Sheetpile* dan *Flat Sheet Pile*

Sumber: SNI 8460

Gambar 2. 4 *Flat Concrete Sheet Pile (FCSP)*
Sumber: megacon.id

3. Dinding *soldier pile*.
   Soldier pile adalah dinding penahan tanah yang terdiri dari barisan bored pile dengan jarak tertentu yang terbuat dari beton yang di cor di tempat *(cast in situ)*.

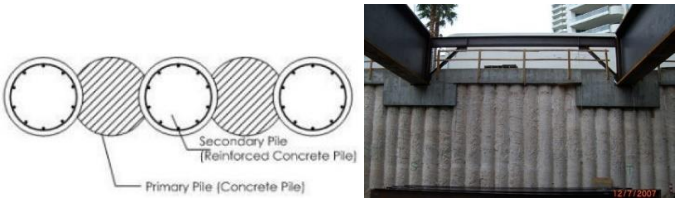


Gambar 2. 5 Soldier Pile
Sumber: SNI 8460

4. Dinding *contiguous bored pile*.
   Contiguous bored pile adalah dinding penahan tanah sementara yang terdiri dari barisan bored pile dan *bentonite cement pile* yang saling bertautan. Bersifat kedap air.

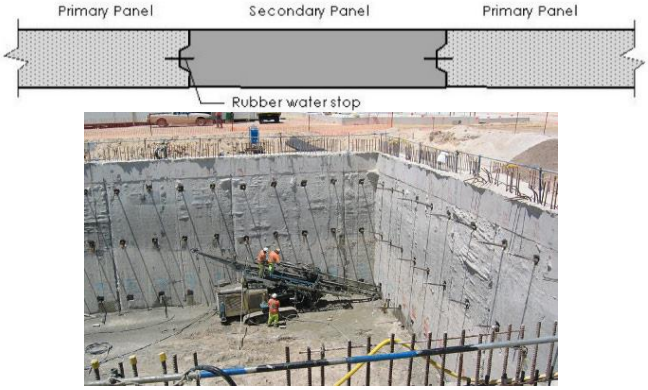
Gambar 2. 6 *Contigous bored pile*
Sumber: SNI 8460

5. Dinding *secant pile*.
   Secant pile terdiri dari rangkaian *primary pile* (berupa lubang bor yang diisi dengan beton *ready mix* tanpa tulangan) dan *secondary pile* (berupa *bored pile*).



Gambar 2. 7 *Secant Pile*
Sumber: SNI 8460

6. Dinding diafragma.
   Diaphragm wall dibuat dengan sistem penggalian parit kemudian pemasangan pipa besi pada *joint* dan pemasangan tulangan, setelah itu dilakukan pengecoran dengan *ready mix*.

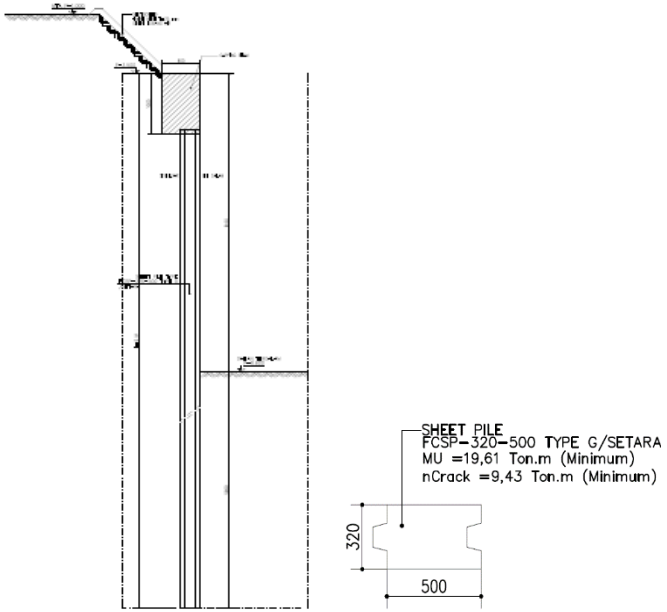


Gambar 2. 8 Dinding Diafragma
Sumber: SNI 8460

Pada proyek pembangunan Gedung BCA KCU Bukit Darmo Surabaya ini, jenis *embedded walls* yang dipilih yaitu *sheetpile* FCSP *(Flat Concrete Sheet Pile). Sheetpile* terbuat dari beton prategang yang memiliki tulangan guna menahan tegangan selama proses konstruksi berlangsung. *Sheetpile* beton dibuat dengan cara dicetak seperti balok dan sisi-sisinya

dibuat saling mengait. Desain tersebut bertujuan agar saat pemindahan *sheetpile* menjadi lebih praktis. Pada salah satu ujung *sheetpile* dibuat runcing agar mudah saat pemasangan di dalam tanah. Proyek ini menggunakan *flat sheetpile* tipe G dengan dimensi 320x500 mm. Berikut ini merupakan kelebihan dari FCSP:

- *Flat sheetpile* beton adalah tipe *sheetpile* yang memiliki sedikit defleksi pada bagian kepala *sheetpile.*
- Cocok diaplikasikan pada proyek dermaga, bantaran sungai, dan konstruksi dinding penahan tanah.
- Praktis dalam hal pemasangan dan pemindahan.
- Memiliki ketepatan yang tinggi ketika pemasangan.
- Bebas dari korosi dan karat.
- Terbuat dari beton ready mix yang memiliki kuat tekan yang tinggi.



Gambar 2. 9 *Sheet Pile*
Sumber: PT. Tatamulia Nusantara Indah

2.5.3 Persyaratan deformasi

Persyaratan teknis deformasi izin dinding penahan tanah *sheet pile* mengikuti pesyaratan SNI 8460-2017 Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 11.5. Salah satu metode dalam mendapatkan nilai deformasi yaitu menggunakan *software* Plaxis. Batasan deformasi lateral izin dinding penahan tanah ditentukan oleh kondisi tanah, kedalaman galian, serta jarak dan kondisi gedung terdekat yang besarnya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Batasan deformasi lateral dinding penahan tanah.

Batas maksimum deformasi lateral pada dinding Keterangan: x = Jarak dari batas galian, H = Kedalaman galian, δw = Defleksi dinding	**Lokasi gedung dan infrastruktur eksisting terdekat**			
	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%	1,0%

Sumber : SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.[12]

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 sand*)

b). Tanah Tipe B meliputi: tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, silts*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*loose fills*)

2.6 Tekanan Lateral Tanah

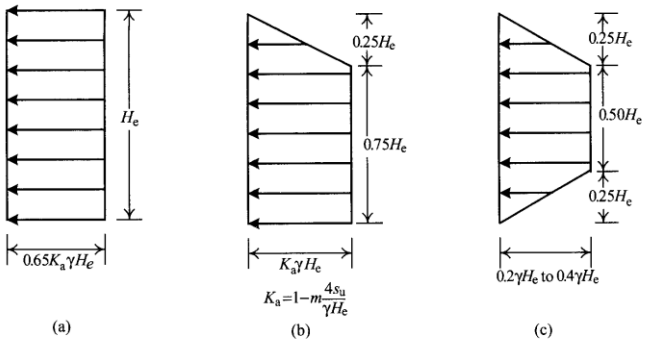
Dalam merencanakan dinding penahan tanah agar dapat menahan beban yang bekerja, maka perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja. Gaya yang bekerja yaitu antara dinding penahan tanah dengan dorongan tanah dibelakang struktur dinding penahan tanah tersebut. Gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah tersebut disebut dengan tekanan tanah lateral. Besarnya nilai tekanan tanah lateral dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya. Berdasarkan pergerakan dinding penahan tanah terhadap massa tanah yang ditahan, maka tekanan tanah lateral dibagi menjadi 3 kategori[13], yaitu :

1. Tekanan tanah dalam keadaan diam (K_0)
   Terjadi apabila dinding penahan tidak bergerak ke salah satu arah baik ke belakang galian maupun ke depan galian dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*).
2. Tekanan tanah aktif (Ka)
   Dinding penahan tanah bergerak menjauhi tanah yang ditahan hingga mendekati keadaan runtuh. Terjadi apabila massa tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*).
3. Tekanan tanah pasif (Kp)
   Dinding penahan tanah bergerak menuju tanah yang ditahan hingga mendekati keadaan runtuh. Terjadi apabila massa tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*).

Teori Rankine menjelaskan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Rankine menjelaskan nilai friksi dan adhesi

antara dinding penahan tanah dengan tanah sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Perhitungan menggunakan teori Rankine hanya berlaku pada dinding vertikal 90°. Rankine menyelidiki keadaan tegangan tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) sehingga dapat menjelaskan teori tekanan tanah aktif dan pasif.

Diagram tekanan tanah lateral juga dijelaskan secara empiris oleh Peck (1969). Diagram tekanan untuk galian dalam pasir lepas, pasir padat, dan lempung dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 10 Diagram Tekanan Tanah Menurut Peck
Sumber : Chang-Yu Ou [13]

Pada diagram (a) berlaku untuk tanah pasir, diagram (b) berlaku untuk tanah lempung lunak hingga sedang dan diagram (c) berlaku untuk tanah lempung keras. Diagram tekanan tanah ini digunakan untuk menghitung *strut load.*

Apabila tanah berupa *soft to medium soft clay* (diagram b) maka perhitungan tekanan tanah p_a diambil nilai tertinggi dari:

Pa $= \Upsilon H_e \left(1 - m\frac{4s_u}{\Upsilon H_e}\right)$

atau

Pa $=0.3\Upsilon H_e$

Apabila tanah berupa *stiff clay* (diagram c) maka perhitungan tekanan tanah menggunakan rumus sebagai berikut:

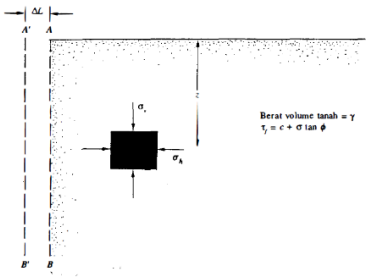
Pa =$0.3\Upsilon H_e$

Dimana:

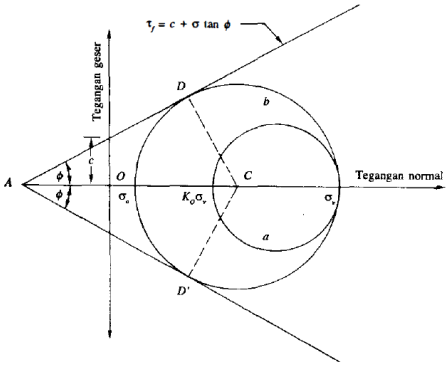
ϒ = berat volume tanah (kN/m^3)
He = kedalaman galian (m)
Su = kuat geser undrained

2.6.1 Tekanan tanah aktif menurut rankine

Tekanan tanah aktif terjadi apabila tekanan yang bekerja membuat dinding menjauhi tanah yang ditahan. Massa tanah ditunjukkan pada Gambar 2.12. Tanah tersebut dibatasi oleh dinding penahan yang dipasang sampai kedalaman tertentu. Pada suatu kedalaman z, tegangan utama arah vertikal (σ_v) sebagai tegangan total dan tegangan horizontal (σ_h) sebagai tegangan efektif. Kondisi tegangan tersebut dapat diwakilkan oleh lingkaran Mohr a. Namun, apabila dinding penahan diijinkan bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan, maka tegangan utama arah horizontal akan berkurang. Kondisi tersebut merupakan kondisi keseimbangan plastis, dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b. Tekanan σ_a yang bekerja pada bidang vertikal (bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine (*Rankine's active earth pressure*).



Gambar 2. 11 Massa Tanah
Sumber : Braja M. Das[13]



Gambar 2. 12 Lingkaran Mohr Tekanan Aktif
Sumber : Braja M. Das[13]

Besar gaya-gaya yang bekerja pada gambar diatas sebagai berikut:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 (45 - \frac{\emptyset}{2}) - 2c \tan (45 - \frac{\emptyset}{2}) \qquad (2.1)$$

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2 (45 - \frac{\emptyset}{2}) - 2c \tan (45 - \frac{\emptyset}{2}) \qquad (2.2)$$

Dimana:

σ_a = tekanan lateral tanah aktif
σ_v = tekanan efektif tanah
c = kohesi tanah
γ = berat volume tanah
ø = sudut geser tanah
z = kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan.
Ka = koefisien tanah aktif

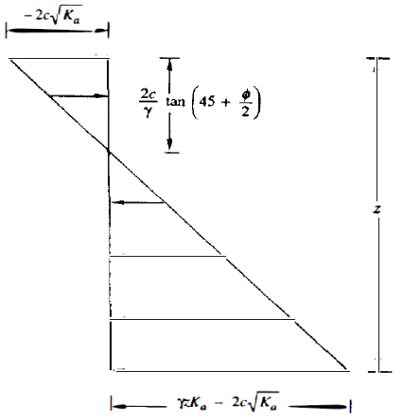
Ka dari persamaan diatas dapat dihitung dengan:

$$Ka = \tan^2 (45 - \frac{\emptyset}{2}) \qquad (2.3)$$

Maka besar tekanan lateral yang terjadi yaitu:

$$\sigma_a = \gamma z \, Ka - 2c\sqrt{Ka} \qquad (2.4)$$

Tekanan tanah pada gambar dibawah ini berlaku untuk tanah datar. Total tekanan tanah yang bekerja akibat beban luar dan pengaruh air sebagai berikut:



Gambar 2. 13 Resultan Tekanan Tanah Aktif
Sumber : Braja M. Das, 1985[13]

Total tekanan tanah yang bekerja yaitu:

$$P_a = 0{,}5\,\gamma\, z\, Ka + 2c\sqrt{Ka} \qquad (2.5)$$

Sedangkan untuk tekanan tanah apabila tanah miring maka rumus mencari Ka sebagai berikut:

$$Ka = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\emptyset}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\emptyset}} \qquad (2.6)$$

Dimana:

Ø = Sudut geser tanah

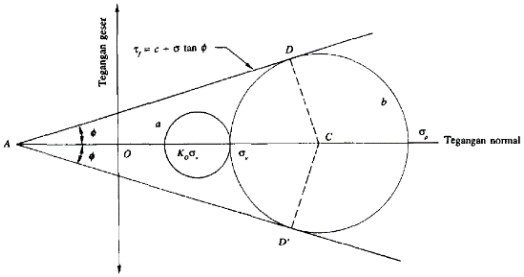
α = sudut elevasi tanah dipermukaan atas tanah
Ka = koefisien tekanan tanah aktif

Sehingga total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut:

Pa = 0,5 γz^2 Ka (2.7)

2.6.2 Tekanan tanah pasif menurut rankine

Tekanan tanah pasif terjadi apabila tekanan yang bekerja membuat dinding mendekati tanah yang ditahan. Pada suatu kedalaman z, tegangan utama arah vertikal (σ_v) sebagai tegangan total dan tegangan horizontal (σ_h) sebagai tegangan efektif. Kondisi tegangan tersebut dapat diwakilkan oleh lingkaran Mohr a. Namun, apabila dinding penahan diijinkan bergerak mendekati massa tanah secara perlahan, maka tegangan utama arah horizontal akan bertambah. Kondisi tersebut merupakan kondisi keseimbangan plastis, dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b. Tekanan tanah ke samping σ_p yang bekerja pada bidang vertikal (bidang utama) adalah tekanan tanah pasif menurut Rankine (*Rankine's passive earth pressure*).



Gambar 2. 14 Lingkaran Mohr Tekanan Pasif
Sumber : Braja M. Das, 1985[13]

Besar gaya-gaya yang bekerja pada gambar diatas sebagai berikut:

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 (45 + \frac{\emptyset}{2}) + 2c \tan (45 + \frac{\emptyset}{2}) \quad (2.8)$$

$$\sigma_p = \gamma z \tan^2 (45 + \frac{\emptyset}{2}) + 2c \tan (45 + \frac{\emptyset}{2}) \quad (2.9)$$

Dimana:

σ_p = tekanan lateral tanah pasif
σ_v = tekanan efektif tanah
c = kohesi tanah
γ = berat volume tanah
ø = sudut geser tanah
z = kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan.
Kp = koefisien tanah aktif

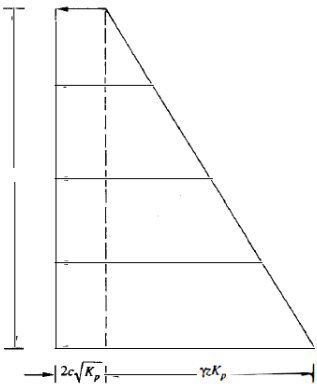
Kp dari persamaan diatas dapat dihitung dengan:

$$Kp = \tan^2 (45 + \frac{\emptyset}{2}) = \frac{1}{Ka} \quad (2.10)$$

Maka besar tekanan lateral dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_p = \gamma z \, Kp + 2c \sqrt{Kp} \quad (2.11)$$

Tekanan tanah pada gambar dibawah ini berlaku untuk tanah datar. Total tekanan tanah yang bekerja akibat beban luar dan pengaruh air sebagai berikut:



Gambar 2. 15 Resultan Tekanan Tanah Pasif
Sumber : Braja M. Das, 1985[13]

Total tekanan tanah yang bekerja yaitu:

$$\mathbf{P_p = 0{,}5\ \gamma\, z\, Kp + 2c\sqrt{Kp}} \qquad \textbf{(2.12)}$$

Sedangkan untuk tekanan tanah apabila tanah miring maka rumus mencari Kp sebagai berikut:

$$\mathbf{Kp = Cos\ \alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\emptyset}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\emptyset}}} \qquad \textbf{(2.13)}$$

Dimana:

Ø = Sudut geser tanah

α = sudut elevasi tanah dipermukaan atas tanah

Kp = koefisien tekanan tanah pasif

Sehingga total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{Pp = 0{,}5\ \gamma\, z^2\, Kp} \qquad \textbf{(2.14)}$$

2.7 *Monitoring* Inklinometer

Inklinometer adalah alat untuk mengukur pergerakan horizontal tanah. Inklinometer juga berfungsi untuk memantau kinerja struktur penahan, memantau stabilitas lereng, memantau penggalian, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan pergeseran tanah. Kegiatan monitoring inklinometer yaitu pencatatan data elevasi bagian atas pipa inklinometer dan pengukuran tiga kali pembacaan untuk mendapatkan bacaan awal yang konstan. Pembacaan inklinometer dilakukan paling sedikit satu kali sehari agar saat penambahan beban pergerakan dinding tetap terpantau. Hasil monitoring inklinometer sebagai berikut:

1. Data pembacaan pergerakan horizontal
2. Data timbunan
3. Grafik hubungan antara gerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman
4. Deformasi horizontal terhadap waktu

2.8 Faktor Keamanan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah disyaratkan berdasarkan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.2.5.3 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

Dalam merencanakan dinding penahan tanah perlu diperhitungkan adanya tekanan lateral yang terjadi pada dinding. Tekanan lateral dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling yang terjadi pada dinding sehingga diperlukan perhitungan stabilitas terhadap geser dan stabilitas terhadap guling.

2.8.1 Analisis stabilitas terhadap geser

Stabilitas geser yaitu perbandingan antara gaya yang menahan dan mendorong diantara dinding penahan tanah.[14]. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekan antara tanah dengan pondasi dan tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah.

Faktor keamanan minimum terhadap geser (F_{gs}) sebagai berikut:

(F_{gs}) ≥ 2 (untuk tanah kohesif)

(F_{gs}) ≥ 1,5 (untuk tanah granuler)

Perhitungan faktor keamanan terhadap bahaya geser (F_{gs}) sebagai berikut:

$$(F_{gs}) = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Pah} \qquad (2.15)$$

- Untuk tanah jenis granular (c=0), maka:
  ΣR_h = W tan δh
  Dengan δh ≤ Ø (diambil $\frac{1}{3}$ ø sampai $\frac{2}{3}$ø)
- Untuk tanah jenis kohesif (Ø = 0)
  ΣRh = C_d B
- Untuk tanah kohesif c=Ø (Ø>0 dan c=0), maka
- ΣRh = C_d B + W tan δh

Dimana:

ΣRh = tahanan dinding penahan tanah terhadap geser
W = berat total dinding penahan dan tanah diatas pelat pondasi
δh = sudut geser antara tanah dan pondasi
C_d = kohesi tanah dasar
B = lebar kaki dinding penahan tanah
ΣP_{ah} = jumlah gaya horizontal

Tabel 2. 5 Koefisien gesek antara tanah dan pondasi

Jenis tanah dasar	f (koefisien gesek)
Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
Tanah lanau tak berkohesi	0,35
Batu keras permukaan kasar	0,6

Sumber : Hardiyatmo[14]

2.8.2 Analisis stabilitas terhadap guling

Stabilitas guling yaitu stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling akibat tekanan lateral tanah urug di belakang dinding penahan tanah[14]. Terjadinya bahaya guling yaitu akibat terjadinya momen yang memiliki kecenderungan menggulingkan dinding penahan tanah.

Faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling menurut SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik sebagai berikut:

$$(F_{gl}) = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 2 \qquad (2.17)$$

Perhitungan faktor keamanan terhadap bahaya guling (F_{gl}), sebagai berikut:

$$(F_{gl}) = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} = \frac{W.b_1}{\Sigma Pah.h_1 + \Sigma Pav.B} \qquad (2.16)$$

Dimana:

ΣM_w = Momen yang melawan guling (kNm)
ΣM_{gl} = Momen yang mengakibatkan guling (kNm)

W = Berat tanah diatas pelat pondasi + berat sendiri dinding penahan tanahF (kN)
B = lebar kaki dinding penahan tanah (m)
ΣP_{ah} = jumlah gaya horizontal (kN)
ΣP_{av} = jumlah gaya vertikal (kN)

2.8.3 Analisis pembebanan

Pembebanan dibagi menjadi beban lalu lintas dan beban perkerasan jalan karena kondisi bangunan bersebelahan dengan jalan raya. Pembebanan ini berlaku untuk potongan B dan C pada sisi timur yang bersebelahan dengan jalan Mayjen Yono Suwoyo.

1. Beban lalu lintas
   Beban lalu lintas diperhitungkan sesuai SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Beban lalu lintas terdiri dari beban lajur ‘D’ dan beban truk ‘T’. Namun beban truk tidak bisa digunakan bersamaan dengan beban lajur. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kN/m^2 dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani (L). Sehingga beban lalu lintas dihitung sebagai berikut:
   $L \leq 30$ meter, q = 9,0 kN/m^2
2. Beban perkerasan jalan
   Beban perkerasan jalan diperhitungkan sesuai Keputusan Menteri PU No. 378/KPTS/1987 tentang pengesahan 33 standar konstruksi bangunan Indonesia. Lapisan dan bahan perkerasan jalan yang ada digunakan untuk menentukan nilai beban yang terjadi seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 6 Beban Perkerasan Jalan

Lapisan	Bahan	Tebal	Berat Jenis	Beban
		m	kN/m3	kN/m2
Permukaan	Laston	0,1	22	2,2
Pondasi	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur	0,15	22,7	3,405
Pondasi bawah	Laston bawah	0,1	22,7	2,27
Total beban perkerasan jalan				7,875

q_{total} = beban lalu lintas + beban perkerasan jalan
= 16,875 kN/m2

2.9 Faktor Keamanan Stabilitas Dasar Galian

Faktor keamanan stabilitas dasar galian perlu diperhitungkan dan harus memenuhi persyaratan terhadap bahaya *basal heave*, *blow-in*, dan *piping*.

2.9.1 *Basal heave*

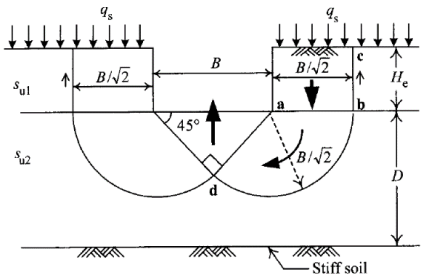
Basal heave adalah mengalirnya tanah ke dalam galian akibat terganggunya kesetimbangan daya dukung tanah pada level ujung bawah *embedded wall*[12]. Saat pemeriksaan terhadap bahaya *basal heave*, perlu diperhitungkan adanya beban tambahan. Faktor keamanan terhadap bahaya *basal heave* sesuai persyaratan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, yaitu:

FK$_{heave}$ ≥ 1,25

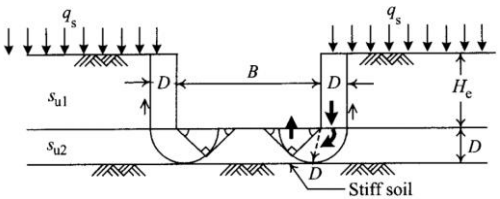
Analisis *basal heave* hanya berlaku pada tanah lempung. *Basal heave* memiliki metode analisis yang bervariasi dengan anggapan bentuk kegagalan permukaan berada di dekat tanah atau permukaan galian, meskipun kegagalan utama berbentuk *circular arc*. Metode yang paling banyak digunakan adalah metode Terzaghi, metode Bjerrum *and* Eide's dan *slip circle*.

a. Metode *bearing capacity*

Analisis *basal heave* metode *bearing capacity* atau metode Terzaghi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 16 Analisis Basal Heave Metode Terzaghi (D ≥ B $\sqrt{2}$)
Sumber: Chang-Yu Ou [15]

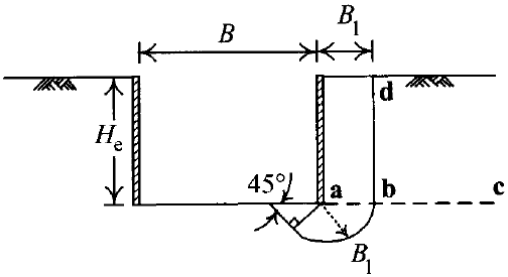


Gambar 2. 17 Analisis Basal Heave Metode Terzaghi (D < B $\sqrt{2}$)
Sumber: Chang-Yu Ou [15]

Saat kegagalan *basal heave* terjadi, bidang vertikal dapat memberikan ketahanan geser ($s_{u1}H_e$). Perhitungan faktor keamanan dari metode *bearing capacity* sebagai berikut.

$$F_b = \frac{Qu}{W - su_1He} \qquad \textbf{(2.18)}$$

Dimana: $Q_u = 5{,}7S_{u2}$

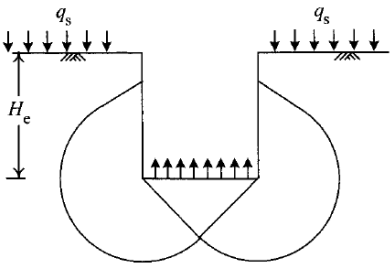


Gambar 2. 18 Analisis *Basal Heave* Metode *Bearing Capacity*
Sumber : Chang-Yu Ou [15]

b. Metode *negative bearing capacity*
Perhitungan faktor keamanan dari metode *negative bearing capacity* sebagai berikut.

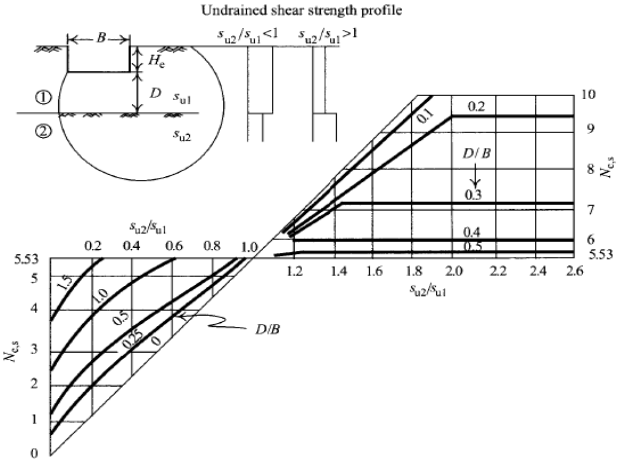
$$F_b = \frac{Nc.Su}{\gamma He + qs} \qquad \textbf{(2.19)}$$

Dimana: Nc = faktor daya dukung



Gambar 2. 19 Analisis *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity*
Sumber : Chang-Yu Ou[15]

c. Metode *Extended* Bjerrum dan Eide's
Perhitungan faktor keamanan dari metode *Extended* Bjerrum dan Eide's sebagai berikut.



Gambar 2. 20 Analisis *Basal Heave* Metode Bjerrum *and* Eide's
Sumber : Chang-Yu Ou [15]

$$F_b = \frac{Su1 \,.Nc,s \,.fd \,.fs}{\gamma He} \qquad (2.20)$$

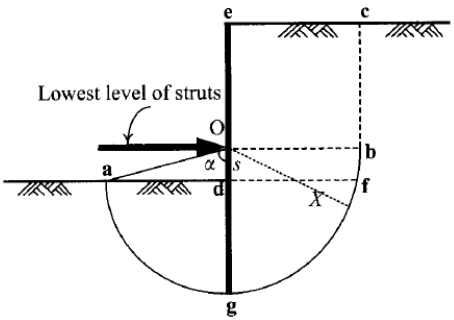
Dimana:

$N_{c,s}$ = faktor daya dukung

f_d = koreksi faktor kedalaman

f_s = koreksi faktor bentuk

d. Metode *slip circle*
Perhitungan faktor keamanan dari metode *slip circle* sebagai berikut



Gambar 2. 21 Analisis *Basal Heave* Metode *Slip Circle*
Sumber : Chang-Yu Ou [15]

$$F_b = \frac{Mr}{Md} = \frac{X.\left(\frac{\pi}{2}+\alpha\right).X.S_u}{W.\frac{X}{2}} \qquad \textbf{(2.21)}$$

Dimana:

X = jarak antara kedalaman dinding dengan *strut* terbawah

θ = $\cos^{-1} \frac{\text{jarak strut terbawah dari dasar galian}}{\text{jarak strut terbawah dan dasar dinding}}$

W = total beban tanah didepan dinding dan beban permukaan tanah

2.9.2 *Blow-in*

Blow-in terjadi apabila tanah dasar galian merupakan tanah lempung (kedap air) yang relative tipis dan dibawahnya 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. Faktor keamanan terhadap bahaya *blow-in* sesuai persyaratan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, yaitu:

$$\mathbf{FK}_{blow\text{-}in} \geq \mathbf{1{,}25}$$

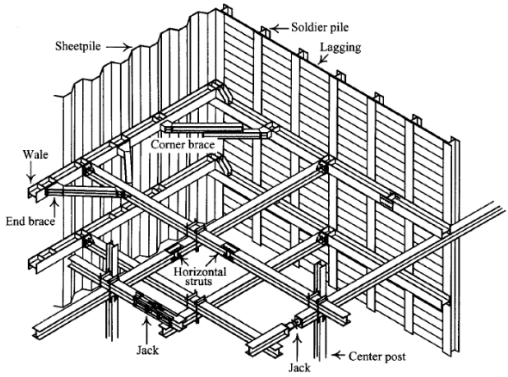
2.9.3 *Piping*

Piping terjadi apabila tanah pada dasar galian merupakan pasir. Potensi *piping* terjadi bila *exit gradient* melebihi *critical hydraulic gradient*. Keadaan tersebut menyebabkan rusaknya dasar galian seperti mendidih. Dasar galian dikatakan aman terhadap bahaya *piping* apabila memenuhi persyaratan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, yaitu:

$$\mathbf{FK}_{piping} \geq \mathbf{1{,}5}$$

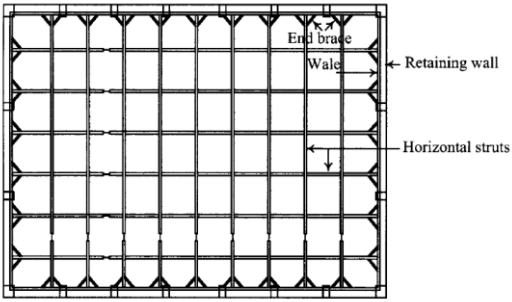
2.10 *Strutting* Baja

Strutting adalah sistem penyokong tambahan dalam membantu dinding penahan tanah menahan tekanan tanah lateral. *Strut* baja digunakan karena mudah dipasang dan dibongkar. Persyaratan pada pemasangan *strut* baja harus dipenuhi sesuai SNI 8460:2017 pasal 10.3.5.2.2. Berikut merupakan macam-macam komponen pada sistem *strutting* baja.



Gambar 2. 22 Komponen Sistem *Strutting*
Sumber : Chang-Yu Ou, [15]

2.10.1 *Horizontal struts*



Gambar 2. 23 Horizontal *Strut*
Sumber : Chang-Yu Ou[15]

Pada *strut* terdapat beban aksial tekan dan beban lentur. Tegangan aksial tekan dihitung sebagai berikut:

$$\mathbf{f_a} = \frac{N}{A} \qquad \textbf{(2.22)}$$

Dimana:

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 temperature = $\alpha \Delta t EA$
α = koefisien *thermal expansion* untuk *strut* = 1,32 x 10^{-5}/°C
Δt = perubahan temperature *strut* (°C)
E = modulus Young

Tegangan akibat beban lentur dihitung dengan rumus sebagai berikut:

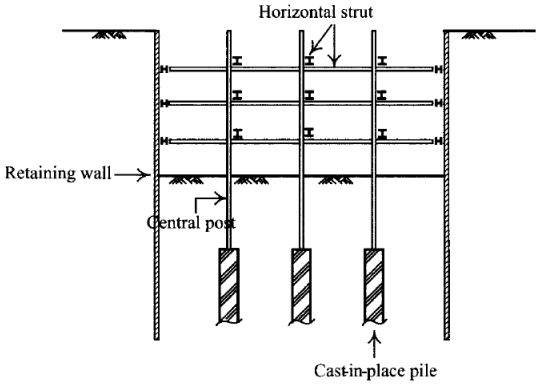
$$\mathbf{f_a} = \frac{M_1 + M_2}{S} \qquad \textbf{(2.23)}$$

Dimana:

M_1 = momen yang diakibatkan oleh berat sendiri *strut* dan beban hidup.
M_2 = momen yang diakibatkan oleh gaya angkut dari *center post*.
S = *section modulus.*

2.10.2 *Center posts*

Center posts berfungsi untuk menahan berat beban sendiri *strut*, bahan *strut*, dan beban tambahan dari pergerakan dinding penahan. *Center posts* biasanya menggukanan baja profil H dan dipancang kedalam tanah.



Gambar 2. 24 Pemasangan *Center Posts*
Sumber : Chang-Yu Ou, [15]

Gaya aksial yang terjadi pada *center posts* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{P_1} = \sum_{i=1}^{n} w_i (L_1 + L_2) \qquad \textbf{(2.29)}$$

Dimana:

P_1 = berat horizontal *struts* dan beban hidup
w_i = berat sendiri *struts* setiap level dan beban hidup
L_1, L_2 = jarak antar strut
n = jumlah level
P_2 = berat sendiri *center posts* diatas permukaan galian

$$\mathbf{P_3} = \sum_{i=1}^{n} 2\,(Nx,_i + Ny,i)\sin\theta \qquad \textbf{(2.30)}$$

Dimana:

P_3 = kuat tekan miring dari horizontal *struts*
$Nx,_i$ = beban *strut* setiap level pada arah sumbu-x
Ny,i = beban *strut* setiap level pada arah sumbu-y
θ = sudut kemiringan dari horizontal *strut*

total beban yang diterima *center posts* adalah:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (2.31)$$

Momen akibat berat sendiri *struts* dan beban hidup dengan eksentrisitas dari *center posts* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M = (P_2 + P_3)\, e_x \quad (2.32)$$

Kapasitas daya dukung vertikal ultimit dari *center posts* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s = q_p A_p + f_s A_s \quad (2.33)$$

Dimana:

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* sebagai berikut:

$$Q_a = \left(\frac{Q_u}{FS}\right) = \frac{Q_{s+}\, Q_p}{FS} \quad (2.34)$$

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

Fs = 3 (mempertimbangkan kemungkinan gempa atau galian dengan resiko tinggi)

Tahanan cabut tiang yang diizinkan dihitung dengan rumus:

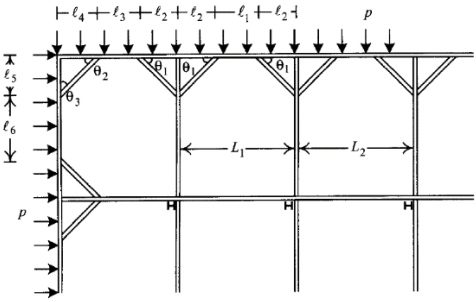
$$\mathbf{R_a} = \mathbf{w_p} + \left(\frac{1}{FS}\right) f_s A_s \qquad \textbf{(2.35)}$$

Dimana:

w_p = berat dari *center post*
f_s = satuan tahanan gesek *center post*, dapat diasumsikan 10,57 atau 10,58
A_s = luas permukaan
FS = faktor keamanan *center post*

2.10.3 *End braces and corner braces*

End braces biasanya dipasang simetris dengan sudut 45° dengan *wales*. Fungsi dari *end braces* adalah untuk memperpendek bentang di antara dua tumpuan. *End braces* atau *corner braces* digunakan untuk mengatasi masalah ketika terdapat dua *strut* yang berdekatan di posisi yang sama membuat jarak antar *strut* menjadi lebih sempit dari jarak yang diizinkan untuk *horizontal strutting*.



Gambar 2. 25 Jarak dan Sudut diantara *Struts* dan *End Braces* atau *Corner Braces*
Sumber : Chang-Yu Ou[15]

Gaya aksial dari *end braces* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{N} = \boldsymbol{p}\left(\frac{l_1+l_2}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_1} \quad \textbf{(2.24)}$$

Dimana:

P = tekanan tanah atau beban *strut* per satuan lebar
l_1, l_2 = jarak antar *strut*
θ_1 = sudut diantara *end braces* dengan *wales*

Gaya aksial dari *corner brace* dapat dihitung dengan mencari nilai (N) tertinggi dari rumus berikut:

$$\mathbf{N_1} = \boldsymbol{p}\left(\frac{l_3+l_4}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_2} \quad \textbf{(2.25)}$$

$$\mathbf{N_2} = \boldsymbol{p}\left(\frac{l_5+l_6}{2}\right)\frac{1}{sin\theta_3} \quad \textbf{(2.26)}$$

2.10.4 *Wales*

Wales berfungsi untuk menyalurkan tekanan tanah dari dinding penahan ke *struts*. Untuk analisis tekanan tanah diasumsikan bekerja langsung pada *wale*. *Wale* biasanya juga memiliki tegangan aksial. Jika *sheet piles* dengan *end braces* digunakan, gaya aksial pada *wale* dapat dihitung dengan mencari nilai (N) yang tertinggi diantara rumus berikut ini:

$$\mathbf{N} = \boldsymbol{p}\left(l_5 + \frac{l_6}{2}\right) \quad \textbf{(2.27)}$$

Atau

$$\mathbf{N} = \boldsymbol{p}\left(\frac{l_1+l_2}{2}\right)\frac{1}{tan\theta_1} \quad \textbf{(2.28)}$$

2.10.5 Kontrol *strutting*

Kontrol *strutting* diperhitungkan berdasarkan SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural pasal E Desain Komponen Struktur untuk Tekan[16]. Kuat tekan desain didapatkan dari ketentuan sebagai berikut:

Kuat tekan desain= $\phi_c P_n$ **(2.36)**

Dimana:

ϕ_c = 0,9

Pn = Nilai terendah yang diperoleh berdasarkan keadaan batas tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-torsi lentur yang berlaku.

Kuat tekan nominal untuk komponen struktur tekan dengan elemen tidak langsing ditentukan berdasarkan keadaan batas berupa tekuk lentur dan tekuk torsi dengan rumus sebagai berikut.

$P_n = F_{cr} A_g$ **(2.37)**

Kuat tekan nominal dari keadaan tekuk lentur komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E3. Tegangan kritis (Fcr) ditentukan sebagai berikut:

a. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} \leq 2{,}25$) **(2.38)**

Fcr = $(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}})$Fy

b. Bila $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} > 2{,}25$) **(2.39)**

Fcr = $0{,}877\,Fe$

Dimana:

Fe = tegangan tekuk elastis lentur = $\frac{n^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

Ag = luas penampang melintang bruto komponen struktur

KL = Panjang efektif komponen struktur
E = modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
Fy = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan
r = radius girasi

Kuat tekan nominal dari keadaan tekuk torsi komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E4. Tegangan kritis (Fcr) ditentukan sebagai berikut:

c. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} \leq 2{,}25$) **(2.38)**

Fcr = $(0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}})$Fy

d. Bila $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} > 2{,}25$) **(2.39)**

Fcr = $0{,}877\,Fe$

Dimana:

Fe = tegangan tekuk elastis torsi = $\left(\frac{\pi^2 ECw}{(KL)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_{x+}I_y}$

C_w = $\frac{I_y.ho^2}{4}$

G = modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

J = konstanta torsi (mm^4)

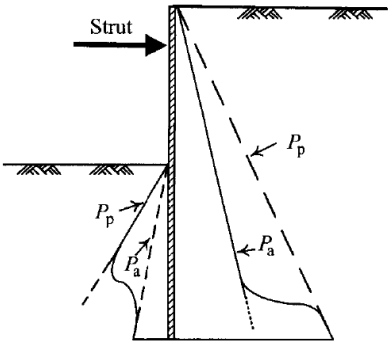
2.11 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah dapat mengalami keruntuhan apabila tegangan tanah yang terjadi melebihi kekuatan dari dinding penahan itu sendiri. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan dinding maka dilakukan analisis *overall shear failure*. *Overall shear failure* yaitu suatu kondisi dimana tegangan geser pada suatu titik tanah melebihi atau sama dengan kuat geser tanah pada titik tersebut yang menyebabkan titik tersebut mengalami *failure state* atau *limiting state*. Pada saat titik-titik tersebut saling berhubungan dan membentuk suatu bidang, maka terbentuk *failure surface* atau

disebut dengan bidang yang mengalami keruntuhan pada galian. Oleh karena itu, untuk menghindari adanya keruntuhan saat konstruksi diperlukan analisis keruntuhan berupa *push in.*

2.11.1 *Free earth support method*

Free earth support method atau dinding yang berdiri bebas adalah metode yang digunakan untuk mengasumsikan dinding ketika melakukan analisis *push-in*. Akibat tekanan lateral tanah yang terjadi, dinding diasumsikan untuk bergerak pada jarak tertentu sesuai persyaratan yang diizinkan. Dinding yang didesain berdiri bebas maka gaya luar hanya berasal dari tekanan lateral aktif dan pasif sedangkan jika terdapat *strut*, perhitungan beban *strut* juga dilakukan. Gambar berikut menjelaskan distribusi tekanan lateral pada dinding berdiri bebas.



Gambar 2. 26 Distribusi Tekanan Lateral Pada Dinding
Sumber : Chang-Yu Ou, [15]

2.11.2 *Analisis push-in*

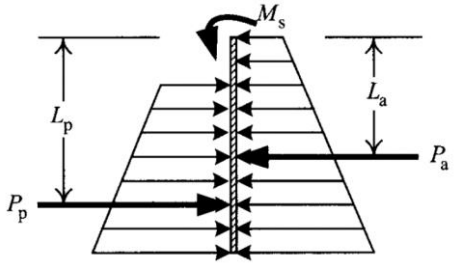
Push-in terjadi apabila tekanan tanah mencapai kondisi batas (*limiting state*) sehingga dinding penahan tanah bergerak ke dalam area galian hingga terjadi keruntuhan. Untuk melakukan analisis terhadap *push in* dibutuhkan kedalaman dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah dianggap berdiri bebas dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah berada pada kondisi

seimbang. Gaya yang terjadi yaitu berasal dari tekanan tanah aktif, tekanan tanah pasif, dan gaya *strut*. Faktor keamanan yang disyaratkan untuk *push-in* yaitu (f_p) ≥ 1,5

$$\mathbf{Fp} = \frac{M_r}{M_d} = \frac{P_{p.L_p} + M_s}{P_{a.L_a}} \qquad \textbf{(2.40)}$$

Dimana:

Fp = faktor keamanan terhadap *push-in*
Pp = resultan gaya lateral pasif didepan dinding dibawah permukaan galian
Lp = Panjang lengan dari *strut* terbawah ke titik gaya Pp
Pa = resultan gaya lateral aktif dibelakang dinding dibawah *strut* terendah
La = Panjang lengan dari *strut* terendah ke titik gaya Pa
Ms = momen pada dinding diizinkan



Gambar 2. 27 Kesetimbangan Gaya Dinding Sebagai *Free Body*
Sumber : Chang-Yu Ou [15]

2.12 Program Bantu Plaxis

Plaxis merupakan program bantu elemen hingga (*finite elemen method*) yang digunakan sebagai analisis deformasi dan rekayasa stabilitas dalam bidang geoteknik. Plaxis dapat melakukan analisis tentang desain dinding penahan tanah, defleksi yang terjadi pada dinding, analisis stabilitas dinding, aliran air pada tanah serta program elemen hingga dua dimensi dan tiga dimensi.

Pada proyek akhir ini akan digunakan Plaxis 2D dalam menganalisis deformasi, stabilitas dan gaya dalam.

2.13 Pemodelan Tanah dengan Mohr-Columb pada Plaxis

Mohr-Coloumb adalah model linear elastik dan plastik sempurna yang menggunakan lima parameter, yaitu:

- Modulus kekakuan tanah/Modulus Young (E) dan Rasio Poisson (v) yang memodelkan elastik tanah
- Kohesi (c) dan sudut geser tanah (φ) yang memodelkan perilaku plastis tanah
- Sudut dilatansi (ψ) yang memodelkan perilaku dilantasi tanah

Pemodelan Mohr-Coulomb cukup baik sebagai tingkat pertama (*first order*) pendekatan perilaku tanah dan batuan. Setiap lapisan tanah dianggap mempunyai kekauan yang konstan atau meningkat secara linear terhadap kedalaman. Mohr-Coloumb memiliki beberapa kelebihan yaitu relatif digunakan dan cocok diterapkan dalam berbagai aplikasi dalam praktik geoteknik. Namun model ini juga memiliki kelemahan yaitu melinierkan kekakuan tanah (tidak memperhitungkan perubahan nilai E terhadap perubahan tegangan).

2.13.1 Analisis kondisi *undrained*

Pada kondisi *Undrained* (Tidak terdrainase), tidak ada gerakan air didalam tanah dan kadar air tetap. Dalam kondisi ini tidak ada aliran air pori dan tidak ada perubahan volume tanah. Kondisi *Undrained* dapat digunakan dalam kondisi bila permeabilitas tanah rendah seperti pada tanah lempung. Selain itu, digunakan dalam kondisi ketika beban bekerja dengan sangat cepat. Perilaku jangka pendek (*short term*) tanah undrained bersifat kritis sedangkan jangka panjang bersifat tidak kritis. Dalam pemodelan pada Plaxis terdapat cara analisis kondisi *undrained* sebagai berikut:

1. *Undrained A* (Metoda A)

Kondisi *undrained* A merupakan perhitungan dalam analisis tegangan efektif dan memungkinkan perhitungan *undrained* dengan parameter tegangan efektif yang menghasilkan tegangan efektif dan tegangan air pori berlebih. Perubahan tegangan total material *undrained* dalam perhitungan plastis di Plaxis akan menghasilkan tegangan air pori. Kuat geser *undrained* (Su) bukan parameter masukan tetapi merupakan hasil dari model konstitutif yang digunakan. Kuat geser *undrained* harus dicek terhadap data kuat geser *undrained* yang sesungguhnya. Selain itu, *undrained* A menghasilkan tegangan air pori dimana tepat atau tidaknya perhitungan tergantung pada pilihan model dan parameter tanah. Sifat dari *undrained A* sebagai berikut:

- Kuat geser menggunakan kondisi tegangan efektif yaitu: c',φ',ψ'
- Kekakuan tanah dalam kondisi efektif, yaitu E'_{50}, v'

2. *Undrained B* (Metoda B)

Kondisi *undrained* B merupakan perhitungan dalam analisis tegangan efektif. Perhitungan *undrained B* akan menghasilkan tegangan air pori hanya saja tidak akurat. Parameter kuat geser *undrained* (Su) merupakan parameter masukan. Walaupun perhitungan konsolidasi pada *undrained B* dapat dilakukan namun jarang dilakukan karena perhitungan tegangan air pori yang menyimpang. Hal yang perlu diperhatikan dalam kondisi ini yaitu tidak dapat melakukan analisis konsolidasi mendalam dikarenakan tidak menghasilkan peningkatan kuat geser *undrained*. Sifat parameter input dalam metode ini sebagai berikut:

- Kuat geser menggunakan kondisi tegangan total yaitu c = Cu, φ = 0, ψ = 0
- Kekakuan tanah dalam kondisi efektif, yaitu Eu dan v

3. *Undrained C* (Metoda C)

Kondisi *undrained* C digunakan saat penggunaan metode A dan metode B tidak memungkinkan dengan menggunakan

analisis tegangan total dan parameter *undrained*. Parameter input *undrained C* dalam program Plaxis sebagai berikut:

- Kuat geser menggunakan kondisi tegangan total yaitu c = Cu, φ = 0, ψ = 0
- Kekakuan tanah dalam kondisi efektif, yaitu Eu dan vu = 0,495

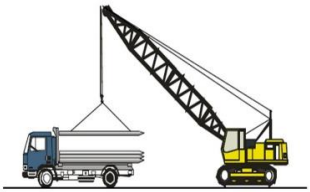
2.14 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam melaksanakan suatu pekerjaan konstruksi. Adapun urutan metode pelaksanaan pekerjaan galian dalam yaitu dimulai dengan pekerjaan pemancangan dinding penahan tanah, pekerjaan galian, pemasangan *strutting* dan pembongkaran *strutting*.

2.14.1 Metode pemancangan dinding penahan tanah (*Sheet Pile*)

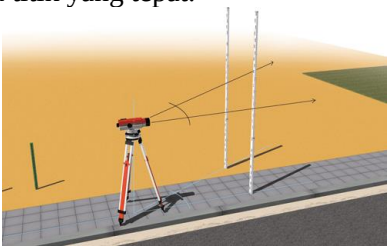
Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pekerjaan pemancangan *sheet pile*.

1. Pengadaan dan transportasi material *sheet pile*.
   Merupakan pemilihan tipe *sheet pile*, pengangkutan, dan pengiriman menuju lokasi proyek. Persiapan lokasi alat pemancangan juga diperlukan karena tanah harus kuat dalam menopang berat alat.



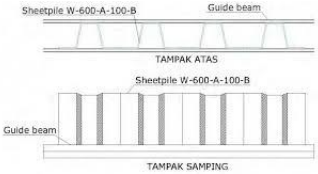
Gambar 2. 28 Pengangkutan *Sheet Pile* Dari Pabrik Menuju Lokasi Proyek

2. Menentukan titik pemancangan.
   Dilakukan dengan alat *waterpass* ataupun *theodolith* sebelum proses pemancangan. Bertujuan agar *sheet pile* terpasang pada titik yang tepat.



Gambar 2. 29 Penentuan Titik Pemancangan Dengan *Waterpass*

3. Pemasangan *guide beam*
   Guide beam merupakan alat penyanggah sementara agar *sheet pile* dapat berdiri tegak saat dipancang. Selain itu, *guide beam* juga berfungsi untuk membantu pemasangan *sheet pile* dan mempermudah proses pemasangan ketika *sheet pile* dipukul dengan hammer atau vibro agar posisi *sheet pile* tetap stabil.



Gambar 2. 30 Pemasangan *Guide Beam*

4. Pemasangan *sheet pile* pada alat pancang.
   Posisi pemasangan harus diperhitungkan berdasarkan momen berat sendiri *sheet pile*. Posisi titik angkat *sheet pile* juga perlu diukur agar tidak terjadi kerusakan atau patah saat pengangkatan.
5. Proses pemancangan *sheet pile*

Proses pemancangan *sheet pile* menggunakan alat Jack In Pile yaitu alat pancang yang penggunaannya ditekan ke dalam tanah menggunakan dongkrak hidraulis dan diberi beban *counterweight*.

Gambar 2. 31 Pemancangan *Sheet Pile*

6. Pelepasan *guide beam*.
   Setelah *sheet pile* berdiri sesuai dengan posisi yang ditentukan maka *guide beam* dapat dilepas.
7. Pengukuran kembali posisi *sheet pile*
   Hal ini dilakukan untuk memastikan letak pancangnya sesuai dengan analisis perhitungan sebelumnya. Apabila posisi tidak sesuai maka akan terjadi *sleding* atau bergesernya posisi pancang.
8. Pemotongan sisa pancang *sheet pile*
   Merupakan tahap terakhir dalam proses pemancangan. *Sheet pile* yang ketinggiannya tidak seragam karena kondisi struktur tanah yang berbeda maka perlu dipotong agar mencapai elevasi yang sama.

Gambar 2. 32 Pemotongan Sisa Pemancangan *Sheet Pile*

2.14.2 Metode galian dalam

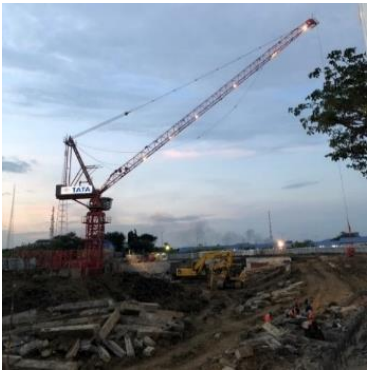
Setelah dilakukan pekerjaan pemancangan dinding penahan tanah, maka lantai *basement* siap untuk digali. Pembuatan *basement* menggunakan metode *bottom up*, yaitu urutan pembangunan struktur utamanya (kolom, balok, plat) dimulai dari bawah ke atas. Oleh karena itu, galian harus diselesaikan terebih dahulu hingga mencapai elevasi yang diinginkan. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pekerjaan galian untuk basement dua lantai sedalam 9,6 meter:

1. Galian tahap 1 elevasi -4 meter.

   Area galian *basement* pada proyek Gedung KCU BCA Surabaya cukup luas (4000 m^2). Oleh karena itu, galian dilakukan di area tengah terlebih dahulu. Bagian tepi berfungsi sebagai *embankment* untuk menahan *sheet pile* agar tidak runtuh. Bagian tepi digali ketika bagian tengah sudah selesai dipasang *pile cap* dan dipasang *strutting*.

   Penggalian dilakukan dengan alat berat *Excavator* jenis Komatsu PC 200 (Gambar 2.35). Material hasil galian diangkut oleh *Dump Truck* dan dibuang ke lokasi disposal area. Jarak disposal area diusahakan dekat dengan

lokasi proyek dan ketika pengangkutan tanah tidak boleh berjatuhan di jalan raya.



Gambar 2. 33 Galian Tahap 1 Elevasi -4 meter

Gambar 2. 34 Excavator Komatsu PC 200

2. Galian tahap 2 elevasi -6 meter.

   Galian yang dilakukan bertahap harus menyisakan jalur untuk menaikkan material galian dan alat berat itu sendiri.

Gambar 2. 35 Galian Tahap 2 Elevasi -6 meter

3. Galian tahap 3 elevasi -8 meter (menyisakan sisi *embankment*).

   Proses penggalian terus dilakukan hingga mencapai elevasi yang diinginkan. Jika saat proses galian ditemukan muka air tanah (MAT) maka diperlukan pekerjaan dewatering. Namun pada proyek BCA ini tidak ditemukan muka air tanah hingga akhir galian. Elevasi -8 meter merupakan *top level* dari *pile cap* area basement 2 proyek KCU BCA Surabaya.

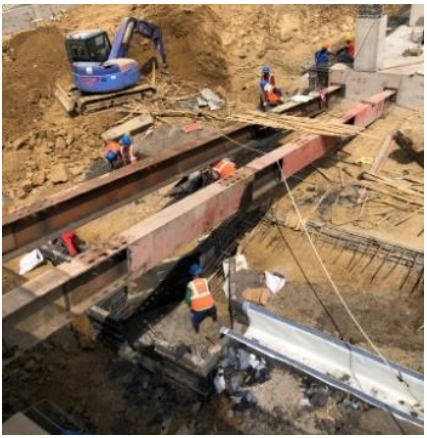
Gambar 2. 36 Galian Tahap 3 Elevasi -8 meter

4. Galian -9,6 meter (menyisakan sisi *embankment*).

   Galian tahap akhir memiliki elevasi yang berbeda-beda. Elevasi -9,6 meter untuk area *bottom level* dari pile cap, elevasi -10,4 meter untuk area *pitlift* dan elevasi -10,7 meter untuk area *sump pit*. Disamping itu, dinding penahan tanah diberi *waterproofing membrane* untuk melindungi dari rembesan air.

5. Pemasangan *strutting*.

   Strutting atau penyanggah dipasang pada elevasi -5,5 meter di area perimeter bangunan. *Strutting* menumpu pada *sheet pile* dan menumpu pada pile cap basement 2. Gaya aksial dari penyangga menyebabkan gaya lateral yang didukung oleh pile cap dan pondasi tiang.



Gambar 2. 37 Pemasangan *Strutting*

6. Galian *embankment*

   Embankment merupakan sisi tepi bangunan yang digali terakhir. Setelah *strutting* terpasang maka *embankment* di bawah *strutting* siap untuk digali. Galian *embankment* dimulai dari elevasi -6 hingga -9,6 m.

Gambar 2. 38 Area Galian *Embankment*

7. Pelepasan *strutting*

   Strutting dapat dilepas apabila:

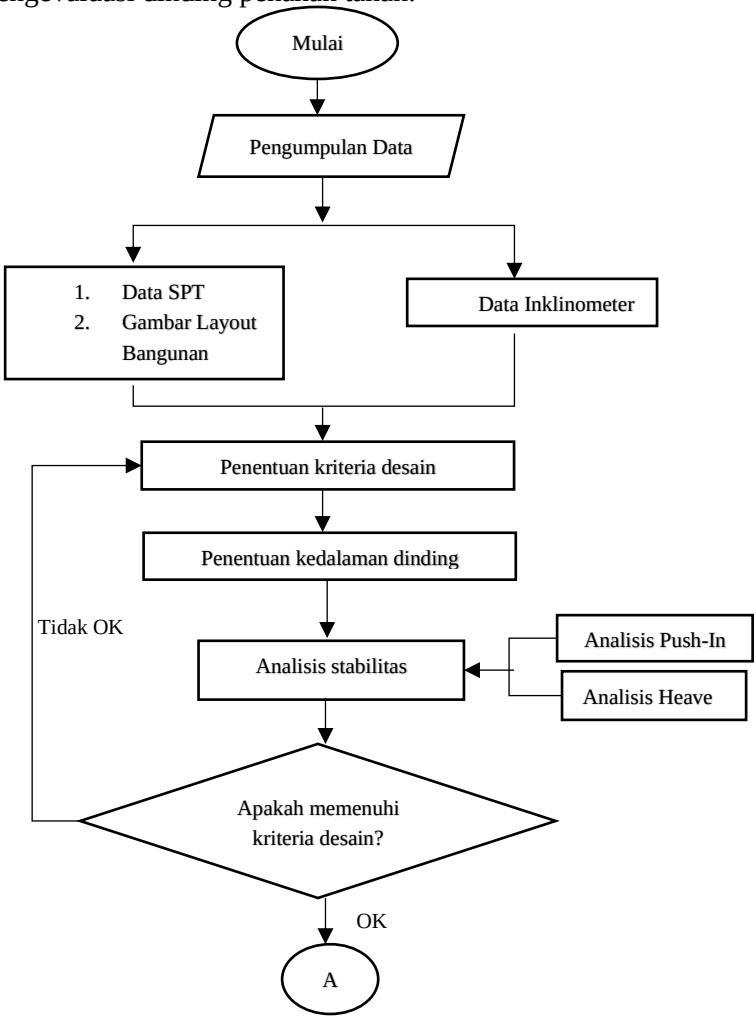
   - *Embankment* telah digali.
   - *Pilecap, sloof* dan plat area *embankment* telah selesai dikerjakan
   - *Basement* 2 telah selesai dikerjakan, kolom yang menghubungkuan ke basement 1 (lantai atasnya) telah selesai dikerjakan. Setelah *strut* dilepas, *retaining wal*l dicor sampai -1.00 m.

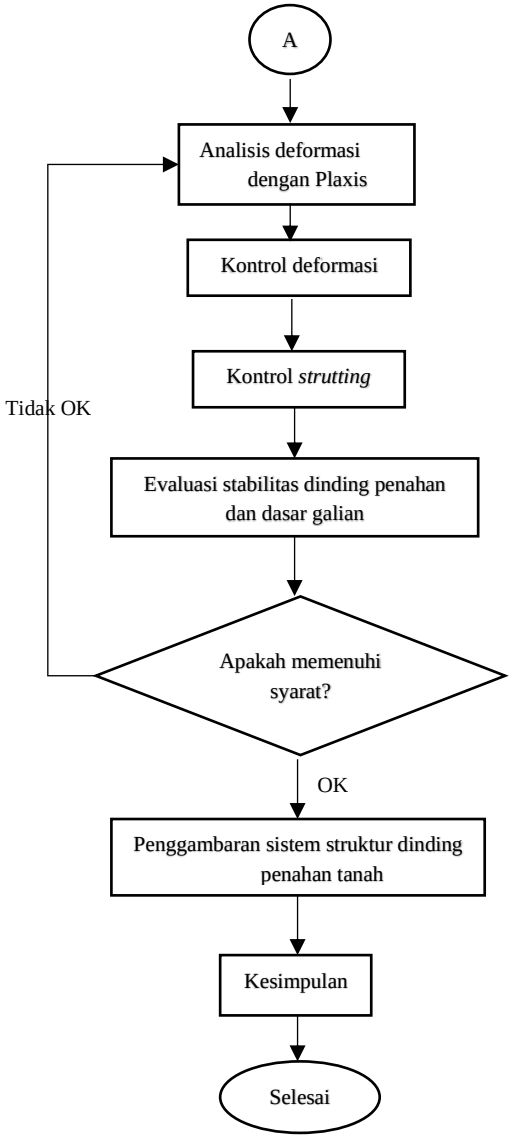
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Metodologi

Berikut merupakan tahapan pengerjaan dalam mengevaluasi dinding penahan tanah:





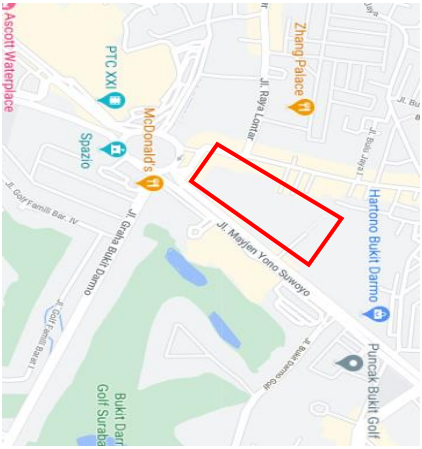
Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Persiapan

Tahap persiapan yaitu menentukan data yang akan digunakan sebagai penyusunan akhir. Tahap persiapan meliputi penentuan topik dan lokasi proyek, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data.

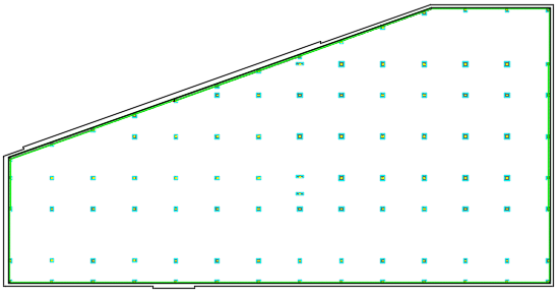
3.3 Lokasi Penelitian

Proyek Pembangunan Gedung KCU BCA terletak di Jalan MayjenYono Suwoyo, Pradahkalikendal, Kota Surabaya.



Gambar 3. 2 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung KCU BCA Surabaya
Sumber: *google maps*

Proyek Pembangunan Gedung KCU BCA Surabaya merencanakan dinding penahan tanah sepanjang 12 meter dengan kedalaman galian basement -9,6 meter. Denah dinding penahan tanah yang digunakan pada proyek ini adalah sebagai berikut:

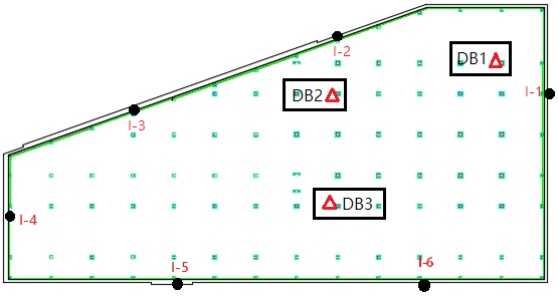


Gambar 3. 3 Denah dinding penahan tanah *(sheet pile)*
Sumber: PT. Tatamulia Nusantara Indah

3.4 Lokasi Pengambilan Sampel

3.4.1 *Standard penetration test* (SPT)

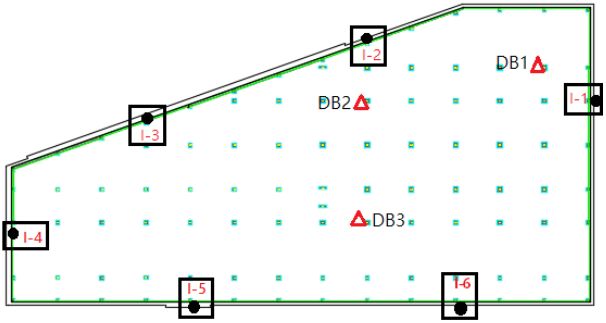
Terdapat 3 titik sampel pengujian *Standard Penetration Test* (SPT), untuk lebih jelasnya terdapat pada gambar berikut ini:



Gambar 3. 4 Lokasi Pengambilan Sampel Pengujian *Standart Penetration Test*
Sumber: PT. Tatamulia Nusantara Indah

3.4.2 *Monitoring* Inklinometer

Terdapat 6 titik lokasi pengambilan sampel Inklinometer, untuk lebih jelasnya seperti gambar berikut:



Gambar 3. 5 Lokasi Pengambilan Sampel Inklinometer
Sumber: Tatamulia Nusantara Indah

3.5 Studi Literatur

Studi Literatur diperlukan dalam pengerjaan Proyek Akhir ini. Tujuannya adalah sebagai penunjang dan menambah pengetahuan yang berkaitan dengan topik Proyek Akhir yang dipilih. Studi literatur didapat dari buku, jurnal, SNI atau peraturan yang terkait, serta artikel yang berhubungan dengan penyelesaian Proyek Akhir.

3.6 Pengumpulan Data

PT. Tatamulia Nusantara Indah adalah sumber dalam pengumpulan data yang digunakan dalam penyusunan Proyek Akhir ini. Data yang diperoleh merupakan data sekunder, yaitu meliputi:

1. Data umum Gedung KCU BCA Surabaya.
   Nama Proyek : Pembangunan Gedung KCU BCA Bukit Darmo, Surabaya.
   Lokasi : Jalan Mayjen Yono Suwoyo, Pradahkalikendal, Kota Surabaya.

Jumlah lantai : 10 Lantai.
Jumlah *basement* : 2 Lantai *Basement*.

2. Data Hasil Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT).
   Data dari nilai N-SPT digunakan sebagai penentuan parameter tanah. Parameter tersebut digunakan saat analisis stabilitas dan pemodelan pada Plaxis.
3. Data dinding penahan tanah
   Jenis dinding penahan tanah: *Flat concrete sheet pile* (FCSP) tipe G/setara.
   Dimensi : 320 x 500 mm
   Mu (Minimum) : 19,61 Ton.m
   nCrack (Minimum) : 9,43 Ton.m
   Panjang *sheet pile* : 12 meter
4. Data inklinometer
   Data inklinometer berupa nilai pergerakan horizontal tanah di lapangan selama proses galian berlangsung. Data inklinometer digunakan sebagai pembanding dengan hasil pergerakan horizontal tanah hasil pemodelan dari program bantu Plaxis.
5. Data Perencanaan Struktur
   Data perencanaan struktur mengenai struktur atas dan struktur *basement*, seperti denah bangunan, fungsi bangunan, serta lokasi bangunan.

3.7 Penentuan Kriteria Desain

Kriteria desain mengacu pada SNI 8460 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik yang meliputi analisis stabilitas, analisis deformasi, penentuan metode galian, dan pengecekan kedalaman dinding penahan tanah.

3.8 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Analisis stabilitas dinding penahan tanah mengacu pada persyaratan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.2.5.3. Analisis stabilitas dinding ditinjau dari stabilitas guling, stabilitas geser lateral, daya dukung

tanah, stabilitas global dan terhadap gempa. Setelah itu dimulai pemodelan *sheet pile* pada program Plaxis.

3.9 Analisis Stabilitas Dasar Galian

Analisis stabilitas dasar galian mengacu pada persyaratan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 10.3.6.7. Analisis stabilitas dasar galian ditinjau dari kontrol *basal heave*, *blow in*, dan *piping*.

3.10 Analisis Metode *Strutting*

Pekerjaan *strutting* dilakukan dengan cara memberi penyangga (*strut*) dari bangunan ke *sheet pile* agar saat penggalian lebih lanjut di area *perimeter* bangunan dapat dilakukan sampai kedalaman yang dibutuhkan. Analisis yang dilakukan yaitu penentuan jenis *strut*, penentuan metode pemasangan sistem *strutting*, penentuan jarak antar *strut*, menentukan tegangan aksial yang terjadi pada *strut* dan kontrol *strut*.

3.11 Pemodelan dengan Plaxis

Pemodelan dinding penahan tanah dengan program elemen hingga untuk mengetahui nilai deformasi yang terjadi. Pada perhitungan analisis ini dipilih Plaxis V20 dua dimensi.

3.12 Perencanaan Ulang *Sheet Pile*

Apabila stabilitas dinding penahan tanah eksisting dan stabilitas dasar galian tidak memenuhi batas minimum dan persyaratan yang ditentukan, maka alternatif penyelesaiannya dilakukan perencanaan ulang *sheet pile*. Setelah itu, dilakukan evaluasi kembali stabilitas *sheet pile* hasil perencanaan ulang hingga memenuhi kriteria persyaratan SNI.

3.13 Kesimpulan

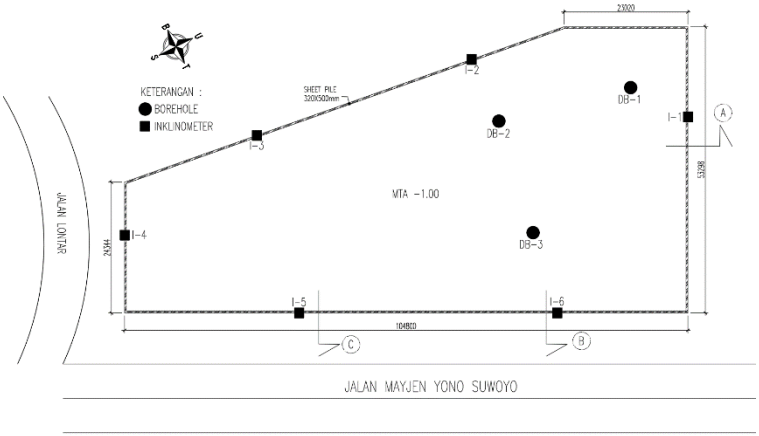
Tahap terakhir yaitu membuat kesimpulan apakah dinding penahan tanah eksisting (*sheet pile*) perencanaan awal sudah tepat dan efektif digunakan pada proyek atau belum.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DATA

4.1 Karakteristik Tanah dan Gambaran Proyek

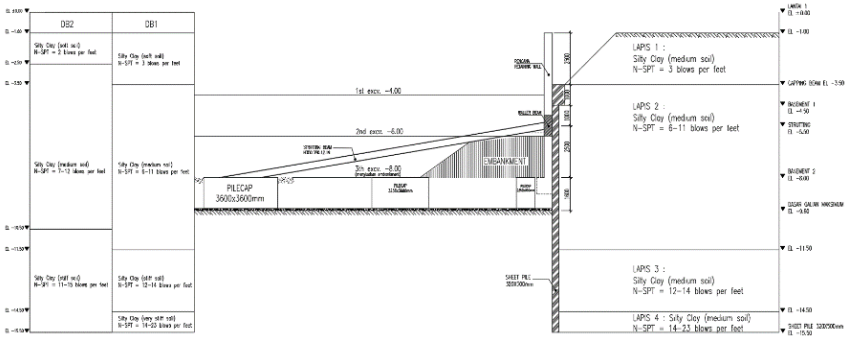
Gedung KCU BCA dibangun di Kawasan Surabaya Barat yang tanahnya didominasi oleh tanah lempung. Selama proses pembangunan, performa *sheet pile* dikontrol dengan alat inklinometer. Gambar 4.1 merupakan *monitoring* inklinometer yang terdapat 6 titik dan dipasang pada semua sisi *sheet pile*. Pengujian di setiap titik inklinometer menghasilkan defleksi dinding dari sumbu potongan A, B, C yang selanjutnya dilakukan analisis. Titik I-1 merupakan *sheet pile* pada sisi utara.



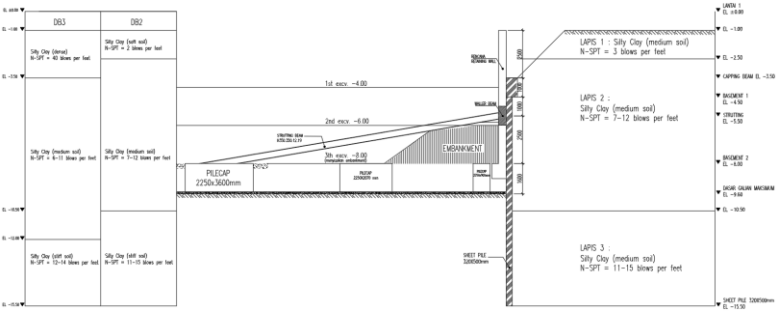
Gambar 4. 1 Lokasi Inklinometer dan sumbu potongan

Potongan A, B, dan C yang ditunjukkan berturut-turut oleh Gambar 4.2, Gambar 4.3, dan Gambar 4.4 menunjukkan profil dari tahap galian, *sheet pile*, *strut*, dan karakteristik tanah. Muka tanah asli berada di kedalaman -1.00 meter dan kondisi di lapangan tidak ditemukan muka air tanah yang terlihat hingga akhir galian. Namun pada borlog DB-1 tertulis muka air tanah berada di kedalaman -3,8 m. Hal ini tidak sesuai dengan kondisi lapangan karena ketika

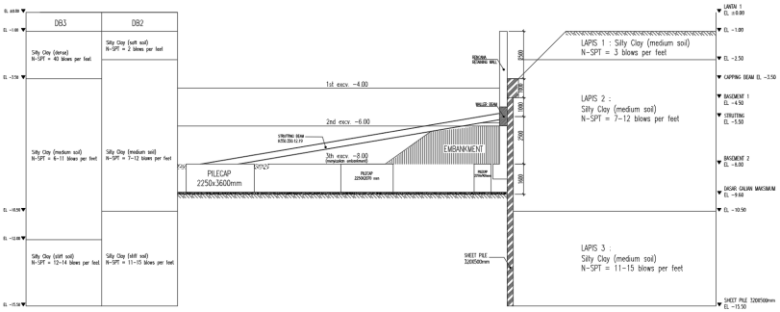
proses pengeboran dilakukan pada musim hujan sehingga memungkinkan genangan air hujan terbaca sebagai muka air tanah.



Gambar 4. 2 Profil Tanah Potongan A



Gambar 4. 3 Profil Tanah Potongan B



Gambar 4. 4 Profil Tanah Potongan C

Tahapan konstruksi galian tanah pada proyek Gedung KCU BCA ditampilkan pada table 4.1 berikut ini:

Tabel 4. 1 Fase Konstruksi dan Galian

Fase	Tahapan Galian
1	Konstruksi sheet pile 12 m sampai kedalaman -15.50
2	Penggalian pertama sampai elevasi -4.00
3	Penggalian kedua sampai elevasi -6.00
4	Penggalian ketiga sampai elevasi -8.00 (menyisakan sisi embankment)
5	Penggalian keempat (*Pilecap* sisi tengah) sampai dasar galian elevasi -9.60
6	Pemasangan *pilecap* sisi tengah
7	Pemasangan strut pada elevasi -5.50
8	Penggalian sisi *embankment* sampai elevasi -9.60 dan pemasangan *pilecap* sisi *embankment*.
9	Pembongkaran *strut.*

4.2 Data Tanah Hasil Uji SPT

Data tanah berupa *Standard Penetration Test* (SPT) yang terdapat pada 3 lokasi titik uji. Muka air tanah (MAT) tidak terlihat

hingga dasar galian maksimum. Tabel berikut ini merupakan rangkuman dari hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT)

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-1

Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0,0 - 1,0	3	Silty Clay	Soft
1,0 - 3,0	6	Silty Clay	Medium
3,0 - 5,0	7		
5,0 - 7,0	8		
7,0 - 9,0	11		
9,0 - 11,0	12	Silty Clay	Stiff
11,0 - 13,0	14		
13,0 - 15,0	14	Silty Clay	Very Stiff
15,0 - 17,0	16		
17,0 - 19,0	17		
19,0 -21,0	14		
21,0 - 23,0	15		
23,0 - 25,0	13		
25,0 - 27,0	21		
27,0 - 29,0	22		
29,0 - 31,0	20		
31,0 - 33,0	23		
33,0 - 35,0	50/28	Cemented silt with some sand	Very dense
35,0 - 37,0	50/9		
37,0 - 38,0	50/7		
38,0 - 40,0	50/30		

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-2

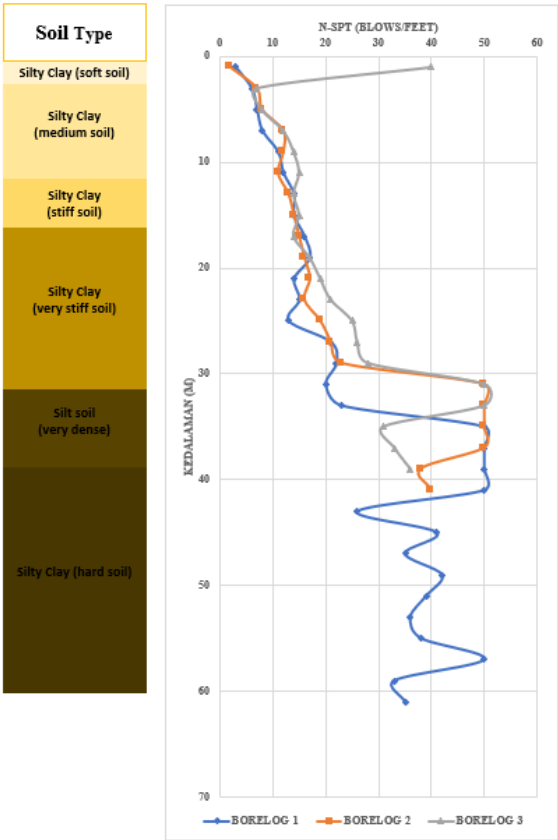
Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0,0 - 1,0	2	Silty Clay	Soft
1,0 - 3,0	7	Silty Clay	Medium
3,0 - 5,0	8		
5,0 - 7,0	12		
7,0 - 9,0	12		
9,0 - 11,0	11	Silty Clay	Stiff
11,0 - 13,0	13		
13,0 - 15,0	14		
15,0 - 17,0	15		
17,0 - 19,0	16	Silty Clay	Very Stiff
19,0 -21,0	17		
21,0 - 23,0	16		
23,0 - 25,0	19		
25,0 - 27,0	21		
27,0 - 29,0	23		
29,0 - 31,0	50/28	Cemented silt with some sand	Very dense
31,0 - 33,0	50/13		
33,0 - 35,0	50/10		
35,0 - 37,0	50/9		
37,0 - 38,0	38	Silty Clay	Hard
38,0 - 40,0	40		

Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian SPT Titik DB-3

Kedalaman (m)	N_{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0,0 - 1,0	40	Coarse sand	Dense
1,0 - 3,0	7	Silty Clay	Medium
3,0 - 5,0	8		
5,0 - 7,0	12		
7,0 - 9,0	14		
9,0 - 11,0	15		
11,0 - 13,0	14	Silty Clay	Stiff
13,0 - 15,0	15		
15,0 - 17,0	14	Silty Clay	Very Stiff
17,0 - 19,0	17		
19,0 -21,0	19		
21,0 - 23,0	21		
23,0 - 25,0	25		
25,0 - 27,0	26		
27,0 - 29,0	28		
29,0 - 31,0	50/14	Cemented silt with some sand	Very dense
31,0 - 33,0	50/26		
33,0 - 35,0	31	Silty Clay	Hard
35,0 - 37,0	33		
37,0 - 40,0	36		

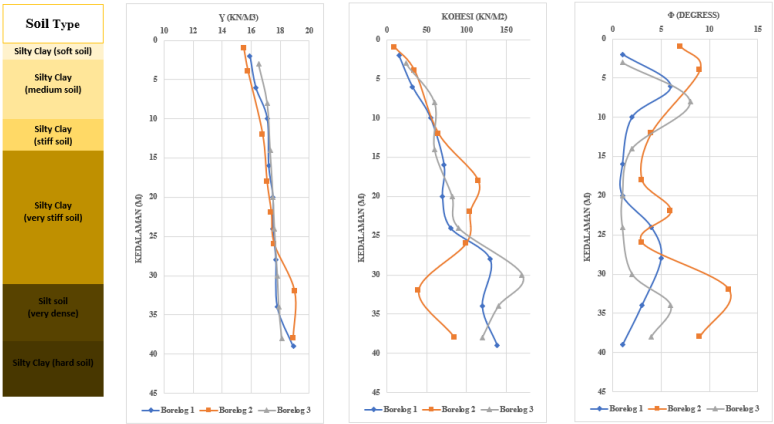
4.3 Penentuan Parameter Tanah

Parameter berat volume tanah(ɣ), nilai kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ) dapat diketahui dari data hasil pengujian (borelog). Apabila data hasil pengujian tidak mencukupi, maka dilakukan korelasi data tanah untuk mendapatkan parameter tanah yang dibutuhkan.

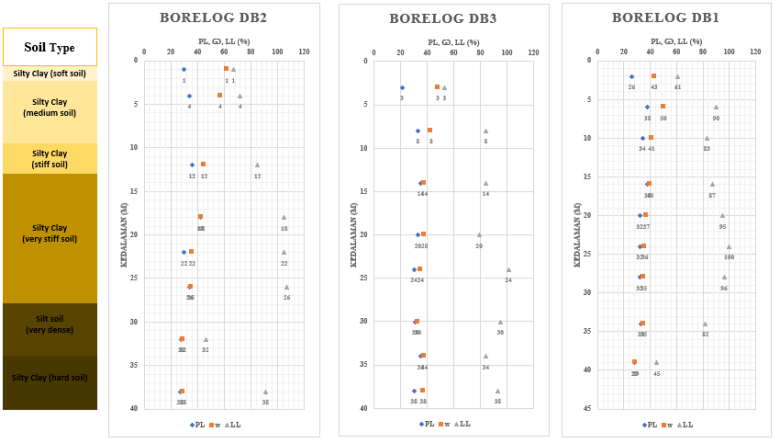


Gambar 4. 5 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan NSPT

Nilai berat volume tanah(ɣ), nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser (ϕ) dapat dilihat berturut-turut oleh gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan Berat Volume Tanah(ɣ), Kohesi (c) dan Sudut Geser (ϕ)



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan PL, ω, LL.

4.3.1 Parameter ɣsat

Nilai berat volume tanah *saturated* (ɣsat) didapatkan dengan menggunakan korelasi nilai SPT seperti pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4. 5 Korelasi Nilai N-SPT dengan ɣsat dan qu, Terzaghi and Peck[8]

N-SPT (blows/ft)	*Consistency*	qu (*Unconfined Compression Strength*, ton/ft^2)	ɣsat (kN/m^3)
< 2	Very soft	< 0,25	16 - 19
2 - 4	Soft	0,25 – 0,5	16 - 19
4 – 8	Medium	0,5 – 1	17 – 20
8 – 15	Stiff	1 – 2	19 - 22
15 - 30	Very Stiff	2 – 4	19 - 22
> 30	Hard	> 4	19 - 22

Contoh: untuk kedalaman 3 m – 5 m titik DB-1

N_{SPT} = 7 *blows per feet*

Nilai N_{SPT} diantara 4 - 8 sehingga nilai ɣsat yaitu:

$$\gamma_{sat} = \left(\frac{7-4}{8-4} x(20-17)\right) + 17$$

$$= 19{,}25 \text{ kN/m}^3$$

4.3.2 Parameter Su

Nilai Su *(undrained shear strength)* didapatkan dengan melakukan korelasi menggunakan nilai SPT berdasarkan metode empiris oleh Kulhawy dan Mayne (1990)[10]

Contoh: untuk kedalaman 3 m – 5 m titik DB-1

N_{SPT} = 7 *blows per feet*
Su = 6 x N

= 6 x 7

= 42 kN/m^2

4.3.3 Parameter *modulus elastisitas* (E) dan *poisson ratio* (v)

Penentuan nilai parameter *modulus elastisitas* tanah dan *poisson ratio* menggunakan table 4.6 oleh Braja M.Das. Korelasi nilai elastisitas membutuhkan konsistensi jenis tanah sesuai N-SPT dan nilai *poisson ratio* dapat diketahui dari nilai elastisitas. Berikut merupakan perhitungan nilai E dan v untuk kedalaman 3 m – 5 m titik DB-1.

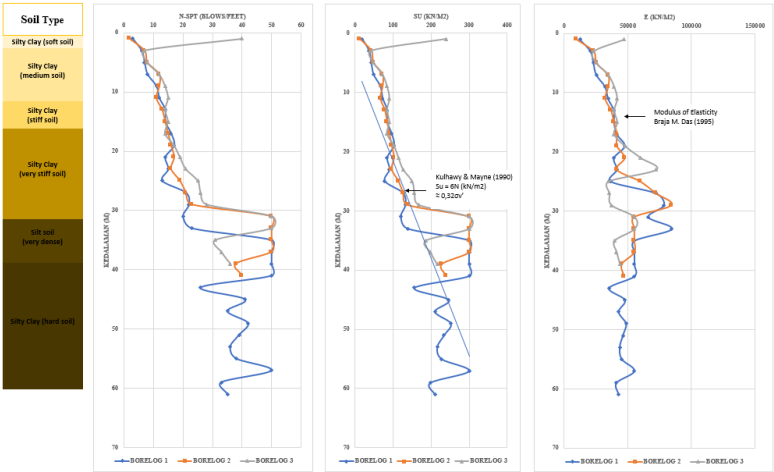
Tabel 4. 6 Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson'Ratio, Das [9]

Type of Soil	*Modulus of Elastisity, E_s*		*Poisson's ratio, μ_s*
	MN/m²	lb/in²	
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	

Contoh: untuk kedalaman 3 m – 5 m titik DB-1
N_{SPT} = 7 *blows per feet*
Nilai N_{SPT} diantara 6-15 sehingga nilai E yaitu :

E $= \left(\frac{7-6}{15-6} x(41400 - 20700)\right) + 20700$

= 23000 kN/m^2



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan antara Kedalaman dengan N_{SPT}, Su (kN/m^2), dan modulus elastisitas (kN/m^2)

4.3.4 Parameter K0

Penentuan tegangan awal berdasarkan nilai K0 dengan menggunakan persamaan oleh Jaky (1944)[11] sebagai berikut:

K0 = 1-sinφ'

Contoh: untuk kedalaman 2,5 m – 10,5 m titik DB-1

φ' = 2/3 φ

= 2/3 x 6

= 4

K0 = 1-sinφ'

= 1 – sin(4)

= 0,93

4.3.5 Rekapitulasi nilai parameter yang digunakan

Parameter tanah dari pengujian DB1 dan DB2 yang akan digunakan pada perhitungan di rangkum pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4. 7 Parameter Tanah Titik DB1 untuk Potongan A

Kedalaman	Jenis Tanah	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	c	φ(°)	Su (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 2,5	*Silty Clay (soft soil)*	15,90	17,50	15,00	1,00	18	12400	0,30	1,00
2,5 – 10,5	*Silty Clay (medium)*	16,30	19,00	32,00	6,00	48	25300	0,30	0,93
10,5 – 13,5	*Silty Clay (stiff soil)*	17,10	21,00	55,00	2,00	78	36800	0,30	0,98
13,5 – 34,5	*Silty Clay (very stiff)*	17,50	21,00	94,40	2,80	105	55000	0,30	0,97
34,5 – 40,0	*Cemented silt with some sand*	18,90	22,00	13,90	1,00	300	55200	0,30	1,00

Tabel 4. 8 Parameter Tanah Titik DB2 untuk Potongan B dan C

Kedalaman	Jenis Tanah	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	c	φ (°)	Su (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 1,5	*Silty Clay (soft soil)*	15,50	16,00	10,00	7,00	12	9600	0,30	0,92
1,5 – 9,5	*Silty Clay (medium)*	15,80	20,00	35,00	9,00	58,50	25400	0,30	0,90
9,5 – 17,5	*Silty Clay (stiff soil)*	16,80	21,25	65,00	4,00	79,50	37400	0,30	0,95
17,5 – 30,5	*Silty Clay (very stiff)*	17,30	19,70	107,00	4,00	112	57800	0,30	0,95
30,5 – 37,5	*Cemented silt with some sand*	19,00	22,00	40,00	35,00	300	55200	0,30	0,60
37,5 – 40,0	*Silty Clay (hard)*	18,90	19,30	85,00	9,00	234	46000	0,30	0,90

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Penentuan Kriteria Desain

Kriteria desain galian dalam mengenai deformasi izin dinding penahan tanah *sheet pile* mengikuti pesyaratan SNI 8460:2017 Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 11.5. Gedung KCU BCA termasuk pada zona 1 dengan batas izin maksimum deformasi sebesar 0,5%. Berikut merupakan perhitungan penentuan batasan deformasi:

x = 6 m

H = 8,6 m

x/H = 0,69 < 1 (termasuk zona 1)

Tabel 5. 1 Batasan deformasi lateral dinding penahan tanah. [12]

Batas maksimum deformasi lateral pada dinding Keterangan: x = Jarak dari batas galian, H = Kedalaman galian, δw = Defleksi dinding	**Lokasi gedung dan infrastruktur eksisting terdekat**			
	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%	1,0%

Keterangan:

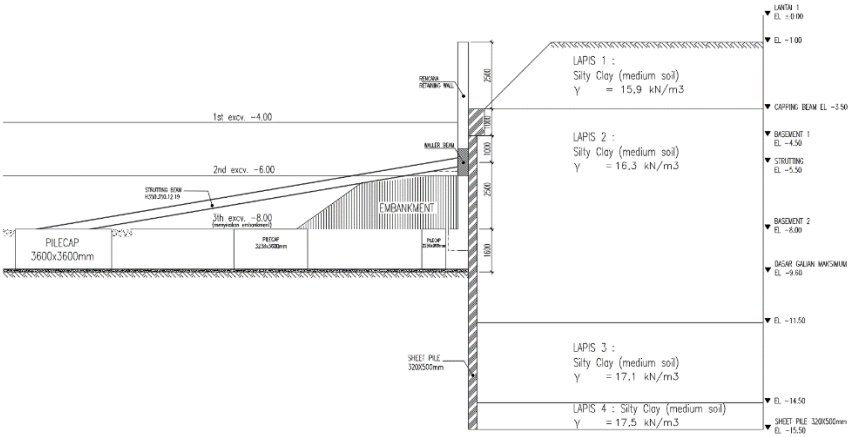
a) Tanah Tipe A meliputi: tanah lempung dan lanau *overconsolidated* (*over-consolidated stiff clays* dan *silts*), tanah residual (*residual soils*), dan tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai dengan padat (*medium to dense sand*)

b) Tanah Tipe B meliputi: tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, silts*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*loose fills*)

5.2 Analisis Stabilitas *Sheet Pile*

Analisis stabilitas *sheet pile* dihitung berdasarkan analisis *push-in failure*. *Push-in* terjadi apabila tekanan tanah mencapai kondisi batas (*limiting state*) sehingga dinding penahan tanah bergerak ke dalam area galian hingga terjadi keruntuhan. Dinding penahan tanah dianggap berdiri bebas dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah berada pada kondisi seimbang. Titik pusat momen (O) yang dijadikan acuan adalah titik *strut* terbawah. Faktor keamanan yang disyaratkan untuk *push-in* yaitu (f_p) ≥ 1,5. Berikut merupakan perhitungan analisis *push-in failure*

A. Potongan A:



Gambar 5. 1 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan A

Pada kedalaman -5,5 m,

$\sigma v = \gamma 1 \times (3{,}5–1{,}0) + \gamma 2 \times (5{,}5–3{,}5)$

$= 15{,}9 \text{ x } 2{,}5 + 16{,}3 \text{ x } 2$

= 72,35 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv' = σv – u

σv' = 72,35 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 72,35

= 15,92 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 72,35 – 2.15,92 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 31,25 kN/m2

Pada kedalaman -9,6 m,

Sebelum dilakukan penggalian

σv = σv kedalaman -5,5 m + γ2 × (9,6 – 5,5)

= 72,35 + 16,3 x 4,1

= 92,75 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv' = σv – u

σv' = 92,75 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 92,75

= 20,41 kN/m^2

Setelah dilakukan penggalian, σv = 0 pada sisi tanah pasif tetapi nilai Su tetap sehingga:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 0 + 2.20,41 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 52,69 kN/m^2

Pada kedalaman -15,5 m,

Untuk tekanan tanah aktif:

σv = σv kedalaman -9,6 m + γ2 × (11,5 – 9,6) + γ3 × (14,5 – 11,5) + γ4 × (15,5 – 14,5)

= 92,75 + 16,3 x 1,9 + 17,1 x 3 + 17,5 x 1

= 192,52 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 192,52 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 192,52

= 42,35 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 192,52 - 2.42,35$\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 83,16 kN/m^2

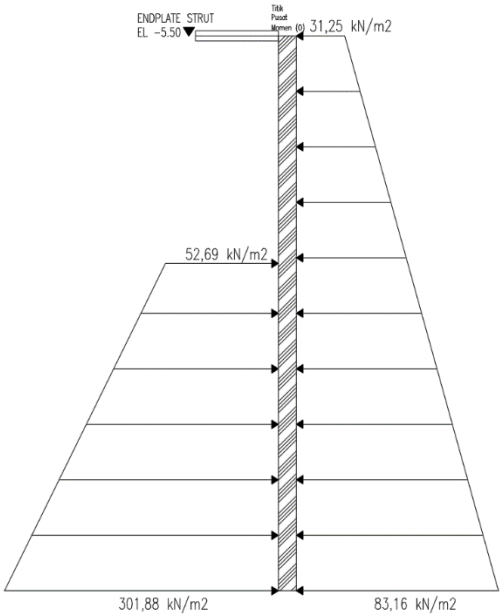
Untuk tekanan tanah pasif:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 192,52 + 2.42,35 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 301,88 kN/m^2

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



Gambar 5. 2 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure Potongan A

Fb $= \frac{PpLp}{PaLa}$

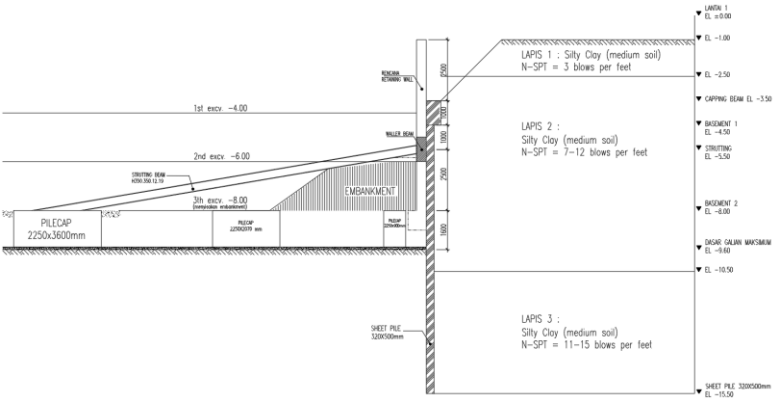
$$= \frac{52{,}69.5{,}9.\left(5{,}9\left(\frac{1}{2}\right)+4{,}1\right)+(301{,}88-52{,}69).5{,}9.0{,}5\left(5{,}9\left(\frac{2}{3}\right)+4{,}1\right)}{31{,}25.10.\left(10\left(\frac{1}{2}\right)\right)+(83{,}16-31{,}25).10.0{,}5\left(10\left(\frac{2}{3}\right)\right)}$$

$$= \frac{2191,45+5905,46}{1562,62+1730,3}$$

= 2,458 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga dinding penahan tanah memenuhi persyaratan terhadap analisis stabilitas terhadap *push-in failure*.

B. Potongan B dan C:



Gambar 5. 3 Profil Tanah Analisis Push-in Failure Potongan B dan C

Pada kedalaman -5,5 m,

σv = γ1 × (2,5 – 1) + γ2 × (5,5 – 2,5)

= 15,5 x 1,5 + 15,8 x 3

= 70,65 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 70,65 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 70,65

= 15,54 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 70,65 – 2.15,54$\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 30,52 kN/m2

Pada kedalaman -9,6 m,

Sebelum dilakukan penggalian

σv = σv kedalaman -5,5 m + γ2 × (9,6 – 5,5)

= 70,65 + 15,8 x 4,1

= 90,55 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv' = σv – u

σv' = 90,55 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 90,55

= 19,92 kN/m^2

Setelah dilakukan penggalian, σv = 0 pada sisi tanah pasif tetapi nilai Su tetap sehingga:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 0 + 2.19,92$\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 51,44 kN/m^2

Pada kedalaman -15,5 m,

Untuk tekanan tanah aktif:

σv = σv kedalaman -9,6 m + γ2 x (10,5 – 9,6) + γ3 x (15,5 – 10,5)

= 90,55 + 15,8 x 0,9 + 16,8 x 5

= 188,77 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv' = σv – u

σv' = 188,77 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 188,77

= 41,53 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su}}$)

= 188,77 - 2.41,53 $\sqrt{(1+\frac{2}{3}}$)

= 81,54 kN/m^2

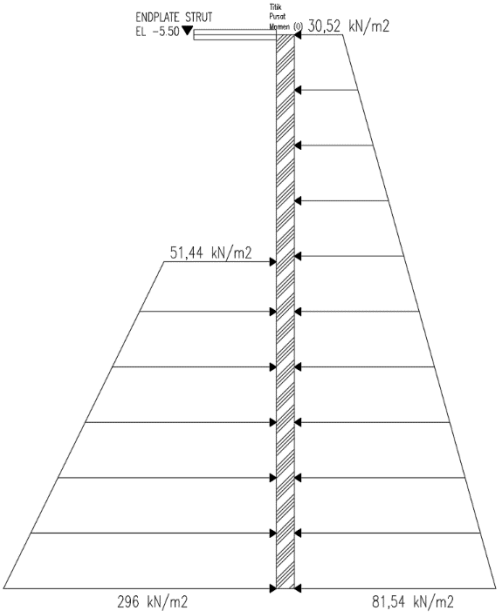
Untuk tekanan tanah pasif:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su}}$)

= 188,77 + 2.41,53 $\sqrt{(1+\frac{2}{3}}$)

= 296 kN/m^2

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



Gambar 5. 4 Distribusi Tekanan Tanah pada Analisis Push-in Failure Potongan B dan C

Fb $= \frac{PpLp}{PaLa}$

$$= \frac{51{,}44.5{,}9.\left(5{,}9\left(\frac{1}{2}\right)+4{,}1\right)+(296-51{,}44).5{,}9.0{,}5\left(5{,}9\left(\frac{2}{3}\right)+4{,}1\right)}{30{,}52.10.\left(10\left(\frac{1}{2}\right)\right)+(81{,}54-30{,}52).10.0{,}5\left(10\left(\frac{2}{3}\right)\right)}$$

$$= \frac{2139{,}47+5795{,}73}{1525{,}91+1700{,}78}$$

= 2,459 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga dinding penahan tanah memenuhi persyaratan terhadap analisis stabilitas terhadap *push-in failure*.

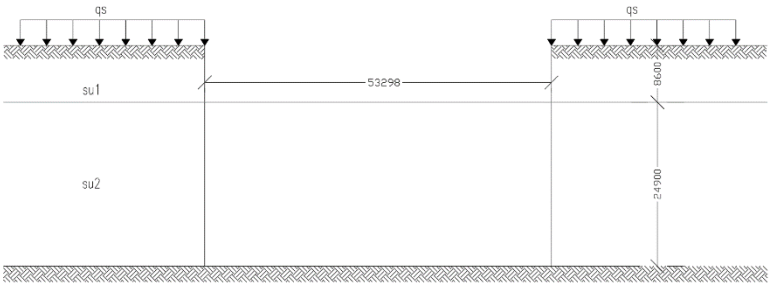
5.3 Analisis Stabilitas Dasar Galian

Analisis stabilitas dasar galian dihitung berdasarkan analisis *basal heave* karena kondisi tanah merupakan jenis tanah lempung. *Basal heave* adalah mengalirnya tanah ke dalam galian akibat terganggunya kesetimbangan daya dukung tanah pada level ujung bawah dinding penahan tanah. Berikut merupakan analisis basal heave dengan beberapa metode yang digunakan:

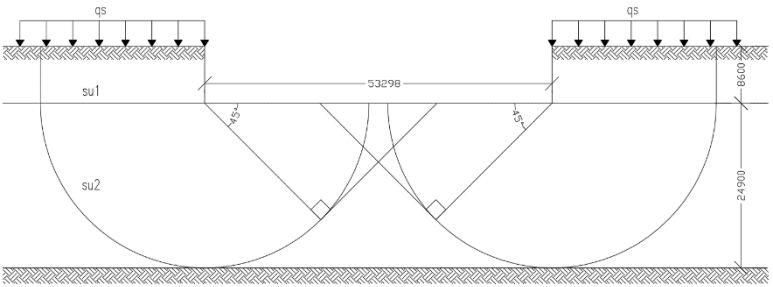
A. Metode *Bearing Capacity*

Perhitungan analisis *basal heave* metode *bearing capacity* sebagai berikut:

Potongan A:



Gambar 5. 5 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A



Gambar 5. 6 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan A

B = 53,30 m

q_s = 10 kN/m^2

He = 8,6 m

D = 24,90 m

s_{u1} = 48 kN/m^2

s_{u2} = 78 kN/m^2

$\gamma 1$ = 16,30 kN/m^3

$\gamma 2$ = 17,10 kN/m^3

faktor keamanan metode *bearing capacity* sebagai berikut:

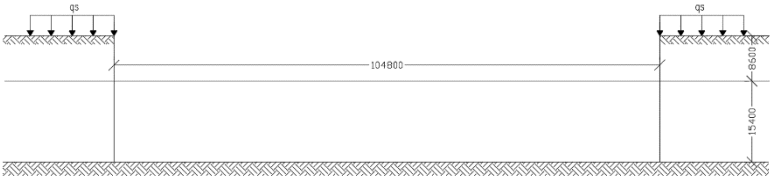
$$Fb = \frac{5{,}7su2.D}{(\gamma He+qs)D-su1He}$$

$$= \frac{5{,}7.78.24{,}9}{(16{,}3x2{,}5+17{,}1x6{,}1+10).24{,}9-48.8{,}6}$$

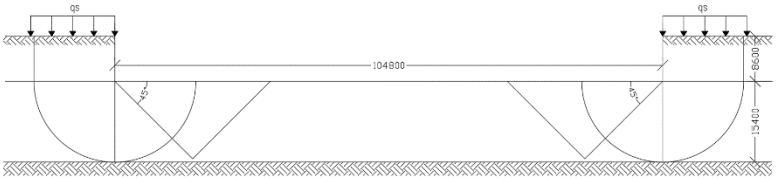
= 3,21 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan A memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *bearing capacity*.

Potongan B dan C



Gambar 5. 7 Analisis Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C



Gambar 5. 8 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Bearing Capacity Potongan B dan C

B = 104,8 m

q_s = 16,875 kN/m^2

He = 8,6 m

D = 20,90 m

s_{u1} = 58,5 kN/m^2

s_{u2} = 79,5 kN/m^2

γ1 = 15,80 kN/m^3

γ2 = 16,80 kN/m^3

faktor keamanan metode *bearing capacity* sebagai berikut:

$$Fb = \frac{5{,}7su2.D}{(\gamma He+qs)D-su1He}$$

$$= \frac{5{,}7.79{,}5.20{,}9}{(15{,}8x1{,}5+16{,}8x7{,}1+16{,}875).20{,}9-58{,}5.8{,}6}$$

= 3,34 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan B dan C memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *bearing capacity*.

B. Metode *Negative Bearing Capacity*

Perhitungan analisis *basal heave* metode *negative bearing capacity* sebagai berikut:

Potongan A:

Gambar 5. 9 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan A

Gambar 5. 10 Bidang Kelongsoran *Basal Heave* Metode *Negative Bearing Capacity* Potongan A

B = 53,3 m

L = 104,8 m

He = 8,6 m

q_s = 10 kN/m^2

s_u = 78 kN/m^2

γ1 = 16,30 kN/m^3

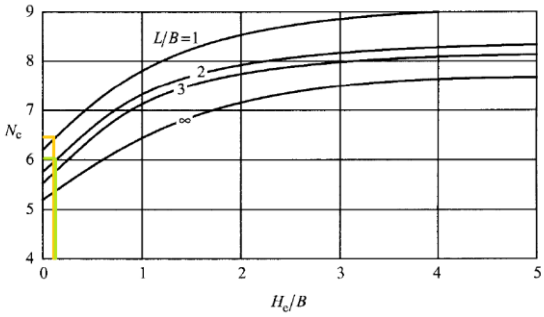
γ2 = 17,10 kN/m^3

L/B $= \frac{104,8}{53,3}$

= 1,96

He/B $= \frac{8,6}{53,3}$

= 0,16



Gambar 5. 11 Faktor Daya Dukung Skempton untuk Potongan A

Berdasarkan grafik pada gambar 4.14, maka faktor daya dukung (Nc) untuk L/B = 1,97 dapat dihitung dengan menggunakan interpolasi dari L/B = 1 dengan faktor daya dukung (Nc) sebesar 6,5 dan L/B = 2 dengan faktor daya dukung (Nc) sebesar 6. Berikut merupakan perhitungan Nc dengan interpolasi untuk L/B = 1,97

Nc $= \frac{1,96-1}{2-1}$ x (6 - 6,5) + 6,5

= 6,01

faktor keamanan *basal heave* metode *negative bearing capacity* sebagai berikut:

Fb $= \frac{\text{Nc.su}}{\gamma\text{He}+\text{qs}}$

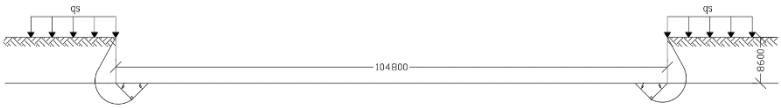
$= \frac{6,01.78}{16,3\text{x}2,5+17,1\text{x}6,1+10}$

= 3,03 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan A memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *negative bearing capacity*.

Potongan B dan C:

Gambar 5. 12 Analisis Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan B dan C



Gambar 5. 13 Bidang Kelongsoran Basal Heave Metode Negative Bearing Capacity Potongan B dan C

B = 104,8 m

L = 104,8 m

q_s = 16,875 kN/m^2

He = 8,6 m

s_u = 79,5 kN/m^2

$\gamma 1$ = 15,80 kN/m^3

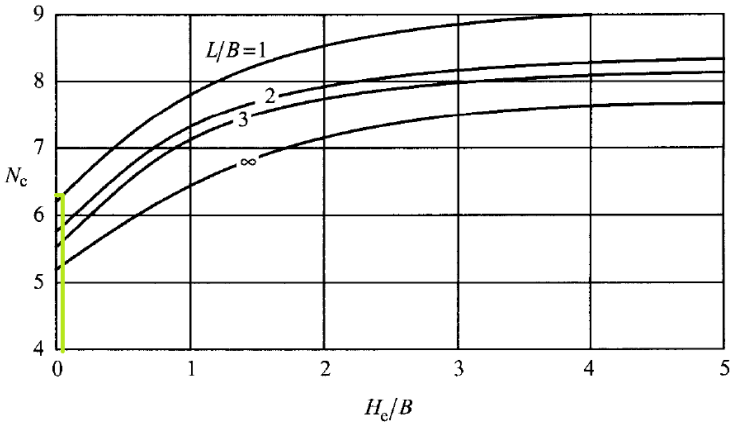
$\gamma 2$ = 16,80 kN/m^3

L/B $= \frac{104,8}{104,8}$

$= 1$

He/B $= \frac{8,6}{104,8}$

$= 0,08$



Gambar 5. 14 Faktor Daya Dukung Skempton untuk Potongan B

Berdasarkan grafik pada gambar 4.14, untuk L/B = 1 maka faktor daya dukung (Nc) sebesar 6,2.
Faktor keamanan *basal heave* metode *negative bearing capacity* sebagai berikut:

Fb $= \frac{\text{Nc.su}}{\gamma\text{He}+\text{qs}}$

$= \frac{6{,}2.79{,}5}{(15{,}8.1{,}5+16{,}8.7{,}1)+16{,}875}$

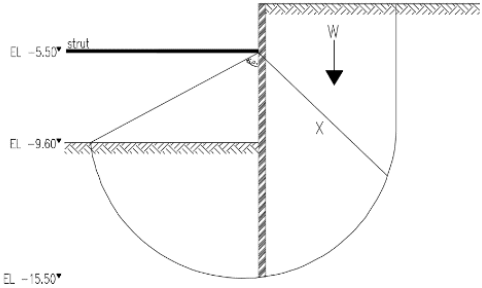
= 3,08 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan B dan C memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *negative bearing capacity*.

C. Metode *Slip Circle*

Perhitungan analisis *basal heave* metode *slip circle* sebagai berikut:

Potongan A:



Gambar 5. 15 Bidang Kelongsoran Potongan A Basal Heave Metode Slip Cirle

$\gamma 1$ = 16,30 kN/m^3

$\gamma 2$ = 17,10 kN/m^3

s_{u1} = 18 kN/m^2

s_{u2} = 48 kN/m^2

s_{u3} = 78 kN/m^2

σv kedalaman -9,6 m adalah sebagai berikut:

σv = $\gamma 1$ x (3,5-1) + $\gamma 2$ x (9,6-3,5)

= 16,30 x 2,5 + 17,10 x 6,1

= 145,06 kN/m^2

Sudut *failure circular arc* dari sisi pasif sebagai berikut:

$\theta = \cos^{-1} \frac{\text{jarak strut terbawah dari dasar galian}}{\text{jarak strut terbawah dan dasar dinding}}$

$= \cos^{-1} \frac{9{,}6-3{,}5}{15{,}5-3{,}5}$

= 1,09°

X = kedalaman dinding – kedalaman *strut* terbawah

= 15,5 – 5,5

= 10 m

Faktor keamanan metode *slip circle* yaitu sebagai berikut:

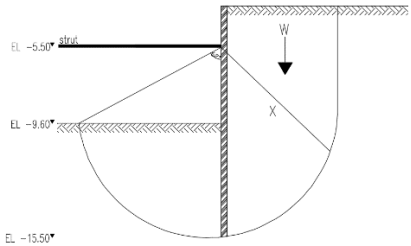
Fb $= \dfrac{X \int_0^{\left(\frac{\pi}{2}\right)+\alpha} su(X\, d\theta)}{W.(\frac{X}{2})}$

Fb $= \dfrac{10.\frac{\pi}{2}.(18.2{,}5+48.8+78.4)+10.1{,}09.(18.2{,}5+48.8+78.4)}{145{,}06.10.\frac{10}{2}}$

Fb = 2,72 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan A memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *slip circle.*

Potongan B dan C:



Gambar 5. 16 Bidang Kelongsoran Potongan B dan C Basal Heave Metode Slip Cirle

$\gamma 1$ = 15,8 kN/m^3

$\gamma 2$ = 16,8 kN/m^3

s_{u1} = 12 kN/m^2

s_{u2} = 58,5 kN/m^2

s_{u2} = 79,5 kN/m^2

σv kedalaman -9,6 m adalah sebagai berikut:

σv = γ1 x (2,5-1,0) + γ2 x (9,6-2,5)

= 15,8 x 1,5 + 16,8 x 7,1

= 142,98 kN/m^2

Sudut *failure circular arc* dari sisi pasif sebagai berikut:

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\text{jarak strut terbawah dari dasar galian}}{\text{jarak strut terbawah dan dasar dinding}}$$

$$= \cos^{-1} \frac{9{,}6-3{,}5}{15{,}5-3{,}5}$$

= 1,09°

X = kedalaman dinding – kedalaman *strut* terbawah

= 15,5 – 5,5

= 10 m

Safety factor metode *slip circle* yaitu sebagai berikut:

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

$$Fb = \frac{10.\frac{\pi}{2}.(12.1{,}5+58{,}5.8+79{,}5.5)+10.1{,}09.(12.1{,}5+58{,}5.8+79{,}5.5)}{142{,}98.10.\frac{10}{2}}$$

Fb = 2,12 > 1,5 (memenuhi syarat)

Sehingga stabilitas dasar galian potongan B dan C memenuhi syarat berdasarkan *basal heave* metode *slip circle.*

Rekapitulasi analisis stabilitas dari kontrol *push-in failure* dan *basal heave* dirangkum pada tabel 4.8 berikut ini:

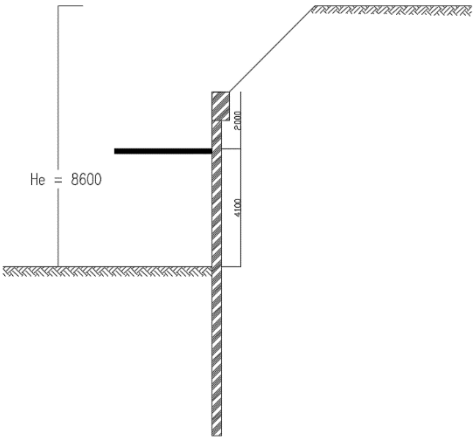
Tabel 5. 2 Rekapitulasi hasil kontrol analisis stabilitas

Analisis Stabilitas		SF
Potongan A	*Push-in failure*	2,46
	Basal heave metode *bearing capacity*	3,21
	Basal heave metode *negative bearing capacity*	3,03
	Basal heave metode *slip circle*	2,72
Potongan B	*Push-in failure*	2,46
	Basal heave metode *bearing capacity*	3,34
	Basal heave metode *negative bearing capacity*	3,08
	Basal heave metode *slip circle*	2,12

5.4 Analisis Deformasi

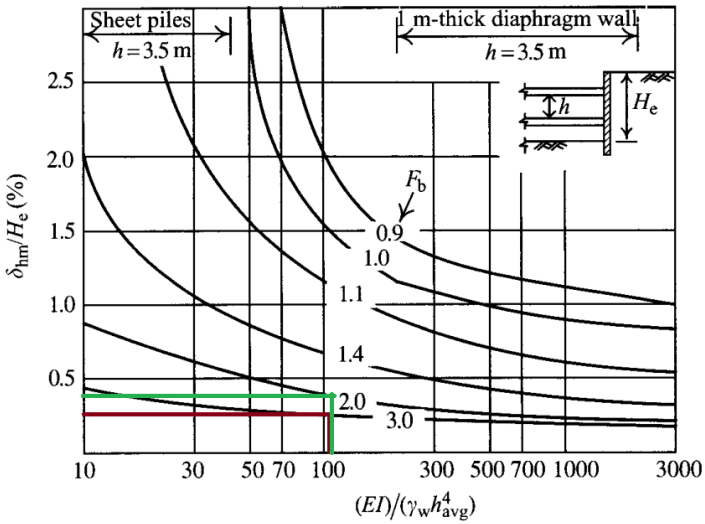
Deformasi yang terjadi harus memenuhi syarat yang ditentukan. Oleh karena itu perhitungan analisis deformasi diperlukan untuk mengetahui deformasi atau penurunan yang terjadi pada *sheet pile*. Berikut merupakan perhitungan analisis deformasi berdasarkan metode Clough *and* O'Rourke.

Potongan A:



Gambar 5. 17 Bidang Analisis Deformasi Potongan A

He	= 8,6 m
$h_{average}$	= 2,5 m
tebal *sheet pile*	= 0,32 m
panjang *sheet pile*	= 12 m
inersia penampang (I)	= $\frac{1}{12}$ x b x h^3
	= $\frac{1}{12}$ x 0,5 x $0{,}32^3$
	= 0,0014 m^4
modulus elastisitas beton (E)	= $4700\sqrt{42}$
	= 30459,481 Mpa
	= 30459481 kN/m^2
EI	= 30459481 x 0,0014
	= 41587,35 kN/m^2
γ_w	= 9,81 kN/m^3
(EI/ $\gamma_w h^4_{average}$)	= $\frac{41587{,}35}{9{,}81\ x\ 2{,}5^4}$
	= 108,53
$Fb_{basal\ heave}$	= 2,72



Gambar 5. 18 Grafik Analisis Deformasi Potongan A

Berdasarkan grafik 4.20 diatas, maka didapatkan δ_{hm}/H_e = 0,48% untuk Fb 2,0 dan didapatkan δ_{hm}/H_e = 0,25% untuk Fb 3,0. Sehingga nilai δ_{hm}/H_e untuk Fb 2,72 dapat dihitung dengan interpolasi sebagai berikut.

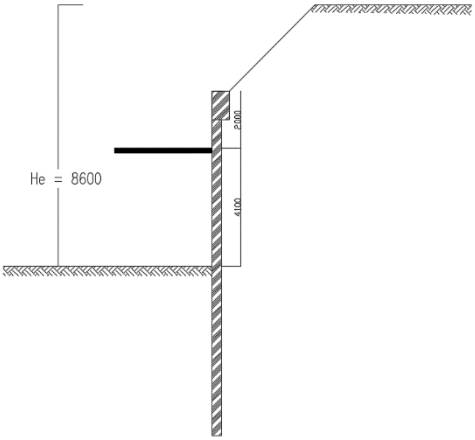
$$\delta_{hm}/H_e = \frac{2,72-2,0}{3,0-2,0} \text{ x } (0,25-0,48) + 0,48$$

$$\delta_{hm} = \frac{0,31\%}{100\%} \text{ x } 8,6$$

$$= 0,027 \text{ m}$$

Sehingga nilai deformasi *sheet pile* potongan A dengan galian sedalam 8,6 m sebesar 0,027 meter.

Potongan B dan C:



Gambar 5. 19 Bidang Analisis Deformasi Potongan B dan C

He	= 8,6 m
$h_{average}$	= 2,5 m
tebal *sheet pile*	= 0,32 m
panjang *sheet pile*	= 12 m
inersia penampang (I)	= $\frac{1}{12}$ x b x h^3
	= $\frac{1}{12}$ x 0,5 x $0{,}32^3$
	= 0,0014 m^4
modulus elastisitas beton (E)	= $4700\sqrt{42}$
	= 30459,481 Mpa
	= 30459481 kN/m^2
EI	= 30459481 x 0,0014

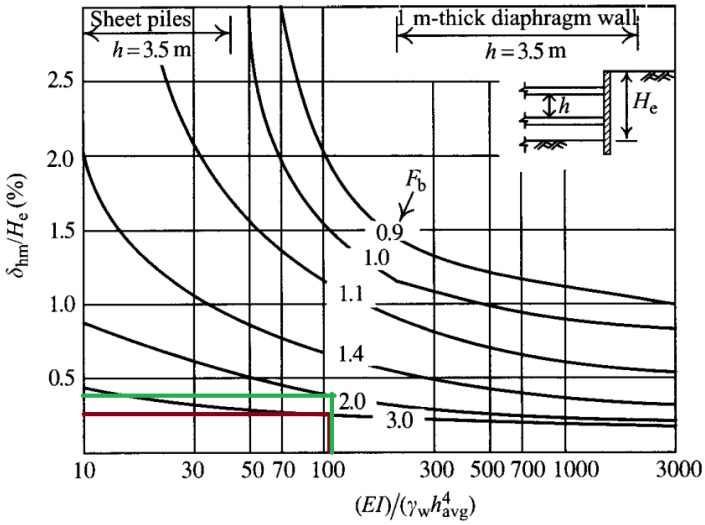
= 41587,35 kN/m^2

γ_w = 9,81 kN/m^3

(EI/ $\gamma_w h^4_{average}$) = $\frac{41587,35}{9,81\ x\ 2,5^4}$

= 108,53

Fb*basal heave* = 2,12



Gambar 5. 20 Grafik Analisis Deformasi Potongan B dan C

Berdasarkan grafik 4.21 diatas, maka didapatkan δ_{hm}/H_e = 0,48% untuk Fb 2,0 dan didapatkan δ_{hm}/H_e = 0,25% untuk Fb 3,0. Sehingga nilai δ_{hm}/H_e untuk Fb 2,12 dapat dihitung dengan interpolasi sebagai berikut.

δ_{hm}/H_e = $\frac{2,12-2,0}{3,0-2,0}$ x (0,25-0,48) + 0,48

δ_{hm} = $\frac{0,45\%}{100\%}$ x 8,6

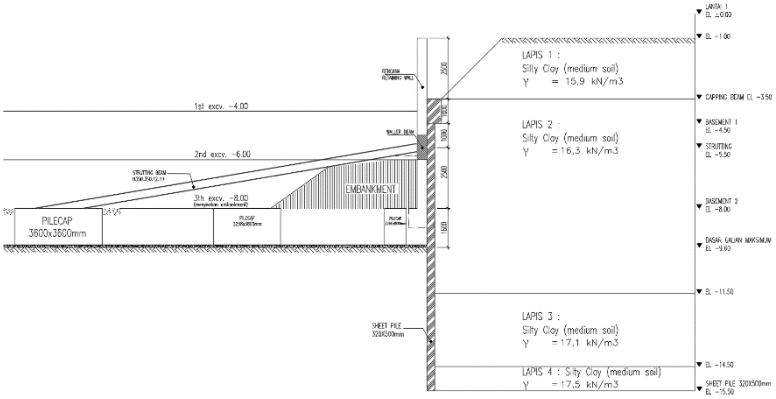
= 0,038 m

Sehingga nilai deformasi *sheet pile* potongan B dan C dengan galian sedalam 8,6 m sebesar 0,038 meter.

5.5 Analisis *Strut Load*

Diagram tekanan tanah lateral yang dijelaskan secara empiris oleh Peck (1969) digunakan untuk menghitung gaya tekan pada *strut*. Berikut merupakan perhitungan beban yang ditahan oleh gaya *strut.*

Potongan A:



Gambar 5. 21 Profil Tanah Potongan A

Pada kedalaman su (*undrained shear strength*) 4,3 m, (8,6m/2) di bawah permukaan tanah:

σv $= \gamma 1 \times (2{,}5\text{-}0) + \gamma 2 \times (4{,}3\text{-}2{,}5)$

$= 15{,}9 \text{ x } 2{,}5 + 16{,}3 \text{ x } 1{,}8$

$= 69{,}09 \text{ kN/m}^2$

u $= 0$ (tidak ada tegangan air pori)

$\sigma v'$ $= \sigma v - u$

σv’ = 69,09 kN/m^2

Su = 0,32 σv’

= 0,32 x 69,09

= 22,11 kN/m^2

γHe/su = $\frac{15,9 \text{ x } 8,6}{22,11}$

= 6,18 > 4 (termasuk *soft to medium soft clay*)

Berdasarkan diagram tekanan Peck, tanah pada proyek ini termasuk kedalam kategori *soft to medium soft clay*.

Lebar galian = 53,3 m

Kedalaman yang terpengaruh galian = 8,6 + 53,3

= 61,9m

Tegangan tanah pada kedalaman 32,25 m (8,6 + 53,3/2) adalah:

σv = γ1 × (2,5-0) + γ2 × (10,5-2,5) + γ3 × (13,5-10,5) + γ4 × (32,25-13,5)

σv = 15,9 × 2,5 + 16,3 × 8 + 17,1 × 3 + 17,5 × 21,75

= 602,08 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 602,08 kN/m^2

Su = 0,32 σv’

= 0,32 x 602,08

= 192,66 kN/m^2

Nb = $\gamma He/su_{,b}$

= 16,3x8,6/192,94

= 0,73 < 4 (sehingga nilai m=1)

Pa = γHe – 4Su

= 16,3 x 8,6 – 4 x 22,11

= 51,74 kN/m^2

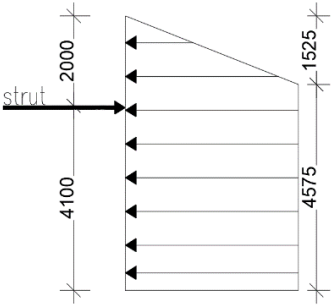
atau

Pa = 0,3γHe

= 0,3 x 16,3 x 8,6

= 42,05 kN/m^2

Diambil nilai Pa yang terbesar sehingga didapatkan tekanan tanah sebesar Pa = 51,74 kN/m^2, sehingga beban yang diterima *strut* dapat dihitung sebagai berikut.

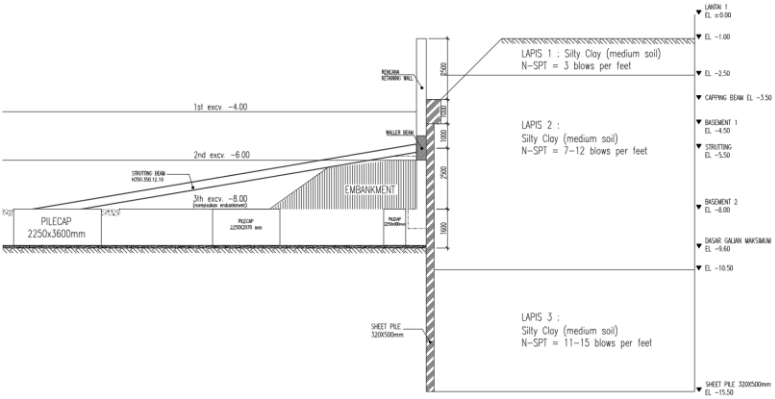


Gambar 5. 22 Distribusi Tekanan Tanah dan Posisi Strut Potongan A

Beban diterima *strut* = 51,74 x ((1,525/2) + (2-1,525) + 4,1/2)
= 170 kN/m

Beban per As *strut* = 170 x jarak samping kiri&kanan *strut*
= 170 kN/m x (4m+4m)
= 1360 kN

Potongan B dan C:



Gambar 5. 23 Profil Tanah Potongan B dan C

Pada kedalaman su (*undrained shear strength*) 4,3 m, (8,6m/2) di bawah permukaan tanah:

σv = γ1 × (1,5-0) + γ2 × (4,3-1,5)

= 15,5 x 1,5 + 15,8 x 2,8

= 67,49 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 67,49 kN/m^2

Su = 0,32 σv’

= 0,32 x 67,49

$= 21{,}59\ kN/m^2$

$\gamma He/su = \frac{15{,}5 \times 8{,}6}{21{,}59}$

$= 6{,}17 > 4$ (termasuk *soft to medium soft clay*)

Berdasarkan diagram tekanan Peck, tanah pada proyek ini termasuk kedalam kategori *soft to medium soft clay*.

Lebar galian = 104,8 m

Kedalaman yang terpengaruh galian = 8,6 + 104,8

= 113 m

Tegangan tanah pada kedalaman 61 m (8,6 + 104,8/2) adalah:

$\sigma v = \gamma 1 \times (1{,}5\text{-}0) + \gamma 2 \times (9{,}5\text{-}1{,}5) + \gamma 3 \times (61\text{-}9{,}5)$

$\sigma v = 15{,}5 \times 1{,}5 + 15{,}8 \times 8 + 16{,}8 \times 51{,}5$

$= 1014{,}85\ kN/m^2$

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

$\sigma v' = \sigma v - u$

$\sigma v' = 1014{,}85\ kN/m^2$

$Su = 0{,}32\ \sigma v'$

$= 0{,}32 \times 1014{,}85$

$= 324{,}75\ kN/m^2$

$Nb = \gamma He/su_{,b}$

$= 15{,}8 \times 8{,}6/324{,}75$

$= 0{,}41 < 4$ (sehingga nilai m=1)

$Pa = \gamma He - 4Su$

= 15,8 x 8,6 – 4 x 21,59

= 49,49 kN/m^2

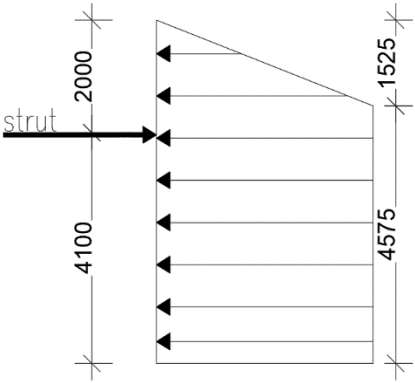
atau

Pa = 0,3γHe

= 0,3 x 15,8 x 8,6

= 40,76 kN/m^2

Diambil nilai Pa yang terbesar sehingga didapatkan tekanan tanah sebesar Pa = 49,49 kN/m^2, sehingga beban yang diterima *strut* dapat dihitung sebagai berikut.



Gambar 5. 24 Distribusi Tekanan Tanah dan Posisi Strut Potongan B dan C

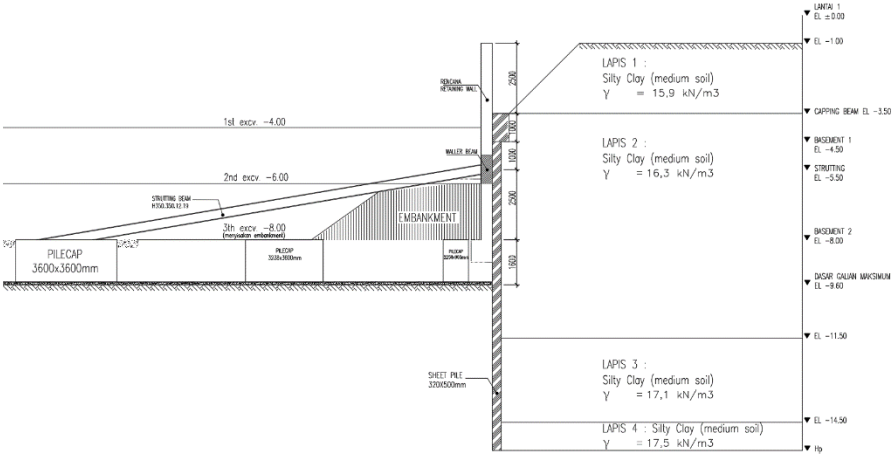
Beban diterima *strut* = 49,49 x ((1,525/2) + (2-1,525) + 4,1/2)
= 162,71 kN/m

Beban per As *strut* = 162,71xjarak samping kiri&kanan *strut*
= 162,71 kN/m x (4m+4m)
= 1300 kN

5.6 Penentuan Ulang Kedalaman *Sheet Pile*

Penentuan ulang kedalaman *sheet pile* digunakan untuk memberikan *review* desain antara desain di lapangan dan desain hasil analisis ulang. Penentuan ulang kedalaman *sheet pile* dengan menggunakan perhitungan manual metode Rankine. Kedalaman *sheet pile* dapat diketahui dari perhitungan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif yang mengacu pada teori tekanan tanah Rankine dan Caquot-Kerisel. Perhitungan kedalaman *sheet pile* adalah sebagai berikut:

Potongan A:



Gambar 5. 25 Profil Tanah Potongan A

Pada kedalaman -5,5 m,

σv $= \gamma 1 \times (3{,}5–1{,}0) + \gamma 2 \times (5{,}5–3{,}5)$

$= 15{,}9 \text{ x } 2{,}5 + 16{,}3 \text{ x } 2$

$= 72{,}35 \text{ kN/m}^2$

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 72,35 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 72,35

= 15,92 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su}}$)

= 72,35 – 2.15,92 $\sqrt{(1+\frac{2}{3}}$)

= 31,25 kN/m2

Pada kedalaman -9,6 m,

Sebelum dilakukan penggalian

σv = σv kedalaman -5,5 m + γ2 × (9,6 – 5,5)

= 72,35 + 16,3 x 4,1

= 92,75 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 92,75 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 92,75

= 20,41 kN/m^2

Setelah dilakukan penggalian, σv = 0 pada sisi tanah pasif tetapi nilai Su tetap sehingga:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 0 + 2.20,41 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 52,69 kN/m^2

Pada kedalaman Hp m,

Untuk tekanan tanah aktif:

σv = σv kedalaman -9,6 m + γ2 × (11,5 – 9,6) + γ3 × (14,5 – 11,5) + γ4 × (Hp – 14,5)

= 92,75 + 16,3 x 1,9 + 17,1 x 3 + 17,5Hp – 254,33

= 17,5Hp – 79,31 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv' = σv – u

σv' = 17,5Hp – 79,31 kN/m^2

Su = 0,22 σv'

= 0,22 x 17,5Hp – 79,31

= 3,85Hp – 17,45 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 17,5Hp – 79,31 - 2.3,85Hp – 17,45 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 7,6Hp – 54,65 kN/m^2

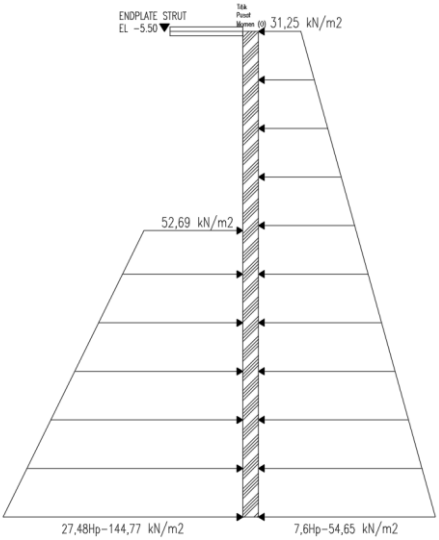
Untuk tekanan tanah pasif:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 17,5Hp – 79,31 + 2.3,85Hp – 17,45 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 27,48Hp – 144,77 kN/m^2

Distribusi tekanan tanah digambarkan pada diagram berikut ini.



Gambar 5. 26 Distribusi Tekanan Tanah pada Penentuan Kedalaman Sheet Pile Potongan A

Ma = Pa.la

= 31,25 (Hp-5,5) $\left(\frac{Hp-5,5}{2}\right)$ + (7,60Hp – 54,65– 31,25) $(Hp-5,5)\left(\frac{1}{2}\right)(Hp-5,5)\left(\frac{2}{3}\right)$

= 2,52Hp^3 – 36,9Hp^2 + 176,93Hp – 276,64

Mp = Pp.lp

= 52,69 (Hp-9,6) $\left(Hp-9,6)\left(\frac{1}{2}\right)+4,1\right)$ + (27,48Hp – 144,77 - 52,69) $(Hp-9,6)\left(\frac{1}{2}\right)\left(Hp-9,6)\left(\frac{2}{3}\right)+4,1\right)$

$= 9{,}17Hp^3 - 163Hp^2 + 923{,}28Hp - 1953{,}84$

Tekanan tanah di bawah *strut* adalah tekanan tanah yang diperhitungkan. Kedalaman *sheet pile* dihitung berdasarkan kesetimbangan momen akibat tekanan tanah dibawah *strut*.

$Ma - Mp = 0$

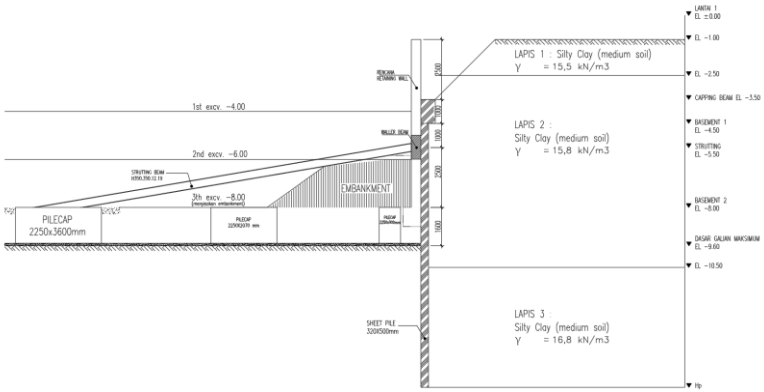
$2{,}52Hp^3 - 36{,}9Hp^2 + 176{,}93Hp - 276{,}64 - (9{,}17Hp^3 - 163Hp^2 + 923{,}28Hp - 1953{,}84) = 0$

$Hp = 10{,}29$ m.

Digunakan faktor keamanan 1,5 sehingga didapatkan Hp = 15,43

Sehingga didapatkan kedalaman *sheet pile* yaitu 15,5 m.

Potongan B dan C:



Gambar 5. 27 Profil Tanah Potongan B dan C

Pada kedalaman -5,5 m,

$\sigma v = \gamma 1 \times (2{,}5 - 1) + \gamma 2 \times (5{,}5 - 2{,}5)$

$= 15{,}5 \text{ x } 1{,}5 + 15{,}8 \text{ x } 3$

= 70,65 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 70,65 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 70,65

= 15,54 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 70,65 – 2.15,54$\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 30,52 kN/m2

Pada kedalaman -9,6 m,

Sebelum dilakukan penggalian

σv = σv kedalaman -5,5 m + γ2 × (9,6 – 5,5)

= 70,65 + 15,8 x 4,1

= 90,55 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 90,55 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 90,55

= 19,92 kN/m^2

Setelah dilakukan penggalian, σv = 0 pada sisi tanah pasif tetapi nilai Su tetap sehingga:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 0 + 2.19,92$\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 51,44 kN/m^2

Pada kedalaman Hp m,

Untuk tekanan tanah aktif:

σv = σv kedalaman -9,6 m + γ2 x (10,5 – 9,6) + γ3 x (Hp 10,5)

= 90,55 + 15,8 x 0,9 + 16,8Hp – 176,4

= 16,8Hp – 71,63 kN/m^2

u = 0 (tidak ada tegangan air pori)

σv’ = σv – u

σv’ = 16,8Hp – 71,63 kN/m^2

Su = 0,22 σv’

= 0,22 x 16,8Hp – 71,63

= 3,7Hp – 15,76 kN/m^2

σh,a = σvKa – 2Su$\sqrt{Ka(1+\frac{cw}{su})}$

= 16,8Hp – 71,63 - 2.3,7Hp – 15,76 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 7,25Hp – 30,94 kN/m^2

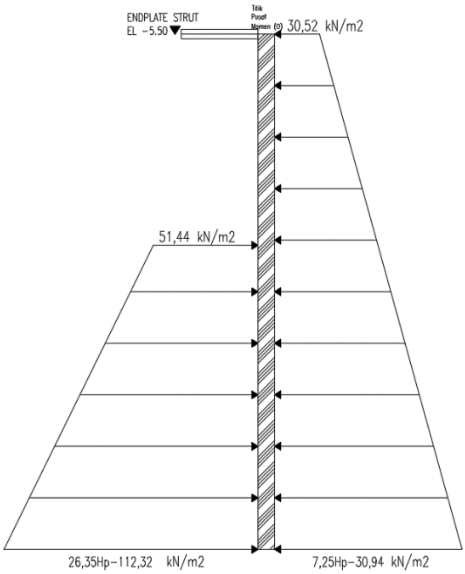
Untuk tekanan tanah pasif:

σh,p = σvKp + 2Su$\sqrt{Kp(1+\frac{cw}{su})}$

= 16,8Hp – 71,63 + 2.3,7Hp – 15,76 $\sqrt{(1+\frac{2}{3})}$

= 26,35Hp – 112,32 kN/m^2

Distribusi tekanan tanah digambarkan pada diagram berikut ini.



Gambar 5. 28 Distribusi Tekanan Tanah pada Penentuan Kedalaman Sheet Pile Potongan B dan C

Ma = Pa.la

= 30,52(Hp-5,5) $\left(\frac{Hp-5,5}{2}\right)$ + (7,25Hp – 30,94 – 30,52) $(Hp-5,5)\left(\frac{1}{2}\right)(Hp-5,5)\left(\frac{2}{3}\right)$

= 2,42Hp^3 – 31,81Hp^2 + 130,6Hp – 158,11

Mp = Pp.lp

= 51,44 (Hp-9,6) $\left(Hp - 9{,}6\right)\left(\frac{1}{2}\right) + 4{,}1\Big)$ + (26,35Hp – 112,32 – 51,44) $(Hp - 9{,}6)\left(\frac{1}{2}\right)\left(Hp - 9{,}6\right)\left(\frac{2}{3}\right) + 4{,}1\Big)$

= $8{,}78Hp^3 - 143{,}49Hp^2 + 720{,}34Hp - 1462{,}23$

Tekanan tanah di bawah *strut* adalah tekanan tanah yang diperhitungkan. Kedalaman *sheet pile* dihitung berdasarkan kesetimbangan momen akibat tekanan tanah dibawah *strut*.

Ma – Mp = 0

$2{,}42Hp^3 - 31{,}81Hp^2 + 130{,}6Hp - 158{,}11 - (8{,}78Hp^3 - 143{,}49Hp^2 + 720{,}34Hp - 1462{,}23) = 0$

Hp = 10,3 m.

Digunakan faktor keamanan *push-in failure* 1,5 sehingga didapatkan Hp = 15,45

Sehingga didapatkan kedalaman *sheet pile* yaitu 15,5 m.

5.7 Pemodelan *Sheet Pile* dengan Plaxis

Perhitungan analisis stabilitas *sheet pile* dilakukan dengan menggunakan *finite elemen method* dengan program bantu Plaxis. Parameter yang digunakan untuk pemodelan adalah sebagai berikut:

A. Parameter Tanah

Pemodelan tanah atau *soil* pada Plaxis dilakukan dengan dua tipe drainase yaitu *undrained* dan *drained*. Dari kedua tipe pemodelan tersebut dipilih dua kondisi yang paling kritis. Berikut merupakan rekapitulasi parameter tanah yang digunakan

Tabel 5. 3 Input Parameter Tanah Potongan A Undrained

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	Type	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	Su (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 2,5	*Silty Clay (soft soil)*	MC	*Undrained B*	15,90	17,50	18	12400	0,30	1,00
2,5 – 10,5	*Silty Clay (medium)*	MC	*Undrained B*	16,30	19,00	48	25300	0,30	0,93
10,5 – 13,5	*Silty Clay (stiff soil)*	MC	*Undrained B*	17,10	21,00	78	36800	0,30	0,98
13,5 – 34,5	*Silty Clay (very stiff)*	MC	*Undrained B*	17,50	21,00	105	55000	0,30	0,97
34,5 – 40,0	*Cemented silt with some sand*	MC	*Undrained B*	18,90	22,00	300	55200	0,30	1,00

Tabel 5. 4 Input Parameter Tanah Potongan A Drained

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	Type	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	c	φ(°)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 2,5	*Silty Clay (soft soil)*	MC	*Drained*	15,90	17,50	15,00	1,00	12400	0,30	1,00
2,5 – 10,5	*Silty Clay (medium)*	MC	*Drained*	16,30	19,00	32,00	6,00	25300	0,30	0,93
10,5 – 13,5	*Silty Clay (stiff soil)*	MC	*Drained*	17,10	21,00	55,00	2,00	36800	0,30	0,98
13,5 – 34,5	*Silty Clay (very stiff)*	MC	*Drained*	17,50	21,00	94,40	2,80	55000	0,30	0,97
34,5 – 40,0	*Cemented silt with some sand*	MC	*Drained*	18,90	22,00	13,90	1,00	55200	0,30	1,00

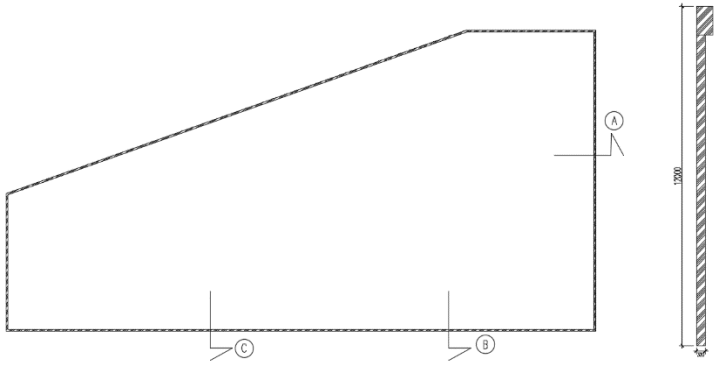
Tabel 5. 5 Input Parameter Tanah Potongan B dan C Undrained

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	Type	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	Su (kN/m^2)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 1,5	*Silty Clay (soft soil)*	MC	*Undrained B*	15,50	16,00	12	9600	0,30	0,92
1,5 – 9,5	*Silty Clay (medium)*	MC	*Undrained B*	15,80	20,00	58,50	25400	0,30	0,90
9,5 – 17,5	*Silty Clay (stiff soil)*	MC	*Undrained B*	16,80	21,25	79,50	37400	0,30	0,95
17,5 – 30,5	*Silty Clay (very stiff)*	MC	*Undrained B*	17,30	19,70	112	57800	0,30	0,95
30,5 – 37,5	*Cemented silt with some sand*	MC	*Undrained B*	19,00	22,00	300	55200	0,30	0,60
37,5 – 40,0	*Silty Clay (hard)*	MC	*Undrained B*	18,90	19,30	234	46000	0,30	0,90

Tabel 5. 6 Input Parameter Tanah Potongan B dan C Drained

Kedalaman	Jenis Tanah	Model	Type	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	c	φ(°)	E' (kN/m^2)	v	K0
0,0 – 1,5	*Silty Clay (soft soil)*	MC	*Drained*	15,50	16,00	10,00	7,00	9600	0,30	0,92
1,5 – 9,5	*Silty Clay (medium)*	MC	*Drained*	15,80	20,00	35,00	9,00	25400	0,30	0,90
9,5 – 17,5	*Silty Clay (stiff soil)*	MC	*Drained*	16,80	21,25	65,00	4,00	37400	0,30	0,95
17,5 – 30,5	*Silty Clay (very stiff)*	MC	*Drained*	17,30	19,70	107,00	4,00	57800	0,30	0,95
30,5 – 37,5	*Cemented silt with some sand*	MC	*Drained*	19,00	22,00	40,00	35,00	55200	0,30	0,60
37,5 – 40,0	*Silty Clay (hard)*	MC	*Drained*	18,90	19,30	85,00	9,00	46000	0,30	0,90

B. Parameter *Sheet Pile*



Gambar 5. 29 (a) Denah sheet pile; (b) Potongan sheet pile

Pada saat pemodelan *sheet pile* perlu diperhitungkan terlebih dahulu nilai kekakuan normal (EA) dan kekakuan lentur (EI). Perhitungan parameter *sheet pile* dari data perencanaannya adalah sebagai berikut:

tebal *sheet pile* (h) = 0,32 m

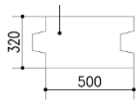
lebar *sheet pile* (b) = 1 m

panjang *sheet pile* = 12 m

mutu beton (fc') = 42 MPa

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

- Menghitung luas *sheet pile*



luas penampang (A) = b x h

= 0,32 m^2

- Menghitung nilai elastisitas beton

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.5.1 tentang Peraturan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, nilai elastisitas beton dapat dihitung sebagai berikut:

modulus elastisitas beton (E) $= 4700\sqrt{42}$

$= 30459{,}481$ Mpa

$= 30459481$ kN/m^2

- Menghitung inersia *sheet pile*

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

$= \frac{1}{12}$ x 0,5 x 0,32^3

$= 0{,}0027$ m^4

- Menghitung EA dan EI *sheet pile*

EA = Luas *sheet pile* x E

= 0,32 x 30459481

= 9747034 kN

EI = E x inersia

= 30459481 x 0,0027

= 83174,69 kN/m^2

Berat satuan (w) = A x γ_{beton}

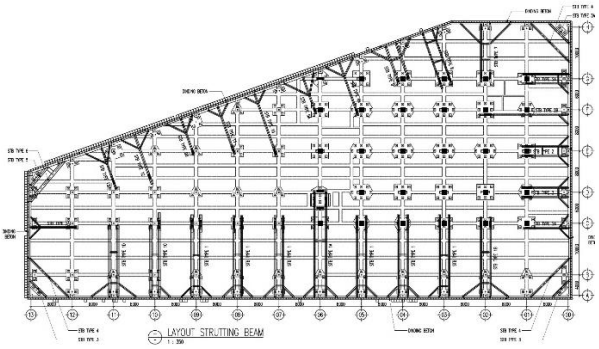
= 0,32 x 24

= 7,68 kN/m

Tabel 5. 7 Input Parameter Sheet Pile

Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic; isotropic*	-
EA	9747034	kN/m
EI	83174,69	kN/m^2/m
w	7,68	kN/m/m
v	0	-

C. Parameter *Strutting*



Gambar 5. 30 Ilustrasi Denah Strutting

Perhitungan parameter *strutting* dari data perencanaannya adalah sebagai berikut:

profil baja = WF 350.350.12.19

luas penampang (A) = 0,017 m^2

modulus elastisitas (E) = 2x10^5 MPa

= 2x10^8 kN/m^2

EA = 2x10^8 x 0,017

= 3478000 kN

panjang *strut* sisi pot A = 16,15 m

panjang *strut* sisi pot B dan C = 14,35 m

$L_{spacing}$ = 8 m

Tabel 5. 8 Input Parameter *Strutting* Potongan A

Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic; isotropic*	-
EA	3478000	kN
$L_{spacing}$	8	M
Panjang *strut*	16,15	m

Tabel 5. 9 Input Parameter *Strutting* Potongan B dan C

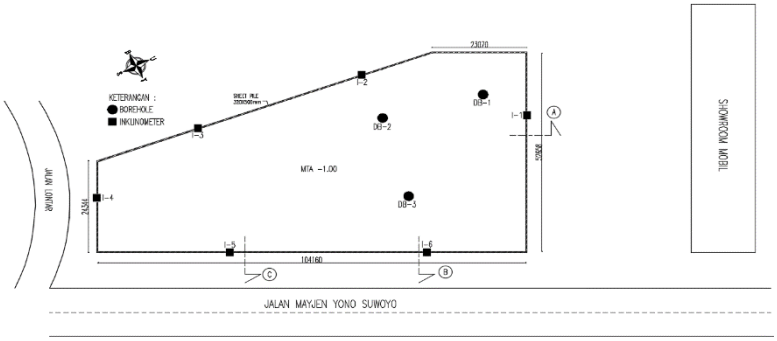
Name	*Value*	*Unit*
Material type	*Elastic; isotropic*	-
EA	3478000	kN
$L_{spacing}$	8	M
Panjang *strut*	14,35	m

D. Fase Galian

Fase konstruksi galian dilakukan dengan 9 tahapan seperti pada Tabel 4.1

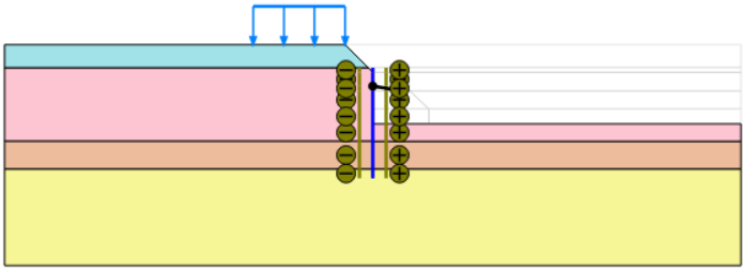
5.7.1 *Soil Model* pada PLAXIS

Pemodelan tanah pada Plaxis menggunakan model Mohr-Coulomb dengan menggunakan dua kondisi yaitu *undrained* dan *drained*. Dari dua kondisi tersebut diambil yang paling kritis sesuai dengan persyaratan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jarak batasan yang dibutuhkan untuk analisis defleksi dinding dan penurunan tanah yaitu ≥ 4 kali kedalaman galian (He). Pada pemodelan ini digunakan jarak batasan sebesar 40 m diluar galian.

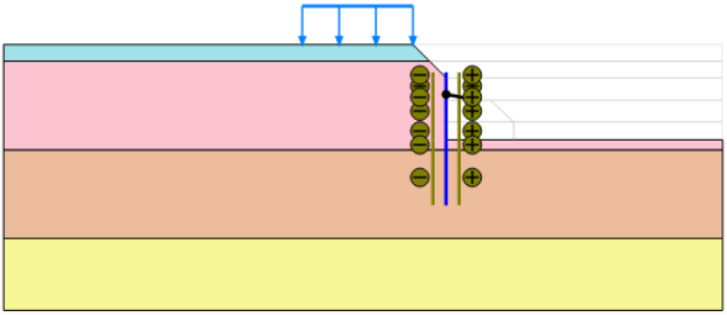


Gambar 5. 31 Lokasi Bangunan Gedung BCA

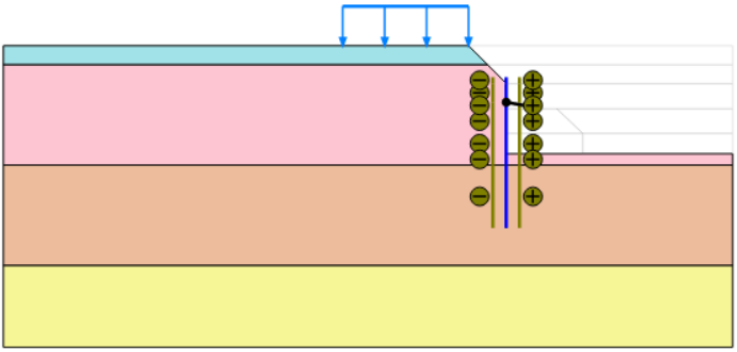
Beban tambahan yang diberikan pada analisis menggunakan *finite element method* sesuai SNI 8460:2017 yaitu sebesar 10 kN/m^2 selebar 10 m diberikan di luar galian yang merepresentasikan beban alat gali, tanah galian sebelum diangkut dan lain sebagainya. Untuk Potongan A digunakan pembebanan 10 kN/m^2 karena jarak gedung terdekat (*showroom*) sekitar 40 m yang terbilang cukup jauh. Untuk Potongan B dan C dimana berada di sebelah jalan raya, maka digunakan pembebanan sesuai sub bab 2.8.3 yaitu total beban lalu lintas dan beban perkerasan jalan sebesar 16,875 kN/m2. Pemodelan tanah dibagi menjadi tiga, masing-masing menggambarkan kondisi pada posisi *monitoring* inklinometer di lapangan. Berikut merupakan *soil model* pada Plaxis dari pengujian potongan A, B, dan C.



Gambar 5. 32 Soil Model Potongan A



Gambar 5. 33 Soil Model Potongan B

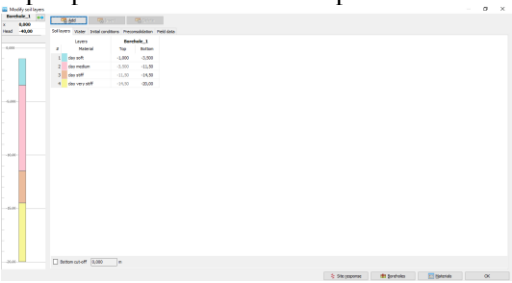


Gambar 5. 34 Soil Model Potongan C

Berikut merupakan tahapan pemodelan *sheet pile* untuk potongan A:

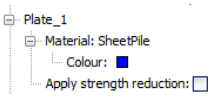
1. *Quick select*
   Memilih project baru (*new project*) pada *dialog box*.
2. *General settings*
   - Memilih model menggunakan *plane strain* dengan elemen 15 titik nodal sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dibandingkan 6 titik nodal.
   - Memasukkan dimensi area gambar menu *contour*, yaitu Xmin = 40.0, Xmax = 40.0, Ymin = 25.0, Ymax = 0.0
3. Stratigrafi tanah
   - Pada toolbar *soil*, klik *borehole* dan buat lapisan tanah pada koordinat -1.0 karena muka tanah asli berada di kedalaman -1 meter.
   - Ubah nilai Head menjadi -40 meter sesuai dengan muka air tanah.
   - Menambahkan lapisan tanah dengan memilih *Add* lalu *input* lapisan tanah sesuai kedalaman yang telah ditentukan.

- Input parameter pada tiap lapisan tanah seperti pada Tabel 5.3
- Setelah memasukkan parameter tanah, kembali pada dialog box "*modify soil layers*" untuk assign parameter tanah pada lapisan yang telah dibuat sebelumnya.
- Klik "*set type*" menjadi plates lalu tambahkan material dinding dengan klik tombol "*new*"
- Input parameter dinding sesuai pada Tabel 5.7
- Klik "*set type*" kembali dan ubah menjadi anchor lalu tambahkan material *strut* dengan klik tombol "*new*"
- Input parameter *strut* sesuai pada Tabel 5.8



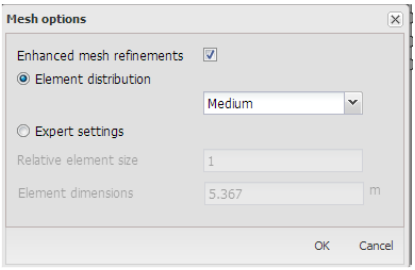
Gambar 5. 35 Parameter Tanah Yang Sudah Di *Assign*

4. Struktur Dinding
   - Untuk dapat memodelkan struktur *sheet pile* dan *strut* pilih "*structures*"
   - Pilih *create plate* untuk membuat struktur dinding yang mempunyai nilai kekakuan lentur dan kekakuan normal.
   - Pada area gambar klik koordinat yang sudah ditentukan sesuai panjang struktur eksisting dan klik kanan pada *mouse* untuk mengakhiri penggambaran *plate*.
   - Input material *properties plate* yang telah dibuat pada pilihan material di Tab *selection explorer*.

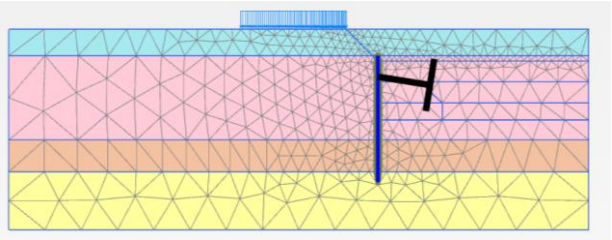


- Klik kanan pada *plate* lalu pilih *create* untuk membuat *positive interface* dan *negative interface*.
- *Create line* untuk membuat elevasi galian rencana.
- *Strutting* dipasang pada kedalaman -5,5 meter. Untuk membuat *strut* klik *create structure* dan pilih *create fixed-end anchor*. *Equivalent length* adalah jarak antar titik hubung yang dimana perpindahan bernilai nol.
- Aktifkan *strut* pada gambar, lalu *assign* material *properties strut* yang sudah dibuat pada *tab selection explorer*.
- Setelah geometri struktur dibuat, klik *create line load* untuk menambahkan beban luar terdistribusi.
- Setelah garis beban terbentuk, input nilai beban sebesar 10 kN/m^2 selebar 10 m. Beban dimasukkan pada *list qy* searah gravitasi yang ditandai symbol minus (-).

5. *Mesh generation*
   - Pilih menu *Mesh* pada menu tab kiri atas.
   - Untuk membuat jaring elemen, klik *generate mesh* (logo) dan tingkat distribusi jarring elemen tersebut pada level medium.



- Klik *view mesh* untuk melihat hasil jaring elemen yang telah dibentuk.



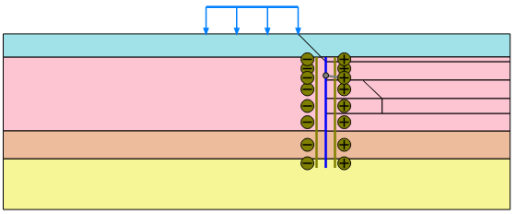
Gambar 5. 36 Jaring Elemen Pada Pemodelan Plaxis

6. Kalkulasi

   Setelah jaringan elemen terbentuk, lakukan perhitungan pada menu *staged construction*. Terdapat 9 fase konstruksi namun fase pemasangan *pilecap* dan pembongkaran *strut* tidak dimasukkan dalam pemodelan Plaxis sehingga hanya terdapat 7 fase konstruksi.

   a. Fase 1: Instalasi dinding dan pengaktifan pembebanan.

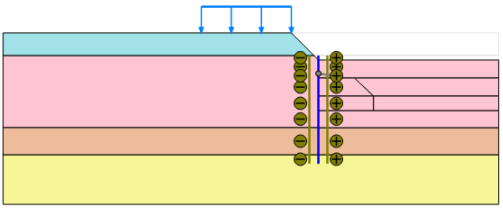
   - Pada *phase explorer*, klik *Add phase* untuk membuat fase baru yaitu fase pertama.
   - Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "konstruksi sheet pile dan pembebanan"
   - Aktifkan dinding dengan mengklik pada area gambar lalu pada *Tab Selection Explorer* pastikan *plate*, *positive interface* dan *negative interface* tercentang hijau.
   - Setelah dinding aktif, aktifkan juga pembebanan dengan klik beban terdistribusi pada area gambar.
   - Pastikan *line load* pada *Selection Explorer* tercentang hijau.



Gambar 5. 37 Fase Pertama Potongan A

b. Fase 2: Galian pertama sedalam -4 meter.

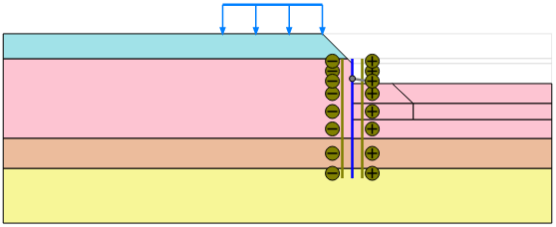
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase kedua yaitu galian sedalam 4 meter.
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "1st excavation".
- Klik kanan pada lapisan galian pertama lalu pilih *deactive*.



Gambar 5. 38 Fase Kedua Potongan A

c. Fase 3: Galian kedua sedalam -6 meter.

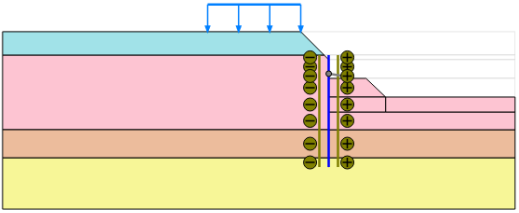
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase ketiga yaitu galian sedalam 6 meter.
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "2nd excavation".
- Klik kanan pada lapisan galian kedua lalu pilih *deactive*.



Gambar 5. 39 Fase Ketiga Potongan A

d. Fase 4: Galian ketiga sedalam -8 meter menyisakan embankment.

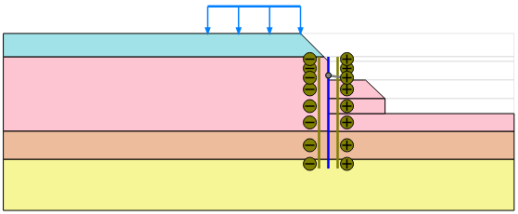
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase ketiga yaitu galian sedalam 8 meter.
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "3th excavation".
- Klik kanan pada lapisan galian ketiga lalu pilih *deactive.*



Gambar 5. 40 Fase Keempat Potongan A

e. Fase 5: Galian keempat sedalam -9,6 meter menyisakan embankment.

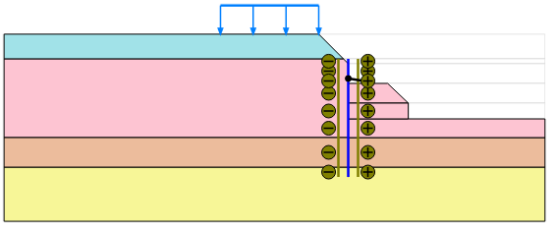
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase kelima yaitu galian sedalam 9,6 meter.
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "4th excavation".
- Klik kanan pada lapisan galian keempat lalu pilih *deactive.*



Gambar 5. 41 Fase Kelima Potongan A

f. Fase 6: Instalasi *strut*.

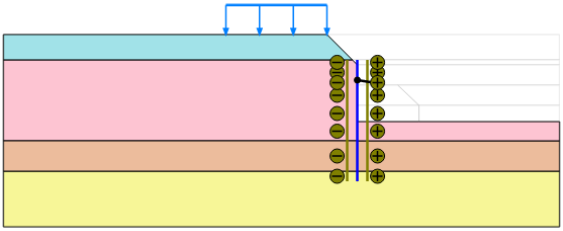
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase keenam yaitu instalasi *strut* baja pada kedalaman -5,5 meter
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "instalation strut".
- Klik kanan pada gambar *strut* dan aktifkan. Kondisi *strut* aktif ditandai dengan warna hitam.



Gambar 5. 42 Fase Keenam Potongan A

g. Fase 7: Galian embankment.

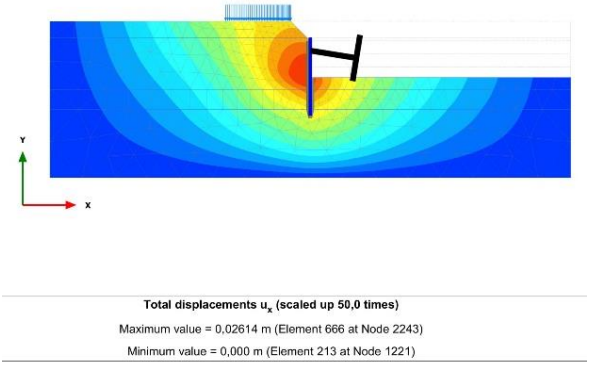
- Pilih *Add phase* untuk membuat fase ketujuh yaitu galian embankment sedalam 9,6 meter.
- Ganti ID pada *general* menjadi nama fase yaitu "embankment".
- Klik kanan pada lapisan galian embankment lalu pilih *deactive*.



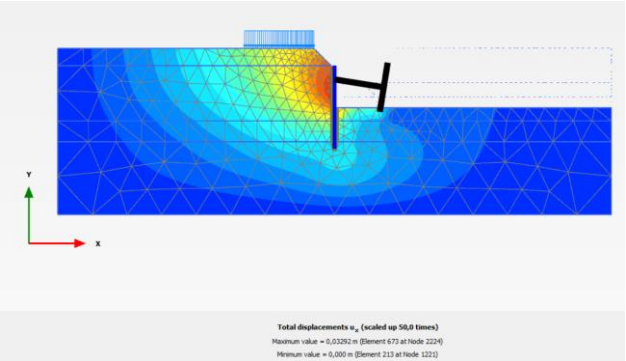
Gambar 5. 43 Fase Ketujuh Potongan A

5.7.2 Hasil pemodelan PLAXIS

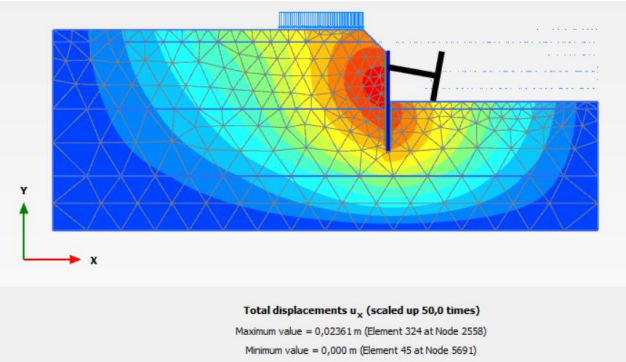
Setelah dilakukan pemodelan tanah pada Plaxis maka didapatkan hasil yang berupa deformasi tanah yang terjadi, defleksi maksimum dari *sheet pile*, momen dari *sheet pile*, dan gaya geser dari *sheet pile*. Deformasi tanah yang terjadi berdasarkan pemodelan yaitu sebagai berikut:



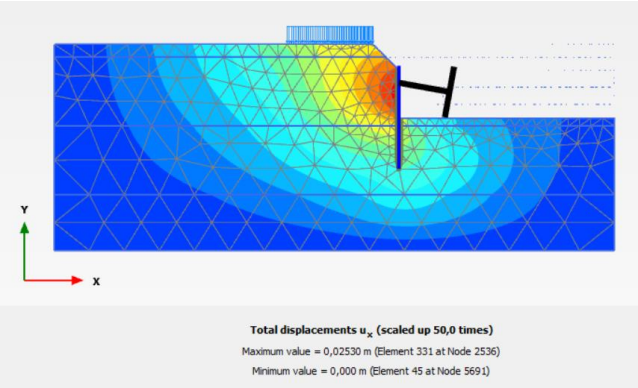
Gambar 5. 44 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan A Undrained



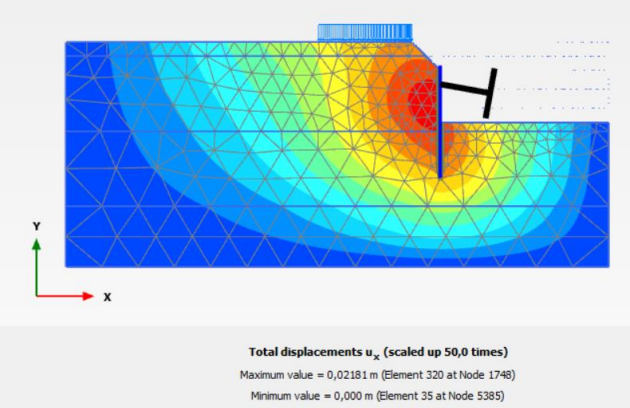
Gambar 5. 45 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan A Drained



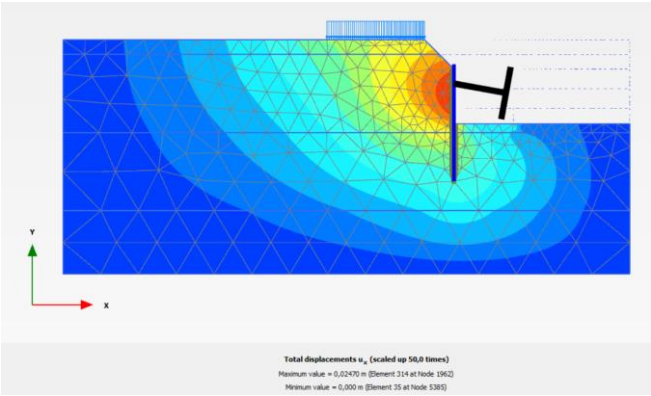
Gambar 5. 46 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan B Undrained



Gambar 5. 47 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan B Drained



Gambar 5. 48 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan C Undrained



Gambar 5. 49 Deformasi Maksimum Pemodelan Potongan C Drained

Berikut merupakan rekapitulasi hasil deformasi maksimum yang terjadi berdasarkan pemodelan.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Deformasi Maksimum

Deformasi maksimum (m)	Undrained			Drained		
	Pot A	Pot B	Pot C	Pot A	Pot B	Pot C
	0,0261	0,0236	0,0218	0,0329	0,0253	0,0247

Berikut merupakan rekapitulasi defleksi dinding, momen maksimum dan gaya geser yang terjadi berdasarkan pemodelan.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Defleksi Dinding, Momen dan Gaya Geser Pemodelan *Undrained*

	Defleksi Maksimum *Sheet Pile* (m)	Momen Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)	SF
Potongan A	0,0263	32,74	26,05	2,022
Potongan B	0,0237	26,08	28,84	1,519
Potongan C	0,0219	27,90	33,19	1,522

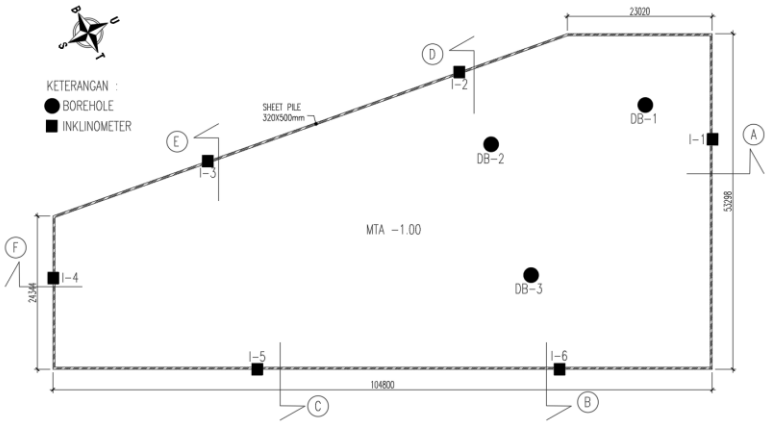
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Defleksi Dinding, Momen dan Gaya Geser Pemodelan *Drained*

	Defleksi Maksimum *Sheet Pile* (m)	Momen Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)	SF
Potongan A	0,0342	79,19	60,55	1,692
Potongan B	0,0262	72,58	77,52	1,516
Potongan C	0,0255	73,28	77,67	1,507

5.7.3 Kontrol Deformasi Lateral

Persyaratan teknis deformasi izin dinding penahan tanah *sheet pile* mengikuti pesyaratan SNI 8460:2017 Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik Pasal 11.5. Salah satu metode dalam mendapatkan nilai deformasi yaitu menggunakan *software* Plaxis. Batasan deformasi lateral izin dinding penahan tanah ditentukan oleh kondisi tanah, kedalaman galian, serta jarak dan kondisi gedung terdekat yang besarnya ditentukan sesuai pada tabel 2.4 pada bab 2.5.3. Gedung KCU BCA termasuk dalam Zona 1, yaitu perbandingan jarak dari batas galian ke bangunan terdekat dengan kedalaman galian kurang dari 1. Batas izin deformasi untuk Zona 1 yaitu maksimum 0,5%. Berikut merupakan contoh perhitungan kontrol deformasi lateral dinding berdasarkan hasil pemodelan potongan A dengan kondisi *undrained*:

δ_w = 0,026 m
kedalaman galian (He) = 8,6 m
δ_w/He = 0,026/8,6 x 100%
= 0,31 % < 0,5%
(memenuhi syarat)



Gambar 5. 50 Layout Potongan Tambahan (DEF)

Rekapitulasi hasil deformasi lateral berdasarkan pemodelan pada Plaxis dicantumkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Kontrol Deformasi (*Undrained*)

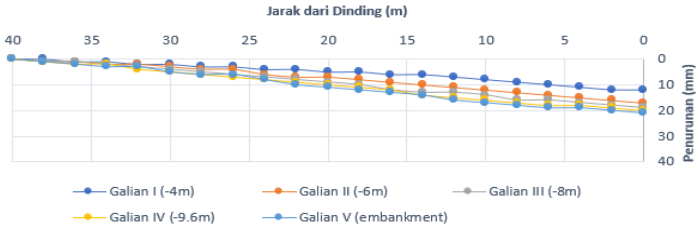
Pemodelan *Undrained*	Defleksi Dinding Maksimum (m)	δ_w/He (%)	Batas izin (%)	Keterangan
Potongan A	0,0263	0,306	0,5	Memenuhi
Potongan B	0,0237	0,276	0,5	Memenuhi
Potongan C	0,0219	0,255	0,5	Memenuhi
Potongan D	0,0220	0,255	0,5	Memenuhi
Potongan E	0,0196	0,228	0,5	Memenuhi
Potongan F	0,0241	0,280	0,5	Memenuhi

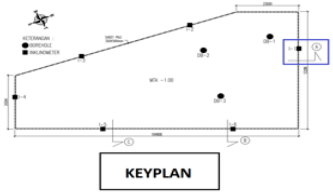
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Kontrol Deformasi *(Drained)*

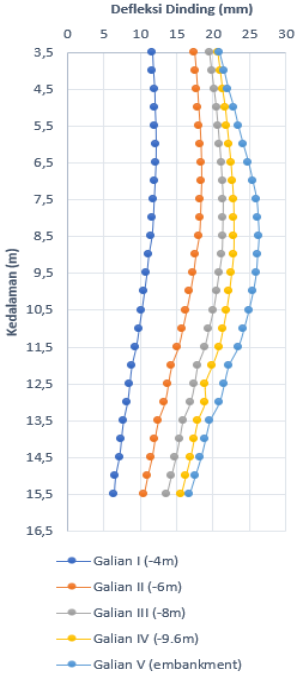
Pemodelan *Drained*	Defleksi Dinding Maksimum (m)	δ_w/He (%)	Batas izin (%)	Keterangan
Potongan A	0,0342	0,398	0,5	Memenuhi
Potongan B	0,0262	0,305	0,5	Memenuhi
Potongan C	0,0255	0,297	0,5	Memenuhi
Potongan D	0,0232	0,270	0,5	Memenuhi
Potongan E	0,0224	0,261	0,5	Memenuhi
Potongan F	0,0244	0,283	0,5	Memenuhi

5.7.4 Penurunan Tanah dan Defleksi Dinding

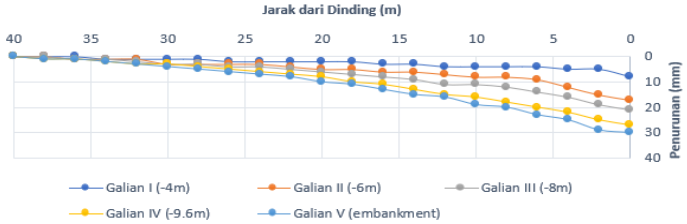
Hasil deformasi atau penurunan tanah dan defleksi dinding yang didapatkan dari pemodelan Plaxis ditampilkan pada grafik berikut ini.

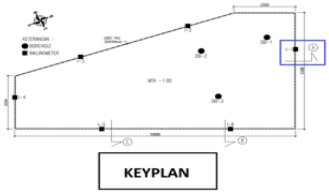


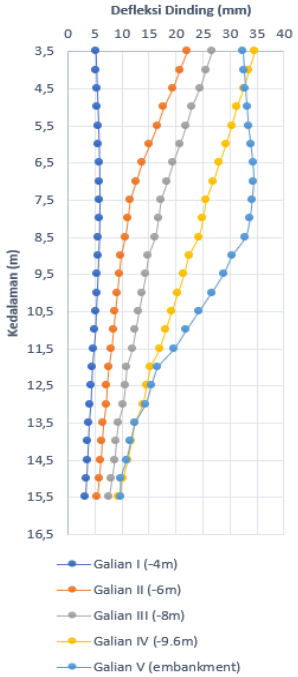




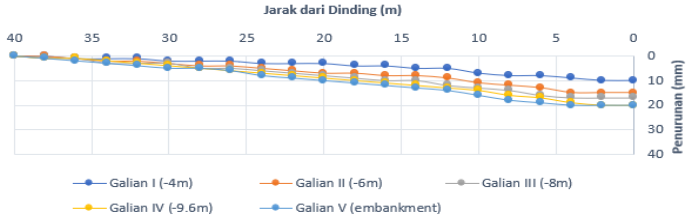
Gambar 5. 51 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan A Undrained

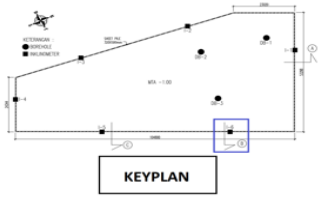


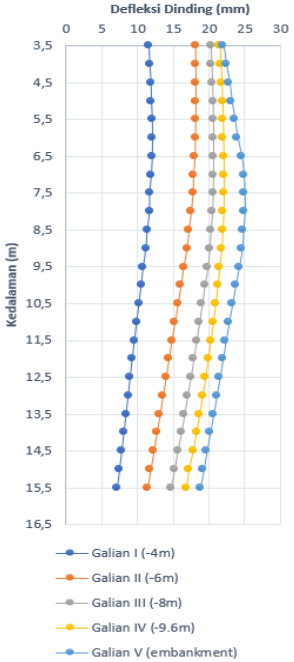




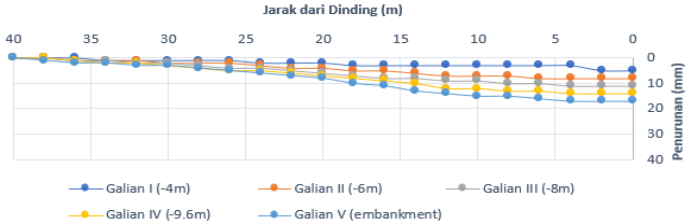
Gambar 5. 52 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan A Drained

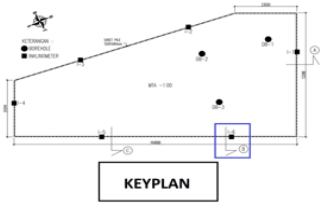


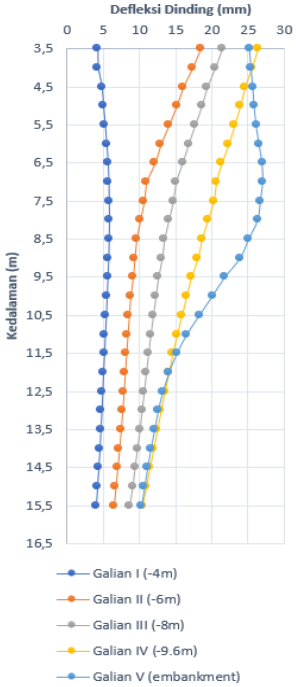




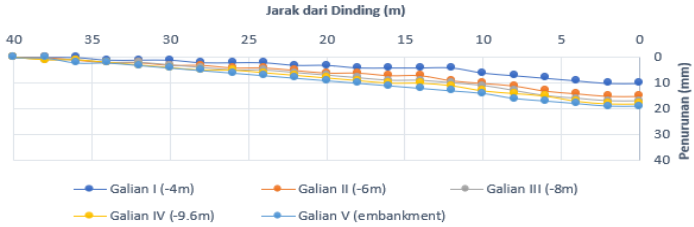
Gambar 5. 53 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan B Undrained

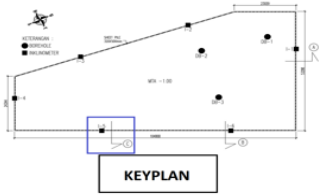


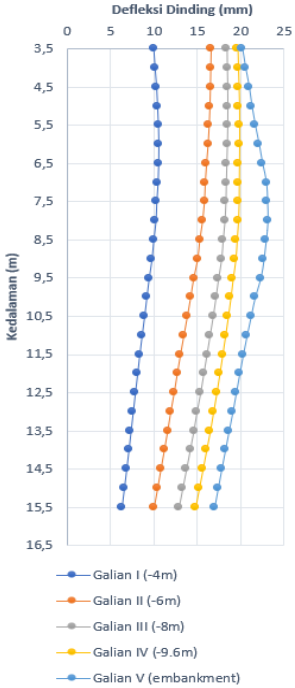




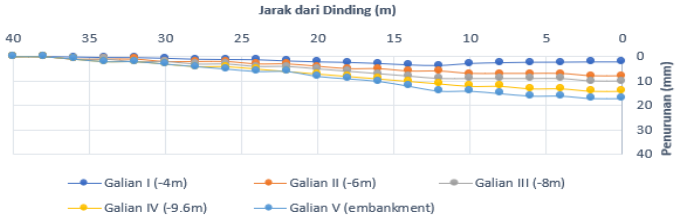
Gambar 5. 54 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan B Drained

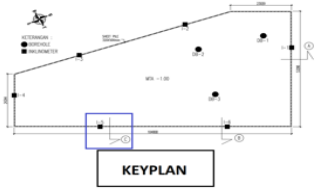


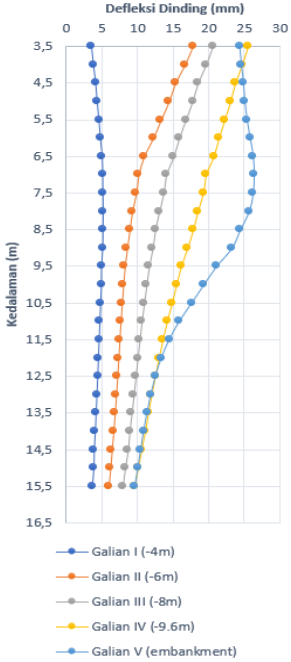




Gambar 5. 55 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan C Undrained

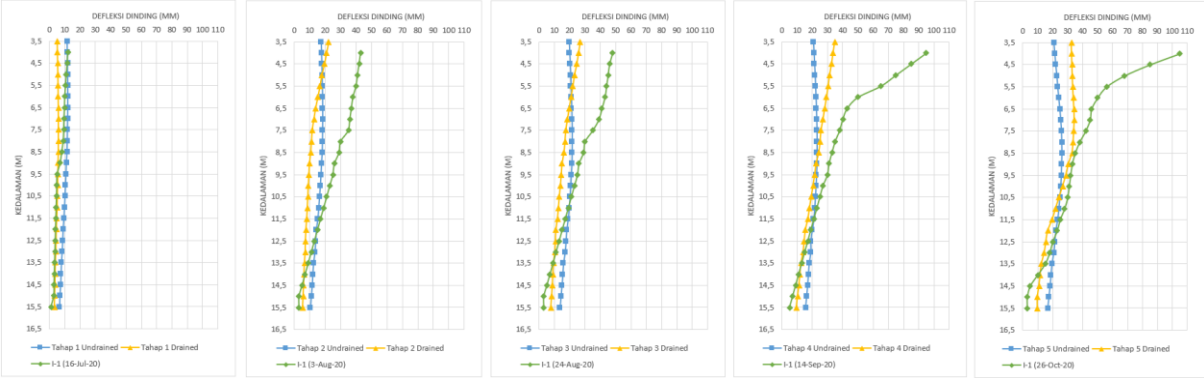




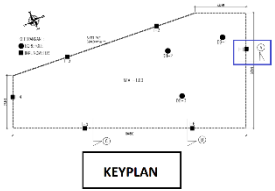


Gambar 5. 56 Analisis Deformasi dan Defleksi Dinding Potongan C Drained

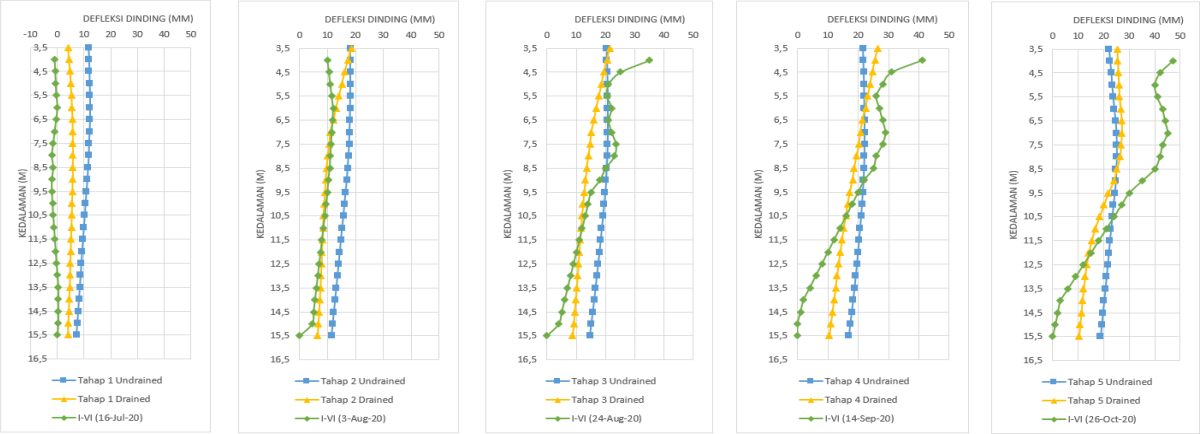
5.7.5 Perbandingan Defleksi Dinding di Lapangan dengan Hasil Pemodelan Plaxis



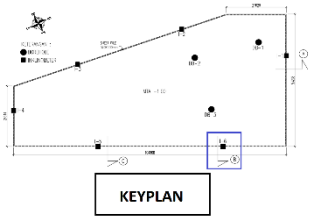
Gambar 5. 57 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan A dengan Inklinometer I-1



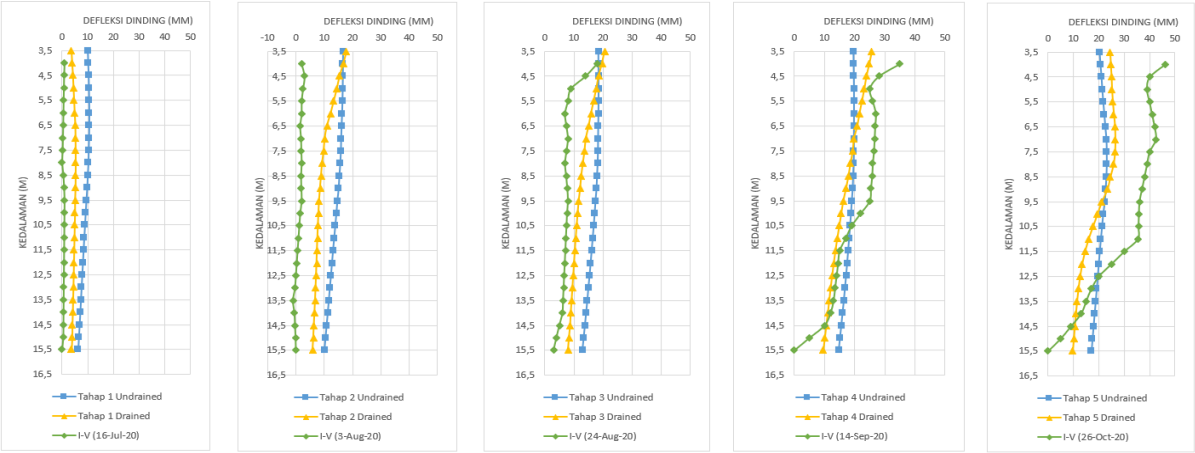
Keterangan:
Tahap 1 = Galian -4 meter
Tahap 2 = Galian -6 meter
Tahap 3 = Galian -8 meter
Tahap 4 = Galian -9,6 meter
Tahap 5 = Galian embankment



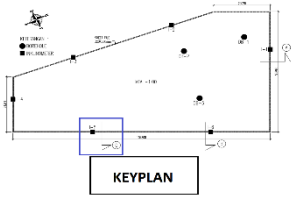
Gambar 5. 58 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan B dengan Inklinometer I-VI



Keterangan:
Tahap 1 = Galian -4 meter
Tahap 2 = Galian -6 meter
Tahap 3 = Galian -8 meter
Tahap 4 = Galian -9,6 meter
Tahap 5 = Galian embankment



Gambar 5. 59 Perbandingan Defleksi Dinding Potongan C dengan Inklinometer I-V



Keterangan:
Tahap 1 = Galian -4 meter
Tahap 2 = Galian -6 meter
Tahap 3 = Galian -8 meter
Tahap 4 = Galian -9,6 meter
Tahap 5 = Galian embankment

5.7.6 Kontrol Momen Hasil Pemodelan dengan Momen Crack

Momen yang didapatkan dari hasil pemodelan Plaxis dibandingkan dengan spesifikasi momen yang sudah ditentukan dari brosur produk yang digunakan. *Sheetpile* yang digunakan merupakan produk dari PT. WIKA Beton. Berikut merupakan rekapitulasi kontrol momen hasil pemodelan dengan momen crack.

FPC SHEET PILE CLASSIFICATION

Type	Length (L) (m)	Width (w) (mm)	Thickness (t) (mm)	Weight (Ton/m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Bending Moment Ultimate (Ton.m)
FPC-220 A 500	6 - 14	500	220	0.28	3.32	5.39
FPC-220 B 500					3.70	6.74
FPC-220 C 500					4.05	8.09
FPC-220 D 500					4.39	9.44
FPC-220 E 500					4.71	10.79
FPC-220 F 500					5.22	10.96
FPC-220 G 500					5.97	13.70
FPC-320 A 500	6 - 14	500	220	0.40	6.05	7.85
FPC-320 B 500					6.65	9.81
FPC-320 C 500					7.24	11.77
FPC-320 D 500					7.81	13.73
FPC-320 E 500					8.37	15.69
FPC-320 F 500					8.91	17.65
FPC-320 G 500					9.43	19.61
FPC-320 H 500					9.94	21.57
FPC-320 I 500					10.43	23.54
FPC-320 J 500					10.91	25.50
FPC-320 K 500					11.37	27.46
FPC-320 L 500					11.81	29.42
FPC-320 M 500					12.24	31.38
FPC-320 N 500					13.88	31.88

Gambar 5. 60 Brosur *Sheetpile*
Sumber: PT. WIKA Beton

Tabel 5. 15 Kontrol Momen Hasil Pemodelan *Undrained* dengan Momen Crack

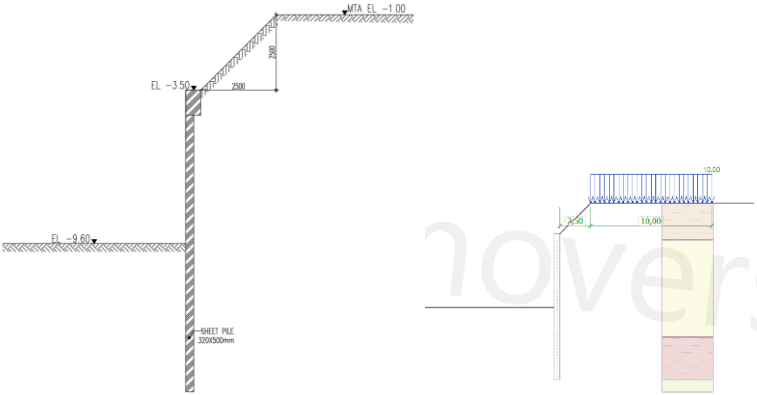
	Momen Maksimum (kNm)	Momen Crack (kNm)	Keterangan
Potongan A	32,74	94,30	Memenuhi
Potongan B	26,08	94,30	Memenuhi
Potongan C	27,90	94,30	Memenuhi

Tabel 5. 16 Kontrol Momen Hasil Pemodelan *Drained* dengan Momen Crack

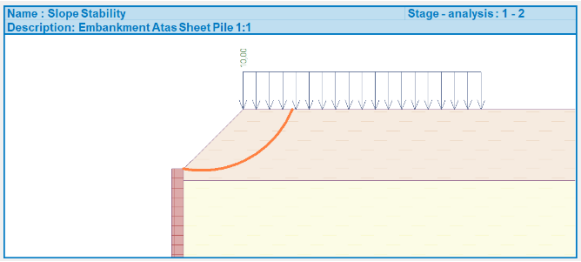
	Momen Maksimum (kNm)	Momen Crack (kNm)	Keterangan
Potongan A	79,19	94,30	Memenuhi
Potongan B	72,58	94,30	Memenuhi
Potongan C	73,28	94,30	Memenuhi

5.7.7 Kontrol Kestabilan Lereng di Atas *Sheet Pile*

Sheet pile dipasang pada elevasi -3.5 m sedangkan muka tanah asli berada di elevasi -1.00 m. Oleh karena itu, galian awal dibentuk lereng dengan perbandingan 1:1 untuk mencegah keruntuhan atau longsor pada tanah. Pengecekan kestabilan lereng dengan program bantu Geo 5.



Gambar 5. 61 Lereng Bagian Atas Sheet Pile



Slope stability verification (Bishop)
Sum of active forces : F_a = 51,64 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 101,42 kN/m
Sliding moment : M_a = 211,73 kNm/m
Resisting moment : M_p = 415,82 kNm/m
Factor of safety = 1,96 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

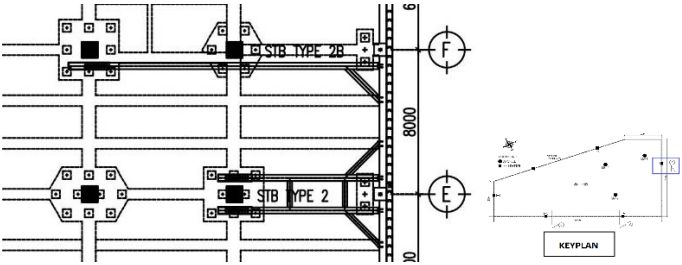
Gambar 5. 62 Hasil Kontrol Kestabilan Lereng

Hasil pemodelan lereng dengan program Geo5 menunjukkan bahwa lereng masih stabil dengan faktor keamanan 1,96.

5.8 Kontrol *Strutting*

Perhitungan kontrol *strutting* terhadap gaya aksial tekan yang terjadi berdasarkan SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural pasal E Desain Komponen Struktur untuk Tekan[16]. Potongan A dikontrol berdasarkan *strutting* tipe 2B (As F) dan Tipe 2 (As E) karena dimensi *strutting* berbeda pada As yang berdekatan. Potongan B dan C dikontrol berdasarkan *strutting* tipe 1. Berikut merupakan kontrol perhitungan *strutting.*

Potongan A (As F Tipe 2B)



Gambar 5. 63 Penampang *Strut* Potongan A (As F)

Profil *strut* = H 350 350 12 19

Tinggi (H) = 350 mm

Lebar (B) = 350 mm

Tebal badan (tw) = 12 mm

Tebal sayap (tf) = 19 mm

Lebar efektif (b) = $\frac{350}{2}$ = 175 mm

Tinggi efektif (h) = 350 - 2tf = 312 mm

Luas penampang (A) = 173,9 cm^2

Momen inersia x (Ix) = 40300 cm^4

Momen inersia y (Iy) = 13600 cm^4

Modulus elastisitas (E) = 2 x 10^5 Mpa

Tegangan leleh (fy) = 250 MPa

Tegangan putus (fu) = 410 MPa

Kontrol kapasistas profil sesuai SNI 1729:2020 pasal B sebagai berikut:

Sayap dari profil:

$\frac{b}{tf}$ < $0{,}56\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$\frac{175}{19}$ < $0{,}56\sqrt{\frac{200000}{250}}$

9,21 < 15,84 (tidak langsing)

Sehingga sayap dari profil termasuk elemen tidak langsing

Badan dari profil

$\frac{h}{tw}$ < $1{,}49\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$\frac{312}{12}$ < $1{,}49\sqrt{\frac{200000}{250}}$

26 < 42,14 (tidak langsing)

Sehingga badan dari profil termasuk elemen tidak langsing

Kontrol kelangsingan batang tekan sesuai SNI 1729:2020 pasal E2 sebagai berikut.

Panjang batang tanpa pengaku (L) = 16,15 m

r $= \sqrt{\frac{Ix}{A}}$

$= \sqrt{\frac{40300}{173{,}9}}$

= 15,22 cm

$\frac{KL}{r}$ ≤ 200

$\frac{1x16,15}{15,22} \leq 200$

106,09 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

$r = \sqrt{\frac{Iy}{A}}$

$= \sqrt{\frac{13600}{173,9}}$

= 8,84 cm

$\frac{KL}{r} \leq 200$

$\frac{1x16,15}{8,84} \leq 200$

182,62 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

Sehingga komponen struktur memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

Perhitungan tekuk lentur pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E3 sebagai berikut:

Kuat tekan nominal (P_n) = $F_{cr}A_g$

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 106,09 sebagai berikut:

$\frac{KL}{r} \leq 4,71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$106,09 \leq 4,71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

106,09 < 133,22

Nilai $\frac{KL}{r} < 4,71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

Dimana, F_e $= \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

$= \frac{\pi^2 200000}{(106{,}09)^2}$

= 175,21 Mpa

Sehingga, F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{250}{175{,}21}}\right)250$

= 137,58 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 182,62 sebagai berikut:

$\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$182{,}62 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

$182{,}62 > 133{,}22$

Nilai $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

F_{cr} $= 0{,}877\, Fe$

Dimana, F_e $= \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

$= \frac{\pi^2 200000}{(182{,}62)^2}$

= 59,13 Mpa

Sehingga, F_{cr} = 0,877 Fe

= 0,877 x 59,13

= 51,85 MPa

Perhitungan tekuk torsi pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E4 sebagai berikut:

h_o = 350 – t_f

= 350 – 19

= 331 mm

C_w = $\frac{I_y.ho^2}{4}$

= $\frac{13600 \text{ x } 10^4 \text{ x } 331^2}{4}$

= 3,725 x 10^{12} mm^6

G = 77200 MPa

J = $2\left(\frac{1}{3}.B.tf^3\right) + \frac{1}{3}$ [(H - $2t_f$). t_w^3]

= $2\left(\frac{1}{3}.350.19^3\right) + \frac{1}{3}$ [(350 – 2.19). 12^3]

= 1780145,33 mm^4

Fe = $\left(\frac{\pi^2 ECw}{(KL)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_{x+}I_y}$

= $\left(\frac{\pi^2 200000.3{,}725.10^{12}}{(1.16{,}15)^2} + 77200.1780145{,}33\right)$
$\frac{1}{40300.10^4.13600.10^4}$

= 307,22 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 106,09 sebagai berikut:

F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{250}{307{,}22}}\right)250$

= 177,84 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 182,62 sebagai berikut:

F_{cr} $= 0{,}877\ Fe$

= 0,877 x 307,22

= 269,43 MPa

Dipilih nilai F_{cr} yang terendah diantara tekuk lentur dan tekuk torsi yaitu:

F_{cr} = 51,85 MPa

P_n $= F_{cr}A_g$

= 51,85 x 17390

= 901742,92 N

ϕPn $= 0{,}9\ P_n$

= 811568,63 N

= 811,57 kN

Sehingga kuat tekan nominal *strut* untuk potongan A Tipe 2B (As F) yaitu sebesar 811,57 kN

Kuat tekan nominal apabila stiffner diasumsikan dalam perhitungan, maka luas stiffner dalam arah aksialnya yaitu:

$Ag_{stiffner}$ = (0.5B-0.5t web) x (H-2 t flange)

= 52728 mm^2

$Ag_{total} = Ag_{profil} + Ag_{stiffner}$

= 17390 + 52728

= 70118 mm2

P_n = $F_{cr}A_g$

= 51,85 x 70118

= 3635618 N

ϕPn = 0,9 P_n

= 3272056 N

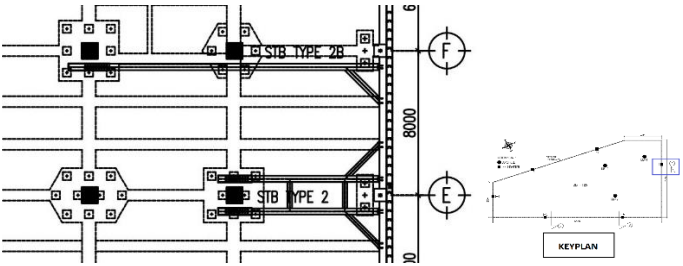
= 3272 kN

Sehingga kuat tekan nominal *strut* dengan stiffner untuk potongan A Tipe 2B (As F) yaitu sebesar 3272 kN

Catatan:

- Profil baja terdapat stiffner namun secara teori stiffener tidak pengaruh di kekauan aksial terutama (krn strut dominan aksial) apalagi stiffner setempat (berjarak/tidak menerus) sehingga tidak menyumbang kekakuan.
- Profil yg digunakan kuat menahan gaya aksial yg terjadi sehingga sudah konservatif.
- Fungsi stiffener: supaya mencegah tekuk lokal yaitu plat sayap mengalami tekuk sedangkan struktur lain masih utuh.
- Penampang profil merupakan elemen tidak langsing sehingga tidak berpotensi mengalami tekuk lokal, sehingga stiffener tidak perlu dihitung krn tidak berpengaruh besar pd kekuatan strut.

Potongan A (As E Tipe 2)



Gambar 5. 64 Penampang *Strut* Potongan A (As E)

Profil *strut* = WF 588 300 12 20

Tinggi (H) = 588 mm

Lebar (B) = 300 mm

Tebal badan (tw) = 12 mm

Tebal sayap (tf) = 19 mm

Lebar efektif (b) = $\frac{300}{2}$ = 150 mm

Tinggi efektif (h) = 588 - 2tf = 548 mm

Luas penampang (A) = 192,5 cm^2

Momen inersia x (Ix) = 118000 cm^4

Momen inersia y (Iy) = 9020 cm^4

Modulus elastisitas (E) = 2 x 10^5 Mpa

Tegangan leleh (fy) = 250 MPa

Tegangan putus (fu) = 410 MPa

Kontrol kapasistas profil sesuai SNI 1729:2020 pasal B sebagai berikut:

Sayap dari profil:

$\frac{b}{tf}$ < $0,56\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$\frac{150}{20}$ < $0,56\sqrt{\frac{200000}{250}}$

7,50 < 15,84 (tidak langsing)

Sehingga sayap dari profil termasuk elemen tidak langsing

Badan dari profil

$\frac{h}{tw}$ < $1,49\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$\frac{548}{12}$ < $1,49\sqrt{\frac{200000}{250}}$

35,67 < 42,14 (tidak langsing)

Sehingga badan dari profil termasuk elemen tidak langsing

Kontrol kelangsingan batang tekan sesuai SNI 1729:2020 pasal E2 sebagai berikut.

Panjang batang tanpa pengaku (L) = 9,4 m

r $= \sqrt{\frac{Ix}{A}}$

$= \sqrt{\frac{118000}{192,5}}$

= 24,76 cm

$\frac{KL}{r} \leq 200$

$\frac{1x9,4}{24,76}$ ≤ 200

37,97 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

r $= \sqrt{\frac{Iy}{A}}$

$= \sqrt{\frac{9020}{192,5}}$

= 6,85 cm

$\frac{KL}{r}$ ≤ 200

$\frac{1x9,4}{6,85}$ ≤ 200

137,32 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

Sehingga komponen struktur memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

Perhitungan tekuk lentur pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E3 sebagai berikut:

Kuat tekan nominal (P_n) = $F_{cr}A_g$

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 37,97 sebagai berikut:

$\frac{KL}{r} \leq 4,71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$37,97 \leq 4,71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

37,97 < 133,22

Nilai $\frac{KL}{r} < 4,71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)$fy

Dimana, F_e $= \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

$= \frac{\pi^2 200000}{(37{,}97)^2}$

= 1368 Mpa

Sehingga, F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)$fy

$= \left(0{,}658^{\frac{250}{1368}}\right)250$

= 231,59 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 137,32 sebagai berikut:

$\frac{KL}{r}$ $\leq$ $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

137,32 $\leq$ $4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

137,32 > 133,22

Nilai $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

F_{cr} $= 0{,}877\ Fe$

Dimana, F_e $= \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

$= \frac{\pi^2 200000}{(137{,}32)^2}$

= 104,57 Mpa

Sehingga, F_{cr} = 0,877 Fe

= 0,877 x 104,57

= 91,71 MPa

Perhitungan tekuk torsi pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E4 sebagai berikut:

h_o = 588 – t_f

= 588 – 20

= 568 mm

C_w = $\frac{I_y.ho^2}{4}$

= $\frac{9020 \text{ x } 10^4 \text{ x } 568^2}{4}$

= 7,275 x 10^{12} mm^6

G = 77200 MPa

J = $2\left(\frac{1}{3}.B.tf^3\right) + \frac{1}{3}$ [(H - 2t_f). t_w^3]

= $2\left(\frac{1}{3}.300.20^3\right) + \frac{1}{3}$ [(588 – 2.20). 12^3]

= 1915648 mm^4

Fe = $\left(\frac{\pi^2 ECw}{(KL)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_x + I_y}$

= $\left(\frac{\pi^2 200000.7{,}275.10^{12}}{(1.9{,}4)^2} + 77200.1915648\right)$

$\frac{1}{118000.10^4.9020.10^4}$

= 244,25 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 37,97 sebagai berikut:

F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{250}{244{,}25}}\right)250$

= 162,89 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 137,32 sebagai berikut:

F_{cr} $= 0{,}877\ Fe$

= 0,877 x 244,25

= 214,21 MPa

Dipilih nilai F_{cr} yang terendah diantara tekuk lentur dan tekuk torsi yaitu:

F_{cr} = 91,71

P_n $= F_{cr}A_g$

= 91,71 x 19250

= 1765386,15 N

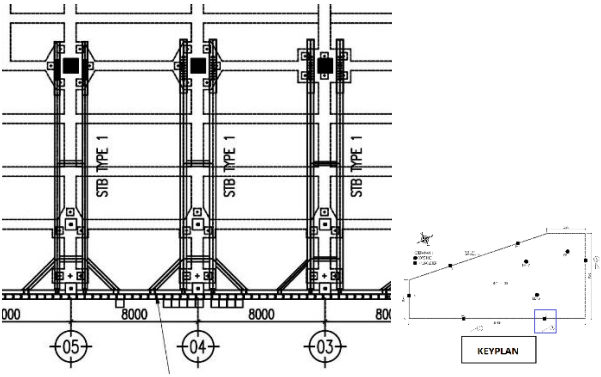
ϕPn $= 0{,}9\ P_n$

= 1765386,15 N

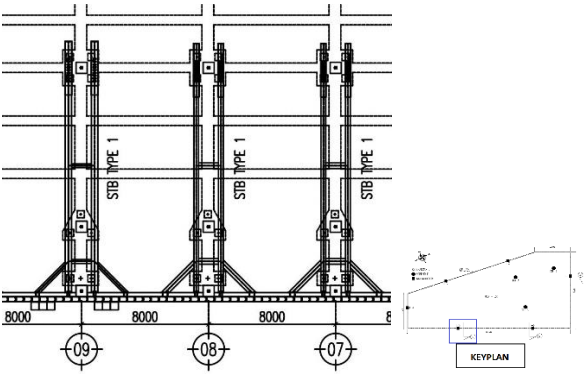
= 1588,85 kN

Sehingga kuat tekan nominal *strut* untuk potongan A Tipe 2 (As E) yaitu sebesar 1588 kN

Potongan B dan C (*Strutting* Tipe 1)



Gambar 5. 65 Penampang Strut Potongan B



Gambar 5. 66 Penampang *Strut* Potongan C

Profil *strut*	= H 400 400 13 21
Tinggi (H)	= 400 mm
Lebar (B)	= 400 mm
Tebal badan (tw)	= 13 mm
Tebal sayap (tf)	= 21 mm

Lebar efektif (b) = $\frac{400}{2}$ = 200 mm

Tinggi efektif (h) = 400 - 2tf = 358 mm

Luas penampang (A) = 218,7 cm^2

Momen inersia x (Ix) = 66600 cm^4

Momen inersia y (Iy) = 22400 cm^4

Modulus elastisitas (E) = 2 x 10^5 Mpa

Tegangan leleh (fy) = 250 MPa

Tegangan putus (fu) = 410 MPa

Kontrol kapasistas profil sesuai SNI 1729:2020 pasal B sebagai berikut:

Sayap dari profil:

$$\frac{b}{tf} < 0{,}56\sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{200}{21} < 0{,}56\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

9,52 < 15,84 (tidak langsing)

Sehingga sayap dari profil termasuk elemen tidak langsing

Badan dari profil

$$\frac{h}{tw} < 1{,}49\sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{358}{13} < 1{,}49\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

27,54 < 42,14 (tidak langsing)

Sehingga badan dari profil termasuk elemen tidak langsing

Kontrol kelangsingan batang tekan sesuai SNI 1729:2020 pasal E2 sebagai berikut.

Panjang batang tanpa pengaku (L) = 14,35 m

$$r = \sqrt{\frac{Ix}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{66600}{218,7}}$$

= 17,45 cm

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

$$\frac{1x14,35}{17,45} \leq 200$$

82,23 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

$$r = \sqrt{\frac{Iy}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{22400}{218,7}}$$

= 8,84 cm

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

$$\frac{1x14,35}{17,45} \leq 200$$

141,79 ≤ 200 (memenuhi syarat kelangsingan efektif)

Sehingga komponen struktur memenuhi persyaratan kelangsingan efektif.

Perhitungan tekuk lentur pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E3 sebagai berikut:

Kuat tekan nominal (P_n) = $F_{cr}A_g$

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 82,23 sebagai berikut:

$$\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$82{,}23 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$82{,}23 < 133{,}22$$

Nilai $\frac{KL}{r} < 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

$$F_{cr} = \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$$

Dimana, F_e $= \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

$$= \frac{\pi^2 200000}{(82{,}23)^2}$$

= 291,62 Mpa

Sehingga, F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

$$= \left(0{,}658^{\frac{250}{291{,}62}}\right)250$$

= 174,62 MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r}$ = 141,79 sebagai berikut:

$\frac{KL}{r}$ ≤ $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

141,79 ≤ $4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

141,79 > 133,22

Nilai $\frac{KL}{r}$ > $4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$ sehingga nilai F_{cr} dihitung dengan:

F_{cr} = $0{,}877\,Fe$

Dimana, F_e = $\frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2}$

= $\frac{\pi^2 200000}{(141{,}79)^2}$

= 98,08 Mpa

Sehingga, F_{cr} = $0{,}877\,Fe$

= 0,877 x 98,08

= 86,02 MPa

Perhitungan tekuk torsi pada komponen struktur tanpa elemen langsing sesuai SNI 1729:2020 pasal E4 sebagai berikut:

h_o = 400 – t_f

= 400 – 21

= 379 mm

C_w = $\frac{I_y.ho^2}{4}$

= $\frac{22400 \text{ x } 10^4 \text{ x } 379^2}{4}$

$= 8{,}04 \times 10^{12}$ mm^6

G $= 77200$ MPa

J $= 2\left(\frac{1}{3}.B.tf^3\right) + \frac{1}{3}[(H - 2t_f).\ t_w^3]$

$= 2\left(\frac{1}{3}.400.21^3\right) + \frac{1}{3}[(400 - 2.21).\ 13^3]$

$= 2731775{,}33$ mm^4

Fe $= \left(\frac{\pi^2 ECw}{(KL)^2} + GJ\right)\frac{1}{I_x + I_y}$

$= \left(\frac{\pi^2 200000.8{,}04.10^{12}}{(1.14{,}35)^2} + 77200.2731775{,}33\right)\frac{1}{66600.10^4.22400.10^4}$

$= 323{,}51$ MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r} = 82{,}23$ sebagai berikut:

F_{cr} $= \left(0{,}658^{\frac{fy}{fe}}\right)fy$

$= \left(0{,}658^{\frac{250}{323{,}51}}\right)250$

$= 180{,}91$ MPa

Nilai F_{cr} untuk $\frac{KL}{r} = 141{,}79$ sebagai berikut:

F_{cr} $= 0{,}877\ Fe$

$= 0{,}877 \times 323{,}51$

$= 283{,}72$ MPa

Dipilih nilai F_{cr} yang terendah diantara tekuk lentur dan tekuk torsi yaitu:

F_{cr} = 86,02 MPa

P_n = $F_{cr}A_g$

= 86,02 x 21870

= 1881191,91 N

ϕPn = 0,9 P_n

= 1881191,91 N

= 1693,07 kN

Sehingga kuat tekan nominal *strut* untuk potongan B dan C Tipe 1 yaitu sebesar 1693 kN.

Gaya aksial tekan pada *strut* didapatkan dari hasil pemodelan Plaxis. Gaya yang terjadi dikontrol dengan kuat tekan nominal *strut* dengan perhitungan manual. Berikut merupakan rekapitulasi kontrol kuat tekan *strut* terhadap gaya aksial tekan:

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kontrol Kuat Tekan Strut

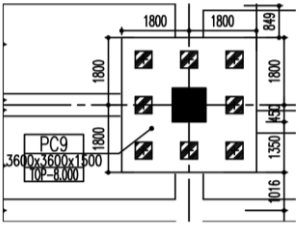
Pemodelan	Pu (kN)		φPn (kN)		Keterangan
	Undrained	Drained	Undrained	Drained	
Pot A (As F)	317,58	780,04	811,57	811,57	Memenuhi
Pot A (As E)	317,58	780,04	1588,00	1588,00	Memenuhi
Pot B	354,31	769,57	1693,00	1693,00	Memenuhi
Pot C	419,62	788,18	1693,00	1693,00	Memenuhi

5.8.1 Kontrol *Pile Group* Tiang Pancang

Tiang pancang berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah. Kelompok tiang pada permukaan tanah menerima gaya horizontal yang disebabkan oleh pemasangan *strutting.* Kontrol perhitungan mengacu pada buku Design Manual,

NAVFAC DM-7 1971. Berikut merupakan perhitungan kontrol kapasitas tiang pancang terhadap gaya lateral.

PC 9 (As 2-F), untuk mengontrol kapasitas tiang akibat *strutting* pada Potongan A.



Gambar 5. 67 Pile Cap 9 (3600x3600)

PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES **SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength fc' = 42 MPa (Cube 500 kg/cm²) *Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN*

Size (mm)	Cross Section (cm²)	Section Inertia (cm⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body M_{crack}	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

*Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position*

Gambar 5. 68 Brosur Tiang Pancang

Data Tiang = *Square Pile*

Ukuran tiang = 450 x 450 mm (Kelas A)

Kuat tekan beton, fc' = 42 MPa

Momen Inersia, I = 341719 cm^4

P_{ijin} = 270,98 ton

M_{cr} = 11,17 t.m

Kontrol terhadap gaya lateral

P_h = 317,58 kN (Gaya *strut*)

= 317,58 x cos 10

= 266 kN

= 26,6 ton

Jumlah tiang, n = 9 buah

Gaya yang diterima oleh satu tiang

P $= \frac{Ph}{n}$

$= \frac{26,6}{9}$

= 2,95 ton

= 2955 kg

qu = 2 x Cu

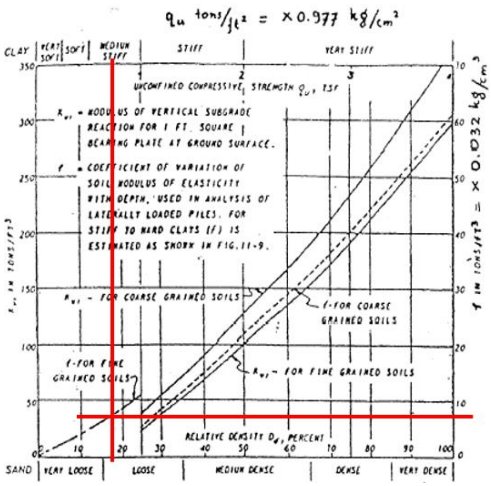
= 2 x 3,5

= 7 ton/m^2

= 0,73 ton/ft^2

f = koefisien dari modulus tanah (Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7 1971)

= 7 ton/ft^3 (grafik)



Gambar 5. 69 grafik untuk mencari harga f

Ec = $4700\sqrt{fc'}$

= $4700\sqrt{42}$

= 30459,48 MPa

= 310601,4 kg/cm^2

Menghitung faktor relatif (T) [17]

T = $\left[\frac{EI}{f}\right]^{1/5}$

= $\left[\frac{310601.341719}{7}\right]^{1/5}$

= 212,129 cm

L (Panjang tiang) = 2250 cm

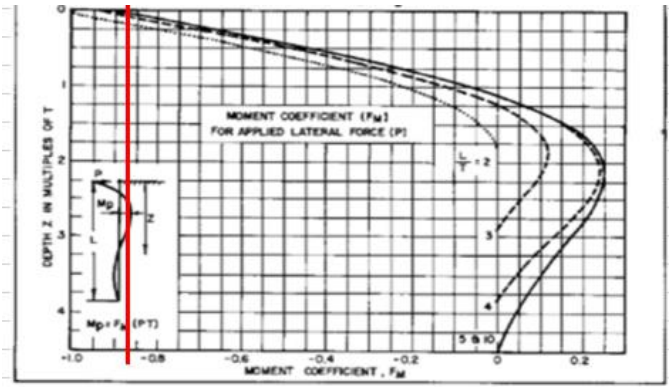
$\frac{L}{T}$ = 10,61

Perhitungan kontrol momen crack:

M_p = FM x P x T

FM = koefisien momen akibat gaya lateral P

FM = 0,87



Gambar 5. 70 Koefisien Momen Akibat Gaya Lateral P[17]

M_p = FM x P x T

= 0,87 x 2,955 x 2,12

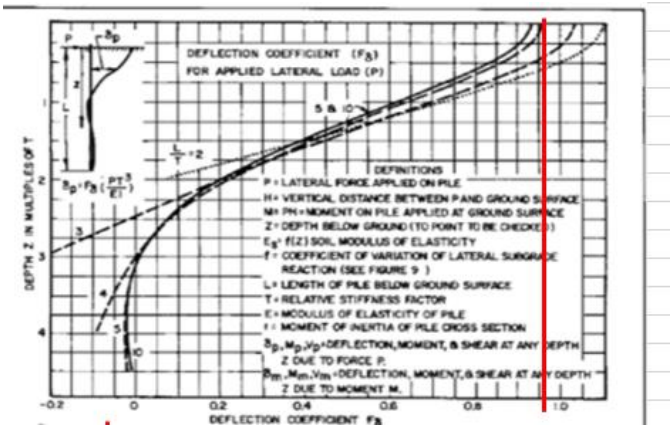
= 5,45 ton.m < 11,17 ton.m (memenuhi)

Sehingga kapasitas tiang akibat beban horizontal *strutting* terhadap kapasitas M_{crack} tiang memenuhi syarat.

Perhitungan kontrol defleksi tiang akibat gaya horizontal:

$\delta p = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI}\right)$

F_δ = Koefisien defleksi akibat gaya lateral P



Gambar 5. 71 Koefisien Defleksi Akibat Gaya Lateral P[17]

$$\delta p = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI}\right)$$

$$= 0{,}94 \left(\frac{2955.212{,}12^3}{31061.341719}\right)$$

$$= 0{,}249 \text{ cm} \qquad < 2{,}5 \text{ cm (memenuhi)}$$

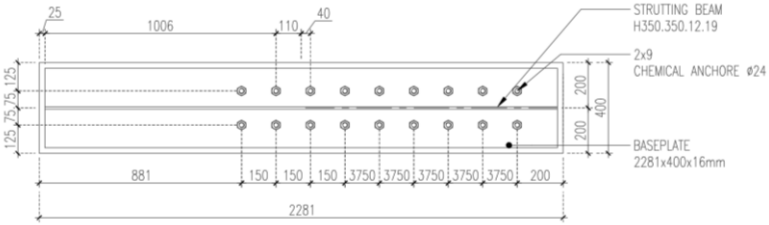
Sehingga kontrol defleksi tiang terhadap gaya lateral memenuhi syarat.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi kontrol *pile group* akibat gaya horizontal *strut*.

	Momen Pile (ton.m)	Mcrack (ton.m)	Defleksi tiang (cm)	Defleksi max (cm)	Keterangan
pot A	5,45	11,17	0,25	2,5	Memenuhi
pot B	9,03	11,17	0,41	2,5	Memenuhi
pot C	9,03	11,17	0,41	2,5	Memenuhi

5.8.2 Perhitungan *Baseplate*

Baseplate adalah bagian dari struktur baja yang berfungsi untuk menyambungkan *strutting* baja dengan pondasi / *pilecap*. Gaya – gaya yang terjadi pada *baseplate* yaitu gaya tekan, gaya tarik akibat momen dan gaya geser. Perencanaan *baseplate* perlu dihitung untuk menghindari kegagalan konstruksi sesuai SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural pasal J Desain Sambungan[16]. Berikut merupakan perhitungan *baseplate*.



Gambar 5. 72 Baseplate pada Pilecap As 2-F (Potongan A)

A. Data Perencanaan:

- Beban *Strutting*:
  Gaya aksial akibat beban terfaktor, Pu = 2612 N
  Momen akibat beban terfaktor, Mu = 49770000 N
  Gaya geser akibat beban terfaktor, Vu = 16570 N
- Plat Tumpuan *(Baseplate)*
  Tegangan leleh baja, fy = 250 MPa
  Tegangan tarik putus plat, fu = 410 Mpa
  Lebar plat tumpuan, B = 400 mm
  Panjang plat tumpuan, L = 2281 mm
  Tebal plat tumpuan, t = 16 mm
- Data *Pile Cap* Beton
  Kuat tekan beton, f_c' = 30 Mpa
  Lebar penampang, I = 3600 mm

Panjang penampang, J = 3600 mm

- Dimensi *Strutting*

Profil Baja: H 350 350 12 19
Tinggi total, h_t = 350 mm
Lebar sayap, b_f = 350 mm
Tebal badan, t_w = 12 mm
Tebal sayap, t_f = 19 mm

- Angkur baut

Jenis angkur baut: chemical anchor
Tegangan tarik putus angkur baut, f_u = 620 Mpa
Tegangan leleh angkur baut, f_y = 372 Mpa
Diameter angkur baut, d = 24 mm
Jumlah angkur baut sisi tarik, n_t = 9 buah
Jumlah angkur baut sisi tekan, n_c = 9 buah
Jarak baut terhadap pusat kolom, f = 75 mm
Panjang angkur tertanam, L_a = 480 mm

B. Kontrol *Baseplate* Terhadap Kuat Tumpu Beton

- Tegangan beton maksimum

Fp_{max} = Ø0,85 F_c'
= 0,65 x 0,85 x 30
Fp_{max} = 16,575 MPa

- Tegangan maksimum

q_{max} = Fp_{max} x J
= 16,575 x 3600
= 59670 N/mm

- Eksentrisitas Kritis

e_{kritis} $= \frac{J}{2} - \frac{Pu}{2qmax}$
$= \frac{3600}{2} - \frac{2612}{2.59670}$
= 1799,97 mm

- Eksentrisitas beban

e $= \frac{Mu}{Pu}$

$= \frac{49770000}{2612}$

= 19054 mm > 1799,97 mm

Eksentrisitas beban lebih besar daripada eksentrisitas kritis sehingga diperlukan baut angkur untuk menahan gaya geser.

C. Kontrol Tebal Pelat Landasan

- Apabila perlu angkur maka,

Y $= (\frac{J}{2} + f) - \sqrt{(\frac{J}{2} + f)^2 - 2Pu\frac{(e+f)}{qmax}}$

$= (\frac{3600}{2} + 75) - \sqrt{(\frac{3600}{2} + 75)^2 - 2.2612\frac{(19054+75)}{59670}}$

= 0,447 mm

- Tegangan pada angkur

T_u $= q_{max}$ (Y – P_u)

= 59670 (0,447 – 2612)

= 24039,65 N

- Jumlah angkur yang dipasang

n $= n_t + n_c$

= 9 + 9

= 18 buah

- Menentukan dimensi

M $= \frac{J-0,95Ht}{2}$

$= \frac{3600-0,95.350}{2}$

= 1633,75 mm

N $= \frac{I-0,8bf}{2}$

$= \frac{3600-0,8.350}{2}$

= 1660 mm

- Kapasitas pelat landas

Ø0,85 F_c' LB = Ø0,85 x 30 x 2281 x 400

= 15123030 N

- Tegangan yang terjadi

F_p $= \frac{Pu}{I.Y}$

$= \frac{2612}{3600.0,447}$

= 1,62 MPa

- Tebal perlu akibat desak

Jika M < Y, maka:

T $= 2.11 \sqrt{Fp.Y \frac{(M-\frac{Y}{2})}{Fy}}$

T $= 2.11 \sqrt{1,62.0,447 \frac{(1633,75-\frac{0,477}{2})}{372}}$

= 4,59 mm

Atau jika M < Y, maka:

T $= 1,5 \sqrt{\frac{Fp}{Fy}}$

$= 1,5 \sqrt{\frac{1,62}{250}}$

= 0,17 mm

- Tebal akibat tarik

T $= 1,5 \sqrt{\frac{Tu}{n.fy}}$

$= 1,5 \sqrt{\frac{24039}{18.250}}$

= 3,46 mm

Maka dipilih nilai T yang paling besar diantara tebal perlu akibat desak dan tebal perlu akibat tarik yaitu sebesar 4,59 mm.

T_{butuh} < $T_{rencana}$

5 mm < 16 mm (memenuhi syarat)
Sehingga perencanaan tebal pelat landas sudah memenuhi syarat aman.

D. Gaya Tarik pada Angkur Baut

- Gaya Tarik pada angkur baut

  $T_{u1} = \frac{Tu}{nt}$

  $= \frac{24039}{9}$

  = 2671 N
- Tegangan tarik putus angkur baut

  f_u^b = 620 MPa
- Luas penampang angkur baut

  $A_b = \frac{\pi}{4d^2}$

  $= \frac{3,14}{4.24^2}$

  = 452 mm^2
- Faktor reduksi kekuatan tarik

  f_t = 0,9
- Tahanan tarik nominal angkur baut

  T_n = 0,75 x Ab x f_u^b

  = 0,75 x 452 x 620

  = 210361 N
- Tahanan tarik angkur baut

  T = f_t x T_n

  = 189325 N
- Syarat yang harus dipenuhi

  T_{u1} < T

  2671 < 189325 (memenuhi syarat)

  Sehingga gaya tarik yang terjadi pada angkur baut memenuhi syarat.

E. Gaya Geser pada Angkur Baut

- Gaya geser pada angkur baut

  V_{u1} $= \frac{Vu}{n}$

  $= \frac{16570}{18}$

  = 921 N

- Tegangan tarik putus baut

  f_u^b = 620 MPa

- Jumlah penampang geser

  m = 1

- Faktor pengaruh ulir pada bidang geser

  r_1 = 0,4

- Luas penampang angkur baut

  A_b $= \frac{\pi}{4d^2}$

  $= \frac{3,14}{4.24^2}$

  = 452 mm^2

- Faktor reduksi kekuatan geser

  f_f = 0,75

- Tahanan geser nominal

  V_n = r_1 x m x Ab x f_u^b

  = 0,4 x 1 x 452 x 620

  = 112193 N

- Tahanan geser angkur baut

  V = f_f x V_n

  = 0,75 x 112193

  = 84144 N

- Syarat yang harus dipenuhi

  V_{u1} < V

  921 < 84144 (memenuhi syarat)

  Sehingga gaya geser yang terjadi pada angkur baut memenuhi syarat.

F. GAYA TUMPU PADA ANGKUR BAUT

- Gaya tumpu pada angkur baut
  R_{u1} = V_{u1} = 921 N
- Tegangan tarik putus plat
  f_u^p = 410 MPa
- Tahanan tumpu nominal
  R_n = 2,4 x d x t x f_u^p
  = 2,4 x 24 x 16 x 410
  = 377856 N
- Tahanan tumpu
  R = f_f x R_n
  = 0,75 x 377856
  = 283392 N
- Syarat yang harus dipenuhi
  R_{u1} < R
  921 < 283392 (memenuhi syarat)
  Sehingga gaya tumpu yang terjadi pada angkur baut memenuhi syarat.

G. Kombinasi Geser dan Tarik

- Konstanta tegangan untuk baut mutu tinggi,
  f_1 = 807 MPa
  f_2 = 621 MPa
  r_2 = 1,9
- Tegangan geser akibat beban terfaktor
  f_{uv} = $\frac{Vu}{n.Ab}$
  = $\frac{16570}{18.452}$
  = 2,03 MPa
- Kuat geser angkur baut
  f_f x r_1 x m x f_u^b = 0,75 x 0,4 x 1 x 620
  = 186 MPa

- Syarat yang harus dipenuhi
  f_{uv} < f_f x r_1 x m x f_u^b
  2,03 < 186 MPa (memenuhi syarat)
- Gaya tarik akibat beban terfaktor
  T_{u1} = 2671 N
- Tahanan tarik angkur baut
  f_f x T_n = f_f x f_1 x A_b
  f_f x T_n = 0,75 x 807 x 452
  = 273809 N
- Syarat yang harus dipenuhi:
  T_{u1} < f_f x f_1 x A_b
  2671 < 273809 (memenuhi syarat)
- Kuat tarik angkur baut
  f_t = 0,75 x f_u^b
  = 0,75 x 620
  = 465 MPa
  $f_1 - r_2$ x f_{uv} = 807 – 1,9 x 2,03
  = 803,13 MPa
- Syarat yang harus dipenuhi
  f_t < $f_1 - r_2$ x f_{uv}
  465 < 803,13 MPa (memenuhi syarat)
  f_t < f_2
  465 < 621 MPa (memenuhi syarat)
  Sehingga kontrol baut terhadap kombinasi geser dan tarik memenuhi syarat.

H. Kontrol Panjang Angkur Baut

- Panjang angkur tanam minimum yang diperlukan
  L_{min} $= \frac{fy}{4\sqrt{fc'}.d}$
  $= \frac{372}{4.30.24}$
  = 408 mm
- Syarat yang harus dipenuhi

L_{min} < L_a
408 < 480 mm
Sehingga angkur baut memenuhi syarat minimum panjang angkur.

5.9 Rekapitulasi Hasil Analisis

Berikut merupakan rangkuman rekapitulasi hasil analisis yang telah dilakukan.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Analisis

Stabilitas *Sheet Pile*		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	*Push-in failure*	SF = 2,46
Potongan B	*Push-in failure*	SF = 2,46
Stabilitas Dasar Galian		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	*Basal heave* metode *bearing capacity*	SF = 3,21
	Basal heave metode *negative bearing capacity*	SF = 3,03
	Basal heave metode *slip circle*	SF = 2,72
Potongan B	*Basal heave* metode *bearing capacity*	SF = 3,34
	Basal heave metode *negative bearing capacity*	SF = 3,08
	Basal heave metode *slip circle*	SF = 2,12
Hasil Desain Analisis Ulang		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	Panjang dinding	12 m
	Ukuran dinding	32 x 50 cm
Potongan B	Panjang dinding	12 m
	Ukuran dinding	32 x 50 cm

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan)

Pembacaan Defleksi Dinding Berdasarkan Inklinometer Dengan Hasil Pemodelan		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	*Undrained*	26,34 mm
	Drained	34,20 mm
Inklinometer	I-1	105,00 mm
Potongan B	*Undrained*	23,70 mm
	Drained	26,20 mm
Inklinometer	I-V	47,00 mm
Potongan C	*Undrained*	21,90 mm
	Drained	25,50 mm
Inklinometer	I-VI	45,00 mm
Potongan D	*Undrained*	22,00 mm
	Drained	23,30 mm
Inklinometer	I-II	36,00 mm
Potongan E	*Undrained*	19,60 mm
	Drained	22,40 mm
Inklinometer	I-III	12,00 mm
Potongan F	*Undrained*	24,10 mm
	Drained	24,40 mm
Inklinometer	I-IV	26,00 mm

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Hasil Analisis (Lanjutan)

Analisis Kekuatan Strut		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	*Undrained*	317,58 kN
	Drained	793,95 kN
	Strut Load (diagram Peck)	1360 kN
	Kuat tekan nominal	1588 kN
Potongan B	*Undrained*	354,31 kN
	Drained	769,57 kN
	Strut Load (diagram Peck)	1300 kN
	Kuat tekan nominal	1693 kN
Potongan C	*Undrained*	419,62 kN
	Drained	788,18 kN
	Strut Load (diagram Peck)	1300 kN
	Kuat tekan nominal	1693 kN
Pile Group		
	Uraian	Keterangan
Potongan A	Momen tiang	5,45 ton.m
	Defleksi tiang	0,25 cm
Potongan B	Momen tiang	9,03 ton.m
	Defleksi tiang	0,41 cm
Potongan C	Momen tiang	9,03 ton.m
	Defleksi tiang	0,41 cm

5.10 Pembahasan

Hasil *monitoring* inklinometer titik I-1 deformasi maksimum sebesar 105 mm melebihi batas deformasi yang disyaratkan. Oleh karena itu, analisis evaluasi dinding penahan tanah dilakukan untuk mengetahui performa dinding apakah masih memenuhi syarat menurut hasil perhitungan manual dan

pemodelan Plaxis. Perhitungan manual yang telah dilakukan yaitu analisis dinding penahan tanah dengan *push-in failure*, analisis stabilitas dasar galian dengan *basal heave*, analisis deformasi metode Clough O'Rourke, penentuan ulang kedalaman dinding penahan tanah dan kontrol kekuatan *strutting*. Selain itu, pemodelan menggunakan Plaxis dilakukan untuk membandingkan hasil defleksi dinding hasil pemodelan dengan hasil inklinometer.

Hasil analisis *push-in failure* dan *basal heave* telah memenuhi persyaratan yang berlaku sesuai SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik dan kontrol kekuatan *strutting* telah memenuhi persyaratan yang berlaku sesuai SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Untuk analisis deformasi metode Clough O'Rourke didapatkan hasil yang cenderung sama dengan deformasi hasil pemodelan Plaxis. Namun, hasil deformasi lateral dari pemodelan tersebut berbeda dengan hasil *monitoring* inklinometer. Hasil deformasi lateral dinding berdasarkan pemodelan dibandingkan dengan inklinometer sesuai dengan tahapan galian dan tanggal *monitoring* seperti pada grafik Sub Bab 5.7.5.

Perbandingan deformasi lateral dinding potongan A dengan inklinometer titik I-1 menghasilkan perbandingan yang cukup berbeda. Pada galian tahap 1 sedalam -4 meter hingga tahap 3 sedalam -8 meter, perbandingan deformasi lateral menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Namun, mulai galian tahap 4 sedalam -9,6 meter dengan hasil deformasi lateral maksimum 35 mm yang dibandingkan dengan inklinometer I-1 tanggal 14 September 2020 dengan hasil deformasi lateral maksimum 95 mm, perbandingan deformasi lateral menunjukkan hasil yang sangat berbeda. Begitu pula untuk galian tahap 5 atau galian embankment dengan deformasi lateral maksimum 34 mm yang dibandingkan dengan I-1 tanggal 26 Oktober 2020 dengan hasil deformasi lateral maksimum 105 mm juga menunjukkan hasil perbandingan yang sangat jauh.

Perbandingan deformasi lateral potongan B dengan inklinometer titik I-VI menghasilkan perbandingan yang cenderung sama. Pada tahap galian 1 sedalam -4 meter hingga galian 4 sedalam -9,6 meter menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Untuk galian embankment dengan hasil deformasi lateral maksimum 27 mm yang dibandingkan dengan inklinometer I-VI tanggal 26 Oktober 2020 dengan hasil deformasi lateral maksimum 47 mm menunjukkan hasil yang berbeda namun tidak terlalu jauh seperti pada potongan A.

Seperti pada potongan B, perbandingan deformasi lateral potongan C dengan inklinometer titik I-V menghasilkan perbandingan yang cenderung sama. Pada tahap galian 1 sedalam -4 meter hingga galian 4 sedalam -9,6 meter menunjukkan hasil yang cenderung sama. Untuk galian embankment dengan hasil deformasi lateral maksimum 26 mm yang dibandingkan dengan inklinometer I-V tanggal 26 Oktober 2020 dengan hasil deformasi lateral maksimum 45 mm menunjukkan hasil yang berbeda namun tidak terlalu jauh.

Evaluasi performa *sheet pile* yang sudah dilakukan menurut perhitungan dan pemodelan Plaxis menunjukkan bahwa *sheet pile* sudah memenuhi kriteria desain yang disyaratkan. Namun, hasil dari *monitoring* inklinometer titik I-1 menunjukkan hasil deformasi yang berbeda jauh dengan pemodelan dan tidak memenuhi persyaratan. *Monitoring* inklinometer tanggal 26 Oktober 2020 dimana tahap galian *embankment* dilakukan kemungkinan menghasilkan pembacaan yang kurang valid. *Sheet pile* dengan tulangan prategang tidak akan menekuk seperti pada pembacaan I-1 pada galian -5,5 meter. Hasil pembacaan inklinometer yang berbeda jauh dengan pemodelan dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan diantaranya yaitu:

1. Jarak waktu pemasangan *strutting* dengan penggalian *embankment* cukup dekat. Ketika *strutting* belum menahan

tekanan tanah secara maksimal, *embankment* sudah digali sehingga terjadi pergerakan tanah yang cukup besar.

2. Kekakuan *strutting* yang digunakan di lapangan tidak sesuai dengan perencanaan.
3. Pemasangan profil dan posisi *strut* yang tidak sesuai dengan perencanaan.
4. Sambungan *baseplate* dan *endplate* yang tidak sesuai dengan perencanaan.

BAB VI
KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab V maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis stabilitas dinding penahan tanah *sheet pile* dengan *push-in failure* pada Gedung KCU BCA Surabaya memenuhi syarat dengan faktor keamaan sebesar 2,46. Faktor kestabilan minimum analisis stabilitas yaitu minimal 1,5.
2. Analisis stabilitas dasar galian dengan *basal heave* menggunakan beberapa metode *bearing capacity, negative bearing capacity* dan *slip circle* memenuhi syarat dengan faktor keamaan 2,72 – 3,21 untuk potongan memanjang dan faktor keamanan 2,12 – 3,11 untuk potongan melintang. Faktor kestabilan minimum analisis stabilitas yaitu minimal 1,5.
3. Pemodelan pada Plaxis 2D dilakukan dengan dua kondisi yaitu *Undrained* dan *Drained* untuk mengetahui hasil yang paling kritis. Dengan pemodelan *Undrained*, potongan A didapatkan deformasi lateral dinding sebesar 26,3 mm, potongan B didapatkan deformasi lateral dinding sebesar 2,37 cm dan potongan C sebesar 2,19 cm. Dengan pemodelan *Drained*, potongan A didapatkan deformasi lateral dinding sebesar 3,42 cm, potongan B didapatkan deformasi lateral dinding sebesar 2,62 cm dan potongan C sebesar 2,55 cm. Dari kedua pemodelan tersebut, hasil deformasi lateral dinding yang paling kritis yaitu dari pemodelan *Drained*. Perbandingan deformasi lateral *sheet pile* berdasarkan pemodelan Plaxis dengan inklinometer

yaitu, untuk potongan A deformasi sebesar 34,2 mm dengan inklinometer I-1 deformasi sebesar 105 mm. Untuk potongan B deformasi sebesar 26,2 mm dengan inklinometer I-VI deformasi sebesar 47 mm. Untuk potongan C deformasi sebesar 25,5 mm dengan inklinometer I-V deformasi sebesar 45 mm.

4. Desain *sheet pile* dilapangan dengan desain dinding pemodelan menghasilkan perbandingan yang sama yaitu dipilih dinding penahan tanah jenis *flat concrete sheet pile* sepanjang 12 meter dengan ukuran 320 x 500 mm. Mengacu SNI 8460:2017, bahwa dinding telah memenuhi syarat berdasarkan perhitungan analisis stabilitas dan pemodelan Plaxis sehingga tidak memerlukan perencanaan ulang dinding penahan tanah.
5. Kekuatan *strutting* untuk potongan A *strut* tipe 2 yaitu 1588 kN dan untuk potongan B *strut* tipe 1 yaitu 1693 kN. Kekuatan batang *strut* tersebut mampu menahan beban yang terjadi karena kekuatan batang *strut* lebih besar dari gaya aksial yang terjadi pada setiap batang *strut* berdasarkan hasil pemodelan.

6.2 Saran

Berdasarkan analisis evaluasi yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Kondisi tanah dan kedalaman galian perlu diperhatikan karena berpengaruh besar dalam perencanaan dinding penahan tanah yang digunakan.
2. Sebaiknya sistem perkuatan dipilih seefisien mungkin untuk mencegah terjadinya deformasi lateral dinding yang besar.
3. Sebaiknya saat penggalian dan pemasangan *strutting* diberi catatan tentang keadaan di lapangan agar dapat

membantu dalam pengontrolan dan evaluasi dinding penahan tanah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Khoiri, “Desain , Sistem Monitoring , dan Unjuk Kerja Metode Braced Excavation pada Pekerjaan Galian Dalam (Deep Excavation).”

[2] W. Zhang, Z. Hou, A. T. C. Goh, and R. Zhang, “Estimation of strut forces for braced excavation in granular soils from numerical analysis and case histories,” *Comput. Geotech.*, vol. 106, no. October 2018, pp. 286–295, 2019, doi: 10.1016/j.compgeo.2018.11.006.

[3] B. C. B. Hsiung, K. H. Yang, W. Aila, and L. Ge, “Evaluation of the wall deflections of a deep excavation in Central Jakarta using three-dimensional modeling,” *Tunn. Undergr. Sp. Technol.*, vol. 72, no. November 2017, pp. 84–96, 2018, doi: 10.1016/j.tust.2017.11.013.

[4] M. Khoiri and C. Ou, “Author ’ s personal copy Computers and Geotechnics Evaluation of deformation parameter for deep excavation in sand through case histories Author ’ s personal copy,” vol. 47, pp. 57–67, 2013.

[5] M. Khoiri, “Aspek Geoteknik Perancangan Galian Dalam (Deep Excavation) di Tanah Surabaya,” pp. 1–14, 2015.

[6] M. N. Houhou, F. Emeriault, and A. Belounar, “Three-dimensional numerical back-analysis of a monitored deep excavation retained by strutted diaphragm walls,” *Tunn. Undergr. Sp. Technol.*, vol. 83, no. April 2018, pp. 153–164, 2019, doi: 10.1016/j.tust.2018.09.013.

[7] S. Likitlersuang, C. Chheng, and S. Keawsawasvong, “Structural Modelling in Finite Element Analysis of Deep Excavation,” *J. Geoengin.*, vol. 14, no. 3, pp. 121–128,

2019, doi: 10.6310/jog.201909_14(3).1.

[8] A. Muda, “Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium,” *J. ITEKNA*, 2016.

[9] B. M. Das, N. Endah, and I. B. Mochtar, “Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis),” *Erlangga*, pp. 1–291, 1995.

[10] “[0-639]Kulhawy and Mayne (1990).pdf.” .

[11] S. Satibi, *Numerical analysis and design criteria of embankments on floating piles*. 2009.

[12] Standar Nasional Indonesia, “SNI 8460: 2017; Perancangan Geoteknik,” pp. 1–323, 2017.

[13] B. M. Das, “Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis,” 1993.

[14] H. C. Hardiyatmo, “Analisis dan Perancangan Pondasi,” vol. 7, no. 2, pp. 1–16, 2557.

[15] Chang Yu Ou, “Deep Excavation Teory and Practice.” 1954.

[16] Badan Standardisasi Nasional, “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT) ICS 91.080.10; 91.120.25 “Hak,” no. 8, 2020.

[17] NAVFAC, “Soil Mechanics, DM 7.01,” p. 383, 1982, [Online]. Available: vulcanhammer.net.

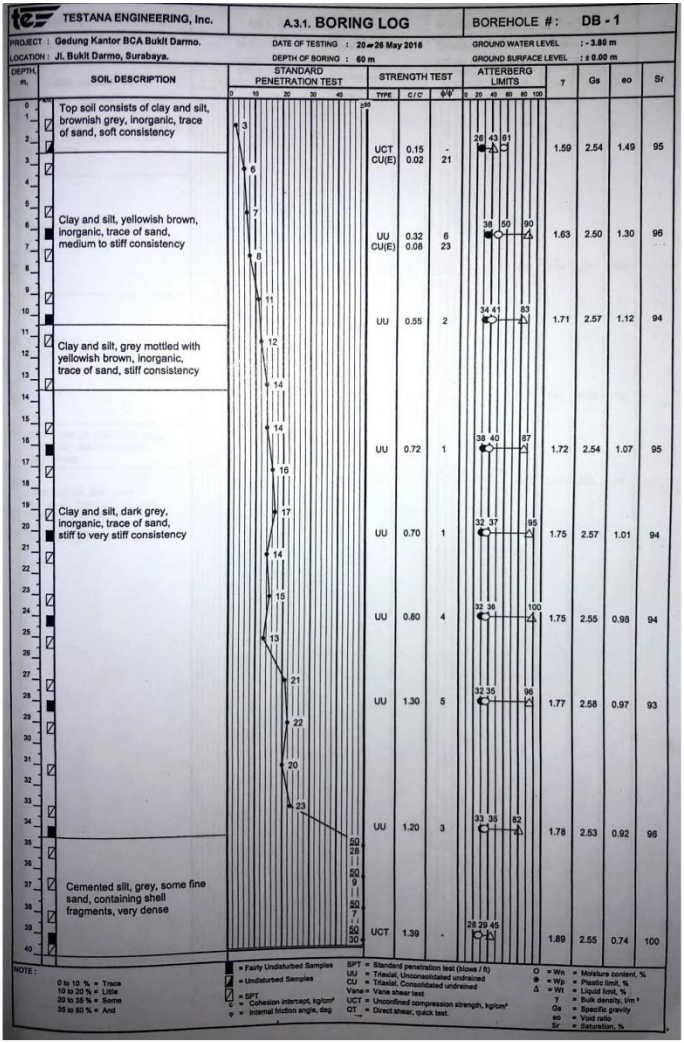
BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Della Aisha merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Lahir di Jombang, 9 Desember 1998. Penulis telah menempuh Pendidikan formal TK Dharmawanita Tugu Kediri, SDN Tugu Kediri, SMPN 2 Jombang, MAN 2 Kota Malang. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2017, penulis diterima di D4 Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selain aktif dalam perkuliahan, penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan, organisasi, dan pelatihan di kampus. Diantaranya menjadi Staff Divisi Olahraga dan Seni HMDS Katalisator 2018/2019, Staff Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS Kolaborapi 2019/2020, dan kepanitiaan seperti ITS EXPO 2019 dan Dvillage edisi 8 dan 9. Saat kuliah penulis juga pernah mengikuti kegiatan kerja praktik di PT. Mitra Konstruksi dalam pembangunan Gedung Satoria Surabaya tahun 2019 dan magang di PT. Tatamulia Nusantara Indah dalam pembangunan Gedung KCU BCA Surabaya tahun 2020. Penulis sangat tertarik pada bidang studi struktur dan geoteknik. Oleh karena itu, pada Proyek Akhir ini penulis mengambil bidang studi geoteknik tentang evaluasi dinding penahan tanah. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan kritik ataupun saran dapat melalui email dellaaisha98@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.1. BORING LOG

BOREHOLE # : DB - 1

PROJECT : Gedung Kantor BCA Bukit Darmo.
LOCATION : Jl. Bukit Darmo, Surabaya.
DATE OF TESTING : 20 - 26 May 2016
DEPTH OF BORING : 60 m
GROUND WATER LEVEL : - 3.80 m
GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STRENGTH TEST TYPE	c / C'	φ / φ'	ATTERBERG LIMITS Wn	Wp	Wl	γ	Gs	eo	Sr
0–3	Top soil consists of clay and silt, brownish grey, inorganic, trace of sand, soft consistency	UCT	0.15	-	26	43	61	1.59	2.54	1.49	95
		CU(E)	0.02	21							
3–10	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace of sand, medium to stiff consistency	UU	0.32	6	38	50	90	1.63	2.50	1.30	96
		CU(E)	0.08	23							
10–13	Clay and silt, grey mottled with yellowish brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency	UU	0.55	2	34	41	83	1.71	2.57	1.12	94
13–19	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency	UU	0.72	1	38	40	87	1.72	2.54	1.07	95
		UU	0.70	1	32	37	95	1.75	2.57	1.01	94
		UU	0.80	4	32	38	100	1.75	2.55	0.98	94
		UU	1.30	5	32	35	96	1.77	2.58	0.97	93
		UU	1.20	3	33	35	82	1.78	2.53	0.92	96
19–40	Cemented silt, grey, some fine sand, containing shell fragments, very dense	UCT	1.39	-	28	29	45	1.89	2.55	0.74	100

NOTE :
0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

= Fairly Undisturbed Samples
= Undisturbed Samples
= SPT
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

O = Wn = Moisture content, %
● = Wp = Plastic limit, %
Δ = Wl = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
Gs = Specific gravity
eo = Void ratio
Sr = Saturation, %

TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.1. BORING LOG

BOREHOLE # : DB - 1

PROJECT : **Gedung Kantor BCA Bukit Darmo.**
LOCATION : **Jl. Bukit Darmo, Surabaya.**

DATE OF TESTING : **20 - 26 May 2016**
DEPTH OF BORING : **60 m**

GROUND WATER LEVEL : **- 3.80 m**
GROUND SURFACE LEVEL : **± 0.00 m**

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST (0 10 20 30 40 ≥50)	STRENGTH TEST TYPE	C / C'	φ / φ'	ATTERBERG LIMITS (0 20 40 60 80 100)	γ	Gs	eo	Sr
40										
41	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace of sand, very stiff to hard consistency	26								
42		41								
43										
44										
45	Cemented silt, grey, some fine sand, containing shell fragments, dense	35								
46										
47		42								
48			UCT	1.43	-	28 30 48	1.87	2.54	0.77	100
49		39								
50										
51	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace of fine sand, hard consistency	36								
52										
53										
54		38	UCT	1.52	-	28 33 53	1.85	2.59	0.86	99
55		50								
56	Cemented silt and sand, grey, containing shell fragments, very dense	23								
57										
58	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace of fine sand, hard consistency	33	UU	1.10	3	33 35 106	1.83	2.61	0.93	99
59										
60		35								

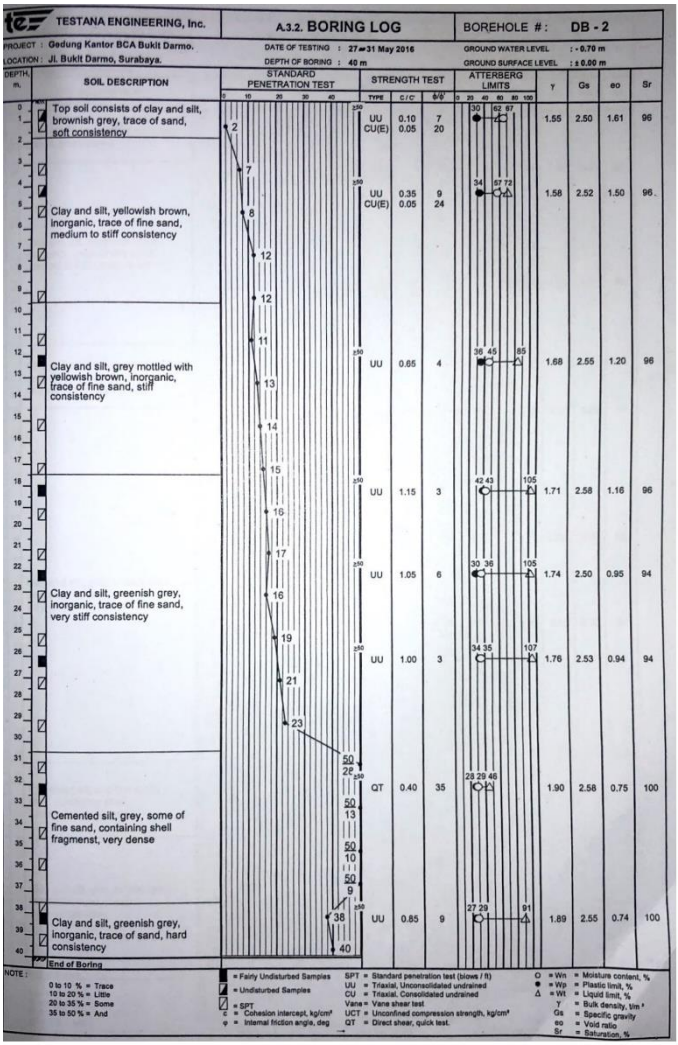
End of Boring

NOTE :
0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

= Fairly Undisturbed Samples
= Undisturbed Samples
= SPT
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

O = Wn = Moisture content, %
● = Wp = Plastic limit, %
Δ = Wl = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
Gs = Specific gravity
eo = Void ratio
Sr = Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.2. BORING LOG

BOREHOLE # : DB - 2

PROJECT : Gedung Kantor BCA Bukit Darmo.

LOCATION : Jl. Bukit Darmo, Surabaya.

DATE OF TESTING : 27⇌31 May 2016

DEPTH OF BORING : 40 m

GROUND WATER LEVEL : - 0.70 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST	STRENGTH TEST TYPE	C / C'	Φ / Φ'	ATTERBERG LIMITS	γ	Gs	eo	Sr
0 – 2	Top soil consists of clay and silt, brownish grey, trace of sand, soft consistency	2	UU CU(E)	0.10 0.05	7 20	30 62 87	1.55	2.50	1.61	96
2 – 8	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace of fine sand, medium to stiff consistency	7, 8, 12, 12	UU CU(E)	0.35 0.05	9 24	34 57 72	1.58	2.52	1.50	96
8 – 18	Clay and silt, grey mottled with yellowish brown, inorganic, trace of fine sand, stiff consistency	11, 13, 14, 15	UU	0.65	4	36 45 65	1.68	2.55	1.20	96
18 – 22	Clay and silt, greenish grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff consistency	16, 17	UU	1.15	3	42 43 105	1.71	2.58	1.16	96
22 – 26	Clay and silt, greenish grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff consistency	16, 19	UU	1.05	6	30 36 105	1.74	2.50	0.95	94
26 – 31	Clay and silt, greenish grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff consistency	21, 23	UU	1.00	3	34 35 107	1.76	2.53	0.94	94
31 – 38	Cemented silt, grey, some of fine sand, containing shell fragmenst, very dense	50/28, 50/13, 50/10, 50/9	QT	0.40	35	23 29 46	1.90	2.58	0.75	100
38 – 40	Clay and silt, greenish grey, inorganic, trace of sand, hard consistency	38, 40	UU	0.85	9	27 29 91	1.89	2.55	0.74	100
40	End of Boring									

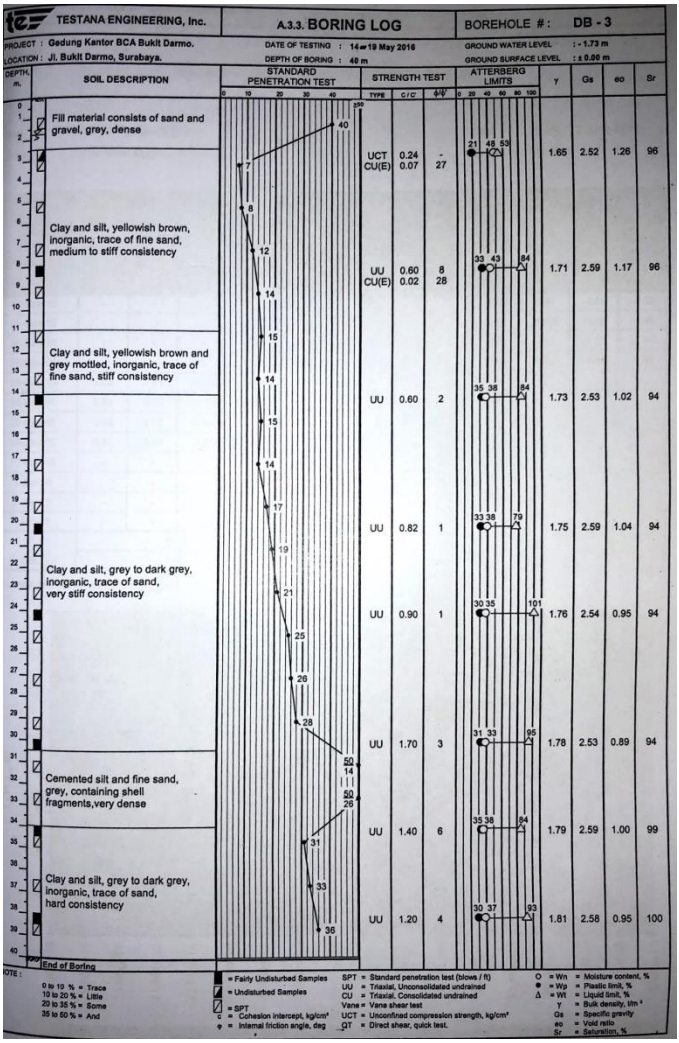
NOTE :

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

= Fairly Undisturbed Samples
= Undisturbed Samples
= SPT
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

Ω = Wn = Moisture content, %
● = Wp = Plastic limit, %
Δ = Wl = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
Gs = Specific gravity
eo = Void ratio
Sr = Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.3.3. BORING LOG

BOREHOLE # : DB - 3

PROJECT : Gedung Kantor BCA Bukit Darmo.

LOCATION : Jl. Bukit Darmo, Surabaya.

DATE OF TESTING : 14 - 19 May 2016

DEPTH OF BORING : 40 m

GROUND WATER LEVEL : - 1.73 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST	STRENGTH TEST TYPE	C / Cu	φ / Ψ	ATTERBERG LIMITS	γ	Gs	eo	Sr
0 – 2	Fill material consists of sand and gravel, grey, dense	40								
3 – 7	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace of fine sand, medium to stiff consistency	7, 8, 12, 14, 15	UCT	0.24	-	21 48 53	1.65	2.52	1.26	96
			CU(E)	0.07	27					
8 – 14		14, 15	UU	0.60	8	33 43 84	1.71	2.59	1.17	96
			CU(E)	0.02	28					
14 – 17	Clay and silt, yellowish brown and grey mottled, inorganic, trace of fine sand, stiff consistency	14, 15, 14	UU	0.60	2	35 38 84	1.73	2.53	1.02	94
17 – 21	Clay and silt, grey to dark grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency	17, 19	UU	0.82	1	33 38 79	1.75	2.59	1.04	94
21 – 26		21, 25	UU	0.90	1	30 35 101	1.76	2.54	0.95	94
26 – 30		26, 28	UU	1.70	3	31 33 95	1.78	2.53	0.89	94
30 – 33	Cemented silt and fine sand, grey, containing shell fragments, very dense	50/14, 50/26								
33 – 39	Clay and silt, grey to dark grey, inorganic, trace of sand, hard consistency	31, 33, 36	UU	1.40	6	35 38 84	1.79	2.59	1.00	99
			UU	1.20	4	30 37 93	1.81	2.58	0.95	100
39	End of Boring									

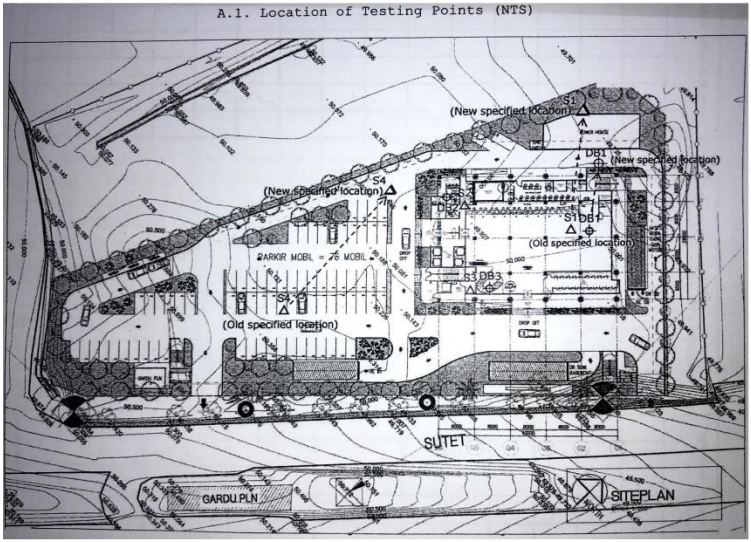
NOTE :
0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

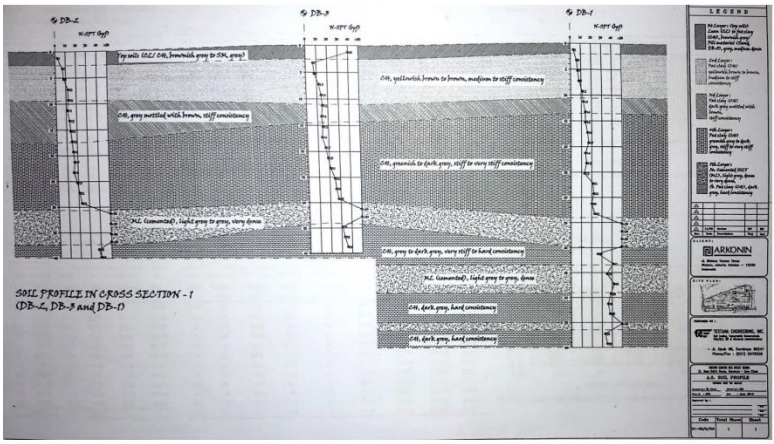
= Fairly Undisturbed Samples
= Undisturbed Samples
= SPT
c = Cohesion intercept, kg/cm²
φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
DT = Direct shear, quick test.

○ = Wn = Moisture content, %
● = Wp = Plastic limit, %
Δ = Wl = Liquid limit, %
γ = Bulk density, t/m³
Gs = Specific gravity
eo = Void ratio
Sr = Saturation, %

A.1. Location of Testing Points (NTS)





SOIL PROFILE IN CROSS SECTION - 1
(DB-2, DB-3 and DB-1)

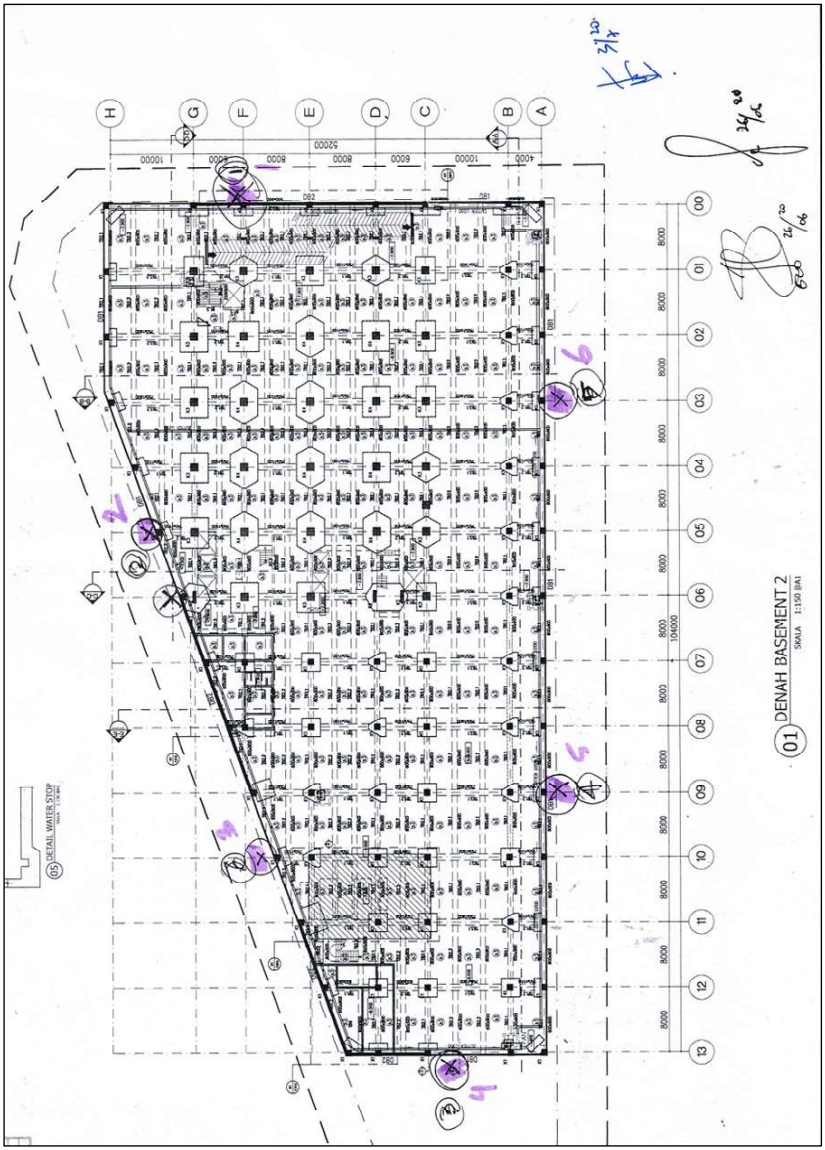
GEOTES

Your Reliable Testing Partner

MONITORING PERGERAKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN INCLINOMETER

26 Oktober 2020

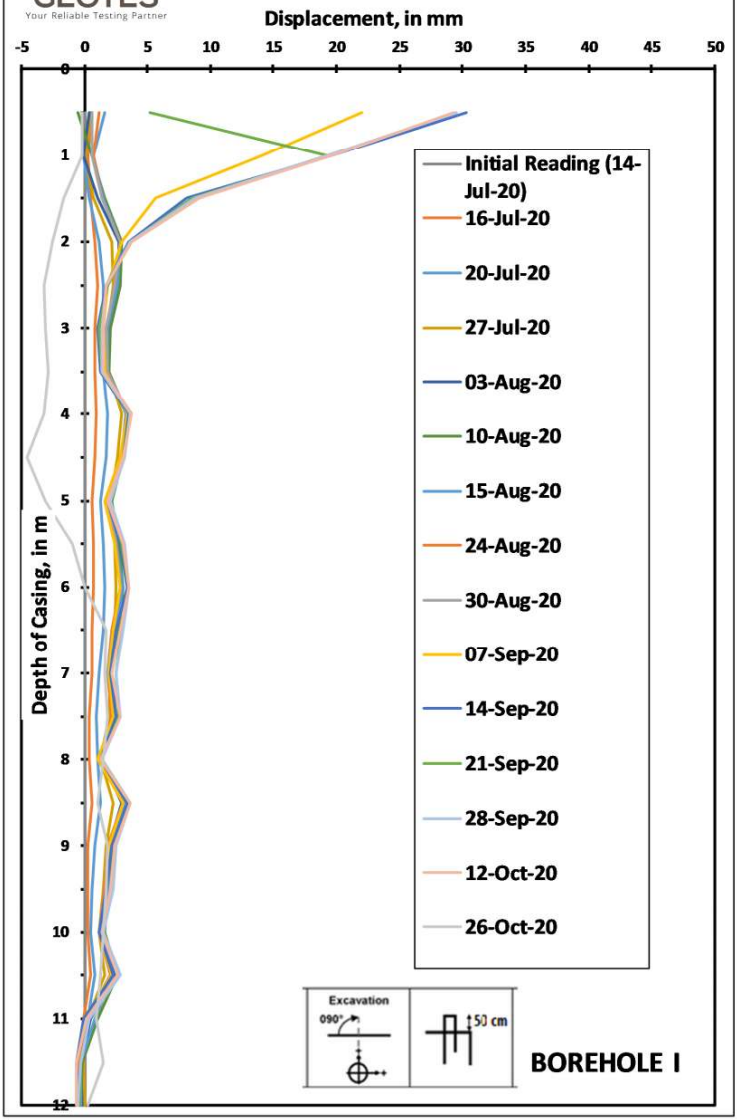
Proyek	: BCA KCU Bukit Darmo
Pemberi Kerja	: PT. Tatamulia Nusantara Indah
Lokasi	: Surabaya – Jawa Timur



Denah Titik Lokasi Penempatan *Inclinometer*

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

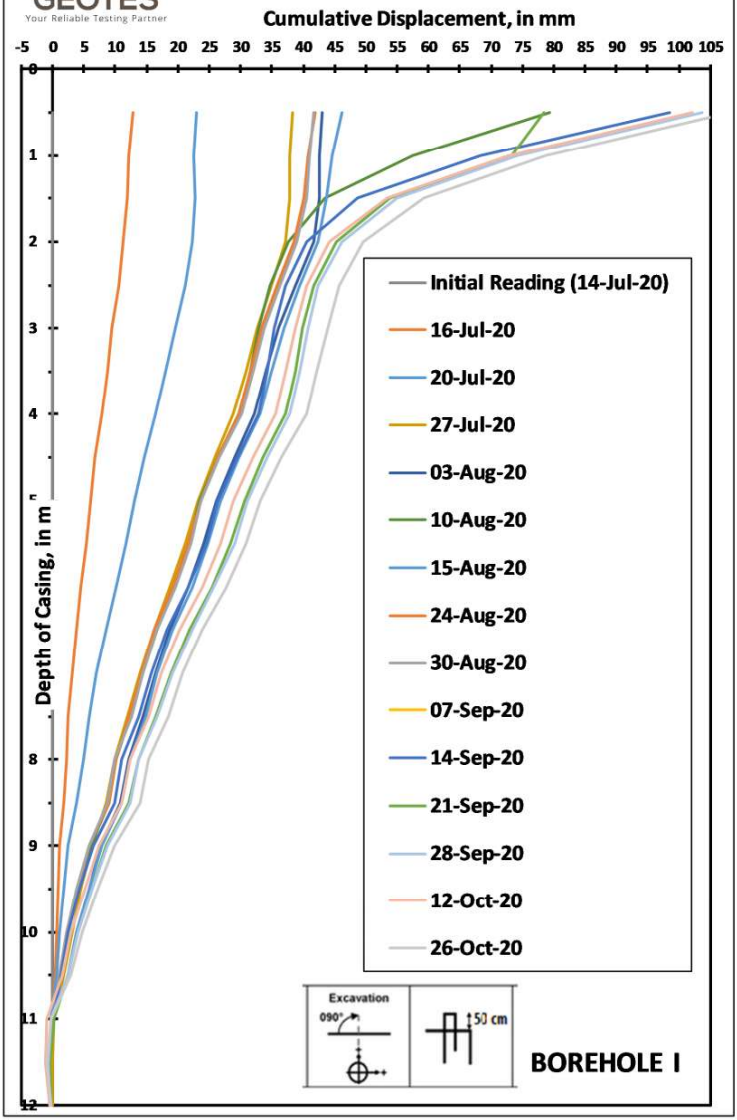
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE I

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

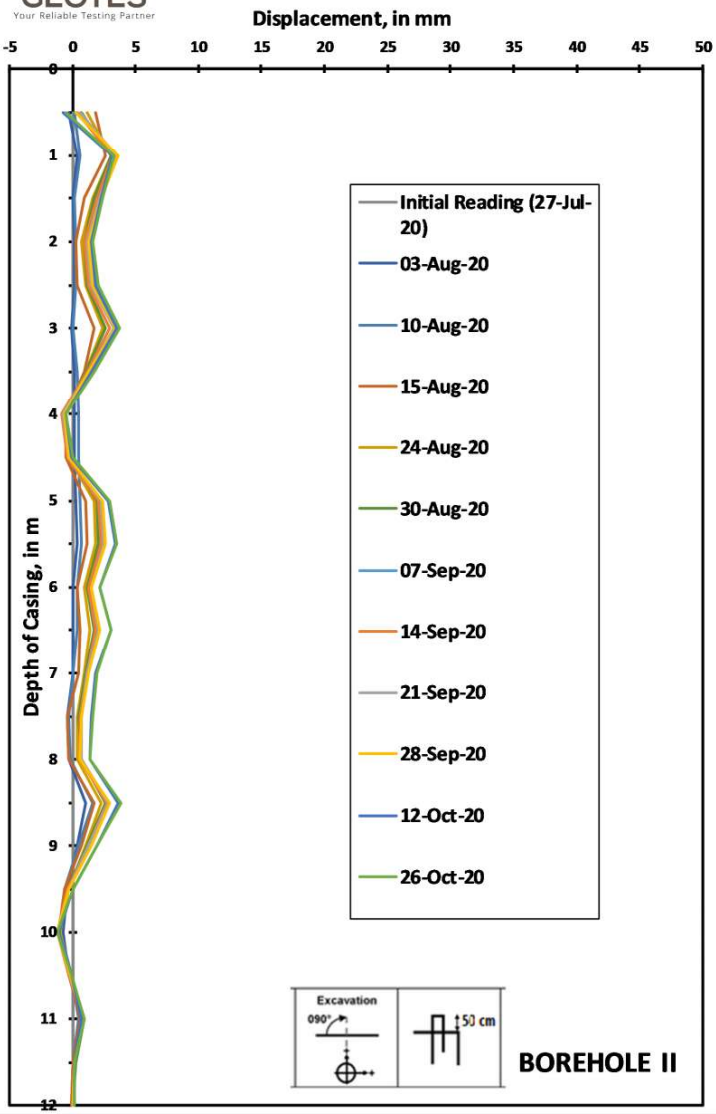
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE I

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

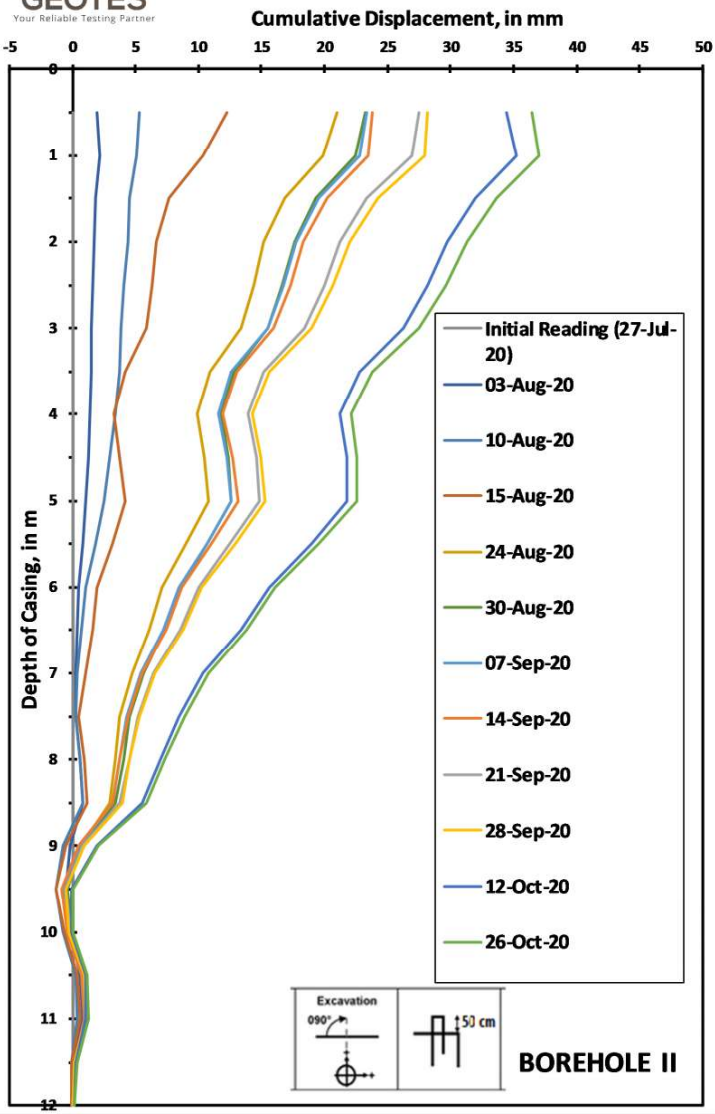
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE II

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

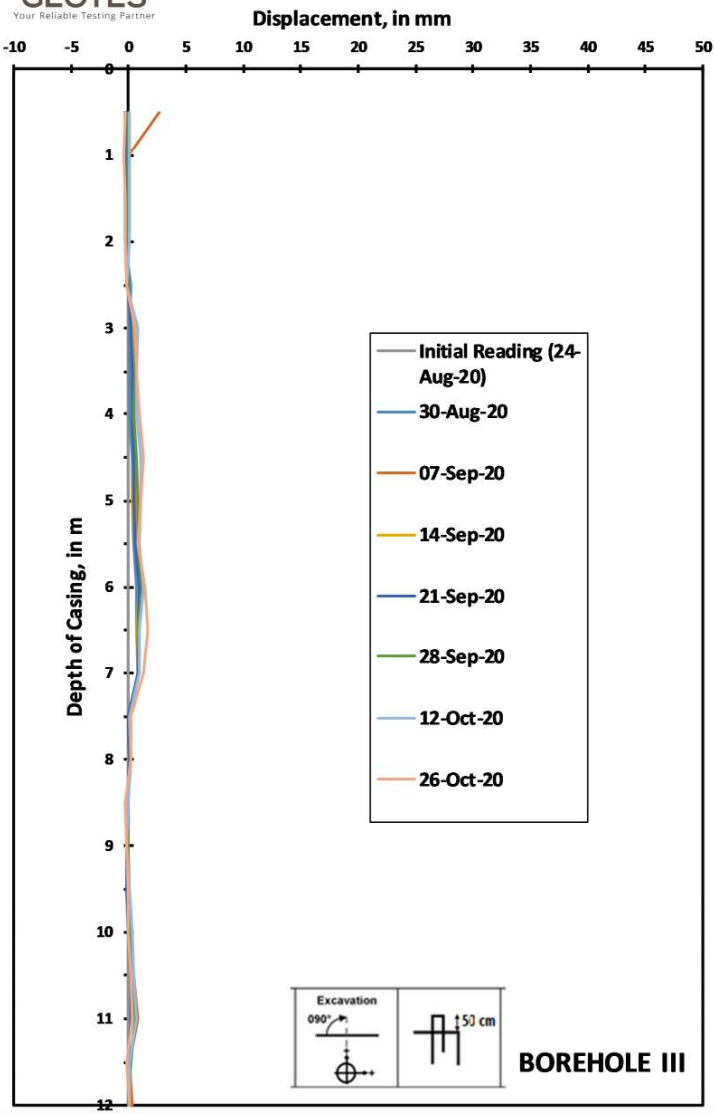
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE II

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

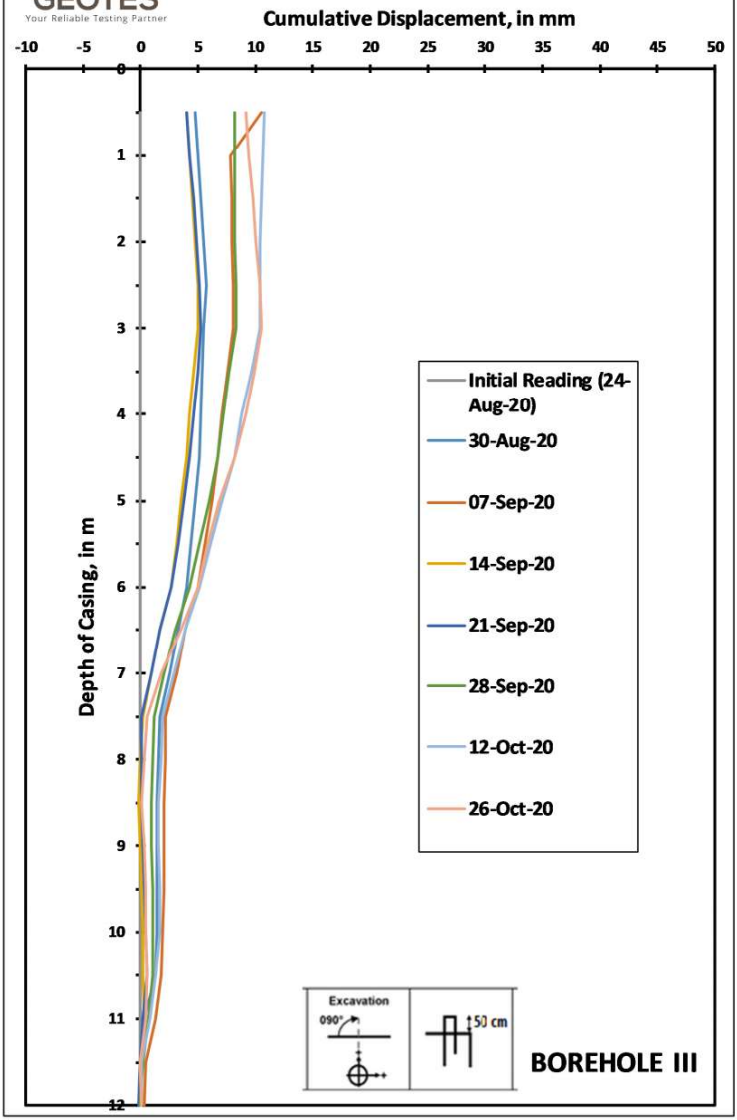
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE III

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

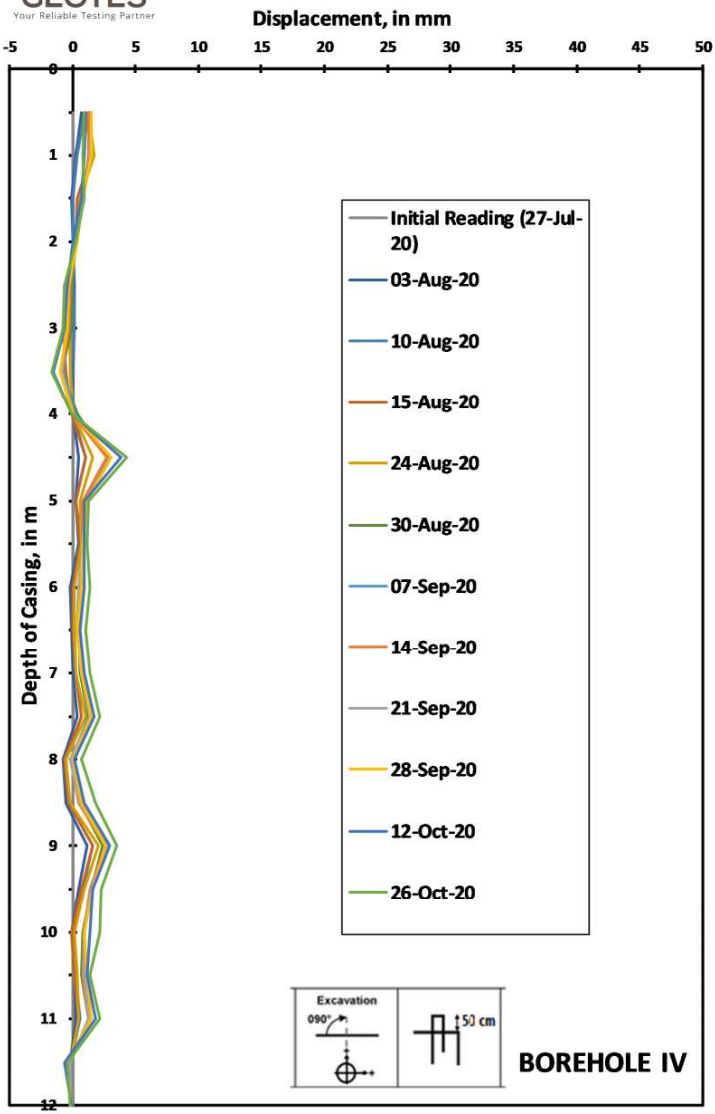
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE III

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

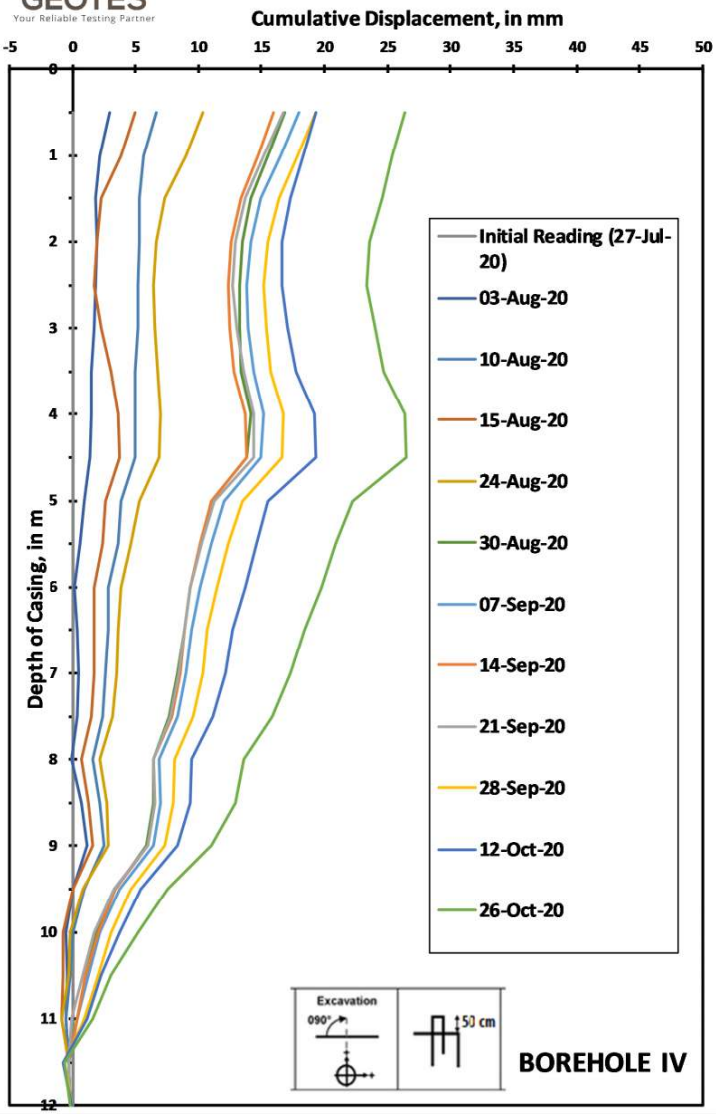
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE IV

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

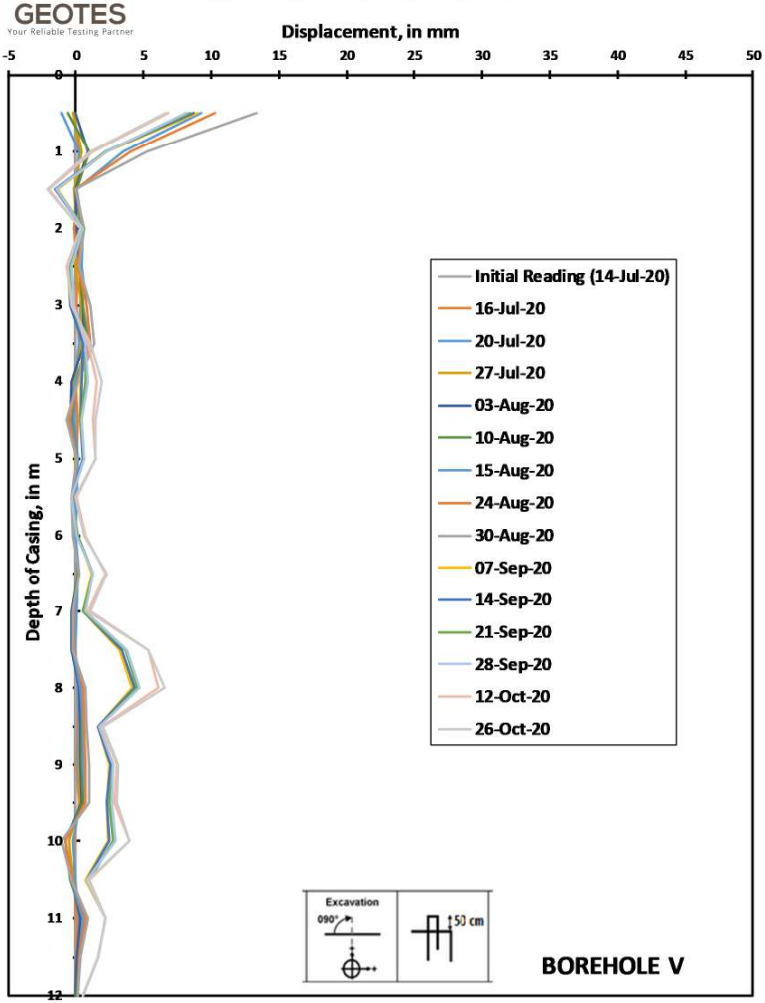
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



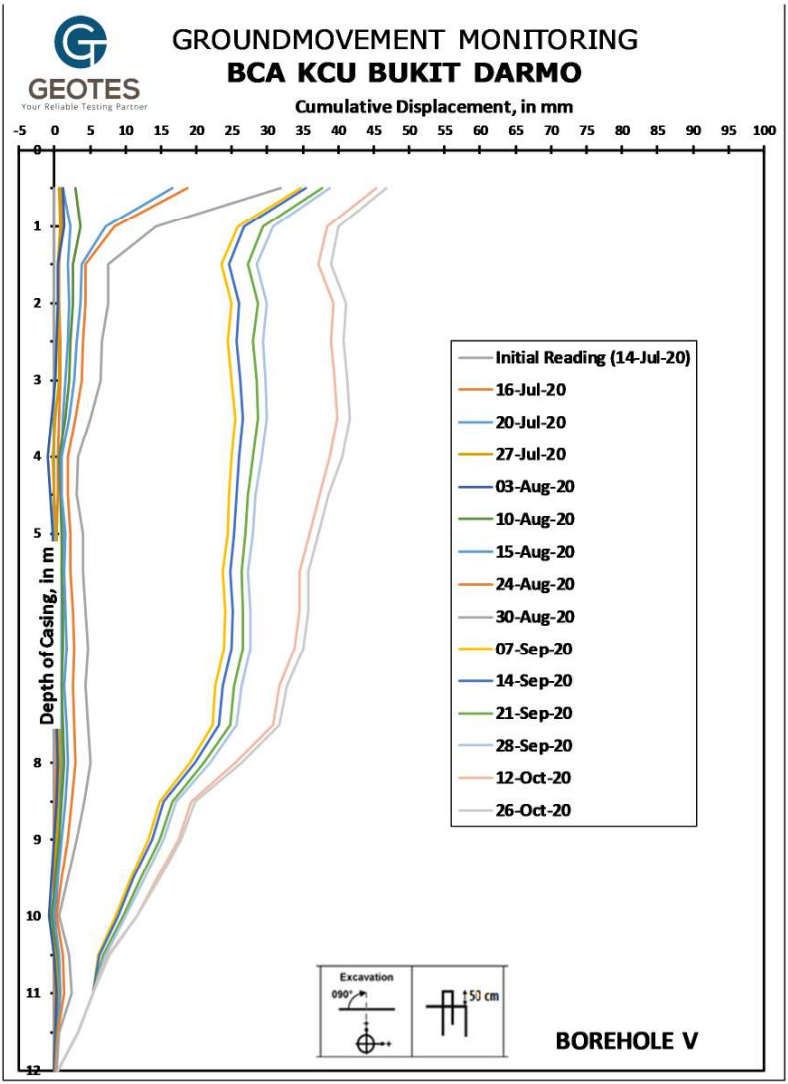
BOREHOLE IV

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO

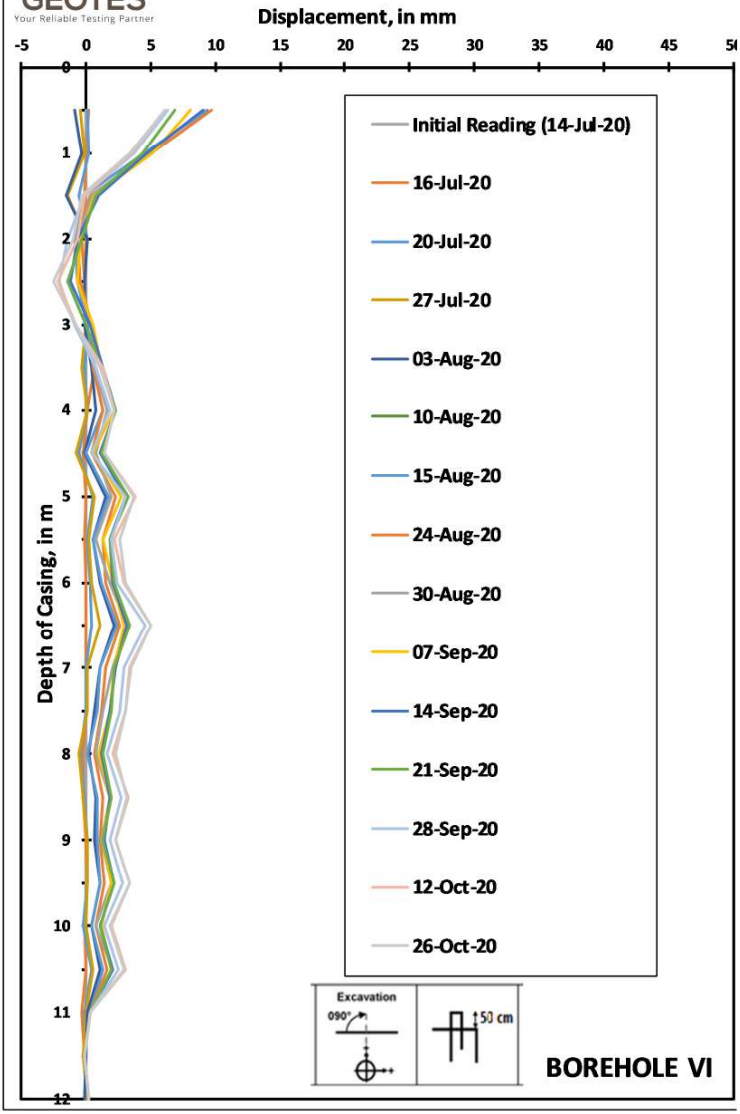


BOREHOLE V


GEOTES
Your Reliable Testing Partner
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO
Cumulative Displacement, in mm
-5 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
Depth of Casing, in m
0 1 2 3 4 5 8 9 10 11 12
Initial Reading (14-Jul-20)
16-Jul-20
20-Jul-20
27-Jul-20
03-Aug-20
10-Aug-20
15-Aug-20
24-Aug-20
30-Aug-20
07-Sep-20
14-Sep-20
21-Sep-20
28-Sep-20
12-Oct-20
26-Oct-20
Excavation
090°
50 cm
BOREHOLE V

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

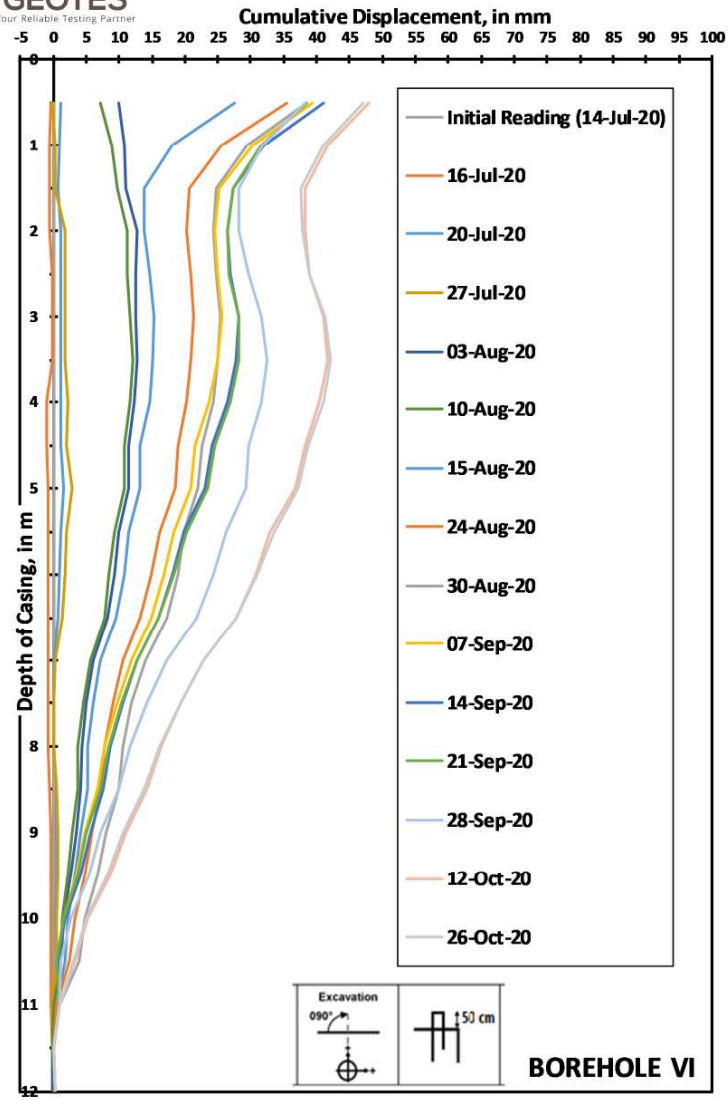
GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



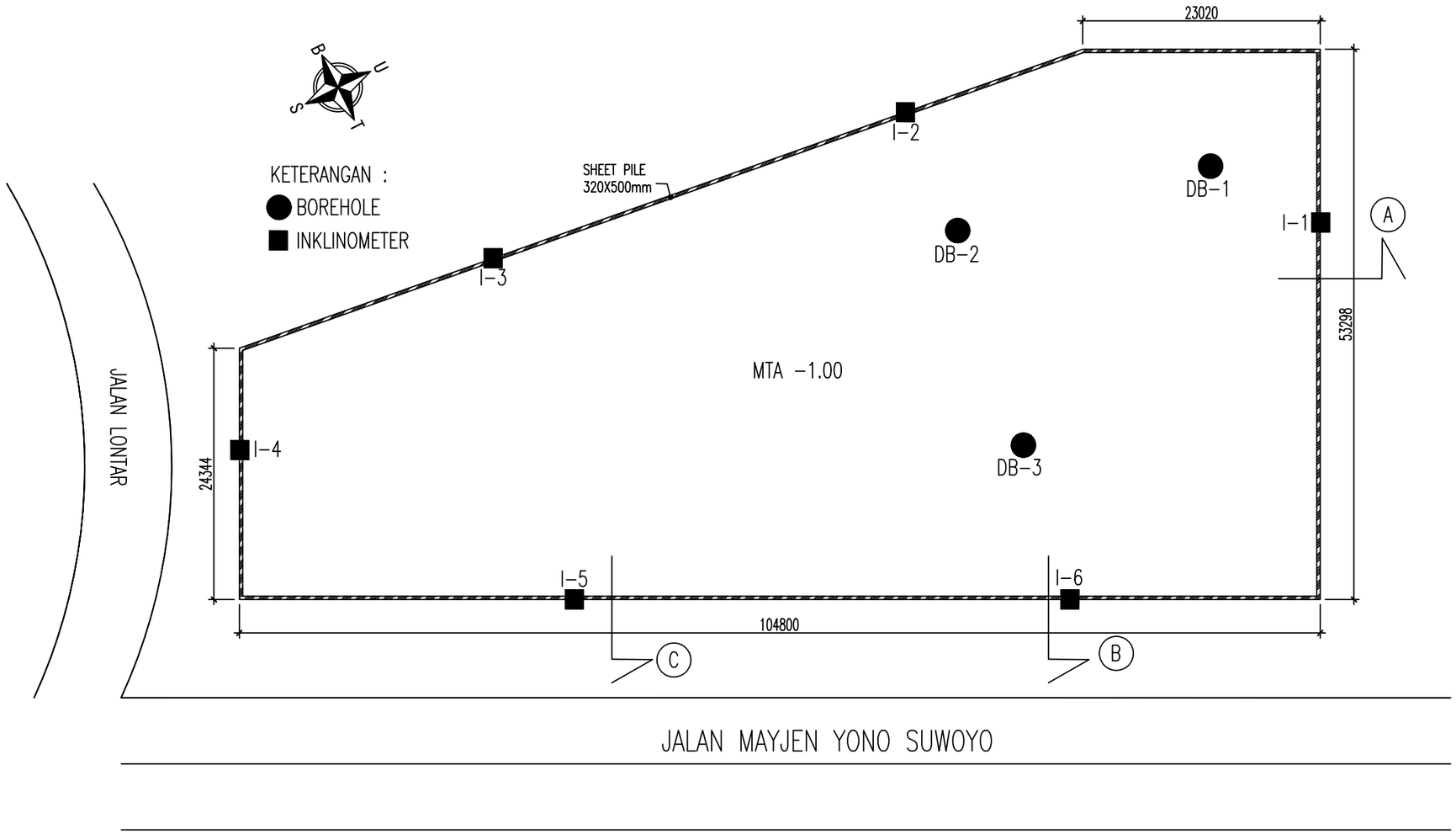
BOREHOLE VI

GEOTES
Your Reliable Testing Partner

GROUNDMOVEMENT MONITORING
BCA KCU BUKIT DARMO



BOREHOLE VI



DENAH SHEET PILE
SKALA 1 : 500

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

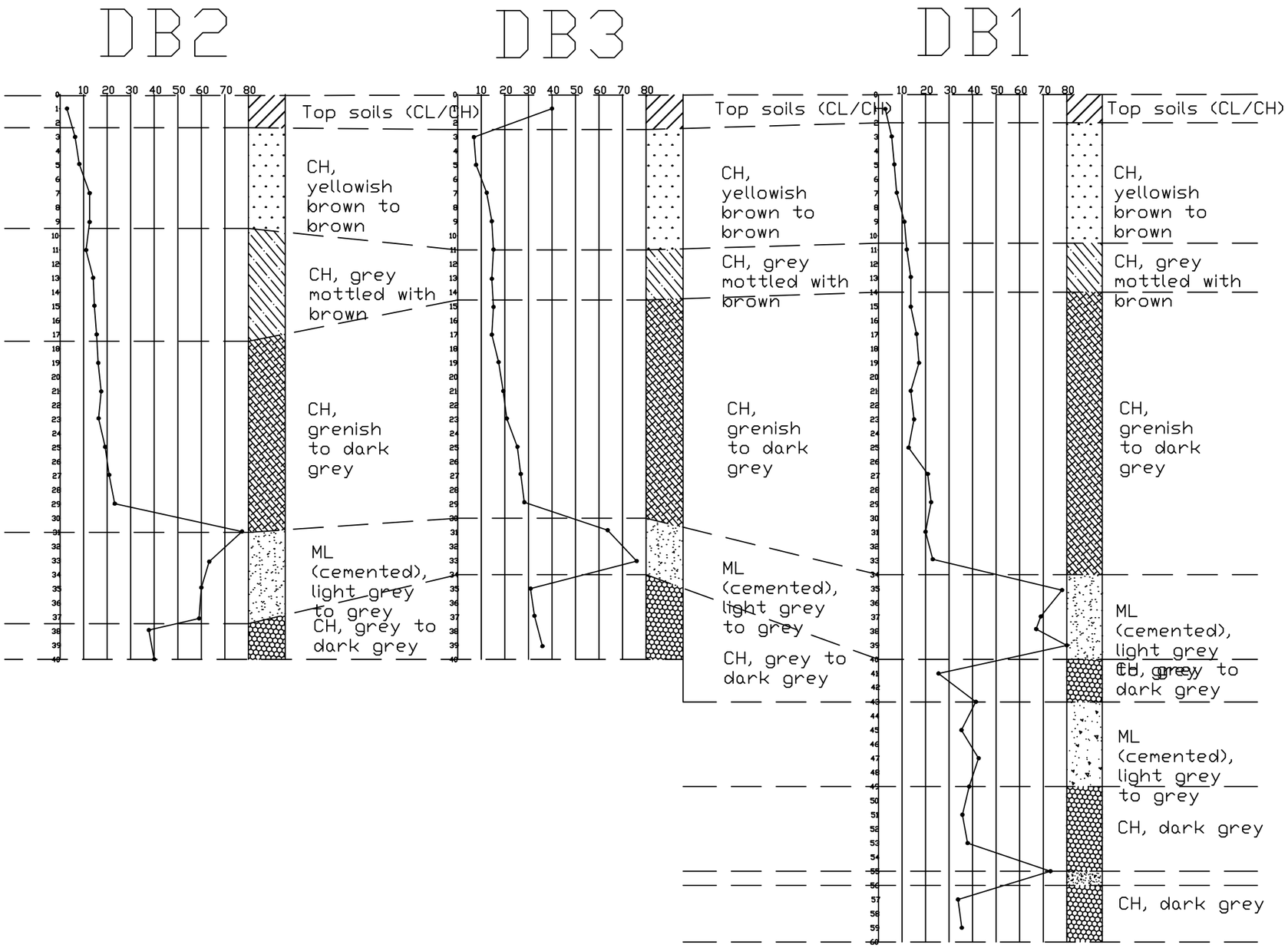
NAMA GAMBAR

DENAH *SHEET PILE*

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
1	19



STATIGRAFI LAPISAN TANAH
SKALA 1 : 400

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

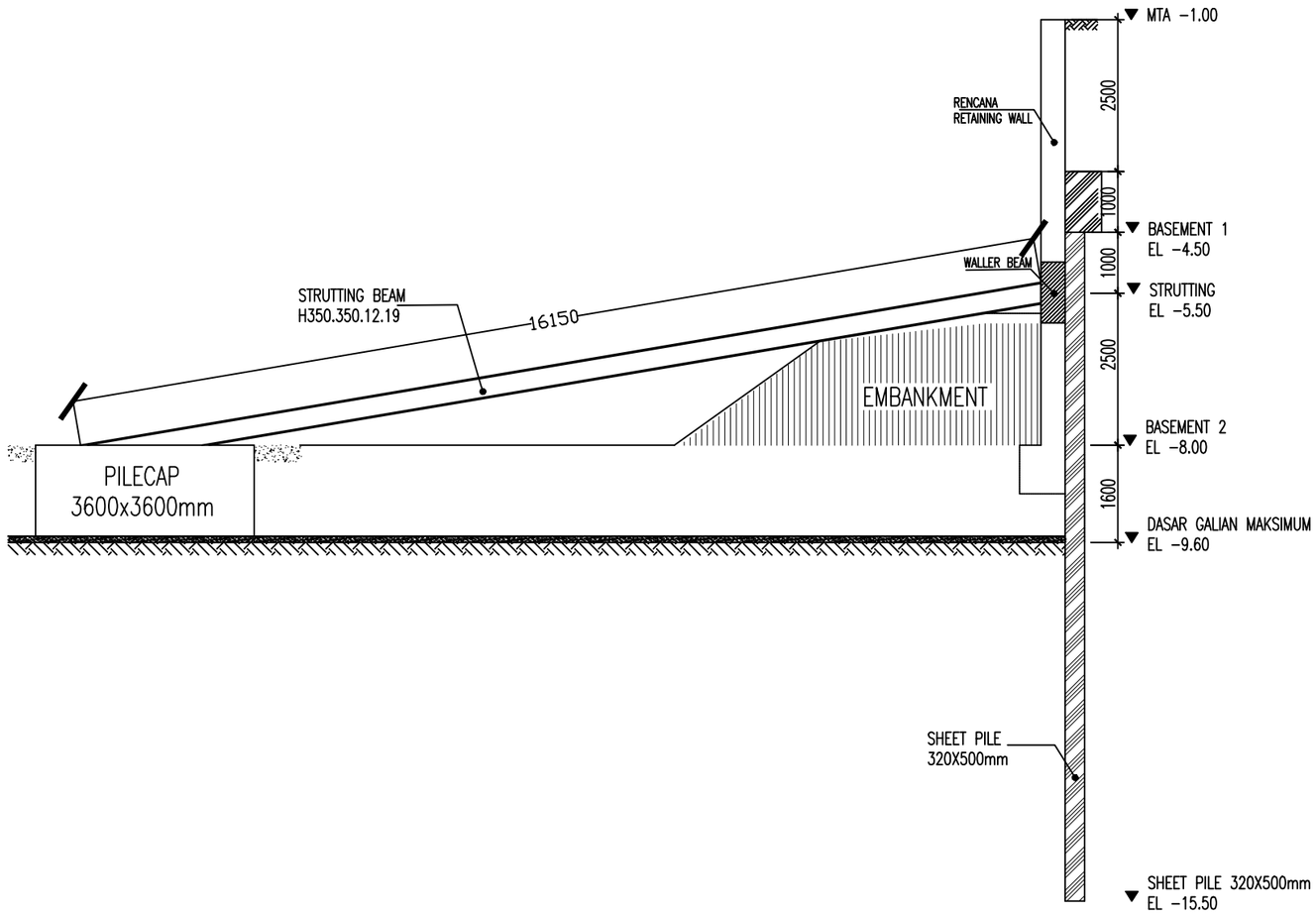
NAMA GAMBAR

STATIGRAFI TANAH

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
2	19



TAHAPAN GALIAN
1. Konstruksi sheet pile 12 meter. Elv −3.5 m s/d−15.5 m
2. Galian s/d Elv. −4 m
3. Galian s/d Elv. −6 m
4. Galian s/d Elv −8 m
5. Galian s/d Elv −9.6 m
6. Pemasangan pilecap sisi tengah
7. Pemasangan strutting
8. Galian embankment
9. Pelepasan strutting

POTONGAN A
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

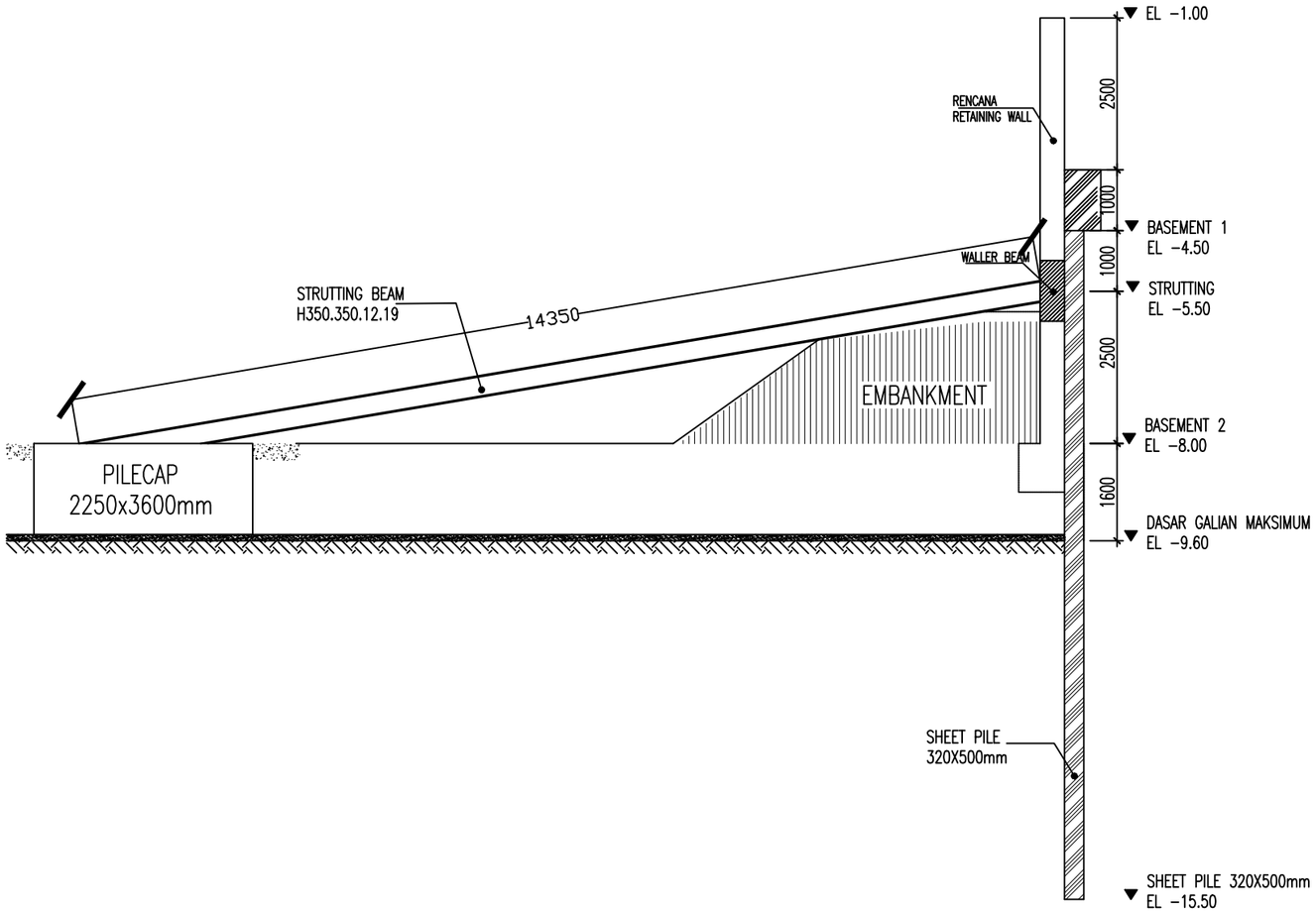
NAMA GAMBAR

POTONGAN A

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
3	19



TAHAPAN GALIAN

1. Konstruksi sheet pile 12 meter. Elv −3.5 m s/d−15.5 m
2. Galian s/d Elv. −4 m
3. Galian s/d Elv. −6 m
4. Galian s/d Elv −8 m
5. Galian s/d Elv −9.6 m
6. Pemasangan pilecap sisi tengah
7. Pemasangan strutting
8. Galian embankment
9. Pelepasan strutting

POTONGAN B
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

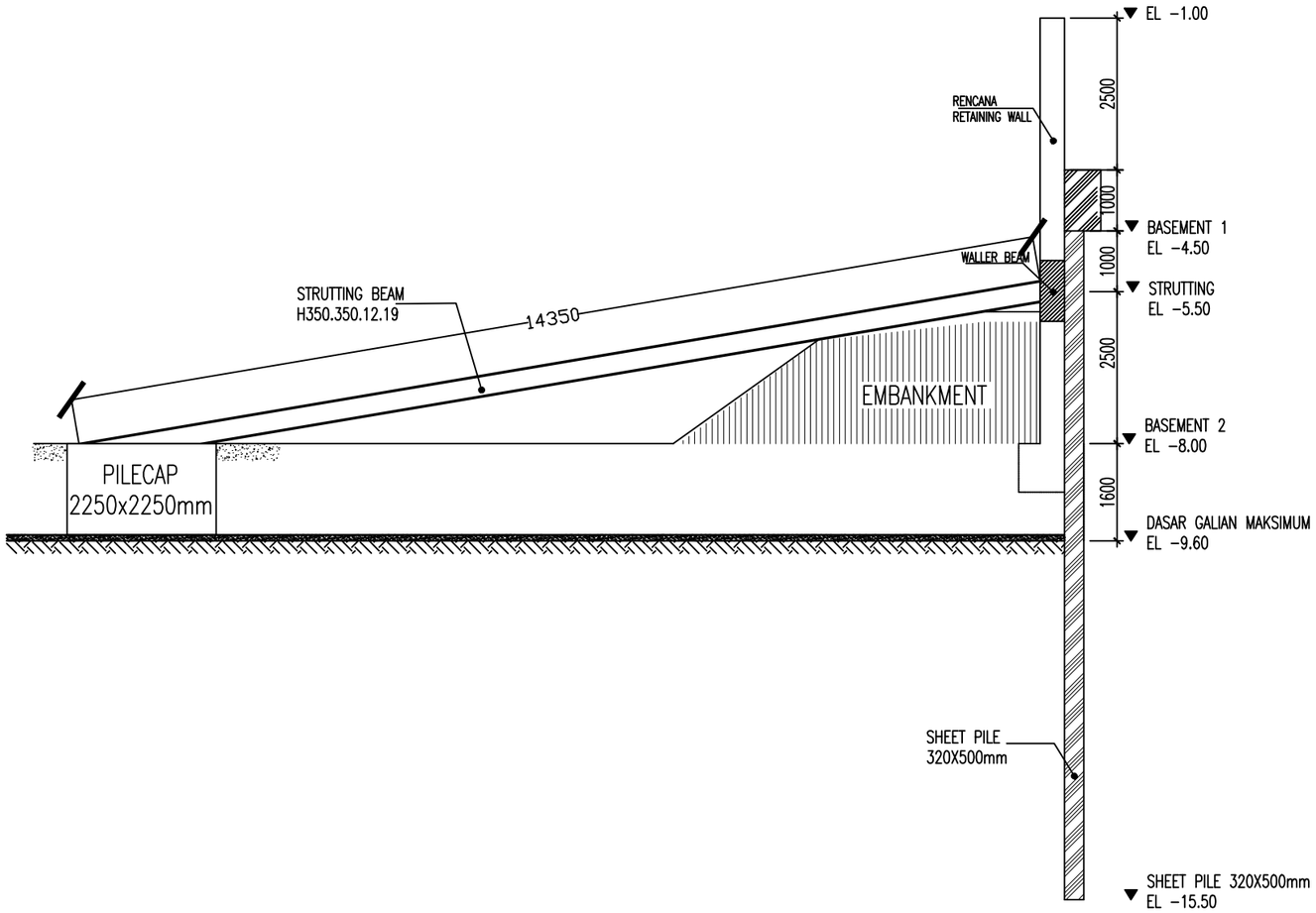
NAMA GAMBAR

POTONGAN B

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
4	19



TAHAPAN GALIAN
1. Konstruksi sheet pile 12 meter. Elv −3.5 m s/d−15.5 m
2. Galian s/d Elv. −4 m
3. Galian s/d Elv. −6 m
4. Galian s/d Elv −8 m
5. Galian s/d Elv −9.6 m
6. Pemasangan pilecap sisi tengah
7. Pemasangan strutting
8. Galian embankment
9. Pelepasan strutting

POTONGAN C
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

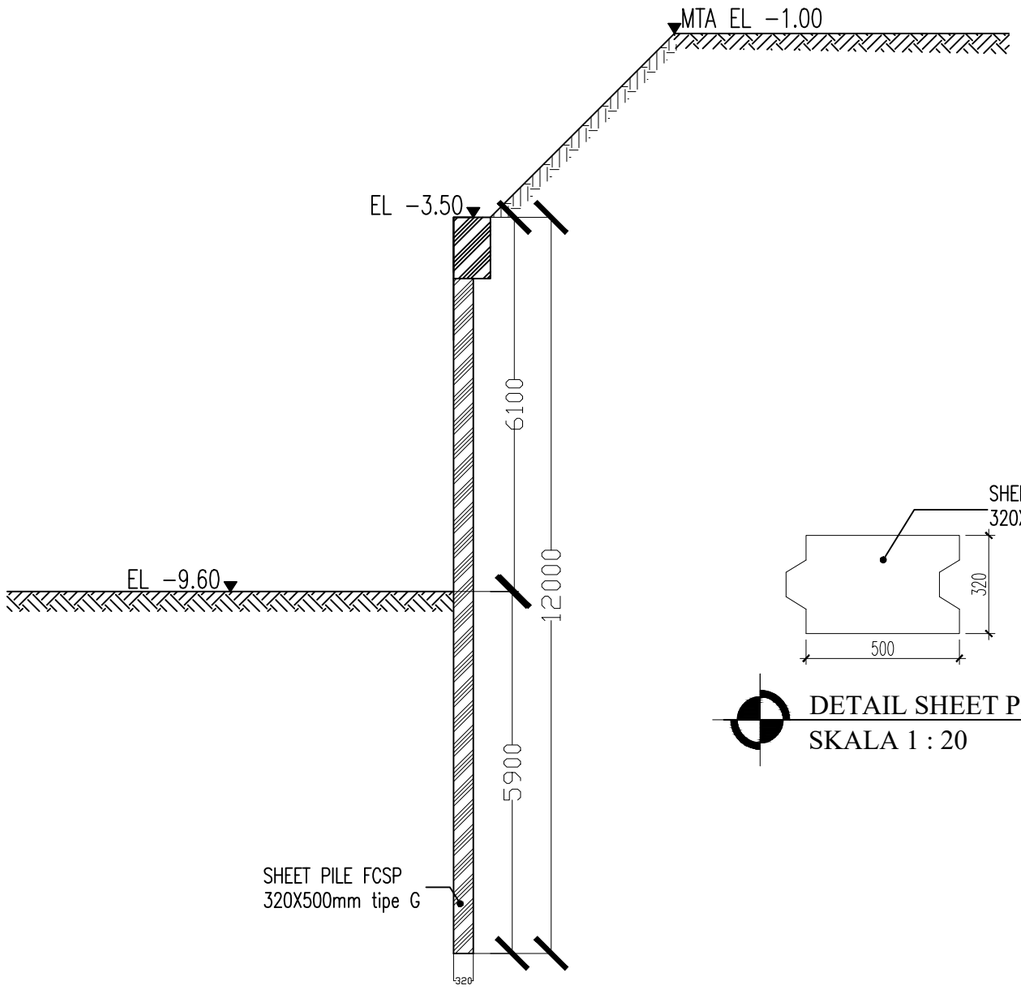
NAMA GAMBAR

POTONGAN C

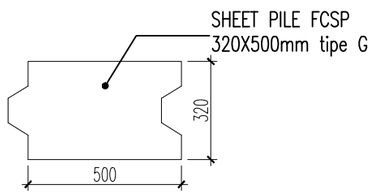
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
5	19



DETAIL SHEET PILE
SKALA 1 : 100



DETAIL SHEET PILE
SKALA 1 : 20

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

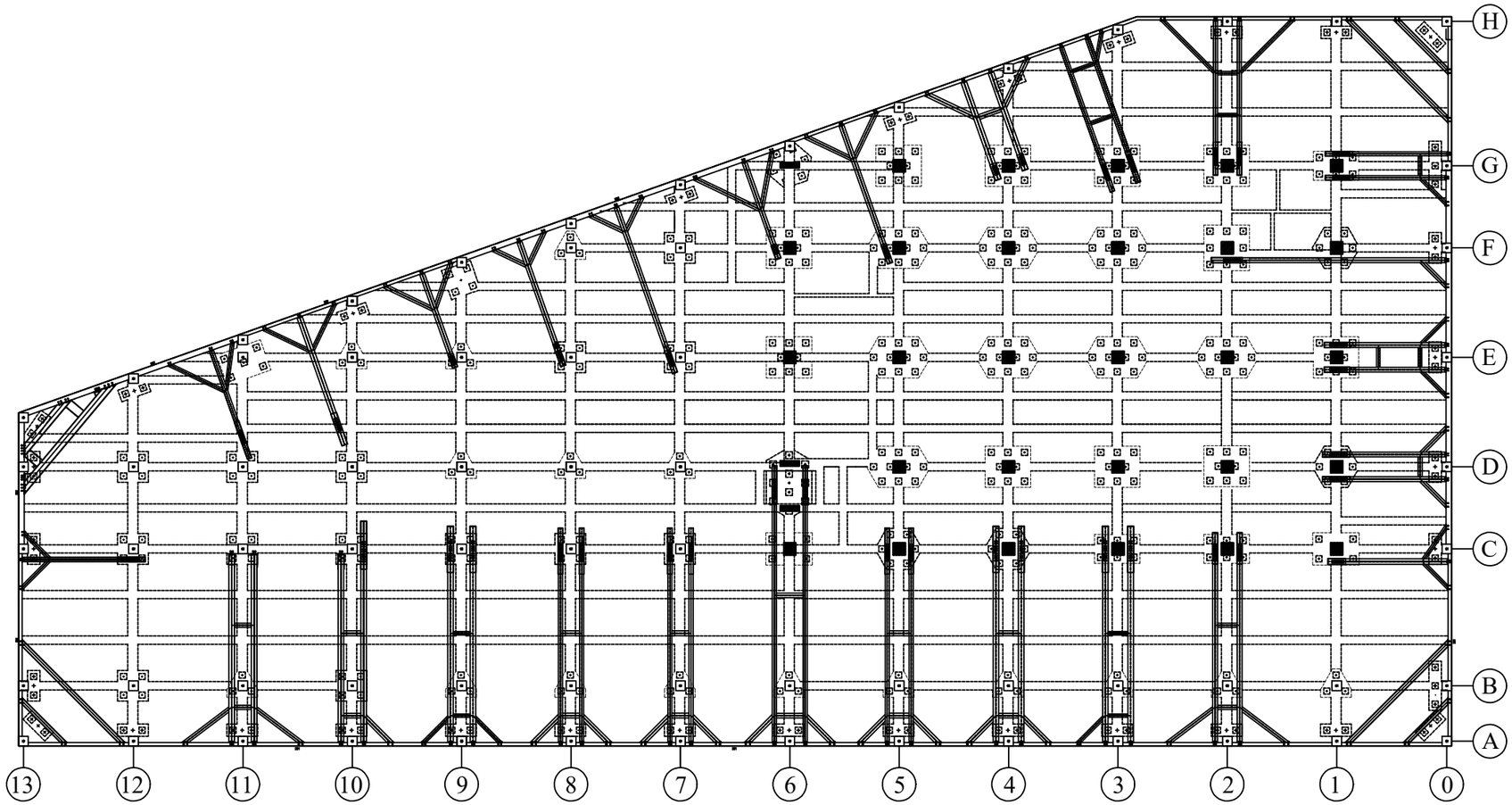
NAMA GAMBAR

DETAIL SHEET PILE

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
6	19



DENAH STRUTTING
SKALA 1 : 400

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

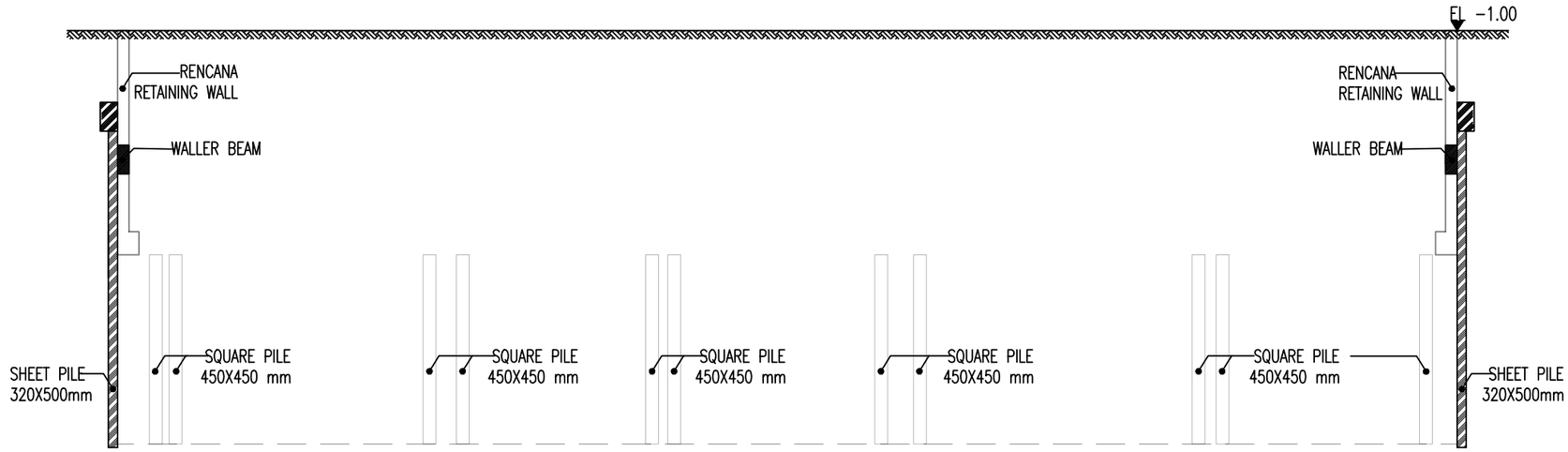
NAMA GAMBAR

DENAH *STRUTTING*

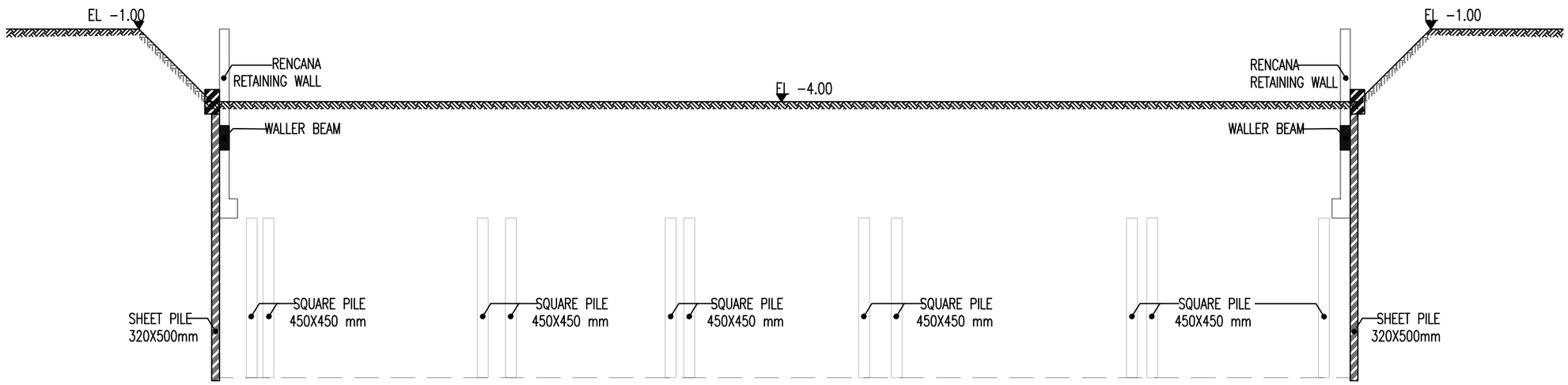
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
7	19



KONDISI AWAL SEBELUM GALIAN
SKALA 1 : 150



TAHAP 1: GALIAN KE-1
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

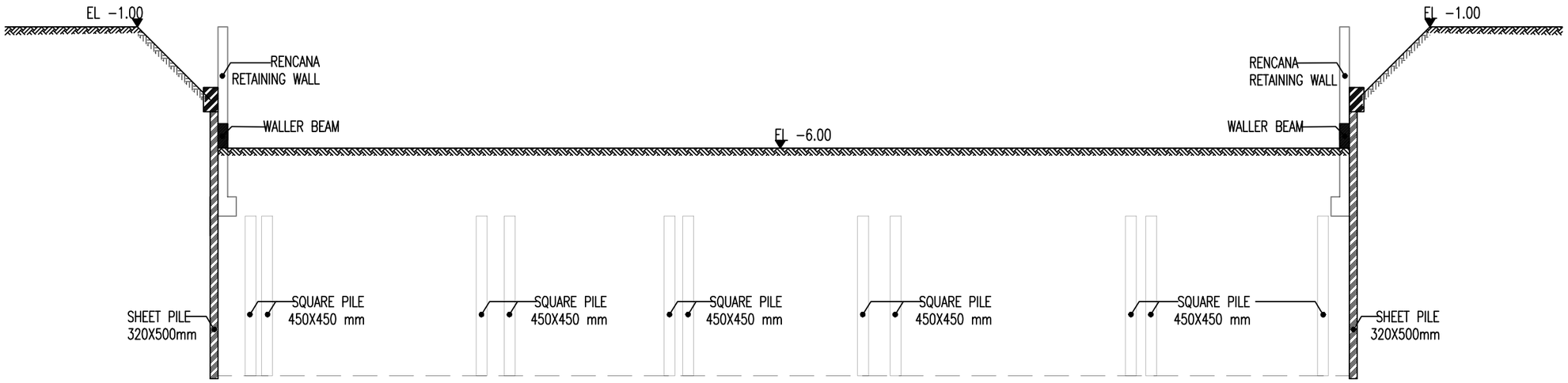
NAMA GAMBAR

1. KONDISI AWAL
2. TAHAP 1

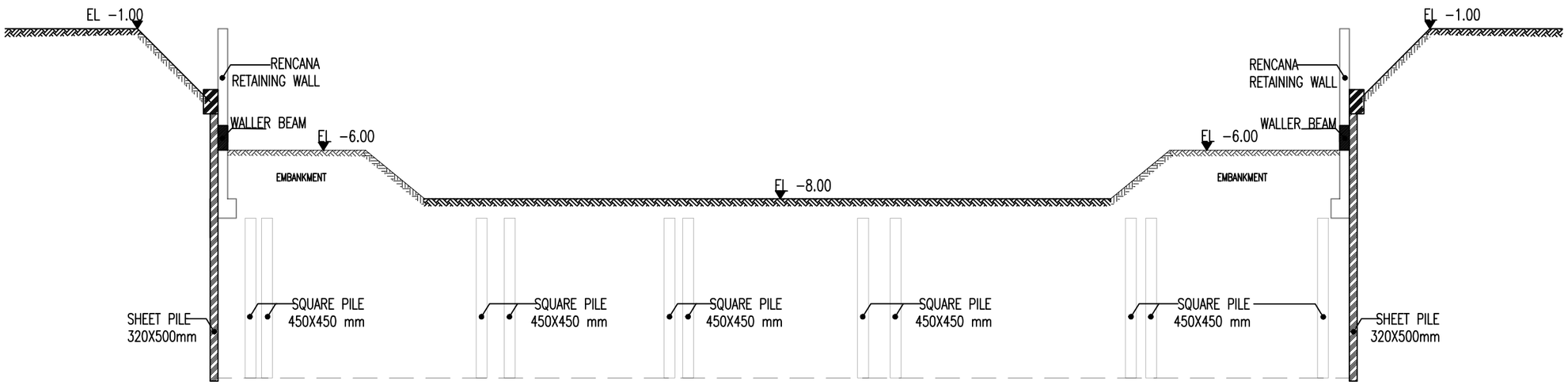
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
8	19



TAHAP 2: GALIAN KE-2
SKALA 1 : 150



TAHAP 3: GALIAN KE-3
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

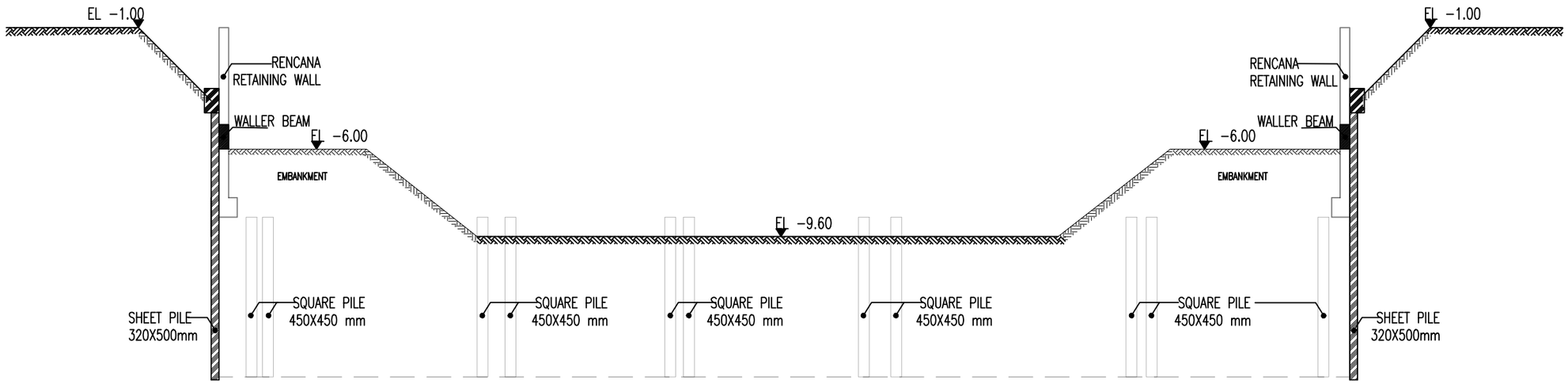
NAMA GAMBAR

1. TAHAP 2
2. TAHAP 3

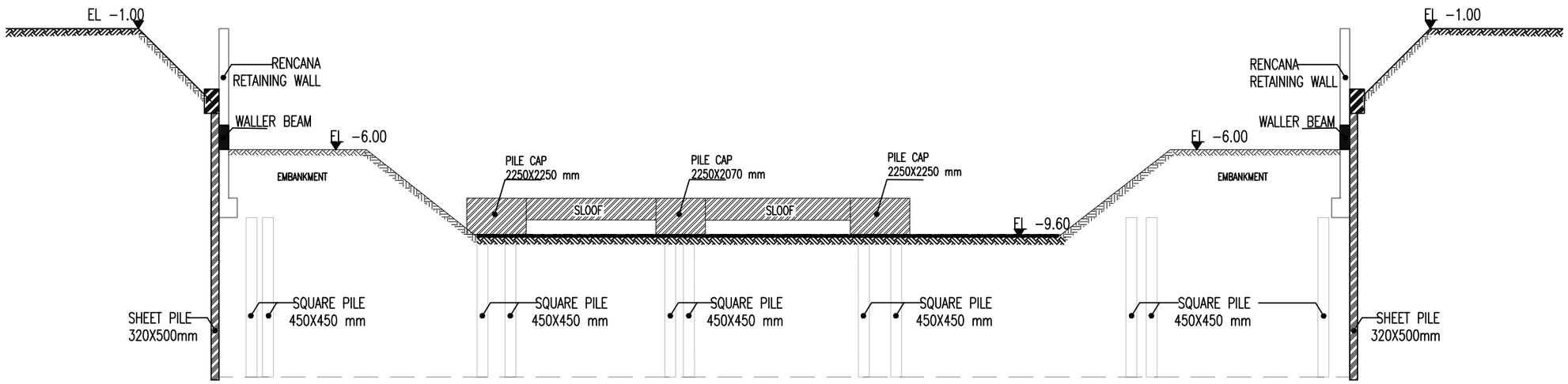
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
9	19



TAHAP 4: GALIAN KE-4
SKALA 1 : 150



TAHAP 5: PEMASANGAN PILECAP
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

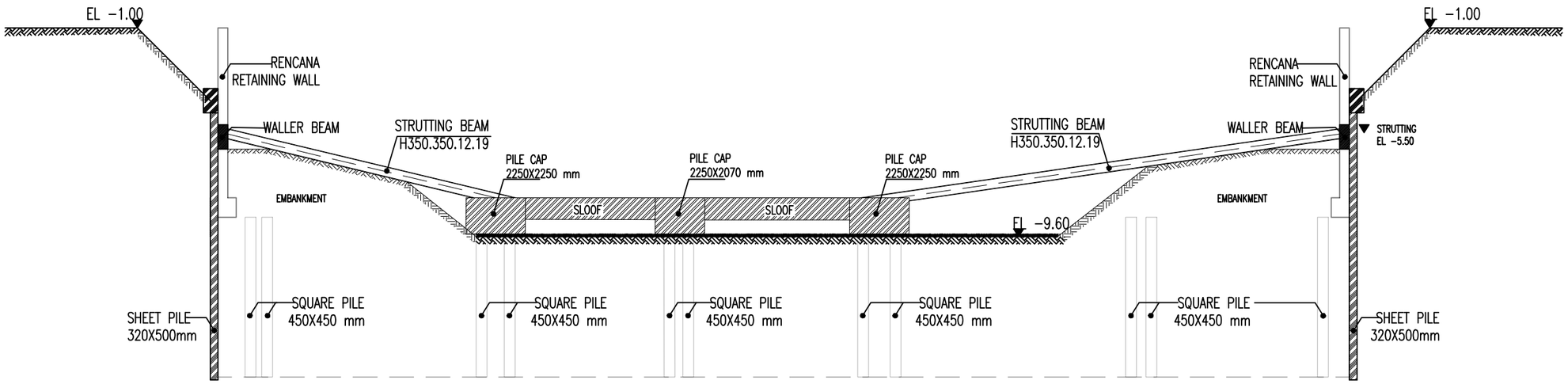
NAMA GAMBAR

1. TAHAP 4
2. TAHAP 5

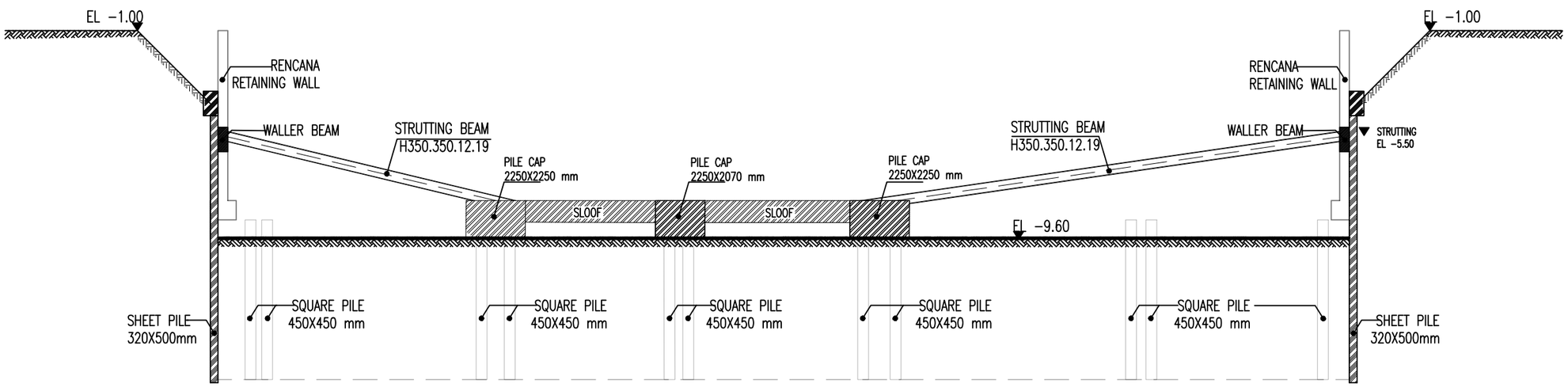
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
10	19



TAHAP 6: PEMASANGAN *STRUTTING*
SKALA 1 : 150



TAHAP 7: GALIAN EMBANKMENT
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

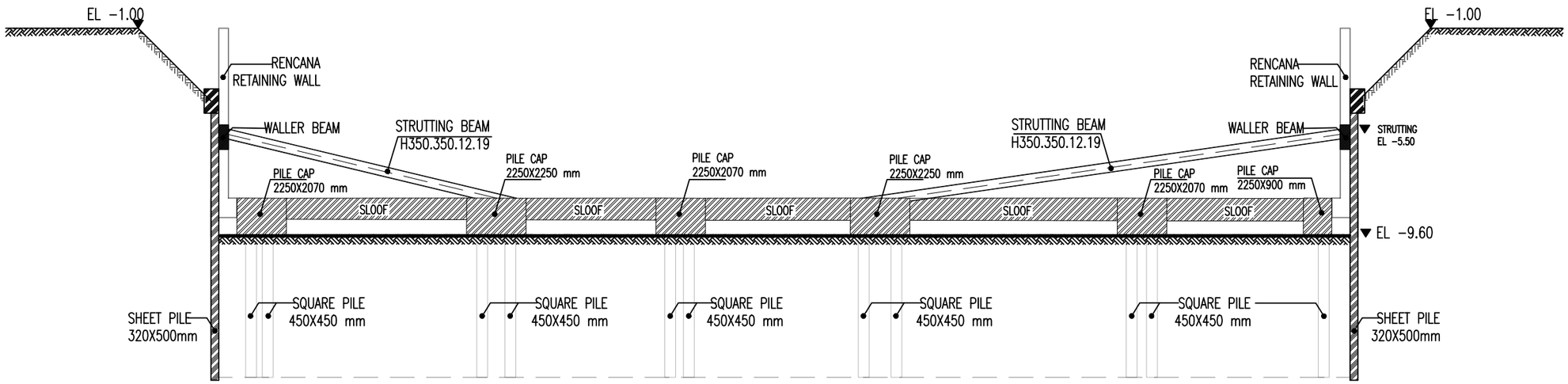
NAMA GAMBAR

1. TAHAP 6
2. TAHAP 7

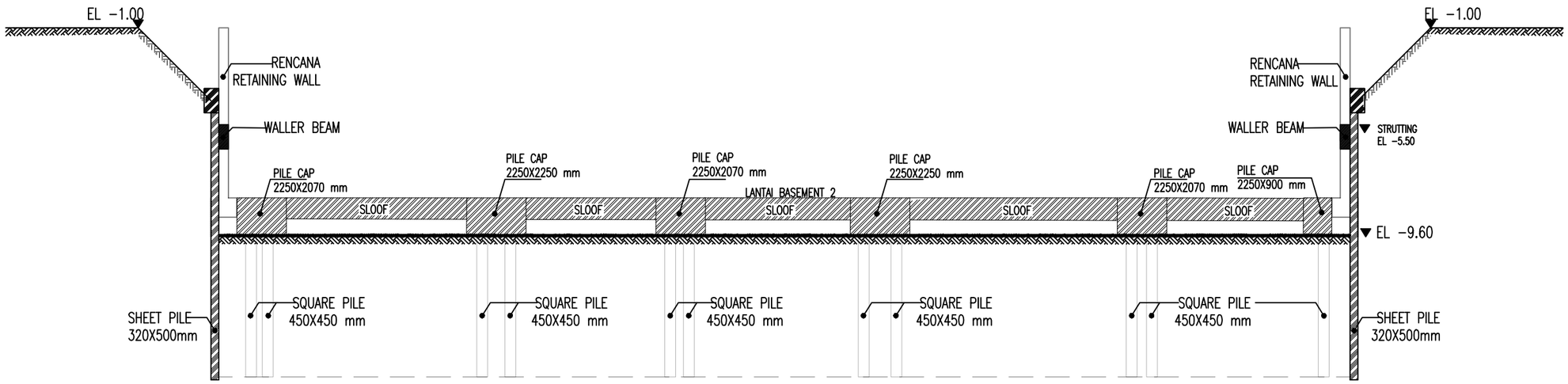
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
11	19



TAHAP 8: PILECAP SISI EMBANKMENT
SKALA 1 : 150



TAHAP 9: PELEPASAN STRUTTING
SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

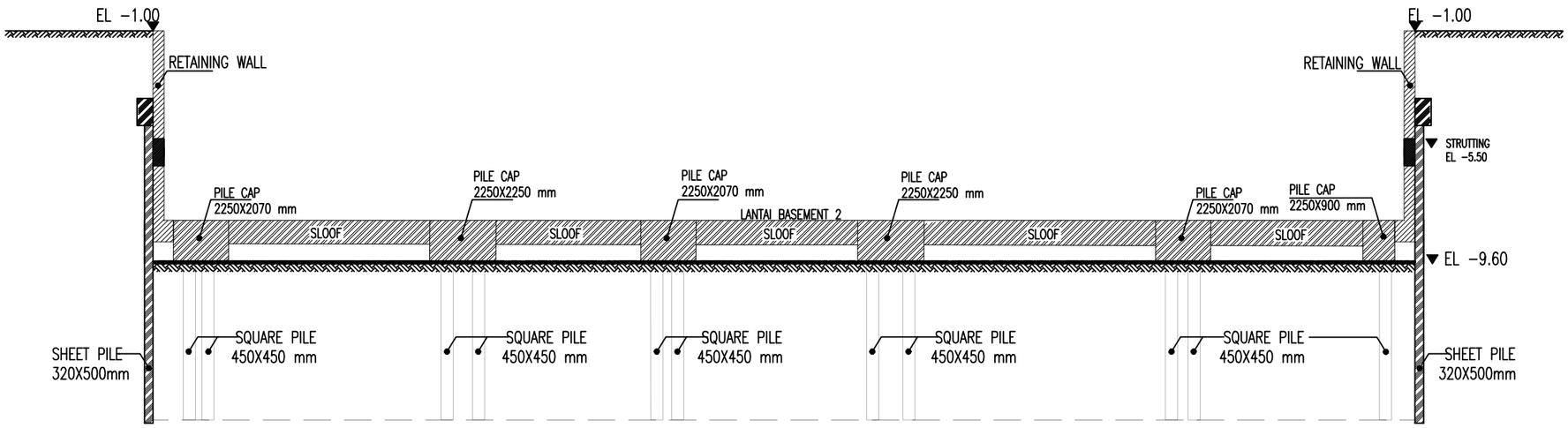
NAMA GAMBAR

1. TAHAP 8
2. TAHAP 9

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
12	19



TAHAP 10: PENGECORAN RETAINING WALL

SKALA 1 : 150

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

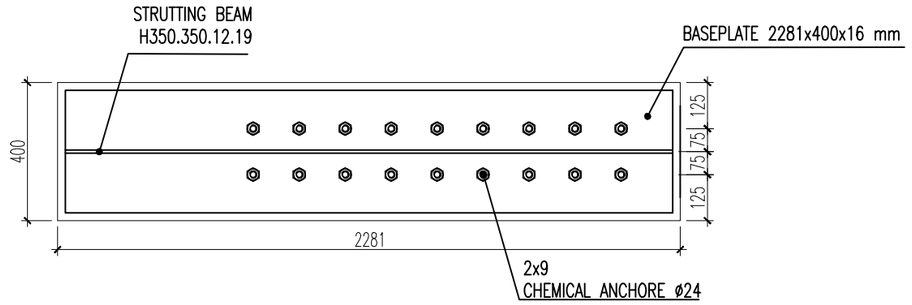
NAMA GAMBAR

1. TAHAP 10

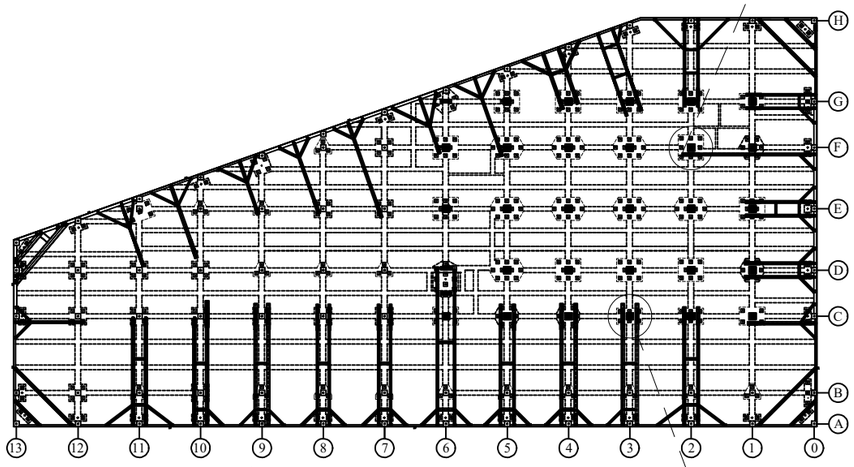
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

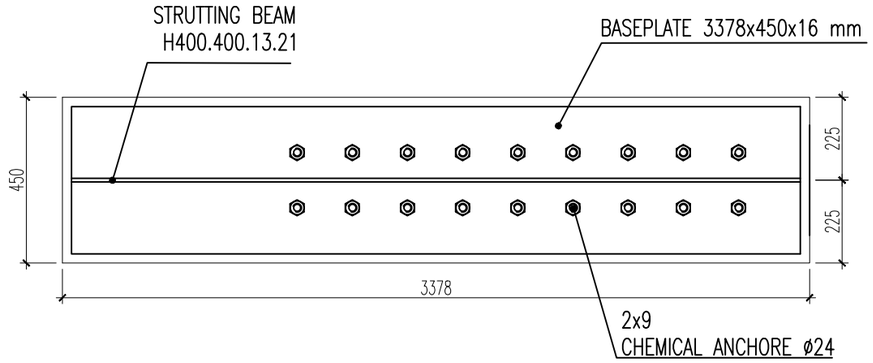
NO. GBR	JML. GBR
13	19



DETAIL BASEPLATE TIPE 2A
SKALA 1 : 25



KEYPLAN
SKALA 1:800



DETAIL BASEPLATE TIPE 1
SKALA 1 : 25

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

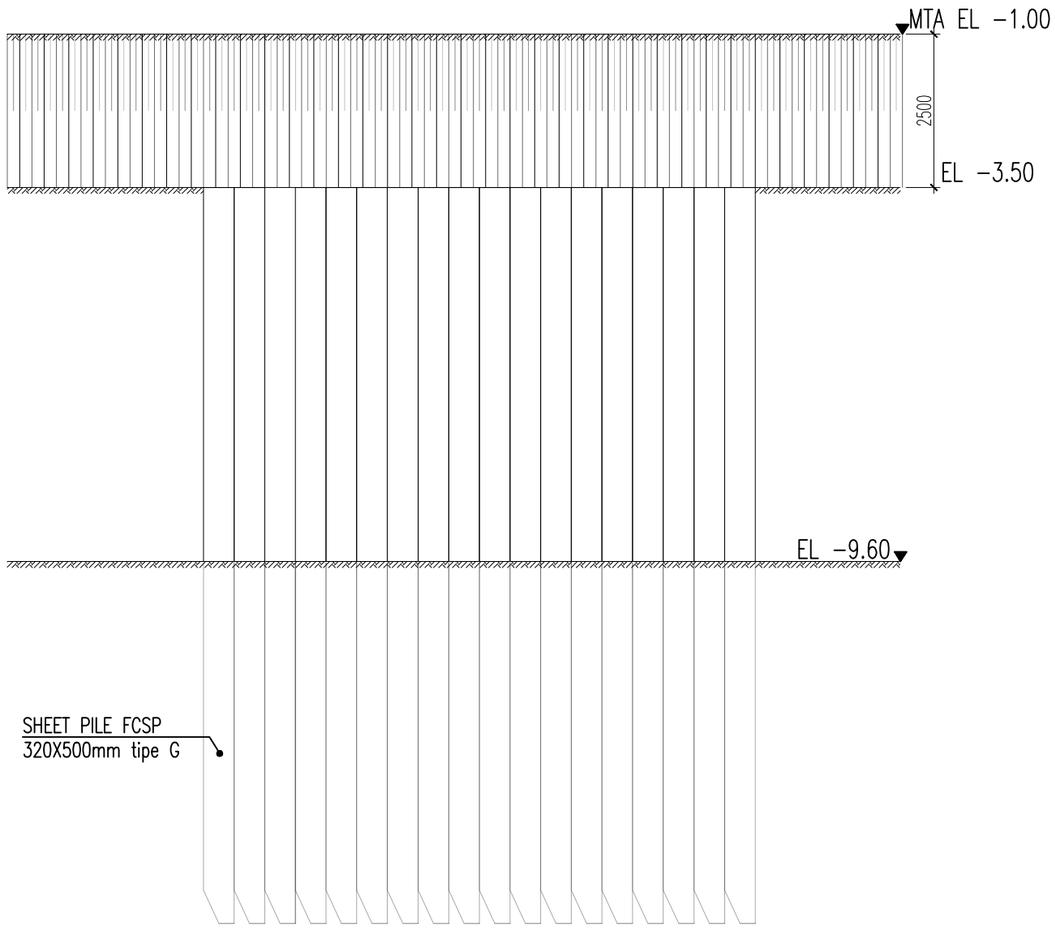
NAMA GAMBAR

DETAIL *BASEPLATE*

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
14	19



Pemancangan Sheet Pile As A-00/01

TAMPAK DEPAN SHEET PILE
SKALA 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

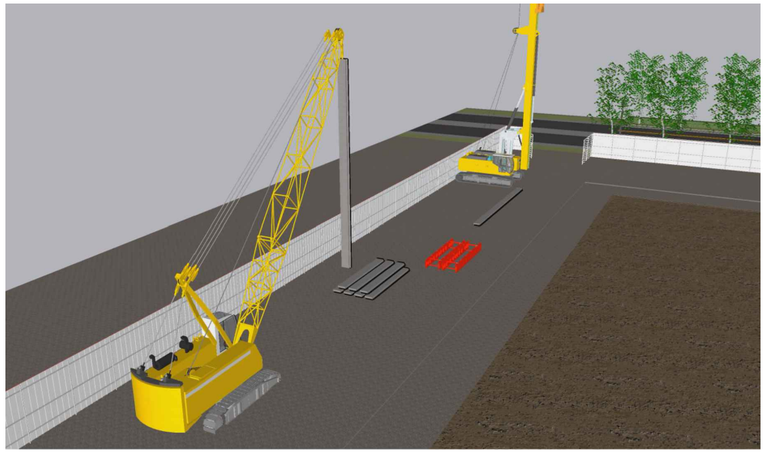
NAMA GAMBAR

TAMPAK DEPAN
SHEET PILE

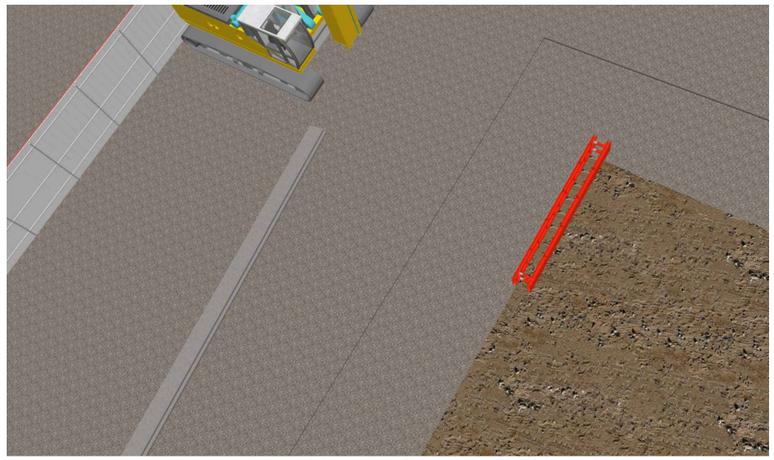
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

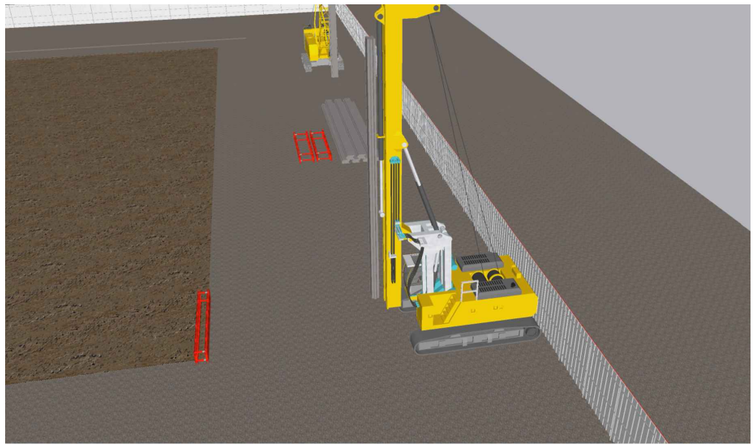
NO. GBR	JML. GBR
15	19



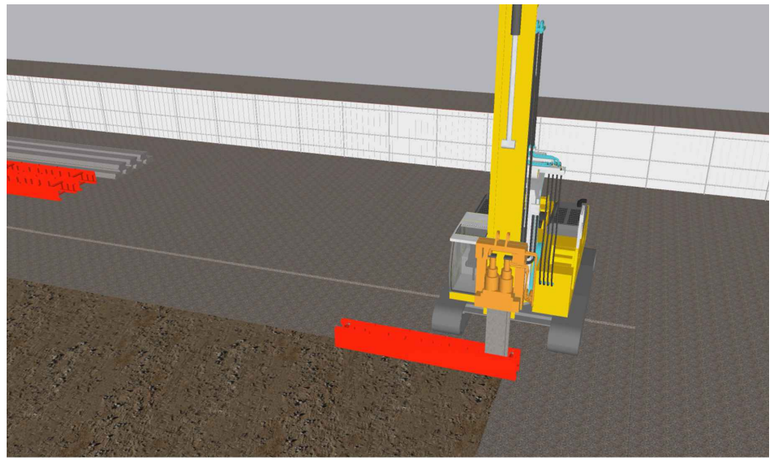
TAHAP 1: KONDISI AWAL SEBELUM GALIAN



TAHAP 2: PEMASANGAN GUIDE BEAM



TAHAP 3: PERSIAPAN PEMANCANGAN



TAHAP 4: PEMANCANGAN (Elv. -3.5 m s/d -15.5 m)

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

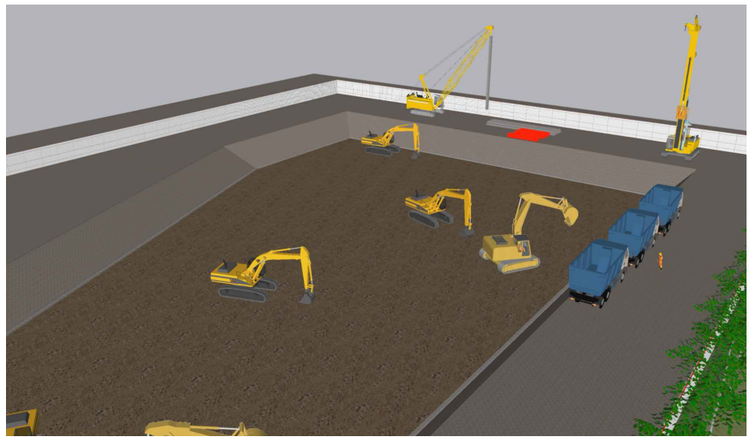
NAMA GAMBAR

METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM

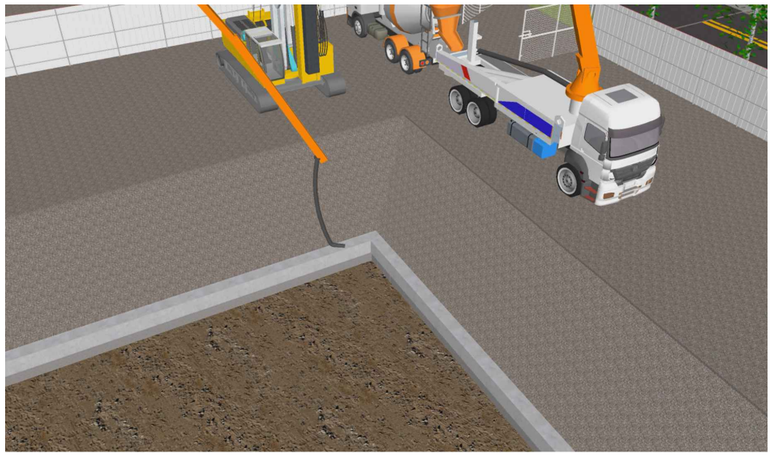
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
16	19



TAHAP 5: GALIAN-1 Elv -4.00 m



TAHAP 6: PEMBUATAN CAPPING BEAM

TAHAP 7: GALIAN-2 Elv -6.00 m

TAHAP 8: GALIAN-3 Elv -8.00 m

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

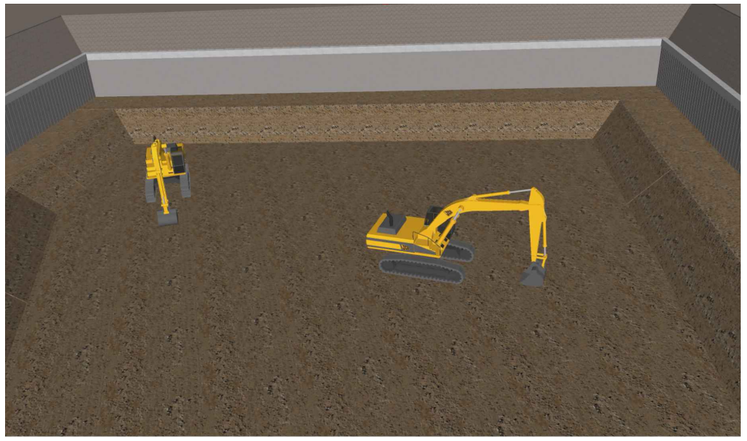
NAMA GAMBAR

METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM

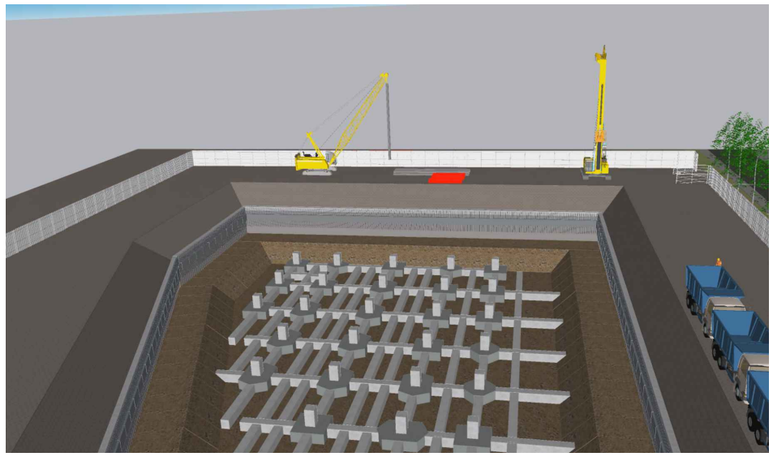
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
17	19

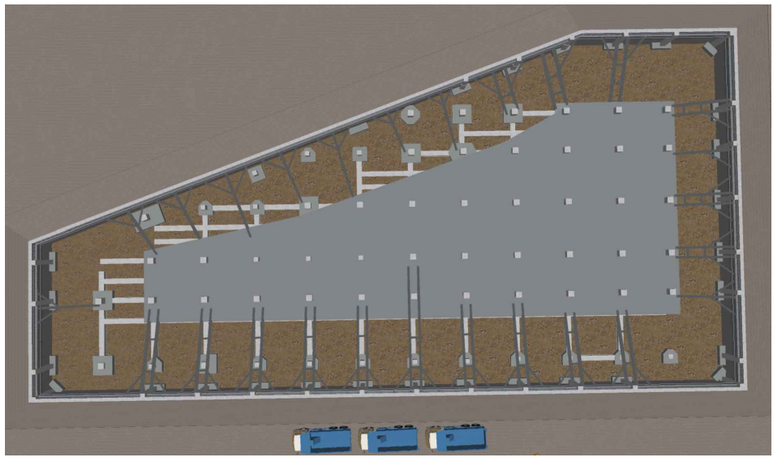


TAHAP 9: GALIAN-4 Elv. -9.60 m



TAHAP 10: PEMASANGAN PILE CAP (SISI TENGAH)

TAHAP 11: PEMASANGAN STRUT Elv. -5.50 m



TAHAP 12: GALIAN EMBANKMENT s/d Elv -9.60 m

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

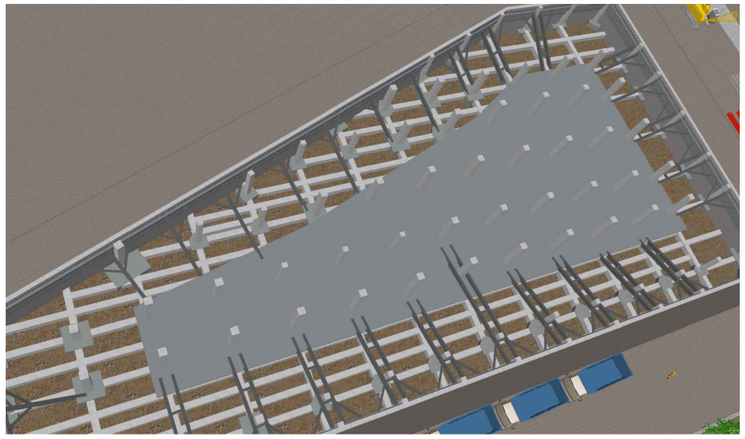
NAMA GAMBAR

METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM

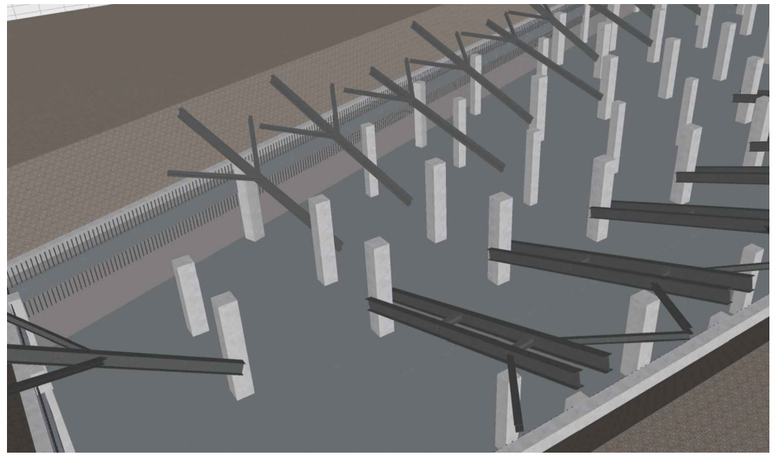
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
18	19



TAHAP 13: PEMASANGAN PILE CAP (SISI EMBANKMENT)



TAHAP 14: PELEPASAN STRUT

TAHAP 15: PENGECORAN RETAINING WALL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

EVALUASI DINDING PENAHAN TANAH *SHEET PILE* PADA GEDUNG KCU BCA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D
NIP.197406262003121001

NAMA MAHASISWA

DELLA AISHA
10111710013003

NAMA GAMBAR

METODE PELAKSANAAN GALIAN DALAM

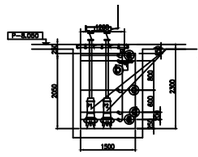
KETERANGAN

Fungsi bangunan : Bank dan Perkantoran
Lokasi : Jl. Mayjen Yono Suwoyo Surabaya
Tipe dinding : *Sheet Pile* FCSP Type G 320 x 500
Jenis Pengaku : *Strutting* baja

NO. GBR	JML. GBR
19	19

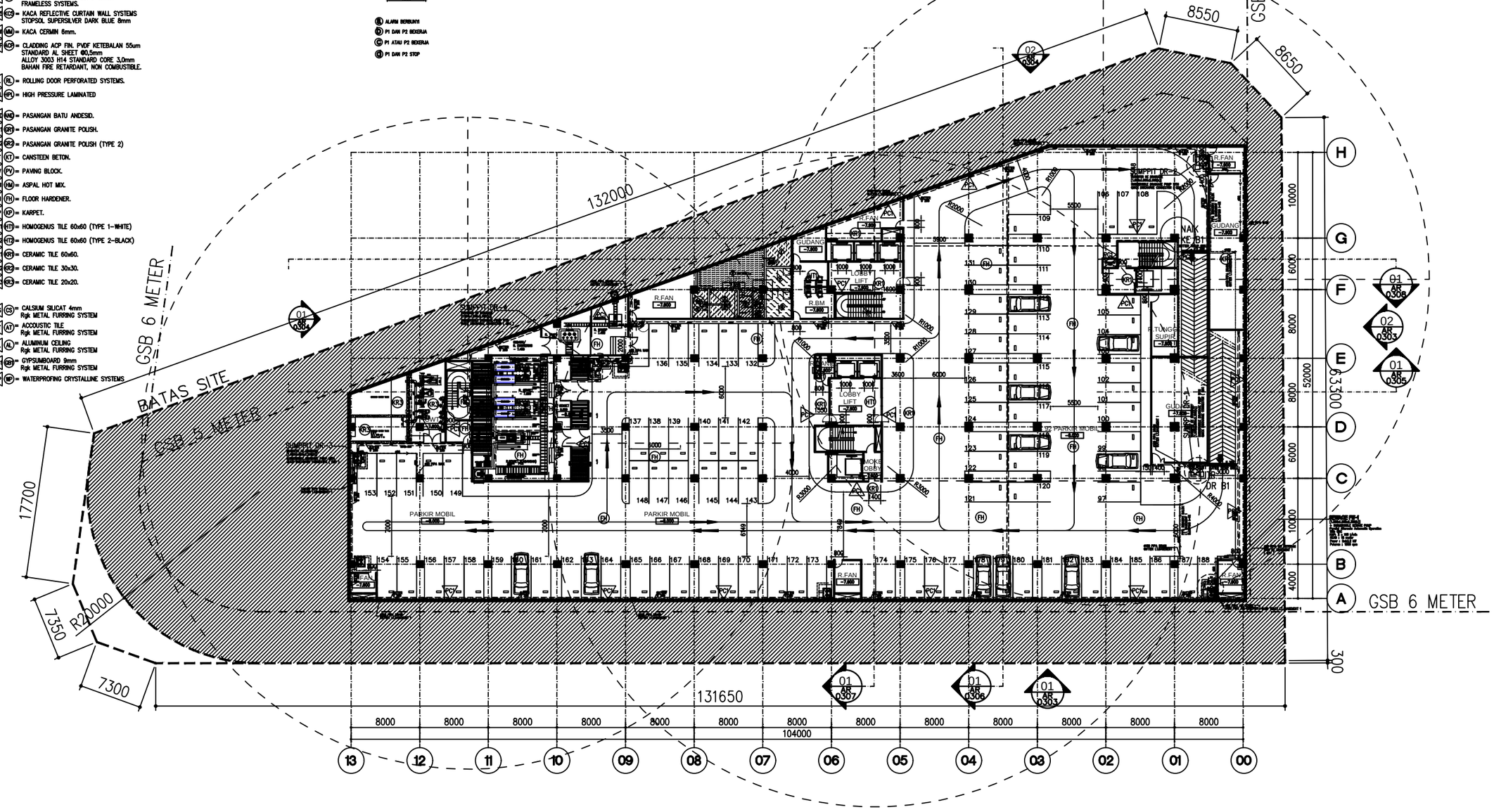
LEGEND :

- PC / PCI = PLASTER ACI+ACRYLIC EMULSION
- PC / PCW = PLASTER ACI+WEATHERSHIELDS
- PT / PT = PARTISI
- KC / KCB = KACA CLEAR LOW-E SUNERGY CLEAR 12mm
- KC / KCB = LAMINATED GLASS 5+5MM PVB
- KC / KCS = KACA LOW-E CURTAIN WALL SYSTEMS SUNERGY SIGMA DARK BLUE 8mm
- KC / KCT = TEMPERED CLEAR GLASS t=10mm FRAMELESS SYSTEMS.
- KC / KCS = KACA REFLECTIVE CURTAIN WALL SYSTEMS STOPSOL SUPERSILVER DARK BLUE 8mm
- MM / MM = KACA CERMIN 6mm.
- ACP / ACP = CLADDING ACP FIN. PVDF KETEBALAN 55um STANDARD AL SHEET Ø0,5mm ALLOY 3003 H14 STANDARD CORE 3,0mm BAHAN FIRE RETARDANT, NON COMBUSTIBLE.
- RL / RL = ROLLING DOOR PERFORATED SYSTEMS.
- HPL / HPL = HIGH PRESSURE LAMINATED
- AN / AN = PASANGAN BATU ANDESID.
- KR / KR = PASANGAN GRANITE POLISH.
- KR / KR = PASANGAN GRANITE POLISH (TYPE 2)
- KT / KT = CANSTEEN BETON.
- PV / PV = PAVING BLOCK.
- AM / AM = ASPAL HOT MIX.
- FH / FH = FLOOR HARDENER.
- KP / KP = KARPET.
- HT1 / HT1 = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 1-WHITE)
- HT2 / HT2 = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 2-BLACK)
- KR / KR = CERAMIC TILE 60x60.
- KR / KR = CERAMIC TILE 30x30.
- KR / KR = CERAMIC TILE 20x20.
- CS / CS = CALSIUM SILICAT 4mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AT / AT = ACCOUSTIC TILE Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AL / AL = ALUMINUM CEILING Rgk METAL FURRING SYSTEM
- GB / GB = GYPSUMBOARD 9mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- WP / WP = WATERPROFING CRYSTALLINE SYSTEMS



SUMPPIT DR-1
TRANSFER KE DRAINAGE
SUBMERSIBLE DRAINAGE PUMP WITH QUICK DISCHARGE CONNECTOR (QDC)
JUMLAH : 2 BUAH
KAP. : 2x150 l/min
HEAD : 10 m
POWER : ± 2x1,5 kW
PUTARAN : 3000 rpm

- B ALARM BERUNYI
- D P1 DAN P2 BEKERJA
- C P1 ATAU P2 BEKERJA
- D P1 DAN P2 STOP



01 DENAH BASEMENT 2
SKALA 1:250

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO SURABAYA

Pemilik :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Legenda :

SKA
NAMA : IR. H. ACHMAD NOERZAMAN AR, MM., IAI
NO. : 0832534

NO.	STATUS	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	REVISI	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
DESIGNER/ENGINEER		
PENANGGUNG JAWAB		
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE : AR 0201 C0.dwg

JUDUL

DENAH BASEMENT 2

SKALA : 1:250

NOMOR GAMBAR :

AR 0201 C0

PERSETUJUAN					
STATUS A B C D					
ITEM	PT. ATELIER ENAM				
	STR.	ARS	MECH	ELEC	ELTN
A DISETUJUI					
B DISETUJUI DG CATATAN					
C DIREVISI					
D DITOLAK					

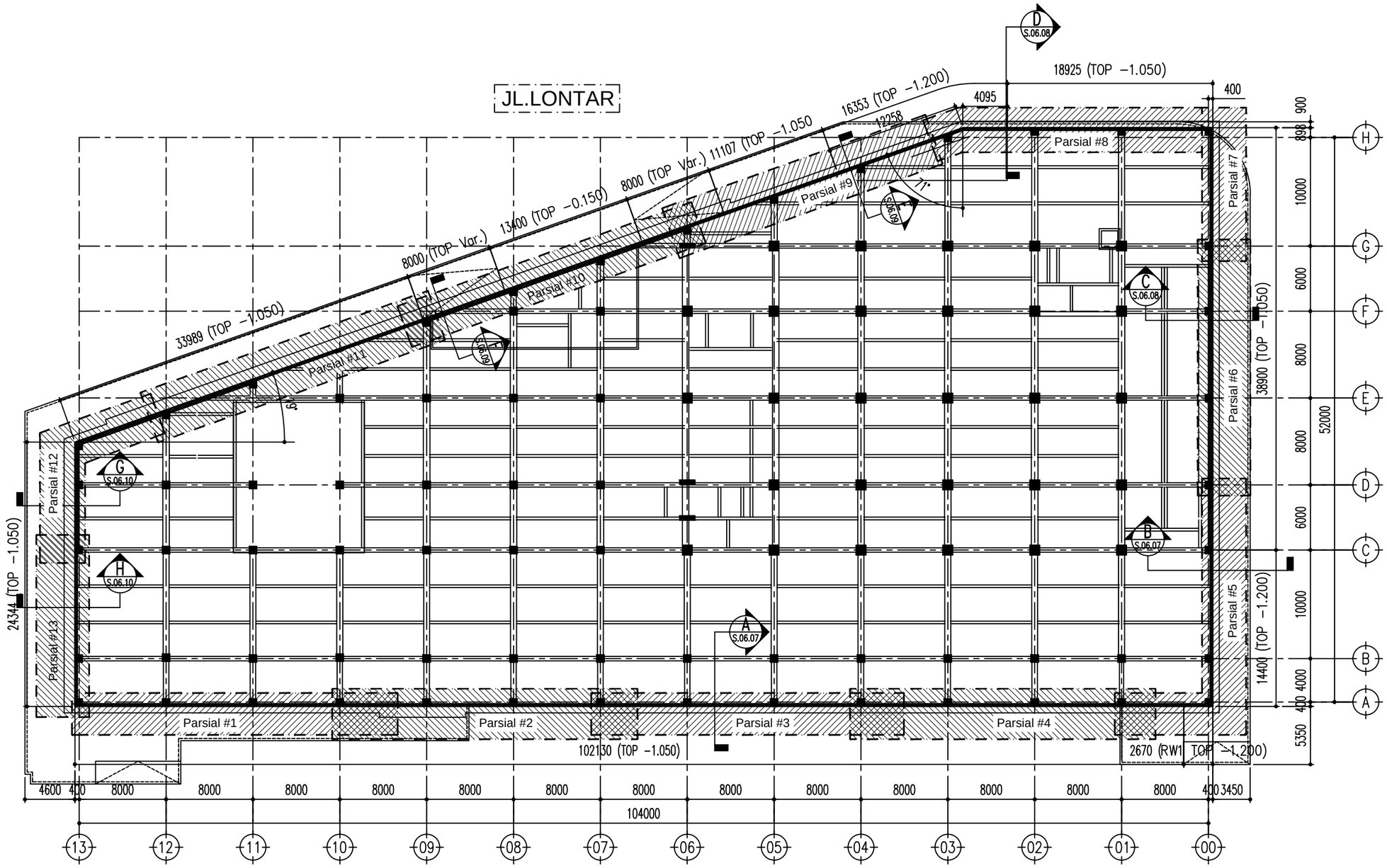
PERSETUJUAN DOKUMEN INI OLEH PT. ATELIER ENAM TIDAK AKAN MEMBEBASKAN KONTRAKTOR DARI TANGGUNG JAWAB DAN KEWAJIBAN LAINNYA SESUAI KONTRAK

LEGEND

* MUTU BETON fc' 30 MPa
  - PILE CAP, KOLOM , BALOK
  - PLAT LANTAI DAN DINDING BETON
* MUTU TULANGAN :
  fy = 400 MPa (BJTD – 40) ≥ D10
  fy = 240 MPa (BJTP – 24) ≤ ø8

REF. GAMBAR

- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.01.01 ~ ST.01.08
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.02.01 ~ ST.02.04
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.03.01 ~ ST.03.04
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.06.01 WO ~ ST.06.02 WO



DENAH RETAINING WALL LT.B2 ~ LT.1
1 : 400

KEYPLAN :

NO	REVISION	DATE

PROJECT :
BANK CENTRAL ASIA
KCU BUKIT DARMO GOLF
SURABAYA

OWNER :
BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

CONSULTANT :
ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

CONSTRUCTION MANAGEMENT :
PT. ATELIER ENAM
PROJECT MANAGEMENT

APPROVED BY	TRI HARI TJAHJONO	
DATE		
CHECK BY		
DATE		

MAIN CONTRACTOR :
TATA
PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH
GENERAL CONTRACTOR
Menyar Megah Indah Plaza Blok K30–32
Jl. Ngagel Jaya Selatan, Surabaya – 60248
PHONE : (031) 5035800
FAX : (031) 5039500
www.tatamulia.co.id

PROPOSED BY	GIOVANNI	
DATE		
DRAWING BY	JEFRY	
DATE	20/05/2020	

DRAWING TITLE
DENAH RETAINING WALL
LANTAI BASEMENT 2 ~ LANTAI BASEMENT 1

REF DRAWING No –

SHEET NUMBER

SCALE 1 : 400

ISSUED FOR
SHOP DRAWING

DRAWING NO	REVISION
S–06.01	R–0

CAD REF E:\Magang 2020\Gambar Cad\Denah Retaining Wall B2_B1_R1.dwg

PERSETUJUAN			
STATUS A B C D			
ITEM	CIRIAJASA CM GEDUNG		
	STR	ARS	M.E.P
A DISETUJUI			
B DISETUJUI DENGAN CATATAN			
C DIREVISI			
D DITOLAK			

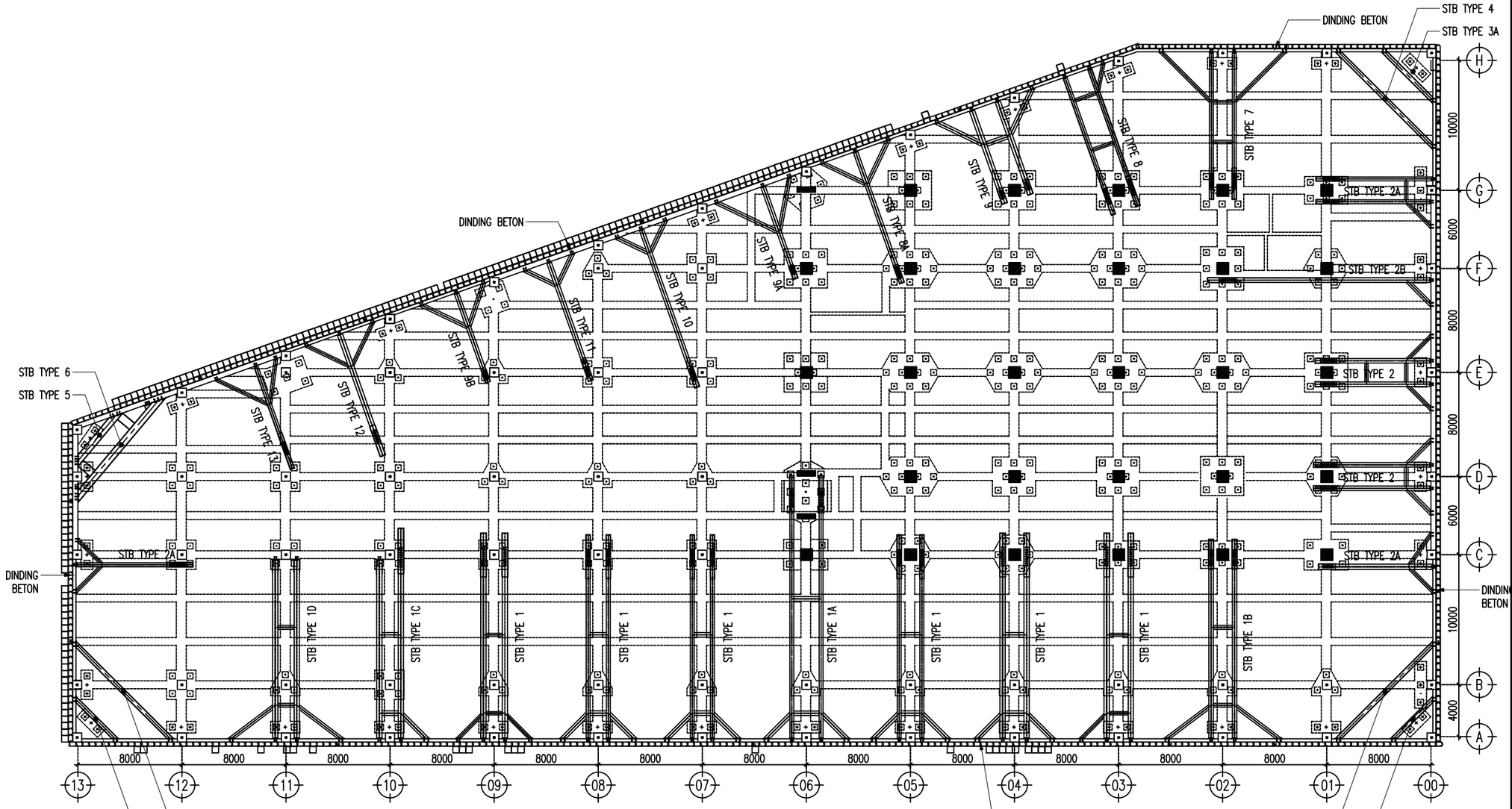
PERSETUJUAN DOKUMEN INI OLEH CIRIAJASA CM GEDUNG TIDAK AKAN MEMBEBASKAN KONTRAKTOR DARI TANGGUNG JAWAB DAN KEWAJIBAN LAINNYA SESUAI KONTRAK

LEGEND

* MUTU BETON fc' 30 MPa
  - PILE CAP, KOLOM , BALOK
  - PLAT LANTAI DAN DINDING BETON
* MUTU TULANGAN :
  fy = 400 MPa (BJTD – 40) ≥ D10
  fy = 240 MPa (BJTP – 24) ≤ ø8

REF. GAMBAR

- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.02.02-R3
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.06.01-W0



LAYOUT STRUTTING BEAM
1 : 350

KEYPLAN :

NO	REVISION	DATE

PROJECT :
BANK CENTRAL ASIA
KCU BUKIT DARMO GOLF
SURABAYA

OWNER :
BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

CONSULTANT :
ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya

CONSTRUCTION MANAGEMENT :
C:\Users\TATA\Downloads\logo.PNG

SUTIYONO
MANAJER KONSTRUKSI

CHECK STRUCTURE BY	RUSYDI ADI WIDYANTO	
DATE		
CHECK ARCHITECTURE BY		
DATE		
CHECK M.E.P BY		
DATE		

MAIN CONTRACTOR :
TATA
PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH
GENERAL CONTRACTOR
Menyar Megah Indah Plaza Blok K30-33
Jl. Ngagel Jaya Selatan, Surabaya – 60248
PHONE : (031) 5035800 ; FAX : (031) 5039500
www.tatamulia.co.id

ABDUL AZIS
PROJECT MANAGER

PROPOSED BY	GIOVANNI LOOGIS	
DATE		
DRAWING BY	WILLIAM HAUWING	
DATE	10/08/2020	

DRAWING TITLE
LAYOUT STRUTTING BEAM

REF DRAWING No

SHEET NUMBER

SCALE 1 : 350

ISSUED FOR SHOP DRAWING

DRAWING NO S-09.01

REVISION –

CAD REF E:\Magang 2020\Gambar Cad\Strutting Beam-2007 4 Zona A Untuk Memo new.dwg

PERSETUJUAN					
STATUS A B C D					
ITEM	PT. ATELIER ENAM				
	STR	ARS	MECH	ELEC	ELTN
A DISETUJUI					
B DISETUJUI DG CATATAN					
C DIREVISI					
D DITOLAK					

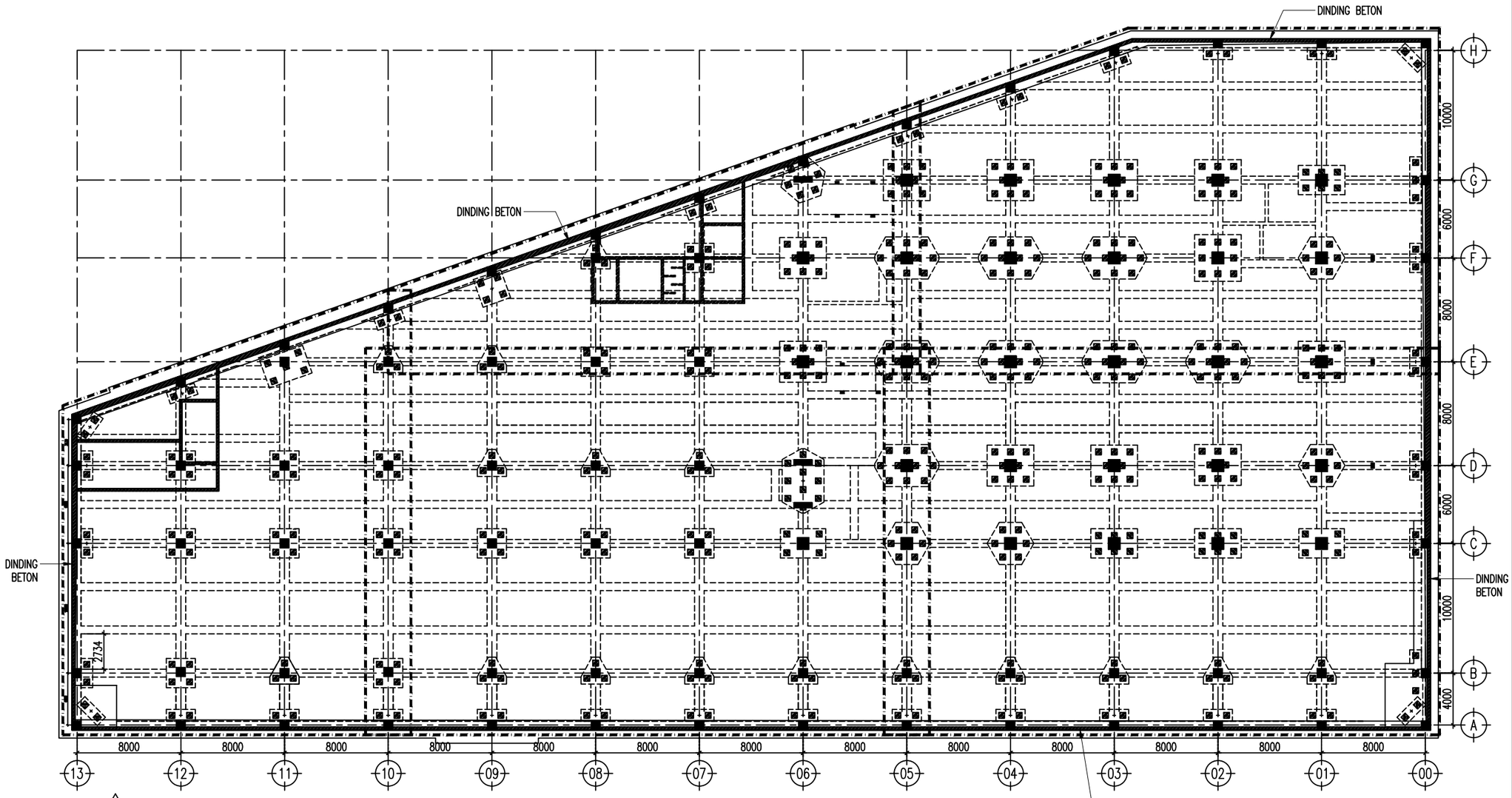
PERSETUJUAN DOKUMEN INI OLEH PT. ATELIER ENAM TIDAK AKAN MEMBEBASKAN KONTRAKTOR DARI TANGGUNG JAWAB DAN KEWAJIBAN LAINNYA SESUAI KONTRAK

LEGEND

* MUTU BETON fc' 30 MPa
  - PILE CAP, KOLOM , BALOK
  - PLAT LANTAI DAN DINDING BETON
* MUTU TULANGAN :
  fy = 400 MPa (BJTD – 40) ≥ D10
  fy = 240 MPa (BJTP – 24) ≤ ø8

REF. GAMBAR

- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.02.01-R2
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.02.02-R3
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.04.01-R
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.04.01C-R
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.04.02-R
- JAWABAN PI NO.S.0003, JAWABAN PI NO.S.0018



R1

LAYOUT PILECAP

1 : 350

KEYPLAN :

NO	REVISION	DATE
R-1	PERGESERAN POSISI SUMP-PIT	07/07/20

PROJECT :

BANK CENTRAL ASIA
KCU BUKIT DARMO GOLF
SURABAYA

OWNER :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

CONSULTANT :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E

ARKONIN
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

CONSTRUCTION MANAGEMENT :

PT. ATELIER ENAM
PROJECT MANAGEMENT

APPROVED BY	TRI HARI TJAHJONO	
DATE		
CHECK BY		
DATE		

MAIN CONTRACTOR :

TATA
PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH
GENERAL CONTRACTOR
Menyar Megah Indah Plaza Blok K30-32
Jl. Ngagel Jaya Selatan, Surabaya – 60248
PHONE : (031) 5039500
FAX : (031) 5039500
www.tatamulia.co.id

PROPOSED BY	GIOVANNI	
DATE		
DRAWING BY	JEFRY	
DATE	07/07/2020	

DRAWING TITLE

LAYOUT PILECAP

REF DRAWING No –

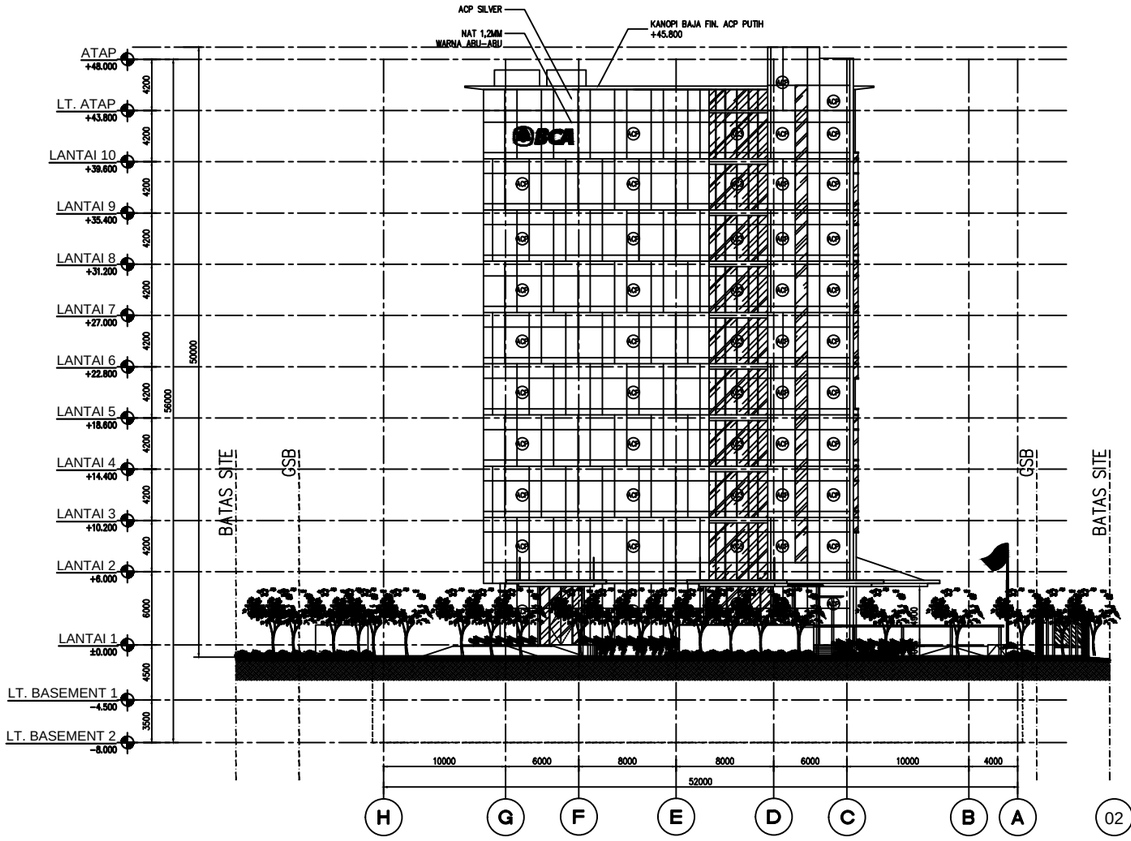
SHEET NUMBER

SCALE 1 : 350

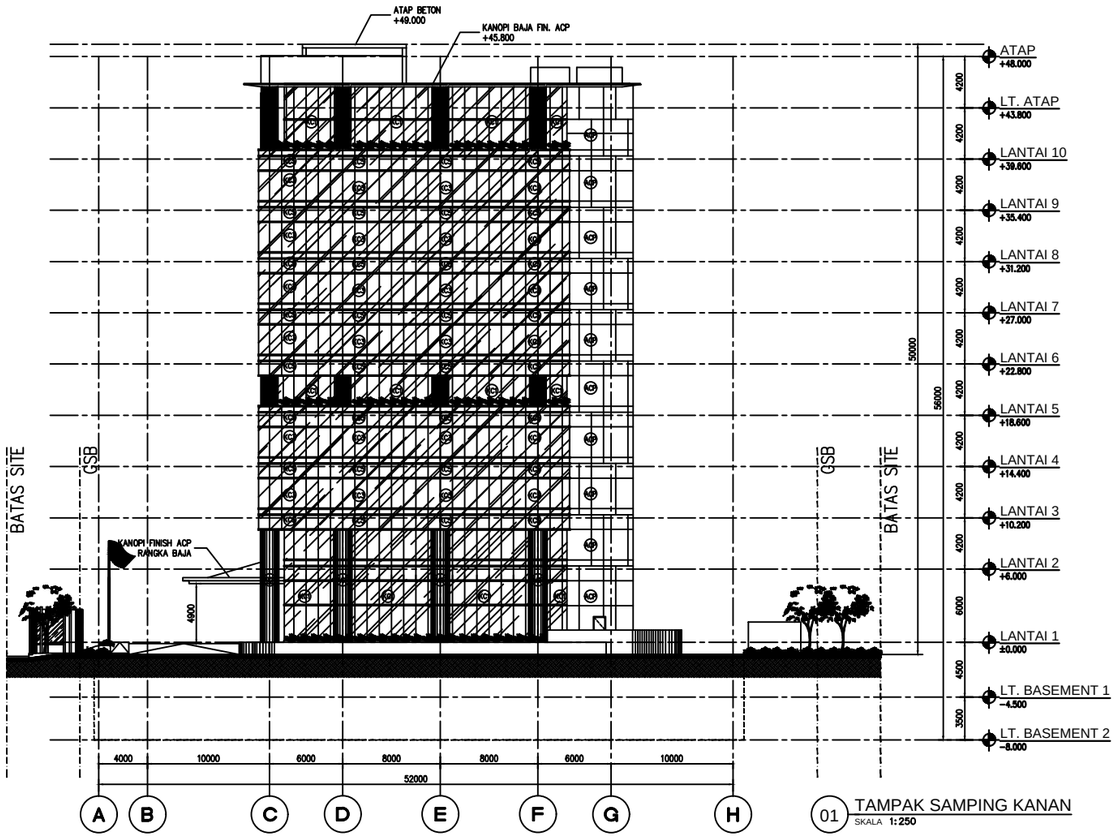
ISSUED FOR
SHOP DRAWING

DRAWING NO	REVISION
S-01.09	R-1

CAD REF E:\Magang 2020\Gambar Cad\Lt-B2_R0.2.dwg



02 TAMPAK SAMPING KIRI
SKALA 1:250



01 TAMPAK SAMPING KANAN
SKALA 1:250

LEGEND :

- AC1 (PC) = PLASTER AC1+ACRYLIC EMULSION
- AC2 (PC) = PLASTER AC1+WEATHERSHIELDS
- PT (PT) = PARTISI
- KC1 (KC) = KACA CLEAR LOW-E SUNERGY CLEAR 12mm
- KL (KL) = LAMINATED GLASS 5+5MM PVB
- KC2 (KC) = KACA LOW-E CURTAIN WALL SYSTEMS SUNERGY SIGMA DARK BLUE 8mm
- KC4 (KC) = TEMPERED CLEAR GLASS t=10mm FRAMELESS SYSTEMS.
- KC5 (KC) = KACA REFLECTIVE CURTAIN WALL SYSTEMS STOPSOL SUPERSILVER DARK BLUE 8mm
- KM (KM) = KACA CERMIN 6mm.
- ACP (KP) = CLADDING ACP FIN. PVDF KETEBALAN 55um STANDARD AL SHEET Ø0,5mm ALLOY 3003 H14 STANDARD CORE 3,0mm BAHAN FIRE RETARDANT, NON COMBUSTIBLE.
- RL (RL) = ROLLING DOOR PERFORATED SYSTEMS.
- HPL (HPL) = HIGH PRESSURE LAMINATED
- AND (AND) = PASANGAN BATU ANDESID.
- GR1 (GR1) = PASANGAN GRANITE POLISH.
- GR2 (GR2) = PASANGAN GRANITE POLISH (TYPE 2)
- KT (KT) = CANSTEEN BETON.
- PV (PV) = PAVING BLOCK.
- AM (AM) = ASPAL HOT MIX.
- FH (FH) = FLOOR HARDENER.
- KP (KP) = KARPET.
- HT1 (HT1) = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 1-WHITE)
- HT2 (HT2) = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 2-BLACK)
- KR1 (KR1) = CERAMIC TILE 60x60.
- KR2 (KR2) = CERAMIC TILE 30x30.
- KR3 (KR3) = CERAMIC TILE 20x20.
- CS (CS) = CALSIUM SILICAT 4mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AT (AT) = ACCOUSTIC TILE Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AL (AL) = ALUMINIUM CEILING Rgk METAL FURRING SYSTEM
- GB (GB) = GYPSUMBOARD 9mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- WP (WP) = WATERPROFING CRYSTALLINE SYSTEMS

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO
SURABAYA

Pemilik :

BCA

GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E

ARKONIN

Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Legenda :

SKA
NAMA : IR. H. ACHMAD NOERZAMAN AR, MM., IAI
NO. : 0832534

NO.	S T A T U S	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	R E V I S I	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
DESIGNER/ENGINEER		
PENANGGUNG JAWAB		
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE : AR 0301-02 C0.dwg

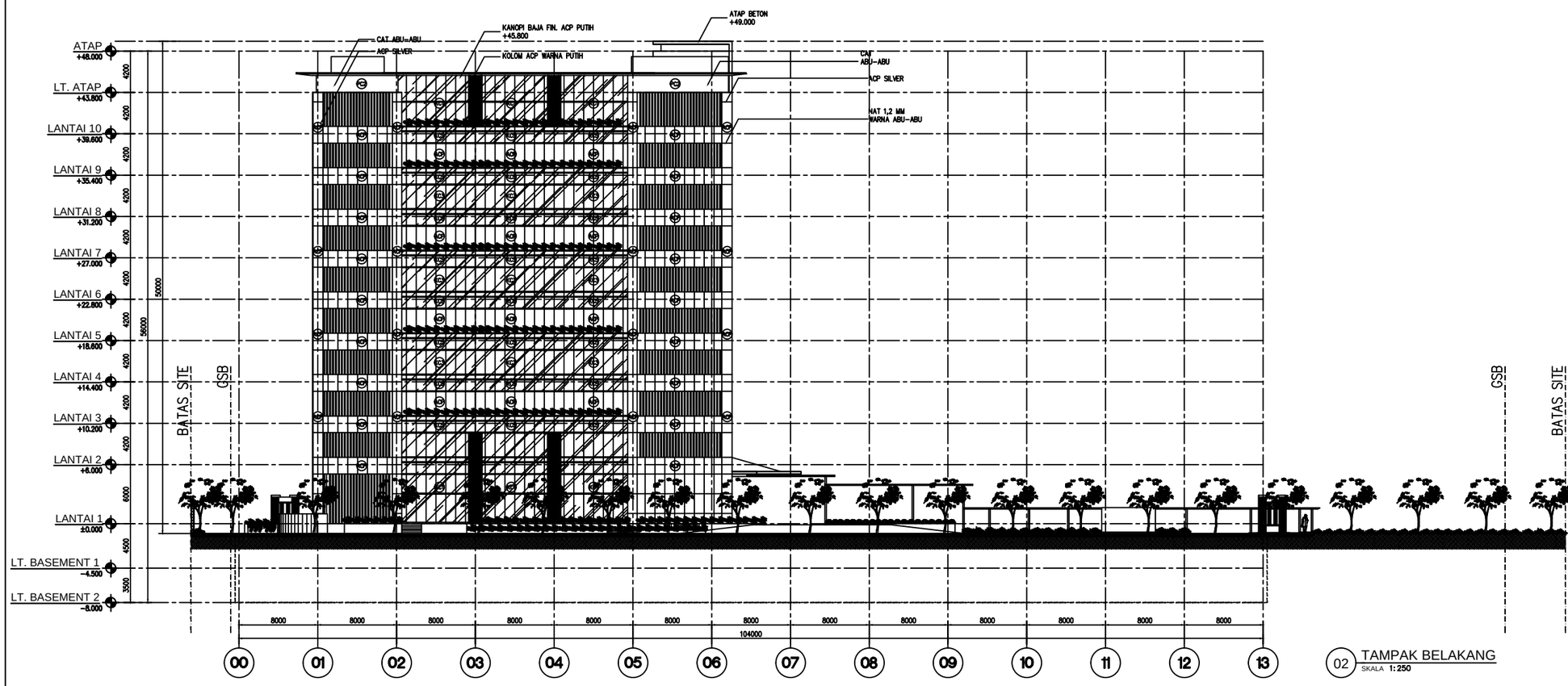
JUDUL

TAMPAK KESELURUHAN SAMPING KANAN DAN KIRI

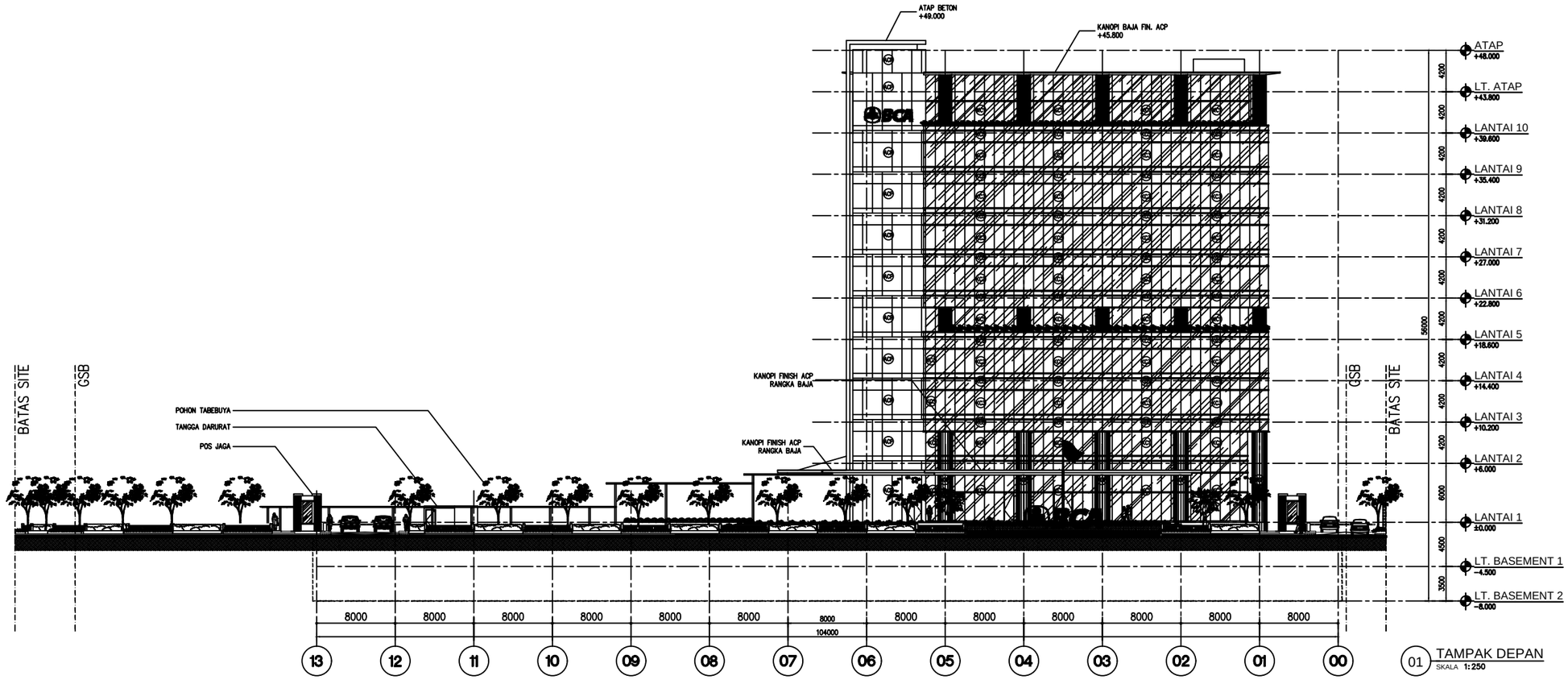
SKALA : 1:250

NOMOR GAMBAR :

AR 0302 C0



02 TAMPAK BELAKANG
SKALA 1:250



01 TAMPAK DEPAN
SKALA 1:250

LEGEND :

- AC1 (PC) = PLASTER AC1+ACRYLIC EMULSION
- AC2 (PC) = PLASTER AC1+WEATHERSHIELDS
- AT (PT) = PARTISI
- AC3 (KC) = KACA CLEAR LOW-E SUNERGY CLEAR 12mm
- AL (LC) = LAMINATED GLASS 5+5MM PVB
- AC1 (KC) = KACA LOW-E CURTAIN WALL SYSTEMS SUNERGY SIGMA DARK BLUE 8mm
- AC4 (KC) = TEMPERED CLEAR GLASS t=10mm FRAMELESS SYSTEMS.
- AC5 (KC) = KACA REFLECTIVE CURTAIN WALL SYSTEMS STOPSOL SUPERSILVER DARK BLUE 8mm
- AM (MM) = KACA CERMIN 6mm.
- ACP (KP) = CLADDING ACP FIN. PVDF KETEBALAN 55um STANDARD AL SHEET Ø0,5mm ALLOY 3003 H14 STANDARD CORE 3,0mm BAHAN FIRE RETARDANT, NON COMBUSTIBLE.
- AL (RL) = ROLLING DOOR PERFORATED SYSTEMS.
- APL (PL) = HIGH PRESSURE LAMINATED
- AND (AN) = PASANGAN BATU ANDESID.
- AGR (GR) = PASANGAN GRANITE POLISH.
- AGR2 (GR2) = PASANGAN GRANITE POLISH (TYPE 2)
- AT (KT) = CANSTEEN BETON.
- AV (PV) = PAVING BLOCK.
- AM (HM) = ASPAL HOT MIX.
- AH (FH) = FLOOR HARDENER.
- AP (KP) = KARPET.
- AT1 (HT1) = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 1-WHITE)
- AT2 (HT2) = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 2-BLACK)
- AK1 (KR) = CERAMIC TILE 60x60.
- AK2 (KR) = CERAMIC TILE 30x30.
- AK3 (KR) = CERAMIC TILE 20x20.
- AS (CS) = CALSIUM SILICAT 4mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AT (AT) = ACCOUSTIC TILE Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AL (AL) = ALUMINUM CEILING Rgk METAL FURRING SYSTEM
- ASB (GB) = GYPSUMBOARD 9mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AP (WP) = WATERPROFING CRYSTALLINE SYSTEMS

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO
SURABAYA

Pemilik :

BCA

GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E

ARKONIN

Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Legenda :

SKA
NAMA : IR. H. ACHMAD NOERZAMAN AR, MM., IAI
NO. : 0832534

NO.	STATUS	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	REVISI	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
DESIGNER/ENGINEER		
PENANGGUNG JAWAB		
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE : AR 0301-02 C0.dwg

JUDUL

TAMPAK KESELURUHAN DEPAN DAN BELAKANG

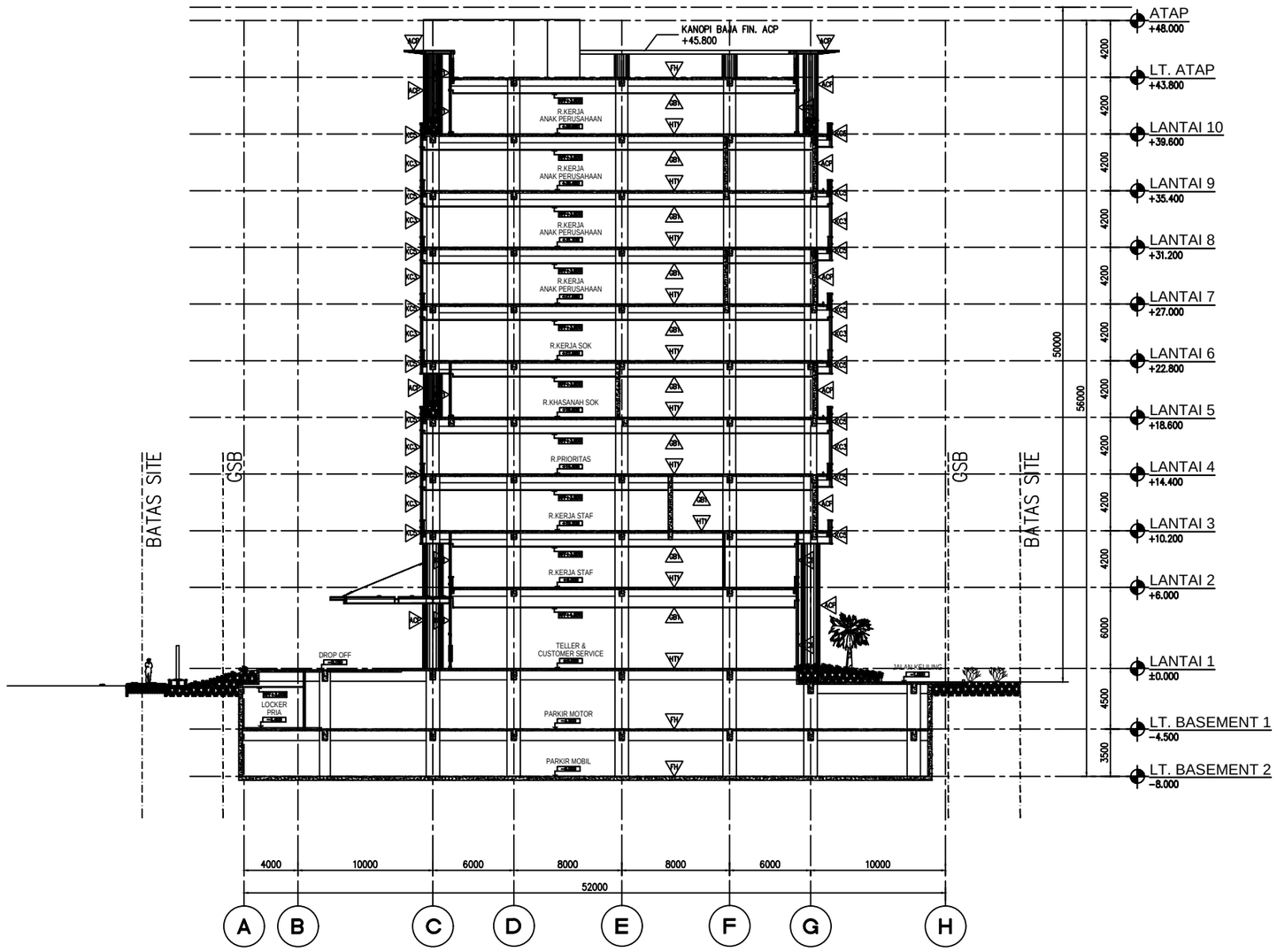
SKALA : 1:250

NOMOR GAMBAR :

AR 0301 C0

LEGEND :

- PC / PC = PLASTER ACI+ACRYLIC EMULSION
- PC / PC = PLASTER ACI+WEATHERSHIELDS
- PT / PT = PARTISI
- KC / KC = KACA CLEAR LOW-E SUNERGY CLEAR 12mm
- KC / KC = LAMINATED GLASS 5+5MM PVB
- KC / KC = KACA LOW-E CURTAIN WALL SYSTEMS SUNERGY SIGMA DARK BLUE 8mm
- KC / KC = TEMPERED CLEAR GLASS t=10mm FRAMELESS SYSTEMS.
- KC / KC = KACA REFLECTIVE CURTAIN WALL SYSTEMS STOPSOL SUPERSILVER DARK BLUE 8mm
- KM / KM = KACA CERMIN 6mm.
- ACP / ACP = CLADDING ACP FIN. PVDF KETEBALAN 55um STANDARD AL SHEET Ø0,5mm ALLOY 3003 H14 STANDARD CORE 3,0mm BAHAN FIRE RETARDANT, NON COMBUSTIBLE.
- RL / RL = ROLLING DOOR PERFORATED SYSTEMS.
- HPL / HPL = HIGH PRESSURE LAMINATED
- AN / AN = PASANGAN BATU ANDESID.
- GR / GR = PASANGAN GRANITE POLISH.
- GR / GR = PASANGAN GRANITE POLISH (TYPE 2)
- KT / KT = CANSTEEN BETON.
- PV / PV = PAVING BLOCK.
- HM / HM = ASPAL HOT MIX.
- FH / FH = FLOOR HARDENER.
- KP / KP = KARPET.
- HT / HT = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 1-WHITE)
- HT / HT = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 2-BLACK)
- KR / KR = CERAMIC TILE 60x60.
- KR / KR = CERAMIC TILE 30x30.
- KR / KR = CERAMIC TILE 20x20.
- CS / CS = CALSIUM SILICAT 4mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AT / AT = ACCOUSTIC TILE Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AL / AL = ALUMINUM CEILING Rgk METAL FURRING SYSTEM
- GB / GB = GYPSUMBOARD 9mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- WP / WP = WATERPROFING CRYSTALLINE SYSTEMS



01 POTONGAN B-B
SKALA 1:200

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO
SURABAYA

Pemilik :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jl. Bintara Taman Timur, Bintara Jaya
Jakarta 13330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Legenda :

SKA
NAMA : IR. H. ACHMAD NOERZAMAN AR, MM., IAI
NO. : 0832534

NO.	STATUS	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	REVISI	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
DESIGNER/ENGINEER		
PENANGGUNG JAWAB		
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE : AR 0305-08 C0.dwg

JUDUL

POTONGAN B-B

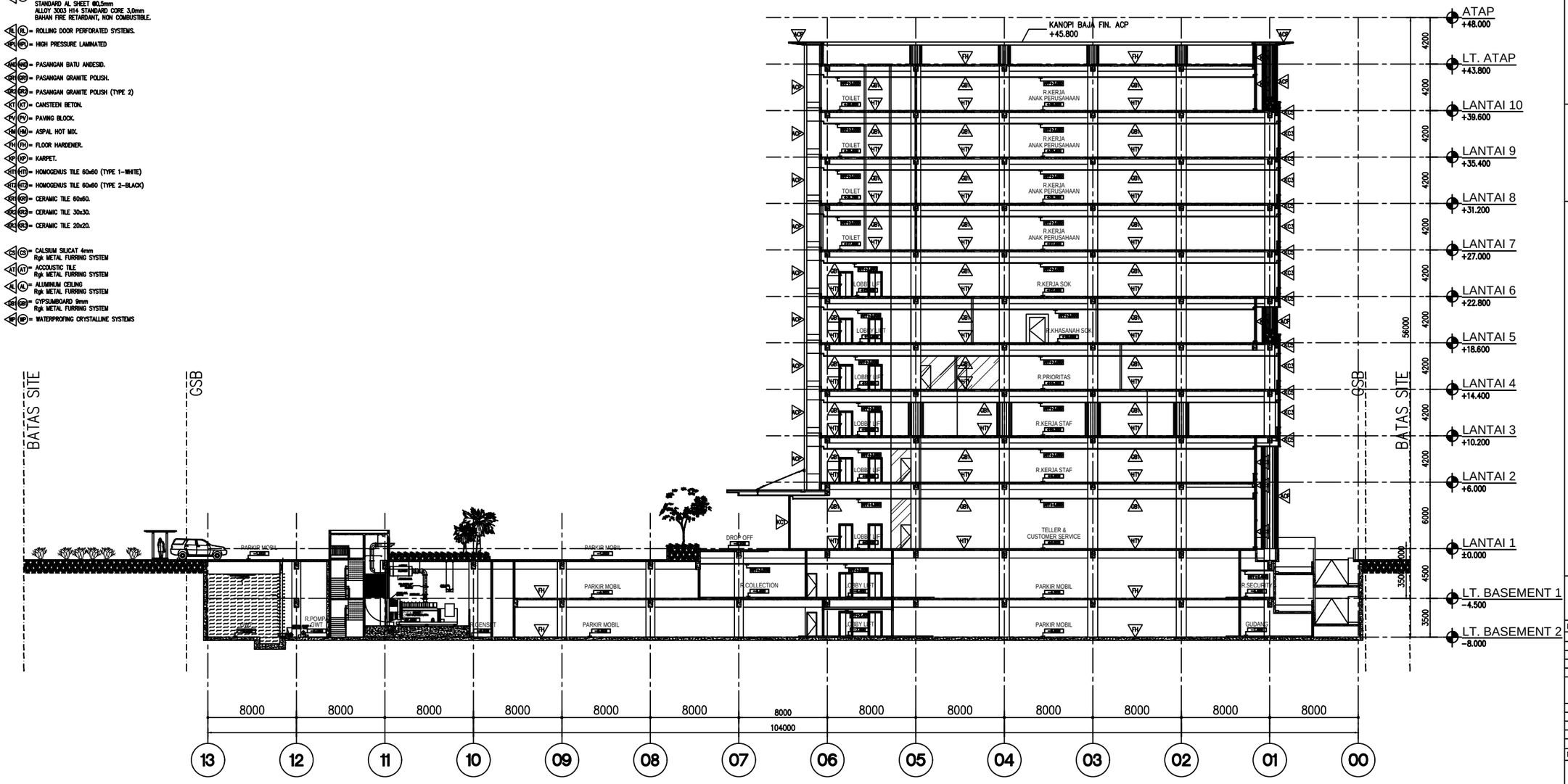
SKALA : 1:200

NOMOR GAMBAR :

AR 0306 C0

LEGEND :

- PC/PCO = PLASTER ACI+ACRYLIC EMULSION
- PC/PCW = PLASTER ACI+WEATHERSHIELDS
- PT/PTI = PARTISI
- KC/KCO = KACA CLEAR LOW-E SUNERGY CLEAR 12mm
- KC/KCL = LAMINATED GLASS 5+5MM PVB
- KC/KCC = KACA LOW-E CURTAIN WALL SYSTEMS SUNERGY SIGMA DARK BLUE 8mm
- KC/KCB = TEMPERED CLEAR GLASS t=10mm FRAMELESS SYSTEMS.
- KC/KCR = KACA REFLECTIVE CURTAIN WALL SYSTEMS STOPSOL SUPERSILVER DARK BLUE 8mm
- KM/KMA = KACA CERMIN 6mm.
- ACP/ACP = CLADDING ACP FIN. PVDF KETEBALAN 55um STANDARD AL SHEET Ø0,5mm ALLOY 3003 H14 STANDARD CORE 3,0mm BAHAN FIRE RETARDANT, NON COMBUSTIBLE.
- RL/RL = ROLLING DOOR PERFORATED SYSTEMS.
- HPL/HPL = HIGH PRESSURE LAMINATED
- PAN/PAN = PASANGAN BATU ANDESID.
- PGR/PGR = PASANGAN GRANITE POLISH.
- PGR/PGR = PASANGAN GRANITE POLISH (TYPE 2)
- KT/KT = CANSTEEN BETON.
- PV/PV = PAVING BLOCK.
- HM/HM = ASPAL HOT MIX.
- FH/FH = FLOOR HARDENER.
- KP/KP = KARPET.
- HT/HTI = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 1-WHITE)
- HT/HTB = HOMOGENUS TILE 60x60 (TYPE 2-BLACK)
- KR/KRI = CERAMIC TILE 60x60.
- KR/KRS = CERAMIC TILE 30x30.
- KR/KRA = CERAMIC TILE 20x20.
- CS/CS = CALSIUM SILICAT 4mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AT/AT = ACCOUSTIC TILE Rgk METAL FURRING SYSTEM
- AL/AL = ALUMINUM CEILING Rgk METAL FURRING SYSTEM
- GB/GB = GYPSUMBOARD 9mm Rgk METAL FURRING SYSTEM
- WP/WP = WATERPROFING CRYSTALLINE SYSTEMS



01 POTONGAN A-A
SKALA 1:200

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO
SURABAYA

Pemilik :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Legenda :

SKA
NAMA : IR. H. ACHMAD NOERZAMAN AR, MM., IAI
NO. : 0832534

NO.	STATUS	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	REVISI	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
DESIGNER/ENGINEER		
PENANGGUNG JAWAB		
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE : AR 0305-08 C0.dwg

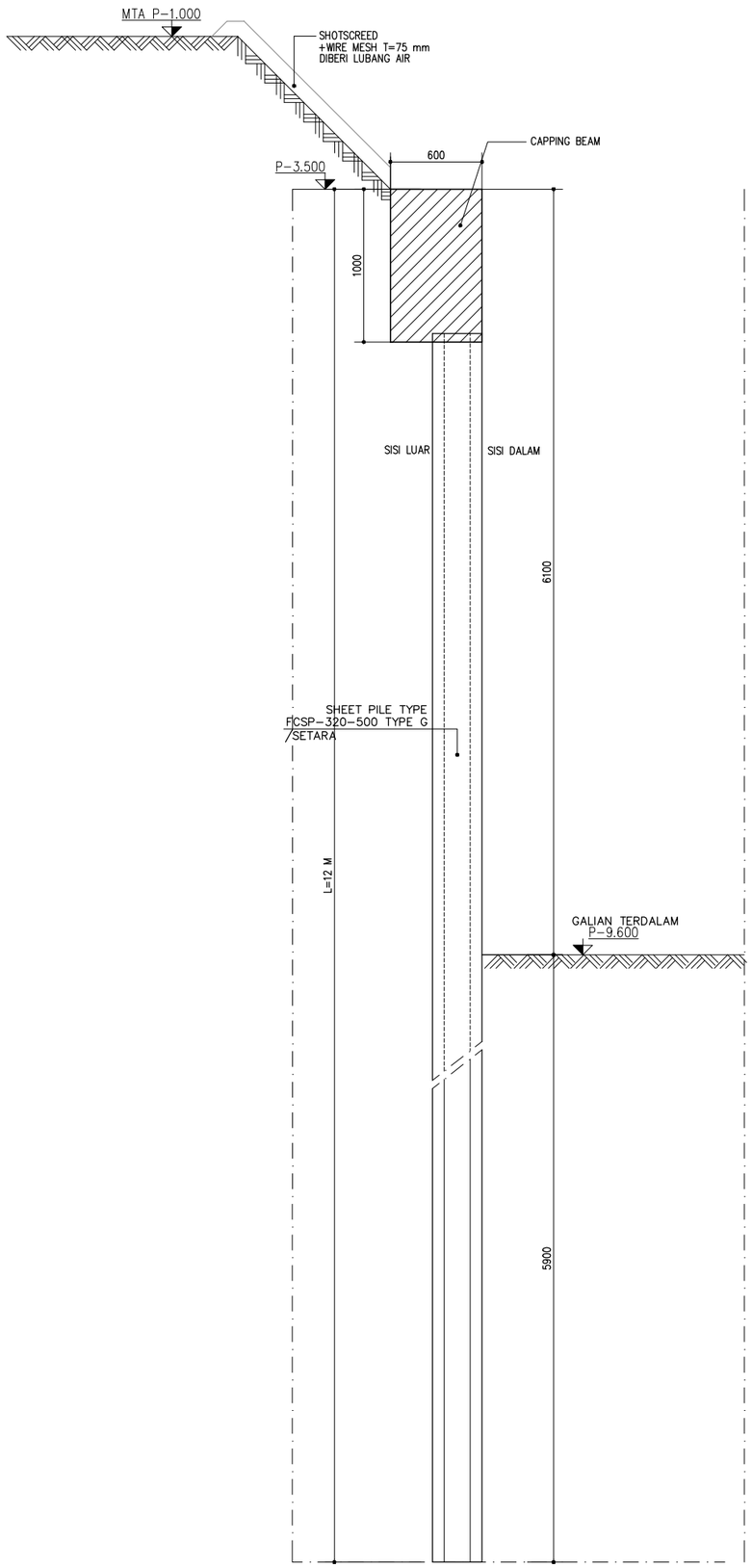
JUDUL

POTONGAN A-A

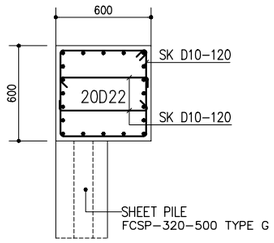
SKALA : 1:200

NOMOR GAMBAR :

AR 0305 C0

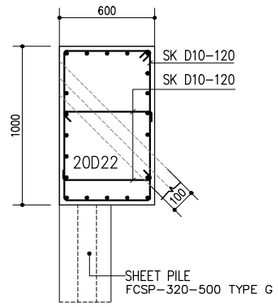


DETAIL SHEET PILE
SKALA 1 : 20



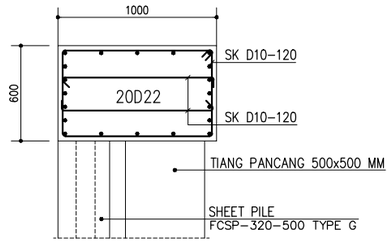
20 D22
SK 2D10-120
FC' 30 MPa

DETAIL CAPPING BEAM
SKALA 1 : 20



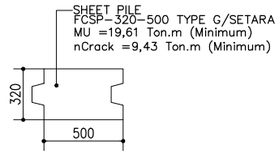
20 D22
SK 2D10-120
FC' 30 MPa

DETAIL CAPPING BEAM
SKALA 1 : 20



20 D22
SK 2D10-120
FC' 30 MPa

DETAIL CAPPING BEAM
SKALA 1 : 20



DETAIL SHEET PILE
SKALA 1 : 20

Proyek :

BANK CENTRAL ASIA
BUKIT DARMO
SURABAYA

Pemilik :

BCA

GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

Konsultan :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E

ARKONIN

Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829

Catatan :

I P T B
NAMA : Ir. ADRIAN P. TANDIAN
NO. : 49/8.6.1/31/-1.785.5/2016

NO.	S T A T U S	TANGGAL	PARAF
1			
2			
3			
4			
5			

NO.	R E V I S I	TANGGAL	PARAF
5			
4			
3			
2			
1			

DENAH KUNCI

	PARAF	TANGGAL
DIGAMBAR		
ENGINEER	EVI ANNAWATI	
PENANGGUNG JAWAB	IR. ADRIAN P.T	
KORDINATOR PROYEK		

NAMA FILE :

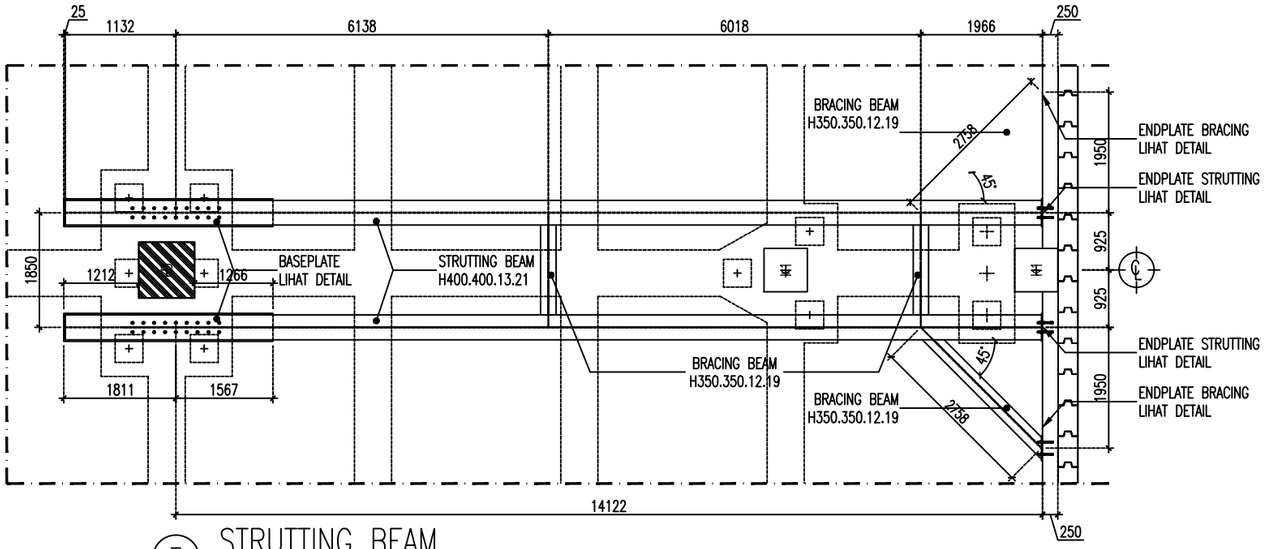
JUDUL

DETAIL SHEET PILE

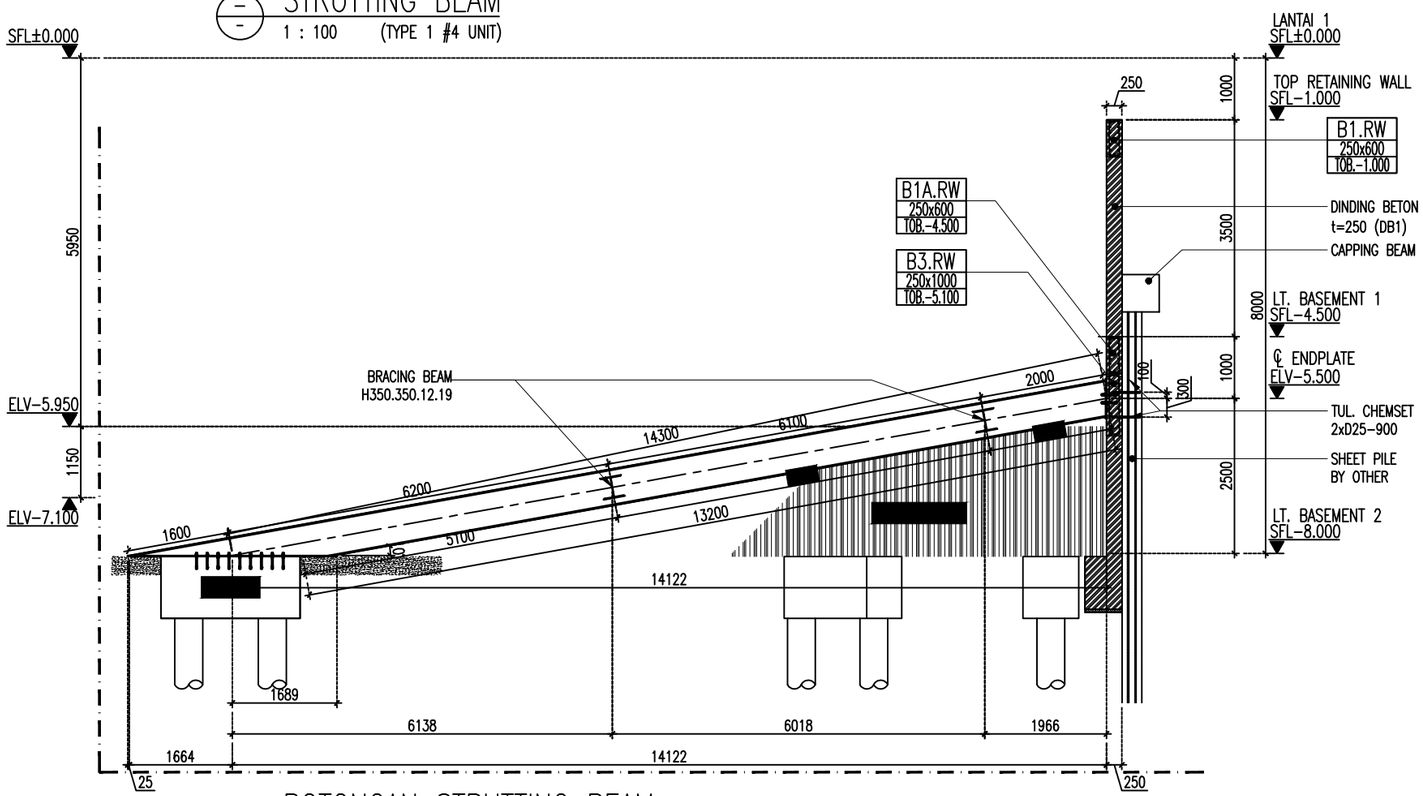
SKALA : 1 : 100 @A1; @A2; @A3

NOMOR GAMBAR :

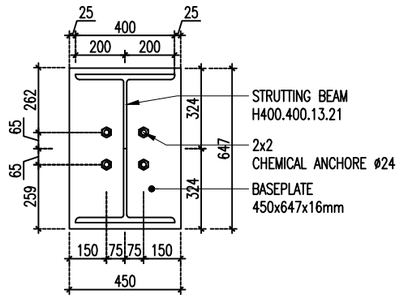
ST 01 03 W0



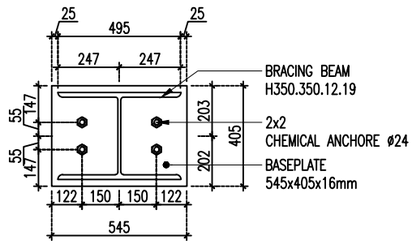
STRUTTING BEAM
1 : 100 (TYPE 1 #4 UNIT)



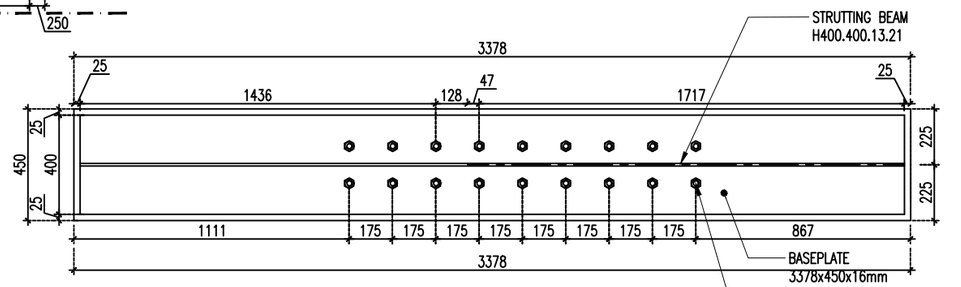
POTONGAN STRUTTING BEAM
1 : 100 (STB TYPE 1)



ENDPLATE STRUTTING
1 : 25 (STB TYPE 1)



ENDPLATE BRACING
1 : 25 (STB TYPE 1)



DETAIL BASEPLATE
1 : 25 (STB TYPE 1)

PERSETUJUAN

STATUS	A	B	C	D

ITEM	CIRIAJASA CM GEDUNG		
	STR	ARS	M.E.P
A DISETUJUI			
B DISETUJUI DENGAN CATATAN			
C DIREVISI			
D DITOLAK			

PERSETUJUAN DOKUMEN INI OLEH CIRIAJASA CM GEDUNG TIDAK AKAN MEMBEBASKAN KONTRAKTOR DARI TANGGUNG JAWAB DAN KEWAJIBAN LAINNYA SESUAI KONTRAK

LEGEND

* MUTU BETON fc' 30 MPa
  - PILE CAP, KOLOM , BALOK
  - PLAT LANTAI DAN DINDING BETON
* MUTU TULANGAN :
  fy = 400 MPa (BJTD − 40) ≥ D10
  fy = 240 MPa (BJTP − 24) ≤ ø8

REF. GAMBAR

- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) - ST.02.02-R3
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) - ST.06.01-WO

KEYPLAN :

NO	REVISION	DATE

PROJECT :

BANK CENTRAL ASIA
KCU BUKIT DARMO GOLF
SURABAYA

OWNER :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

CONSULTANT :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya

CONSTRUCTION MANAGEMENT :

C:\Users\TATA\Downloads\logo.PNG

SUTIYONO
MANAJER KONSTRUKSI

CHECK STRUCTURE BY	RUSYDI ADI WIDYANTO	
DATE		
CHECK ARCHITECTURE BY		
DATE		
CHECK M.E.P BY		
DATE		

MAIN CONTRACTOR :

TATA
PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH
GENERAL CONTRACTOR
Manyar Megah Indah Plaza Blok K30-32
Jl. Ngagel Jaya Selatan, Surabaya - 60248
PHONE : (031) 5035600 ; FAX : (031) 5039500
www.tatamulia.co.id

ABDUL AZIS
PROJECT MANAGER

PROPOSED BY	GIOVANNI LOOGIS	
DATE		
DRAWING BY	WILLIAM HAUWING	
DATE	10/08/2020	

DRAWING TITLE

STRUTTING BEAM TYPE 1
POTONGAN DAN DETAIL

REF DRAWING No −

SHEET NUMBER

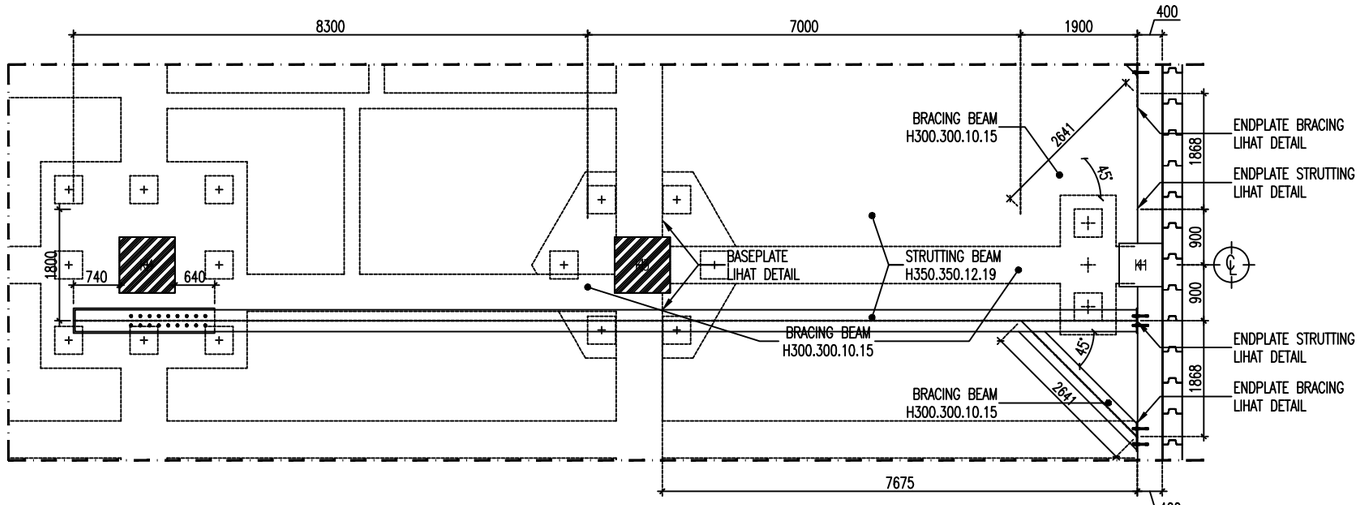
SCALE 1 : 100, 25

ISSUED FOR **SHOP DRAWING**

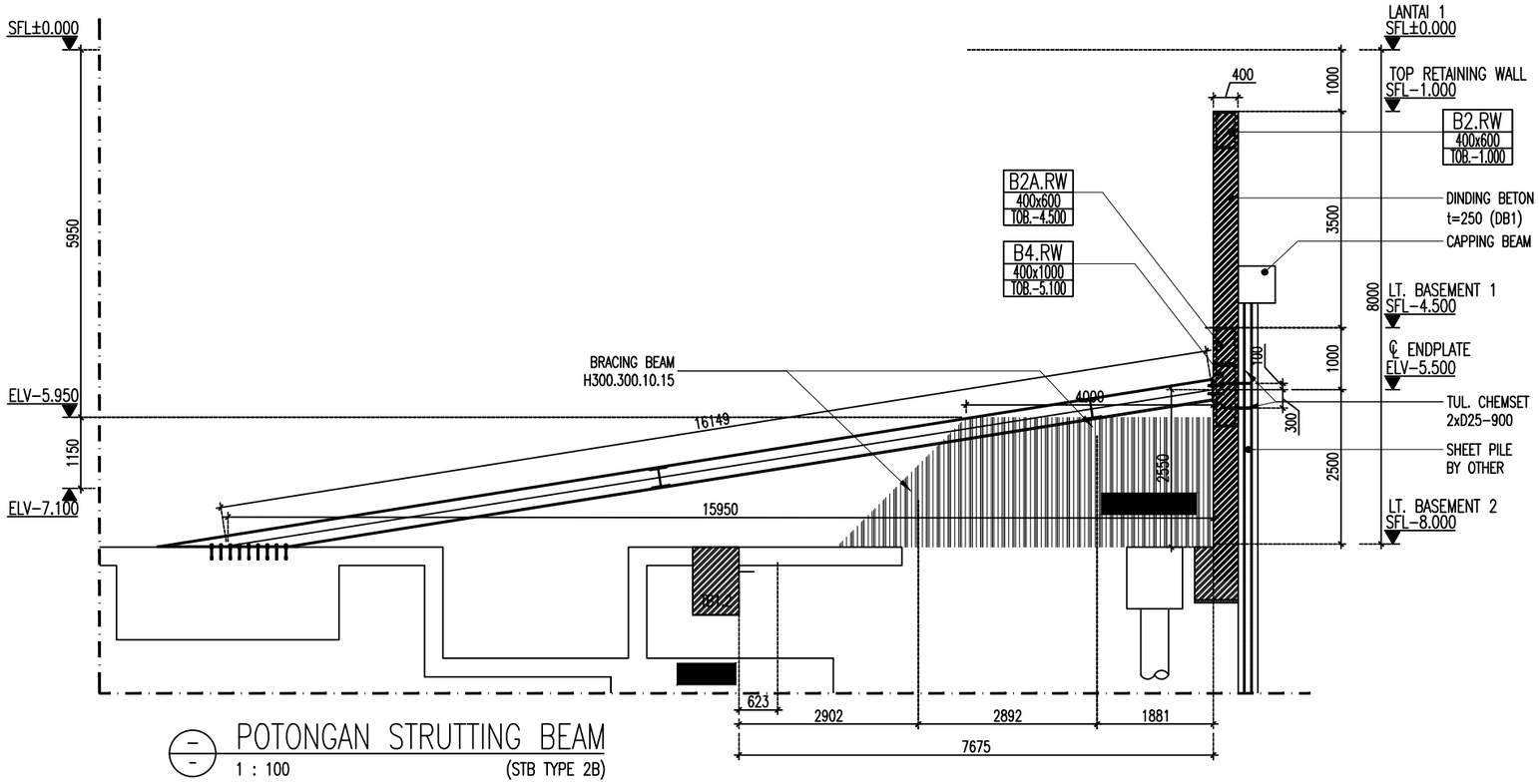
DRAWING NO S-09.03

REVISION −

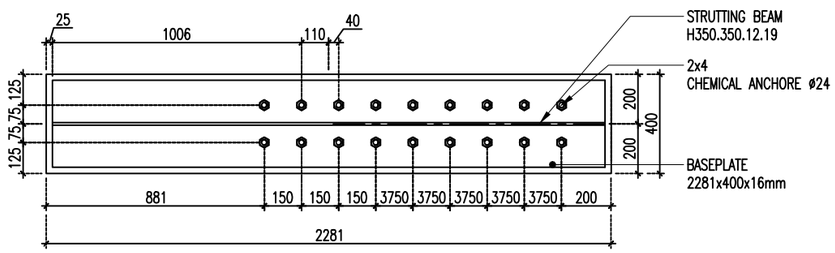
CAD REF D:\Magang 2020\Gambar Cad\Strutting Beam-2007 4 Zona A Untuk Memo new.dwg



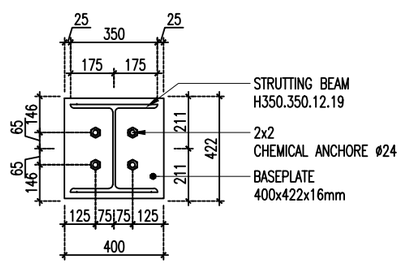
STRUTTING BEAM
1 : 100 (TYPE 2B #1 UNIT)



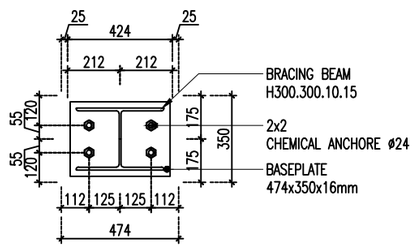
POTONGAN STRUTTING BEAM
1 : 100 (STB TYPE 2B)



DETAIL BASEPLATE
1 : 25 (STB TYPE 2B)



ENDPLATE STRUTTING
1 : 25 (STB TYPE 2B)



ENDPLATE BRACING
1 : 25 (STB TYPE 2B)

PERSETUJUAN

STATUS A B C D			
ITEM	CIRIAJASA CM GEDUNG		
	STR	ARS	M.E.P
A DISETUJUI			
B DISETUJUI DENGAN CATATAN			
C DIREVISI			
D DITOLAK			

PERSETUJUAN DOKUMEN INI OLEH CIRIAJASA CM GEDUNG TIDAK AKAN MEMBEBASKAN KONTRAKTOR DARI TANGGUNG JAWAB DAN KEWAJIBAN LAINNYA SESUAI KONTRAK

LEGEND

* MUTU BETON fc' 30 MPa
  - PILE CAP, KOLOM , BALOK
  - PLAT LANTAI DAN DINDING BETON
* MUTU TULANGAN :
  fy = 400 MPa (BJTD – 40) ≥ D10
  fy = 240 MPa (BJTP – 24) ≤ ø8

REF. GAMBAR

- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.02.02-R3
- PT ARKONIN (FORCONST-18 03 2020) – ST.06.01-W0

KEYPLAN :

NO	REVISION	DATE

PROJECT :

BANK CENTRAL ASIA
KCU BUKIT DARMO GOLF
SURABAYA

OWNER :

BCA
GEDUNG WISMA ASIA I LANTAI 16
JL LET.JEND. S PARMAN KAV.79 SLIPI
JAKARTA

CONSULTANT :

ARSITEKTUR STRUKTUR & M.E
ARKONIN
Jakarta 12330 Tlp.7364176(10line) Fax:7363829
Jl. Bintaro Taman Timur, Bintaro Jaya

CONSTRUCTION MANAGEMENT :

C:\Users\TATA\Downloads\logo.PNG

SUTIYONO
MANAJER KONSTRUKSI

CHECK STRUCTURE BY	RUSYDI ADI WIDYANTO	
DATE		
CHECK ARCHITECTURE BY		
DATE		
CHECK M.E.P BY		
DATE		

MAIN CONTRACTOR :

TATA
PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH
GENERAL CONTRACTOR
Manyar Megah Indah Plaza Blok K30-32
Jl. Ngagel Jaya Selatan, Surabaya – 60248
PHONE : (031) 5039800 ; FAX : (031) 5039500
www.tatamulia.co.id

ABDUL AZIS
PROJECT MANAGER

PROPOSED BY	GIOVANNI LOOGIS	
DATE		
DRAWING BY	WILLIAM HAUWING	
DATE	10/08/2020	

DRAWING TITLE

STRUTTING BEAM TYPE 2B
POTONGAN DAN DETAIL

REF DRAWING No –

SHEET NUMBER

SCALE 1 : 100, 30, 25

ISSUED FOR **SHOP DRAWING**

DRAWING NO S-09.10

REVISION –

CAD REF D:\Magang 2020\Gambar Cad\Strutting Beam-2007 4 Zona A Untuk Memo new.dwg