



TUGAS AKHIR - RC184803

**ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN
ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA
PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING
L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN**

MINYATUL FALIAH
0311174500004

Dosen Pembimbing I
Musta'in Arif, ST., MT.
NIP.197003272005211002

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP.190011022014042204

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



TUGAS AKHIR - RC184803

**ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN
ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA
PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING
L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN**

MINYATUL FALIAH
0311174500004

Dosen Pembimbing I
Musta'in Arif, ST., MT.
NIP.197003272005211002

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP.190011022014042204

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



FINAL PROJECT- RC184803

**ANALYSIS OF LANDSLIDES CAUSES AND
ALTERNATIVE SLOPE REINFORCEMENT IN
GRANDCITY REGENCY, CLUSTER L, KAVLING
L12, AND L15, NORTH BALIKPAPAN,
KALIMANTAN**

MINYATUL FALIAH
0311174500004

Academic Supervisor I
Musta'in Arif, ST., MT.
NIP.197003272005211002

Academic Supervisor II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP.190011022014042204

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA, KALIMANTAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

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

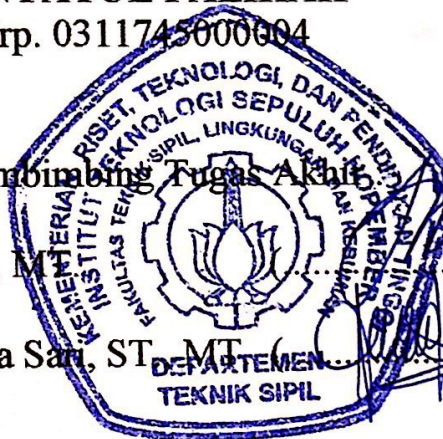
Oleh :

MINYATUL FALIAH

Nrp. 0311745000004

Disetujui oleh dosen pembimbing Tugas Akhir

1. Musta'in Arif, ST., M. (.....)
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT. (.....)



**SURABAYA
2019**

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA, KALIMANTAN

Nama Mahasiswa : Minyatul Falihah
Jurusan : Teknik Sipil
Nomor Mahasiswa : 03111745000004
Dosen Konsultasi : 1. Musta'in Arif, ST., MT.
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

Abstrak

Pembangunan Perumahan Grandcity terletak di Balikpapan Utara yang telah mengalami kelongsoran di area forestside residential kavling L12 dan L15. Lokasi tersebut sudah diberi proteksi perkuatan menggunakan *soldier pile* dan dinding penahanan tanah, namun saat timbunan di belakang dinding penahanan tanah mencapai ketinggian ± 2 m terjadi longsor. Kondisi kaki DPT tergenang air dan tanah sangat basah yang disebabkan oleh kebocoran pipa PDAM.

Dilakukan analisis ulang pada area terkritik dan area yang aman untuk mengetahui penyebab kelongsoran. Direncanakan 2 alternatif baru, pertama kavling L12, dan L15 dengan timbunan tegak diproteksi menggunakan DPT dan *soldier pile*. Kedua, pada kavling L12 diproteksi micropile dan geotextile, kavling L15 menjadi landai atau menggunakan counterweight.

Hasil analisa adalah perencanaan awal didesain menggunakan parameter saat muka air rendah. Perkuatan diterapkan pada area dengan parameter muka air tanah tinggi yang menyebabkan longsor. Hasil alternatif 1 pada kavling L12 menggunakan DPT dengan tinggi 5 m, lebar puncak dinding 0,5 m, dan *counterfort* setiap 3 m, dihungukan *soldier pile* 1,3 buah/m, panjang 18 m, D500 mm, c.t.c 1,5 m menggunakan *capping beam* dengan tebal 1 m. Kavling L15 menggunakan DPT tinggi 8.5 m, lebar puncak dinding 0,5 m, dan *counterfort* setiap 4,5 m, dihungukan *soldier*

pile 2 buah/m, panjang 18 m, D600 mm, c.t.c 1,5 m menggunakan *capping beam* tebal 1 m. Anggaran biaya alternatif ini sebesar Rp. 23.091.931.371. Karena terlalu mahal dan kekuatan terlalu besar dilakukan perubahan pada kavling L15 dijadikan lereng landai dengan kekuatan *counterweight* dan *soldier pile* 1,3 buah/m, panjang 18 m, D500 mm, c.t.c 1,5 m didapatkan anggaran biaya sebesar Rp. 14.170.547.590. Hasil perhitungan untuk alternatif 2 kavling L12 menggunakan *geotextile* stabilenka dengan kuat tarik 200 KN/m dikombinasi dengan *micopile (square pile)* 50 x 50 cm² didapatkan anggaran biaya sebesar Rp. 14.558.416.191. Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil yang harga paling efisien maka alternatif yang tepat untuk proyek ini adalah alternatif 1 dengan merubah kavling L15 menjadi lereng landai.

Kata Kunci : Grandcity, Balikpapan, kelongsoran, timbunan, lereng, *soldier pile*, *counterweight*, *geotextile*, *micopile*, anggaran, biaya, efisien.

ANALYSIS OF LANDSLIDES CAUSED AND ALTERNATIVE SLOPE REINFORCEMENT IN GRANDCITY REGENCY, CLUSTER L, KAVLING L12, L15, NORTH BALIKPAPAN, KALIMANTAN

Name : Minyatul Falihah
Departement : Teknik Sipil
NRP : 03111745000004
Supervisor : 1. Musta'in Arif, ST., MT.
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

Abstract

Grandcity Housing Construction in North Balikpapan which has improved landslides in residential forest areas in L12 and L15 plots. This location has been given reinforcement protection using piles and grounding walls, but when the deposits on the back wall of the soil barrier reach a height of ± 2 m there is a landslide. The foot of the DPT condition was flooded with very wet caused by PDAM pipe leakage.

Re- analysis of the critical area and a safe area to find out the cause of the landslide. Planned 2 new alternatives, first L12, and L15 plots with upright piles protected using DPT and a pile of soldiers. Second, the L12 lot is protected by micropiles and geotextiles, the L15 plot becomes sloping or uses a counterweight.

The results of the analysis are the initial planning is designed using parameters when the water level is low. Reinforcement is applied to areas with more severe soil parameters and higher ground level which causes landslides. Alternative 1 results on L12 plots use DPT with a height of 5 m, wall peak width of 0.5 m, and counterfort every 3 m, with soldier piles 1.3 pieces / m, length 18 m, D500 mm, ctc 1.5 m using capping beam 1 m thick. L15 plots use 8.5 m high DPT, 0.5 m wall peak width, and counterfort every 4.5 m, with soldier pile 2 pieces / m, 18 m long, D600 mm, 1.5 m ctc using thick capping beam 1 m . This alternative cost budget is Rp. 23,091,931,371. Because it is too expensive and too large a

reinforcement is carried out on the L15 plot, sloping ramps are alternative with counterweight reinforcement and soldier piles 1.3 pieces / m, length 18 m, D500 mm, c.t.c 1.5 m, and a budget of Rp. 14,170,547,590. The calculation results for alternative 2 lots L12 using geotextile stabilenka with a tensile strength of 200 KN / m combined with a microscope (square stake) 50 x 50 cm² obtained a budget of Rp. 14,558,416,191. Based on the calculation of the most efficient results, the right alternative for this project is alternative 1 by changing the L15 plot to a gentle slope.

Keywords: Grandcity, Balikpapan, landslide, pile, slope, soldier pile, counterweight, geotextile, micropile, budget, cost, efficient..

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT karena berkat, rahmat, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Penyebab Kelongsoran dan Alternatif Perkuatan Tebing pada Perumahan Grandcity Cluster 1 Kavling L12 dan L15, Balikpapan Utara, Kalimantan” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pekerjaan laporan proposal tugas akhir ini terutama kepada :

1. Ibu Bapak disurga terima kasih telah memberiku kenangan hidup didunia bersama kalian, dan kakak – kakak ku terima kasih atas semua pelajaran hidup, dukungan secaral moral dan meteril selama ini.
2. Musta'in Arif, ST., MT. dan Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak menolong, mengarahkan, dan membimbing penulis dalam membuat proposal tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil ITS, terimakasih atas bantuan dan ilmu-ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
4. Teman-teman S-1 Lintas Jalur 2017 Teknik Sipil ITS yang turut membantu dan memberi semangat kepada penulis.

Surabaya, 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Lingkup Pekerjaan.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	9
1.6 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Kelongsoran Lereng	11
2.1.1 Jenis – Jenis Kelongsoran.....	11
2.1.2 Faktor – faktor Penyebab Kelongsoran	13
2.1.3 Stabilitas Lereng.....	14
2.2 Korelasi Data Tanah.....	16
2.3 Pondasi Dalam.....	20
2.3.1 Perkuatan Cerucuk	20
2.3.2 Perencanaan Soldier Pile	25
2.4 Daya Dukung Pondasi Dalam	26
2.4.1 Daya dukung pondasi berdasarkan data SPT	27
2.4.2 Daya dukung pondasi berdasarkan data sondir ...	28
2.5 Perencanaan Timbunan	29
2.5.1 Timbunan dengan Perbaikan Tanah Metode <i>Preloading</i>	29
2.5.2 Sistim Perkuatan Timbunan	36
2.6 Perencanaan Dinding Penahan Tanah	43
2.6.1 Tekanan Tanah Lateral Aktif.....	44
2.6.2 Tekanan Tanah Lateral Pasif	47

2.6.3	Kontrol Stabilitas Dinding Penahan Tanah	48
2.7	Progam Bantu <i>Plaxis</i>	49
BAB III METODOLOGI		53
3.1	Diagram Alir.....	53
3.2	Perincian Metodologi	55
BAB IV ANALISA DATA DAN PENYEBAB LONGSOR.....		59
4.1	Analisa Data Tanah dan Topografi.....	59
4.1.1	Lokasi Pengambilan Data Tanah Asli	59
4.1.2	Pengolahan Data Tanah Asli	59
4.2	Data Spesifikasi Bahan.....	63
4.2.1	Data Eksisting.....	63
4.2.2	Data Perencanaan	64
4.3	Analisa Penyebab Kelongsoran.....	65
4.3.1	Kontrol Stablilitas Lereng Potongan STA +0.065 dengan Muka Air Tinggi	68
4.3.2	Kontrol Stabilitas Lereng Potongan STA +0.065 dengan Muka Air Rendah.....	83
4.3.3	Kontrol Stablilitas Lereng Potongan STA +0.090 dengan Muka Air Tinggi	89
4.3.4	Kontrol Stablilitas Lereng Potongan STA +0.090 dengan Muka Air Rendah.....	95
4.4	Verifikasi Penyebab Kelongsoran	102
BAB V PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN.....		111
5.1	Alternatif 1 (Perkuatan DPT dan <i>Soldier Pile</i> Baru pada Kavling L12 dan L15).....	111
5.1.1	Perencanaan Dinding Penahan Tanah	112
5.1.2	Perencanaan <i>Soldier Pile</i> sebagai Tiang Pondasi	128
5.1.3	Perencanaan <i>Soldier Pile</i> Sebagai Cerucuk.....	142
5.1.4	Perhitungan Tulangan <i>Soldier pile</i>	155
5.1.5	Perhitungan Tulangan <i>Caping Beam</i> (Kaki DPT)	161
5.1.6	Perhitungan Tulangan Dinding DPT	167

5.1.7	Perhitungan Tulangan <i>Conterfort</i>	172
5.2	Alternatif 2 (Perkuatan <i>Geotextile</i> dan <i>Micropile</i> untuk Kavling L12 dan Alih Fungsi Kavling L15 Menjadi Lereng Landai).....	178
5.2.1	Perencanaan <i>Geotextile Wall</i>	178
5.2.2	Perencanaan <i>Micropile</i>	186
5.2.3	Perencanaan <i>Conterweight</i>	190
BAB VI PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA		
6.1	Anggaran Biaya Alternatif 1 (Dinding Penahan Tanah dan Soldier Pile Kavling L12 dan L15).....	193
6.1.1	Perhitungan Volume Penulangan.....	193
6.1.2	Perhitungan Volume Bekisting.....	204
6.1.3	Perhitungan Volume Beton.....	208
6.1.4	Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	213
6.1.5	Rencana Anggaran Biaya Alternatif 1.....	215
6.2	Anggaran Biaya Alternatif 2 (<i>Geotextile</i> dan <i>Micropile</i> untuk Kavling L12 dan Alih Fungsi Kavling L15 Menjadi Lereng Landai).....	217
6.2.1	Perhitungan Volume <i>Geotextile</i>	217
6.2.2	Perhitungan Volume <i>Micropile</i>	217
6.2.3	Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	218
6.2.4	Rencana Anggaran Biaya Alternatif 2.....	218
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	221
5.2	Saran.....	223
DAFTAR PUSTAKA		
JADWAL PEKERJAAN TUGAS AKHIR		
		227

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Wilayah Kota Balikpapan, Profinsi Kalimantan	1
Gambar 1. 2 Peta administrasi wilayah Balikpapan dan wilayah kota Balikpapan Utara yang memiliki banyak lahan kosong	2
Gambar 1. 3 Peta lokasi perumahan Grandcity Balikpapan	3
Gambar 1. 4 Denah area timbunan dan garis patahan longsor	4
Gambar 1. 5 Perkuatan rencana awal pada kavling L12 dan L15 dan pergeseran perkuatan pada kaki lereng L15 ditinjau pada pot +0.065	5
Gambar 1. 6 Kondisi sekitar DPT yang mengalami patah	5
Gambar 1. 7 Area dinding yang mengalami pergerakan	6
Gambar 1. 8 Kondisi subdrain	6
Gambar 1. 9 Kondisi kaki DPT yang basah	7
Gambar 2. 1 Tipe-tipe longsor	13
Gambar 2. 2 Lereng terbatas dengan metode culman	15
Gambar 2. 3 Asumsi gaya yang diterima oleh cerucuk	21
Gambar 2. 4 Harga f dari berbagai jenis tanah	22
Gambar 2. 5 Grafik untuk menentukan besarnya F_m	23
Gambar 2. 6 Penulangan soldier pile	26
Gambar 2. 7 Kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas	30
Gambar 2. 8 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan	31
Gambar 2. 9 Kurva faktor pengaruh I beban embangkment	33
Gambar 2. 10 Kurva faktor pengaruh I beban perkerasan	34
Gambar 2. 11 Dinding penahan tanah type gravitasi (gravity wall)	37
Gambar 2. 12 Dinding penahan tanah type kantilever	38

Gambar 2. 13 Dinding penahan tanah type counterfort.....	38
Gambar 2. 14 Perbandingan digunakan dan tidak digunakan geotextile	39
Gambar 2. 15 Grafik untuk menentukan besarnya σ_L	40
Gambar 2. 16 External stability geotextile wall terhadap :	42
Gambar 2. 17 Analisis pendekatan dari gaya aktif yang bekerja pada tembok dengan urugan tanah tak berkohesi.	44
Gambar 2. 18 Distribusi tekanan aktif untuk kohesif	46
Gambar 2. 19 Distribusi tekanan pasif untuk tanah kohesif	47
Gambar 2. 20 Proses perhitungan faktor keamanan dalam FEM	50
Gambar 3 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	54
Gambar 4. 1 Lokasi 5 titik boring pada tahap 1 dan tahap 2	59
Gambar 4. 2 Grafik hubungan N-SPT dengan kedalaman pada potongan A STA +0.065	60
Gambar 4. 3 Grafik hubungan N-SPT dengan kedalaman pada potongan A STA +0.090	61
Gambar 4. 4 Statigrafi profil lapisan tanah pada	62
Gambar 4. 5 Statigrafi profil lapisan tanah pada	62
Gambar 4. 6 Kondisi eksisting dinding penahan tanah pada daerah yang longsor (Potongan A STA +0.065).....	66
Gambar 4. 7 Kondisi eksisting dinding penahan tanah yang relatif terlihat tegak (Potongan A STA +0.090)	67
Gambar 4. 8 Dimensi dinding penahan eksisting pada.....	68
Gambar 4. 9 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air tinggi	70
Gambar 4. 10 Pemodelan Potongan STA +0.065 pada Plaxis	73
Gambar 4. 11 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air tinggi ($SF=0,9605$).....	74
Gambar 4. 12 Displacement yang terjadi 75,4 cm	74
Gambar 4. 13 Konfigurasi soldier pile untuk menahan beban pada area kavling L12	77
Gambar 4. 14 Harga f dari berbagai jenis tanah	78
Gambar 4. 15 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7.....	79

Gambar 4. 16 Output hasil kapasitas momen dari PCA Column 80	
Gambar 4. 17 Harga f dari berbagai jenis tanah.....	81
Gambar 4. 18 Bidang longsor terkritis dengan GEO5 (SF = 0.97)	82
Gambar 4. 19 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7	82
Gambar 4. 20 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada....	83
Gambar 4. 21 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air rendah.....	85
Gambar 4. 22 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air rendah (SF=1,513)	88
Gambar 4. 23 Displacement yang terjadi.....	88
Gambar 4. 24 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada....	89
Gambar 4. 25 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.090 saat muka air tinggi	91
Gambar 4. 26 Bidang longsor potongan STA +0.090 saat muka air tinggi (SF=1,768).....	94
Gambar 4. 27 Displacement yang terjadi 18 cm.....	94
Gambar 4. 28 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada....	95
Gambar 4. 29 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting.....	98
Gambar 4. 30 Bidang longsor potongan STA +0.090 saat muka air tinggi (SF=1,991).....	100
Gambar 4. 31 Displacement yang terjadi 21,8 cm.....	101
Gambar 4. 32 Dimensi dinding penahan eksisting pada	103
Gambar 4. 33 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air tinggi	105
Gambar 4. 34 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air tinggi (SF=0,9605)	108
Gambar 4. 35 Displacement yang terjadi 74,3 cm.....	109
Gambar 5. 1 Elevasi rencana kavling L12 dan L15	111
Gambar 5. 2 Dimensi dinding penahan tanah pada kavling L1.	112

Gambar 5. 3 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L12 saat muka air tinggi.....	114
Gambar 5. 4 Dimensi dinding penahan tanah alternative 1 pada	117
Gambar 5. 5 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L15 saat muka air rendah.....	119
Gambar 5. 6 Sistem drainase pada struktur dinding penahan tanah	123
Gambar 5. 7 Dimensi dinding penahan tanah pada kavling L1124	
Gambar 5. 8 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L15 saat muka air rendah.....	126
Gambar 5. 9 Konfigurasi soldier pile untuk menahan beban pada area kavling L12	131
Gambar 5. 10 Diagram Gaya Lateral Tiang	132
Gambar 5. 11 Harga f dari berbagai jenis tanah	133
Gambar 5. 12 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7.....	134
Gambar 5. 13 Hasil output soldier pile D 500 mm PCA Column	135
Gambar 5. 14 Konfigurasi soldier pile untuk menahan beban pada area kavling L15	137
Gambar 5. 15 Diagram Gaya Lateral Tiang	138
Gambar 5. 16 Harga f dari berbagai jenis tanah	139
Gambar 5. 17 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7.....	140
Gambar 5. 18 Hasil output soldier pile D 500 mm PCA Column	141
Gambar 5. 19 Hasil kontrol stabilitas internal dengan GEO 5 ..	142
Gambar 5. 20 Hasil kontrol stabilitas overall dengan GEO 5 ...	142
Gambar 5. 21 Penampang soldier pile.....	143
Gambar 5. 22 Hasil output soldier pile D 500 mm PCA Column	143
Gambar 5. 23 Harga f dari berbagai jenis tanah	144
Gambar 5. 24 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7.....	145

Gambar 5. 25 Konfigurasi soldier pile dilihat sebagai tiang kelompok sepanjang 4,5 m a).Kavling L12 b).Kavling L15.....	147
Gambar 5. 26 Hasil kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan diameter soldier pile 500 mm panjang 10 m (SF = 1,082)	147
Gambar 5. 27 Hasil kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan merubah panjang 18 m (SF = 1,535)	148
Gambar 5. 28 Hasil analisa plaxis dengan merubah kavling L15 menjadi landai tanpa perkuatan (SF = 1,163)	154
Gambar 5. 29 Hasil analisa plaxis dengan merubah kavling L15 menjadi landai dengan perkuatan soldier pile (SF = 1,496)	155
Gambar 5. 30 Hasil Output PCA-Col untuk Bored Pile Dimensi 500mm	156
Gambar 5. 31 Hasil Output PCA-Col untuk Bored Pile Dimensi 500mm	159
Gambar 5. 32 Tinggi timbunan kavling L12	179
Gambar 5. 33 Pemasangan geotextile	182
Gambar 5. 34 Pemasangan geotextile	183
Gambar 5. 35 Hasil kontrol stabilitas overall dengan GEO 5 ...	186
Gambar 5. 36 Harga f dari berbagai jenis tanah	187
Gambar 5. 37 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7	188
Gambar 5. 38 Konfigurasi pemasangan <i>micropile</i>	189
Gambar 5. 39 Kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan perkuatan micropile dan geotextile (SF = 1,360)..	190
Gambar 5. 40 Kontrol stabilitas overall pada plaxis alternatif 2 dengan adanya counterweight (SF = 1,300)	191
Gambar 6. 1 Persyaratan penulangan tiang pondasi.....	194
Gambar 6. 2 Bentuk tulangan sengkang.....	195
Gambar 6. 3 Dimensi bekisting dinding DPT	204
Gambar 6. 4 Dimensi Bekisting Kaki DPT	204
Gambar 6. 4 Dimensi Bekisting Kaki DPT	205

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Parameter Tanah.....	3
Tabel 2. 1 Korelasi SPT	17
Tabel 2. 2 Representatif Nilai γ_d dan γ_{sat}	17
Tabel 2. 3 Konsistensi Tanah Dominan Lanau dan Lempung	18
Tabel 2. 4 Pedoman Memperkirakan Harga ϕ Dari Harga Nspt.	18
Tabel 2. 5 Perkiraan Harga ϕ Untuk Tanah Kohesif	18
Tabel 2. 6 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	19
Tabel 2. 7 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	19
Tabel 2. 8 Variasi Faktor Waktu pada Derajat Konsolidasi	35
Tabel 2. 9 Koefisien Gesek antara Dasar Fondasi dan Tanah Dasar	48
Tabel 4. 2 Data Tanah Asli pada Potongan STA +0.090	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen.....	71
Tabel 4. 4 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	72
Tabel 4. 5 Tabel Pembebanan	76
Tabel 4. 6 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	87
Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen.....	92
Tabel 4. 8 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	93
Tabel 4. 9 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen.....	98
Tabel 4. 10 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	99
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Faktor Keamanan	101
Tabel 5. 1 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen.....	114
Tabel 5. 2 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	115
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L12 Kondisi Muka Air Tinggi	117
Tabel 5. 4 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen.....	120
Tabel 5. 5 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	121
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L15 Kondisi Muka Air Tinggi	122

Tabel 5. 7 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	127
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L15 Kondisi Muka Air Rendah	128
Tabel 5. 9 Tabel Pembebanan	130
Tabel 5. 10 Tabel Pembebanan.....	136
Tabel 5. 11 Hasil Output Stabilitas Overall dengan 10 SF Ter kritis	143
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Jumlah Soldier pile untuk setiap SF ..	146
Tabel 5. 13 Besarnya Defleksi, Momen, dan Gaya Hasil Analisa Plaxis saat Panjang Pile 18 m (SF =1,535)	150
Tabel 5. 14 Rekapitulasi SF Bahan Terhadap Momen yang Terjadi	153
Tabel 5. 15 Rekapitulasi SF Bahan Terhadap Momen yang Terjadi	154
Tabel 5. 16 Tabel Tegangan Horizontal Akibat Tanah	180
Tabel 5. 17 Total Tegangan Horizontal.....	180
Tabel 5. 18 Jarak Vertikal Pemasangan Geotextile	181
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile PerLeyer	182
Tabel 5. 20 Tabel Perhitungan Tekanan yang Terjadi.....	182
Tabel 5. 21 Perhitungan Berat Tanah diatas <i>Geotextile</i>	182
Tabel 5. 22 Perhitungan Gaya, Momen Penahan dan Pendorong	183
Tabel 5. 23 Perhitungan Berat Tanah diatas Geotextile	184
Tabel 5. 24 Perhitungan Gaya, Momen Penahan dan Pendorong	184
Tabel 5. 25 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943) ...	185
Tabel 5. 26 Hasil Output Stabilitas Overall dengan 10 SF Ter kritis	186
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Jumlah Micropile untuk Setiap SF	189
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Jumlah Micropile untuk Setiap SF (Lanjutan).....	189
Tabel 6. 1 Perhitungan Volume Penulangan	202

Tabel 6. 2 Perhitungan Volume Penulangan (Lanjutan)	203
Tabel 6. 3 Perhitungan Volume Bekisting	206
Tabel 6. 4 Perhitungan Volume Bekisting (Lanjutan).....	207
Tabel 6. 5 Perhitungan Volume Pengecoran	209
Tabel 6. 6 Perhitungan Volume Pengecoran (Lanjutan)	210
Tabel 6. 7 Perhitungan Volume Pipa Drain pada Kavling L15.	211
Tabel 6. 8 Perhitungan Volume Timbunan Alternatif 1	212
Tabel 6. 9 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 1	213
Tabel 6. 10 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 1 (Lanjutan).....	214
Tabel 6. 11 Anggaran Biaya Pekerjaan Alternatif 1 (Perkuatan Dinding Penahan Tanah dan Soldier Pile pada Kavling L12 dan L15)	215
Tabel 6. 12 Anggaran Biaya Pekerjaan Modifikasi Alternatif 1 (Merubah Kavling L15 Menjadi Lereng Landai)	216
Tabel 6. 13 Tabel Perhitungan Volume Geotextile	217
Tabel 6. 14 Perhitungan Volume Micropile	217
Tabel 6. 15 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 2.....	218
Tabel 6. 16 Anggaran Biaya Pekerjaan Alternatif 1 (Perkuatan Geotextile dan Micropile pada Kavling L12 dan Alih Fungsi Kavling L15 Menjadi Lereng Landai)	219

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

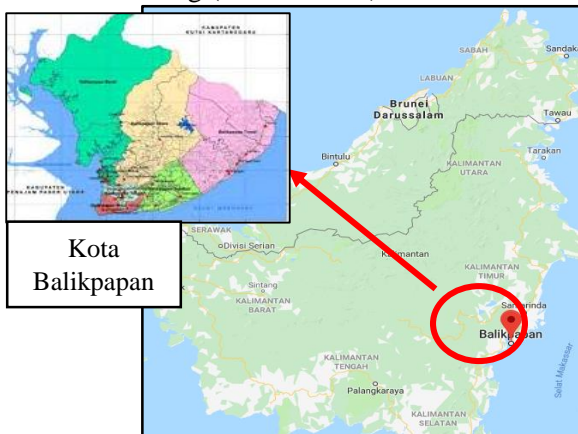


BAB I
PENDAHULUAN

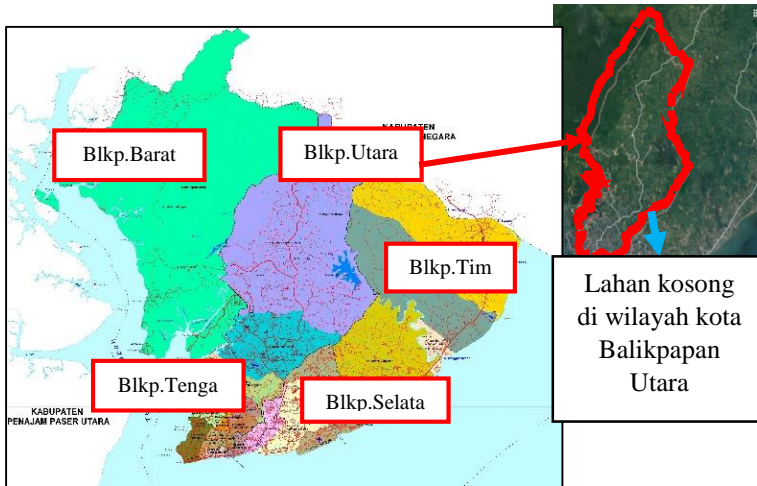
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Balikpapan merupakan salah satu pusat perekonomian terbesar di Provinsi Kalimantan Timur, sehingga mobilitas masyarakat Balikpapan maupun pendatang cukup tinggi. Wilayah kota Balikpapan dapat dilihat pada **Gambar 1.1**. Laju pertumbuhan penduduk di kota Balikpapan secara tidak langsung berdampak terhadap tingginya permintaan hunian (rumah) layak bagi warga. Saat ini permintaan perizinan pembangunan perumahan di kota Balikpapan cukup tinggi. Berdasarkan Dinas Tata Kota dan Perumahan (DTKP) Balikpapan tahun 2015 mencatat total luas lahan yang direncanakan untuk pembangunan perumahan berdasarkan izin prinsip dan lokasi yang diberikan seluas 3.416,91 Ha. Luas lahan ini mencakup 4 kecamatan yaitu Balikpapan Timur, Balikpapan Tengah, Balikpapan Utara, dan Balikpapan Selatan. Hanya saja, wilayah Balikpapan Utara dominan menjadi pusat pengembangan karena masih banyak tersedia lahan kosong (**Gambar 1.2**).



Gambar 1. 1 Peta Wilayah Kota Balikpapan, Profinsi Kalimantan
(Sumber : <http://googleearth.com>)



Gambar 1. 2 Peta administrasi wilayah Balikpapan dan wilayah kota Balikpapan Utara yang memiliki banyak lahan kosong
(Sumber : <http://balikpapan.go.id/assets/images/petaadminitrasibalikpapan.jpg>)

Wilayah Balikpapan Utara memiliki kondisi topografi yang berbukit dan dibatasi oleh hutan lindung. Oleh sebab itu, pengembang harus memperhatikan kondisi geografis tersebut dan stabilitas lereng dalam perencanaannya. Salah satu pembangunan perumahan di Balikpapan Utara yang mengalami permasalahan kelongsoran adalah Perumahan Grandcity yang terletak di Jalan MT.Haryono No.16, Batu Ampar, Balikpapan Utara, Balikpapan, Kalimantan Timur. Letak perumahan sangat strategis Dimana berjarak 15 menit dengan Bandara Internasional Sepingan, dekat dengan Balikpapan baru, akses mudah yaitu pintu utama dari Jl. MT. Haryono, serta memiliki jalan tembus ke Jl. Soekarno Hatta. Peta lokasi Perumahan Grandcity dapat dilihat **Gambar 1.3**



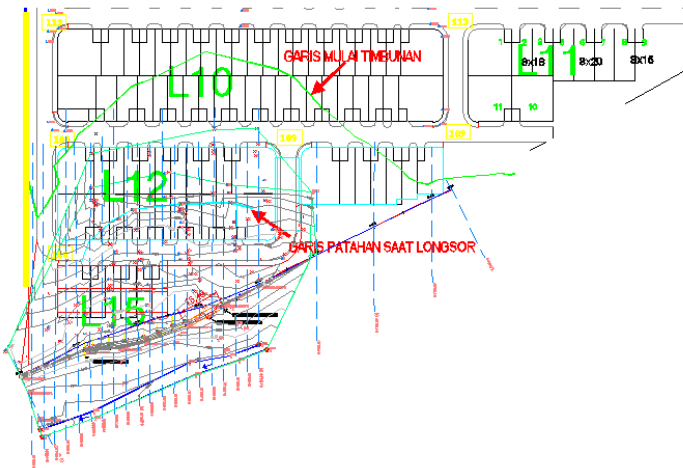
Gambar 1. 3 Peta lokasi perumahan Grandcity Balikpapan
(Sumber : <http://grandcitybalikpapan.com/site/location/>)

Perumahan Grandcity terbagi menjadi beberapa area antara lain yaitu *forestsides residential*, *lakeview exclusive residential*, *hillside residential*, *commercial area*, and *office park*. Dari beberapa area diatas, area *forestsides residential* memiliki struktur tanah yang terjal karena terletak dekat tepi hutan. Hasil pengujian tanah di area *forestsides residential* dominan bersifat lempung. Berdasarkan hasil uji SPT hingga kedalaman rata-rata 5 m, jenis tanah didominasi oleh lempung dengan konsistensi lunak (*very soft*) dengan nilai N_{SPT} sekitar 2. Dari kedalaman -5 m s/d -8 m, jenis tanah berlempung dengan konsistensi kaku (*medium stiff*) dengan nilai N_{SPT} sekitar 5. Dari kedalaman -8 m s/d -10 m, jenis tanah berlempung dengan konsistensi keras (*stiff*) dengan nilai N_{SPT} sekitar 13. Dari kedalaman -10 m s/d -30 m, jenis tanah berlempung dengan konsistensi keras (*hard*) dengan nilai N_{SPT} sekitar 50. Berikut adalah rekapitulasi parameter tanah berdasarkan hasil SPT dan laboratorium pada area *forestsides residential* yang disajikan pada **Tabel 1.1**

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Parameter Tanah
(sumber : Geotechnical Engineering Consultant)

Kedalaman	Name	q_c	N_{SPT}	$E = 700N$	c'	Φ'
		(kg/cm ²)		[KN/m ²]	[KN/m ²]	[°]
0 s/d -5	Lapis 1 – Very soft-soft clay	5	2	1400	2	22
-5 s/d -8	Lapis 2 – Medium-stiff clay	10	5	3500	5	24
-8 s/d -10	Lapis3 – Stiff clay	27	13	9100	133	27
-10 s/d -30	Lapis – Hard clay	100	50	35000	50	30

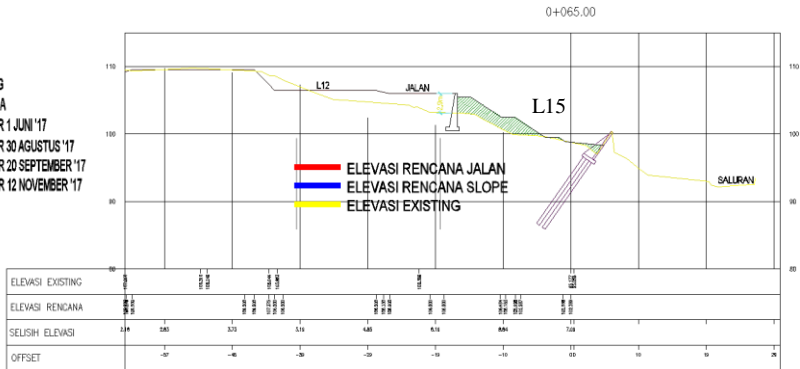
Area *forestsides residential* yang disebut sebagai cluster perumahan L, direncanakan dengan elevasi tertentu sehingga dibutuhkan timbunan dengan tinggi bervariasi untuk mencapai elevasi rencana. Timbunan dimulai dari lokasi rencana kavling L10 sampai L15, hanya saja lokasi rencana kavling L12 sampai L15 mengalami longsor. Garis patahan akibat longsor terlihat di area kavling L12 dan kavling L15 yang direncanakan menjadi tempat tinggal dengan arah pergerakan tanah menuju ke arah kavling L15 seperti yang terlihat pada **Gambar 1.4**.



Gambar 1.4 Denah area timbunan dan garis patahan longsor
(Sumber : Memo Geotechnical Engineering Consultant)

Lokasi rencana kavling diberi proteksi kekuatan menggunakan *soldier pile* diameter 500 mm, dan panjang 12 m sebanyak 1 lapis untuk menahan pergeseran tanah dasar. Diatas *soldier pile* terdapat DPT yang disatukan menggunakan *capping beam* dengan ketebalan puncak dinding DPT sebesar 30 cm dan pada kaki DPT sebesar 50 cm. Namun kekuatan tersebut mengalami geser (**Gambar 1.5**). Pergerakan tanah yang terjadi pada saat timbunan di belakang dinding penahan tanah area L12 baru mencapai ketinggian ± 2 m. Kondisi terparah terjadi pada

potongan A STA +0.065, dinding penahan tanah sebagai perkuatan mengalami patah dan bergeser mencapai ± 60 cm dari as rencana seperti yang terlihat pada **Gambar 1.6.**, **Gambar 1.7.**



Gambar 1. 5 Perkuatan rencana awal pada kavling L12 dan L15 dan pergeseran perkuatan pada kaki lereng L15 ditinjau pada pot +0.065 (Sumber : Memo Geotechnical Engineering Consultant)



Gambar 1. 6 Kondisi sekitar DPT yang mengalami patah (Sumber : GEC 2018, Report ReviewGrand blpp)



Gambar 1. 7 Area dinding yang mengalami pergerakan
(Sumber : GEC 2018, Report ReviewGrand blpp)

Longsor tanah dan pergeseran perkuatan juga diduga terjadi karena lapisan tanah lunak yang jenuh air di kaki lereng menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah sehingga stabilitas overallnya menjadi berkurang. Lapisan tanah lunak yang jenuh air disebabkan adanya pipa air baku PDAM Balikpapan yang mengalami kebocoran dan adanya hujan yang cukup deras, (Report ReviewGrand blpp 2017). Sementara itu, kondisi subdrain dinilai cukup baik, namun air tetap menggenang dikaki DPT. Kondisi subdrain dan kaki DPT yang tergenang air dapat dilihat pada **Gambar 1.8.** dan **Gambar 1.9.**



Gambar 1. 8 Kondisi subdrain
(Sumber : GEC 2018, Report ReviewGrand blpp)



Gambar 1. 9 Kondisi kaki DPT yang basah
(Sumber : GEC 2018, Report ReviewGrand blpp)

Berdasarkan permasalahan diatas, akan dilakukan analisis ulang bidang longsor dengan perkuatan sesuai eksisting untuk mengetahui penyebab kelongsoran pada kondisi terkritik yaitu pada potongan A STA +0.065 (**Lampiran 3**). Setelah mengetahui penyebab kelongsoran maka direncanakan alternatif perkuatan baru pada potongan tersebut.

Alternatif perkuatan baru harus mampu menahan beban yang ada baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam analisa tugas akhir ini perkuatan akan dibagi menjadi dua berdasarkan lokasi rencana kavling. Kavling L12 direncanakan sesuai elevasi rencana dengan tambahan alternatif perkuatan baru DPT (Dinding Penahan Tanah) dan *soldier pile* jika diperlukan. Alternatif lain untuk kavling L12 menggunakan perkuatan *geotextile* untuk menahan tinggi timbunan dan menggunakan kombinasi cerucuk sebagai perkuatan tanah dasar. Sementara itu, untuk kavling L15 akan direncanakan menjadi dua alternatif yaitu pertama, dengan adanya timbunan tegak yang akan diberi perkuatan baru DPT (Dinding Penahan Tanah) dan *soldier pile* jika diperlukan, dibandingkan dengan merubah kondisi lereng kavling L15 menjadi landai atau menggunakan *counterweight*. Selanjutnya menghitung rencana anggaran biaya untuk membandingkan alternatif yang lebih efisien untuk digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya terdapat permasalahan umum sebagai berikut :

Merencanakan perkuatan lereng agar tidak terjadi longsor dalam jangka pendek dan jangka panjang pada lokasi kavling L12 dan L15, perumahan Grancity, Balikpapan Utara.

Adapun rincian permasalahan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisa data tanah lokasi kelongsoran?
2. Bagaimana stabilitas perkuatan eksisting dan apa penyebab kelongsoran timbunan dan tebing lereng pada area kavling L12 dan kavling L15 Perumahan Grancity Balikpapan?
3. Bagaimana perencanaan alternatif perkuatan untuk area kavling L12 dan L15 potongan A STA +0.065 jika diperkuat dengan Dinding Penahan Tanah dan *Soldier Pile* baru dan dibandingkan jika kavling L15 dirubah menjadi landai?
4. Bagaimana perencanaan alternatif perkuatan untuk kavling L12 potongan A STA +0.065 dengan timbunan tegak yang diperkuat *geotextile* dan *micropile*, dan kavling L15 menjadi landai dengan counterweight ?
5. Bagaimana menghitung rencana anggaran biaya untuk alternatif perkuatan pada kavling L12 dan L15 agar didapatkan hasil yang efektif dan efisien ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Menganalisa penyebab kelongsoran dan mengetahui alternatif perkuatan lereng yang tepat dan efisien pada Kavling L12 dan L15, perumahan Grandcity, Balikpapan Utara.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa data tanah yang akan digunakan.

2. Kontrol stabilitas lereng dengan perkuatan awal yang menggunakan DPT dan *soldier pile* untuk mengetahui penyebab kelongsoran yang terjadi.
3. Merencanakan tinggi timbunan baru untuk kavling L12 dan L15
4. Merencanakan perkuatan baru dengan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan dan kombinasi cerucuk sebagai perkuatan tanah dasar untuk kavling L12.
5. Merencanakan perkuatan baru dengan DPT sebagai perkuatan timbunan dan kombinasi *soldier pile* sebagai perkuatan tanah dasar untuk kavling L12.
6. Merencanakan perkuatan baru dengan DPT sebagai perkuatan timbunan dan kombinasi *soldier pile* sebagai perkuatan tanah dasar untuk kavling L15.
7. Merencanakan kondisi lereng pada kavling L15 jika menjadi lereng landai atau dengan *counterweight*.
8. Menghitung rencana anggaran biaya untuk setiap alternatif

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk membatasi lingkup penelitian agar bisa fokus terhadap masalah yang dikaji, antara lain :

1. Area kelongsoran yang dianalisa hanya pada area *forestsides residential* kavling L12 dan L15 potongan A STA +0.065 dan STA +0.090.
2. Metode pelaksanaan dilapangan tidak dibahas dalam laporan.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Menambah wawasan penulis dalam menganalisa penyebab kelongsoran.
2. Menambah wawasan penulis dalam merencanakan perkuatan timbunan dan tebing lereng.
3. Mendapatkan perkuatan yang efektif dan efisien yang dapat digunakan di daerah perbukitan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelongsoran Lereng

Masalah yang terjadi pada lereng adalah hilangnya kestabilan sehingga terjadi gerakan-gerakan tanah, retak-retak, bahkan longsor karena adanya perbedaan elevasi tanah. Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng.

2.1.1 Jenis – Jenis Kelongsoran

Dilihat dari mekanisme longsohnya, tanah longsor dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis (Landslide Types and Processes, USGS, 2004) yaitu :

1. Luncuran (*Slide*)

Terjadi pada material tanah dari hasil pelapukan batuan yang terdapat pada zona lemah (*weak zone*) antara zona stabil dan tidak stabil. Material yang longsor meluncur di sepanjang bidang batas *weak zone* ini disebut *surface of rupture*. *Slide* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Tanah longsor terputar (*rational landslide*)
- b. Tanah longsor planar (*translation landslide*).

Perbedaan keduanya adalah pada bentuk bidang gelincirnya dapat dilihat pada **Gambar 2.1A** dan **Gambar 2.1B**.

2. Jatuhan (*fall*)

Fall biasanya terjadi pada batuan atau material yang relatif kompak/resisten. *Fall* adalah terlepasnya fragmen batu atau *boulder* dari agregat batuan secara menggelinding, terpelempar atau jatuh bebas ke lereng bawah. *Fall* biasanya terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang mempunyai banyak kekar (*joint*) atau rekahan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan berbeda (zona kontak batuan)(**Gambar 2.1D**).

3. Runtuhan (*topples*)

Topples adalah runtuhnya sekelompok massa batuan yang diakibatkan gravitasi bumi. Bentuk longsor ini dapat dilihat pada **Gambar 2.1E**.

4. Aliran (*flow*)

flow adalah longsor material menuruni lereng dengan ukuran yang bervariasi mulai dari fragmen tanah halus sampai bongkah yang bercampur dengan air. Longsor aliran dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu :

a. *Debris flow*

Debris flow adalah longsor material dengan ukuran yang bervariasi (dari halus hingga kasar) yang bercampur dengan air (**Gambar 2.1F**). *Debris flow* biasanya terjadi pada waktu hujan deras pada lereng curam. *Debris flow* merupakan salah satu jenis longsor yang sering terjadi di Indonesia.

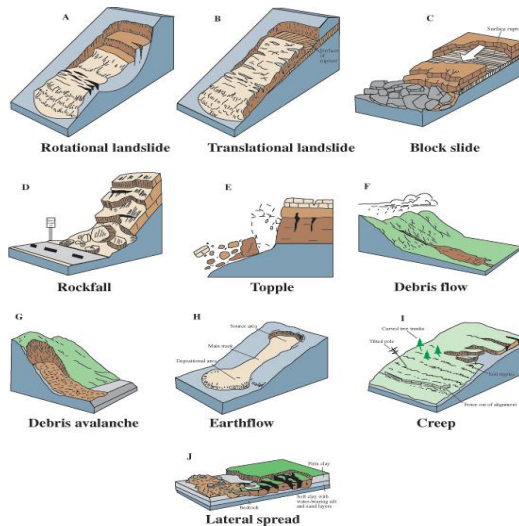
b. *Debris avalanche*

Debris avalanche merupakan *debris flow* yang terjadi secara cepat dan dalam massa yang besar (**Gambar 2.1G**).

c. *Earth flow* atau *mud flow*

Earthflow/mudflow ukuran materialnya relatif halus dan seragam. Biasanya terjadi pada lahan dengan kemiringan lereng yang tidak terlalu curam (**Gambar 2.1H**).

Selain ke empat jenis kelongsoran ada satu jenis longsor yang disebut *Soil creep* atau rayapan tanah adalah pergerakan massa tanah menuruni lereng dalam waktu yang lama dan kecepatan yang relatif pelan (tidak seperti longsor yang sifat gerakannya cepat dan dalam waktu yang singkat). Secara visual kenampakan *soil creep* tidak mudah dikenali dalam waktu yang singkat karena kenampakan morfologi permukaannya biasanya relatif tidak terlalu berubah. Namun ada beberapa indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi *soil creep*, antara lain adanya pohon, tiang listik yang miring, dan retak – retak pada permukaan tanah (**Gambar 2.1I**).



Gambar 2. 1 Tipe-tipe longsor
(Sumber: Landslide Types and Processes, USGS)

2.1.2 Faktor – faktor Penyebab Kelongsoran

Terzaghi (1950) membagi penyebab ketidakstabilan lereng menjadi dua kelompok besar antara lain :

1. Faktor Pengaruh Luar

Faktor ini disebabkan karena meningkatnya tegangan geser yang terjadi pada tanah sehingga faktor keamanannya menjadi turun ($FK < 1$). Hal ini disebabkan karena faktor – faktor berikut:

- a. Turunnya tegangan horizontal tanah, kondisi ini sering terjadi apabila :
 - Kaki talud tererosi oleh aliran sungai atau air hujan
 - Akibat perbuatan manusia, adanya kegiatan penggalian pada talud
- b. Peningkatan tegangan vertikal tanah, hal ini disebabkan karena:
 - Air hujan yang tertahan diatas talud
 - Berat akibat timbunan tanah para talud
 - Berat bangunan diatas talud

- c. Pergerakan tektonik dapat mengubah geometri talud, bila pergerakannya membuat talud menjadi landai maka talud akan lebih stabil, tetapi bila pergerakannya membuat talud menjadi terjal maka akan mengurangi kestabilan talud.
 - d. Gempa bumi, pada saat terjadi gempa bumi gelombang merambat naik dari permukaan batuan ke permukaan tanah, sebelum mencapai permukaan tanah rambatan gelombang melewati berbagai lapisan tanah sehingga menimbulkan perubahan pada tegangan tanah.
2. Faktor Pengaruh Dalam
- Faktor ini disebabkan oleh penurunan kekuatan geser tanah yang disebabkan oleh :
- a. Peningkatan kadar air yang terjadi pada tanah lempung.
 - b. Struktur geologi dan keadaan geometri talud.
 - c. Absorpsi oleh mineral lempung yang biasanya diikuti oleh penurunan harga kohesi tanah.
 - d. Penyusutan tanah lempung diakibatkan oleh perubahan temperatur yang dapat menimbulkan retak susut, sehingga kohesi tanah menjadi turun dan memberikan kesempatan kepada air untuk masuk kedalam lapisan tanah.
 - e. Perubahan berat volume dan tekanan air pori tanah.

2.1.3 Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan (Hardiyatmo, 2010):

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2.1)$$

Dimana :

- τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah
- τ_d = tegangan geser yang timbul akibat gaya berat tanah yang akan longsor
- F = faktor aman

Menurut teori Mohr-Columb, tahanan geser maksimum (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya, dinyatakan oleh:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2.2)$$

Dimana :

c = kohesi (sepanjang bidang longsor)

σ = tegangan normal

φ = sudut gesek dalam tanah (sepanjang bidang longsor)

Tegangan geser yang terjadi akibat beban tanah dan beban – beban lain pada bidang longsornya, dinyatakan oleh :

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (2.3)$$

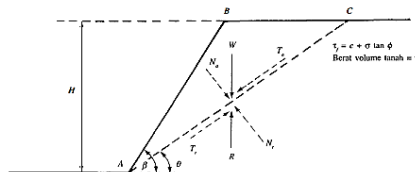
Dimana :

c_d dan φ_d = kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi

Umumnya, faktor aman stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2 – 1,5 (Hrdiyatmo, 2010).

Analisa stabilitas lereng dengan bidang longsor datar dibagi menjadi dua yaitu berdasarkan lereng tak terhingga (*Infinite Slope*) and lereng terhingga (*Finite Slope*). Akan dijelaskan lebih mendalam tentang lereng terbatas.

Lereng Terbatas (*Finite Slope*) seperti **Gambar 2.2** menunjukkan timbunan yang terletak di atas tanah asli yang miring. Akibat permukaan tanah asli yang miring, timbunan akan longsor sepanjang bidang datar AC. Dimana pada lapisan tanah asli masih terdapat lapisan lemah yang berada di dasar timbunannya.



Gambar 2. 2 Lereng terbatas dengan metode culman

(Sumber: Braja M. Das, 1993)

Berat massa tanah yang akan longsor

$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin \beta \cdot \sin \theta} \right) \quad (2.4)$$

Dimana:

W = berat tanah di atas bidang longsor

θ = sudut longsor terhadap horizontal

β = sudut lereng tanah

Tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) yang terjadi akibat berat tanah pada bidang AC adalah:

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2} \gamma H \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot \sin(\beta-\theta)}{\sin \beta \cdot \sin \theta} \quad (2.5)$$

$$\tau = \frac{\frac{1}{2} \gamma H \cdot \sin^2 \theta \cdot \cos \theta \cdot \sin(\beta-\theta)}{\sin \beta \cdot \sin \theta} \quad (2.6)$$

Tahanan geser yang terjadi pada bidang AC adalah:

$$\tau_d = cd + \sigma' \operatorname{tg} \varphi_d \quad (2.7)$$

Pada saat keseimbangan batas tercapai, $\tau = \tau_d$ maka akan diperoleh persamaan:

$$c_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H \cdot \left(\frac{\sin(\beta-\theta)(\sin \theta - \cos \theta \operatorname{tg} \varphi_d)}{\sin \beta} \right) \quad (2.8)$$

Saat kondisi kritis $F = 1$ diperoleh persamaan tinggi H yang paling kritis

$$H_c = \frac{4c}{\gamma} \left(\frac{\sin \beta \cos \beta}{1 - \cos(\beta-\varphi)} \right) \quad (2.9)$$

Dimana:

Hc = tinggi lereng kritis

θ = sudut longsor terhadap horizontal

β = sudut lereng tanah

c = kohesi

γ = berat volume tanah

φ = sudut geser dalam tanah

2.2 Korelasi Data Tanah

Nilai SPT dapat digunakan untuk menghitung sifat *friction angle* (ϕ), *relative density* (Dr), kapasitas dukung dan penurunan, kecepatan gelombang geser (v_s) tanah, pada tanah berbutir halus

untuk memperkirakan *undrained compressive strength* (q_u). Perkiraan nilai-nilai tersebut seperti pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 1 Korelasi SPT
(Sumber: Bowles & Hainim, 2004)

Uraian	Tanah Tidak Kohesif				
	N	0-10	11-30	31-50	>50
Berat isi, kN/m^3	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser, ϕ	25-35	28-36	30-40	>35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat padat	
	Tanah Kohesif				
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, kN/m^3	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
q_u , kPa	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Kenyal (<i>stiff</i>)	Keras

Tabel 2. 2 Representatif Nilai γ_d dan γ_{sat}
(Sumber: Bowles & Hainim, 2004)

Type	Soil description	Unit weight range (kN/m^3)	
		Dry	Saturated
Cohesionless	Soft sedimentary (chalk, shale, siltstone, coal)	12	18
Compacted	Hard sedimentary	14	19
Broken rock	(Conglomerate, sandstone)	18	20
	Metamorphic igneous	17	21
Cohesionless	Very loose	14	17
	Loose	15	18
Sands and gravels	Medium dense	17	20
	Dense	19	21
	Very dense	21	22
Cohesionless	Loose	14	17
	Uniformly graded	14	17
Sands	Well graded	16	19
	Dense	18	20
	Uniformly graded	18	20
	Well graded	19	21
Cohesive	Soft – organic	8	14
	Soft – non organic	12	16
	Stiff	16	18
	Hard	18	20

Korelasi nilai C_u dengan N_{spt} dan sondir untuk tanah dominan lanau dan lempung menurut Mochtar, 2006 seperti pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Konsistensi Tanah Dominan Lanau dan Lempung
(Sumber: Motchar, 2015)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari sondir)	
	kPa	Ton/m ²		Kg/cm ²	kPa
Sangat lunak	0 – 12.0	0 -1.20	0 – 2.	0 – 7.0	0 - 700
Lunak	13 – 24	1.30 – 2.4	2.5 - 4	8.0 – 14	700 - 1400
Menengah	25 – 49	2.5 – 4.9	5 - 8	15 – 29	1500-2900
Kaku	50 – 99	5.0 – 9.9	9 - 15	30 - 59	3000-5900
Sangat kaku	100 – 199	10 – 19.9	16 - 29	60 – 124	5900-12400
Keras	>200	>20	>30	>125	>12500

Taksiran harga sudut geser, berat volume jenuh dan kepadatan relatif menurut Mochtar, 2009 seperti pada **Tabel 2.4**, dan **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 4 Pedoman Memperkirakan Harga ϕ Dari Harga N_{spt} .
Untuk Tanah Dominan Pasir (Dari Teng, 1962)
(Sumber: Motchar, 2015)

Kondisi kepadatan	Kepadatan relatif, R_a (%)	Perkiraan Harga N_{spt}	Perkiraan harga, ϕ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
very loose (sangat renggang)	0 s/d 15	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 s/d 35	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35 s/d 65	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65 s/d 85	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85 s/d 100	> 50	41*	

Tabel 2. 5 Perkiraan Harga ϕ Untuk Tanah Kohesif
(Sumber: Look, 2007)

Type	Soil description	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5-10	10-20
	Soft – non organic	10-20	15-25
	Stiff	20-50	20-30
	Hard	50-100	25-30

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari Triaxial Test. Nilai Modulus elastisitas (Es) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah
(Sumber: Bowles, 1997)

Jenis Tanah	Es (Kg/cm ²)
Lempung	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Keras	70 – 200
Berpasir	300 – 425
Pasir	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

Poisson Ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan longitudinal. **Tabel 2.7** di bawah ini merupakan Poisson's Ratio untuk beberapa material

Tabel 2. 7 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah
(Sumber: Bowles, 1988)

Material	Poisson's ratio ν
Lempung jenuh	0.4 – 0.5
Lempung tak jenuh	0.1 – 0.3
Lempung berpasir	0.2 – 0.3
Lanau	0.3 – 0.35
Pasir padat	0.1 – 1.00
Pasir berkerikil	0.3 – 0.4
Batuan (<i>Rock</i>)	0.1 – 0.4 (agak bergantung jenis batuan)
Tanah lus	0.1 – 0.3
Es	0.36
Beton	0.15 – 0.25

Nilai kadar air (ω_{sat}), porositas (n), angka pori (e), dan koefisien konsolidasi vertikal (C_v) untuk tanah kohesif, didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah (γ_{sat}) yang bersumber dari *Biarez*. dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Berat jenis tanah (GS) didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah (γ_{sat}) dan angka pori (e) dengan menggunakan persamaan (Das B. M, 1988):

$$GS = \frac{\gamma_{\text{sat}} \times (1+e)}{\gamma_w} - e \quad (2.10)$$

Dimana :

- GS = berat jenis tanah
 γ_{sat} = berat volume jenuh tanah (t/m³)
 γ_w = berat volume air = 1 (t/m³)
 e = angka pori

Indeks pemampatan (C_c) didapatkan dari korelasi berdasarkan harga batas cair (LL) dengan menggunakan persamaan *Biarez & Favre* :

$$C_c = 0.009 \times (LL - 13) \quad (2.11)$$

Dimana :

- C_c = indeks pemampatan
 LL = batas cair

2.3 Pondasi Dalam

Jenis –jenis pondasi dalam adalah tiang pancang, tembok/tiang yang di bor, atau kaison yang di bor yang mana $D/B > 4$. Pondasi dalam yang sering digunakan dalam tujuan untuk pekuatan tanah dasar yang lunak adalah biasanya menggunakan tiang pancang kelompok/cerucuk dan *soldier pile*.

2.3.1 Perkuatan Cerucuk

Metode cerucuk dengan menggunakan micropile adalah salah satu cara stabilisasi dengan cara memasukkan micropile kedalam tanah dasar. Penggunaan cerucuk bertujuan untuk:

- Meningkatkan daya dukung tanah. Apabila micropile dimasukkan ke dalam tanah, maka tanah disekitarnya akan

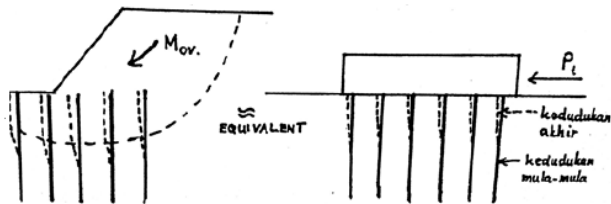
memadat. Jadi dapat dikatakan jika pemasangan tiang lebih dari satu akan berpengaruh pada pemadatan tanah.

- b. Menahan terjadinya sliding. Micropile direncanakan agar dapat menahan gaya geser lebih besar dari pada gaya geser tanah pada bidang longsor.
- c. Menahan kelongsoran pada tanah timbunan bersama dengan tanah dasar di bawahnya (kelongsoran keseluruhan).

Mochtar, I.B., (2000) mengembangkan teori untuk konstruksi cerucuk / micropile dengan menggunakan asumsi bahwa :

- a. Kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan “rigid cap” di muka tanah yang menerima gaya horizontal.
- b. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi sepanjang bidang gelincir. seperti dijelaskan pada

Gambar 2.3



Gambar 2.3 Asumsi gaya yang diterima oleh cerucuk
(Sumber : Mochtar, I.B., 2000.)

1. Perhitungan Kekuatan Satu Cerucuk

Perhitungan kekuatan cerucuk harus diperhitungkan faktor kekakuan relatif satu cerucuk (T) menurut NAVFAC DM-7, 1971 dengan persamaan :

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.10)$$

Dimana:

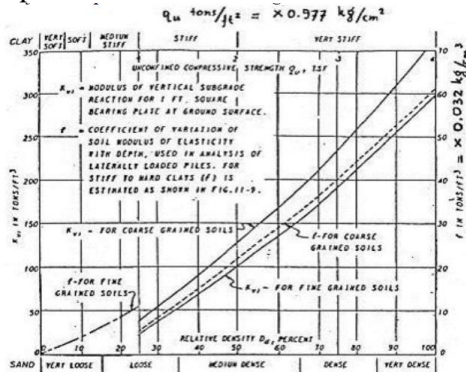
T = faktor kekuatan relatif (cm)

E = modulus elastisitas tiang cerucuk (kg/cm²)

I = momen inersia tiang cerucuk (cm⁴)

F = koefisien dari variasi modulus tanah (kg/cm³)

Harga f didapatkan menurut NAVFAC DM-7, 1971 seperti dijelaskan pada **Gambar 2.4**



Gambar 2. 4 Harga f dari berbagai jenis tanah
(Sumber : NAVFAC DM-7, 1971.)

Selanjutnya dapat dihitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh satu tiang dengan Persamaan :

$$P = \frac{M_p}{F_m \times T} \tag{2.11}$$

Dimana :

P = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

T = faktor kekakuan relative (cm)

M_p = momen lentur maksimum yang bekerja pada cerucuk akibat beban P (kg-cm)

Nilai M_p dapat dihitung dengan Persamaan :

$$M_p \text{ max-1 cerucuk} = \frac{\sigma_{\text{max-bahan}} \times I_n}{\left(\frac{D}{2}\right)} \tag{2.12}$$

Dimana :

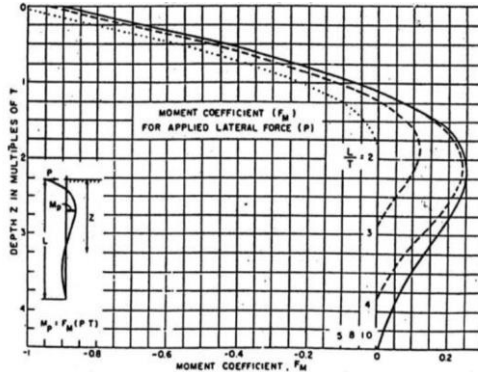
σ_{max} = tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk.

I_n = momen Inersia penampang terhadap garis netral penampang.

D atau B = diameter atau lebar tergantung bentuk penampang cerucuk.

F_m = koefisien momen akibat gaya lateral P

Dengan merencanakan panjang cerucuk dibawah bidang gelincir(L) sehingga harga L/T dipakai untuk menentukan harga Fm pada kedalaman (z) didapatkan menurut NAVFAC DM-7, 1971 seperti dijelaskan pada **Gambar 2.5** ebagai berikut :



Gambar 2.5 Grafik untuk menentukan besarnya Fm
(Sumber : NAVFAC DM-7, 1971)

Harga M_p yang telah diperoleh kemudian dipergunakan untuk menghitung gaya maksimum (P-max) yang dapat ditahan oleh satu cerucuk dengan menggunakan Persamaan :

$$P_{\text{max-lcerucuk}} = \frac{M_p \text{ max-lcerucuk}}{F_m \times T} \times Fkg \quad (2.13)$$

Dimana :

P = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

M_p = momen lentur maksimum bekerja pada cerucuk akibat beban P (kg-cm)

F_m = koefisien momen akibat gaya lateral P

T = faktor kekakuan relative (cm)

Fkg = Faktor koreksi gabungan, Dimana menurut Mochtar & Arya (2002) dapat dihitung dengan Persamaan :

$$Fkg = 2,643 \left[\frac{0,89 + 0,12 \left(\frac{L}{D} \right)}{2,69} \right] \times \left[\frac{0,855 \cdot Cu^{-0,392}}{2,865} \right] \quad (2.14)$$

Dimana :

L = panjang cerucuk dibawah bidang gelincir

D = Diameter atau lebar penampang tergantung penampang cerucuk.

2. Penentuan Kebutuhan Jumlah Cerucuk

Perhitungan kebutuhan jumlah cerucuk persatuan panjang tegak lurus bidang gambar potongan melintang, harus diketahui momen penahan (MR) eksisting yang terjadi dari bidang longsor. Selanjutnya maka akan dapat diperoleh momen dorong (MD) berdasarkan Persamaan:

$$MD = \frac{MR}{SF_{\min}} \quad (2.15)$$

Dimana :

MD = momen dorong

SF = angka keamanan minimum yang dianalisis melalui *dxstable*

MR = momen penahan yang dianalisis melalui *dxstable*

$$MR = \sum \Delta Cu \times L \times R \quad (2.16)$$

Dimana :

ΔCu = tegangan geser *undrained* tanah dasar

L = Panjang bidang gelincir

R = Jari-jari putar bidang gelincir

Momen dorong (MD) yang telah dihitung dapat digunakan untuk menghitung momen penahan tambahan (ΔMR) yang diperlukan untuk meningkatkan angka keamanan (SF) dengan Persamaan :

$$\Delta MR = (SF_{\text{rencana}} - SF_{\text{minimum}}) \times MD \quad (2.17)$$

Dimana :

ΔMR = momen penahan tambahan.

SF_{rencana} = SF rencana $\geq 1,1$ (beban sementara) dan $\geq 1,5$ (beban tetap).

SF_{min} = angka keamanan minimum yang dianalisis melalui *dxstable*.

MD = momen dorong.

Sehingga dapat dihitung jumlah cerucuk (n) yang harus dipasang persatuan panjang dengan menggunakan Persamaan:

$$n = \frac{\Delta MR}{R \times P_{max} - l_{cerucuk}} \quad (2.18)$$

Dimana :

- n = Jumlah cerucuk yang dibutuhkan
 ΔMR = momen penahan tambahan.
 R = Jari-jari kelongsoran
 P_{max} = Gaya horizontal maksimum yang mampu dipikul 1 micropile

2.3.2 Perencanaan Soldier Pile

Soldier Pile adalah dinding penahan tanah pada suatu galian yang terdiri dari rangkaian barisan *bored pile* yang terbuat dari beton. Sebagai struktur penahan tanah, soldier pile dapat digunakan pada hampir semua jenis tanah dan segala jenis lapangan.

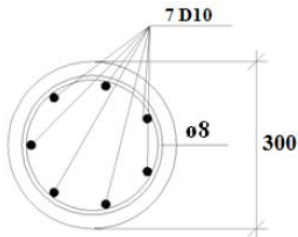
Soldier pile merupakan *bored pile* yang akan difungsikan sebagai penahan tanah dan akan diaplikasikan menerima / menahan gaya atau beban horizontal yang ditimbulkan dari tekanan yang ada di sebelahnya. Kedalaman dan diameter *soldier pile* tergantung dari perhitungan kekuatan, berdasarkan ketinggian lereng, jenis tanah dan perkiraan beban horizontal yang ada. Jarak antar *Soldier Pile* ini di buat rapat agar berfungsi sebagaimana yang diinginkan yaitu sejarak 20 cm pada setiap penulangannya seperti **Gambar 2.6**.

Perancangan soldier pile juga bisa dari baja. Pada konstruksi soldier pile yang menggunakan bahan dasar baja berdasarkan hasil analisa bending moment maksimum yang didapatkan dari hasil analisa tegangan pada pemodelan dinding penahan tanah. Untuk mencari modulus penampang profil soldier pile yang akan dipasang dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{M_{max}}{\theta \sigma_a} \quad (2.19)$$

Dimana:

- θ = Faktor pembesaran baja (0,9)
 σ_a = Tegangan ijin baja
 S = Jarak pemasangan soldier pile (berkisar 1-1,5 m)



Gambar 2. 6 Penulangan soldier pile

(Sumber :

<http://ilmukonstruksiTekniksipil.blogspot.com/2016/01/a.html>)

Keuntungan dalam menggunakan soldier pile adalah sebagai berikut.

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

2.4 Daya Dukung Pondasi Dalam

Bowles (1996) menyatakan bahwa tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi yang diletakkan pada tanah tersebut tanpa terjadi kegagalan (shear failure) geser dan penurunan (settlement) yang dapat ditolerir untuk konstruksi tersebut. Daya dukung ijin q_a yang harus dipakai dalam perencanaan didasarkan pada pertimbangan penurunan dan pada daya dukung ultimit. Daya dukung ijin didapat dari perbandingan antara daya dukung ultimate dengan faktor keamanan.

$$q_a = \frac{q_{ult}}{SF} \quad (2.20)$$

Faktor keamanan didasarkan pada jenis tanah (berkohesi atau tidak berkohesi), parameter tanah, fungsi bangunan struktur diatas tanah, dan pelaksanaan.

Menurut Bowles (1996) pondai dalam adalah pondasi yang mendistribusikan beban lebih banyak secara vertikal dibandingkan secara horizontal. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung beban apabila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam.

2.4.1 Daya dukung pondasi berdasarkan data SPT

Data SPT (*Standard Penetration Test*) dari lapangan tidak langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang, harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli sebagai berikut:

a. Koreksi terhadap muka air tanah

Untuk tanah halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan bila $N > 15$, maka harga N dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil :

$$1) N_1 = 15 + 1/2(N-15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.21)$$

$$2) N_1 = 0.6 N \quad (\text{Bazara, 1967}) \quad (2.22)$$

Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga $N \leq 15$ tidak perlu dilakukan koreksi sehingga $N_1 = N$.

b. Koreksi terhadap tekanan overburden dari tanah

Hasil koreksi N_1 perlu dikoreksi lagi untuk pengaruh terhadap tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah Dimana harga N tersebut didapatkan (Bazaraa, 1967).

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.23)$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o > 7.5 \text{ ton/m}^2 \quad (2.24)$$

Bila P'_o dalam KPa = KN/m², maka:

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o \leq 75 \text{ KN/m}^2 \quad (2.25)$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1p'_o} \quad ; \text{ bila } p'_o > 75 \text{ KN/m}^2 \quad (2.26)$$

Nilai N_2 harus lebih kecil dari $2 N_1$. Namun jika dari koreksi didapatkan nilai $N_2 > 2N_1$, maka $N_2 = 2N_1$. Nilai daya dukung dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{ult} = C_n \times A + \sum C_{li} \times A_{si} \quad (2.27)$$

Dimana:

$C_{li} = F_{si} =$ hambatan geser selimut tiang pada segmen i

Untuk lempung / lanau, $f_{si} = N/2$

Untuk tanah pasir, $f_{si} = N/5$

$A_{si} =$ luas selimut tiang pada segmen $I = O_i \times h_i$

- O_i = keliling tiang
 C_u = $40\bar{N}$ (ton/m²)
 \bar{N} = harga rata – rata N2 4D dibah ujung s/d 8D diatas ujung tiang

Sehingga:

$$Q_{ult} = 40 \bar{N} \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2} \times A_{si} \quad (2.28)$$

$$Q_{ult} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.29)$$

2.4.2 Daya dukung pondasi berdasarkan data sondir

Menurut Schmertmann (1975) dan Nottingham (1975) daya dukung sondir. Untuk tanah lempung dan lanau:

$$Q_s = \left\{ \sum_{li=0}^{li=80D} K_c \left[\left(\frac{li}{8D} \right) H_{pi} \cdot O_i \right] + \sum_{li=8D}^{li=L} K_c [H_{pi} \cdot O_i] \right\} \quad (2.30)$$

Untuk tanah pasir:

$$Q_s = \left\{ \sum_{li=0}^{li=80D} K_s \left[\left(\frac{li}{8D} \right) H_{pi} \cdot O_i \right] + \sum_{li=8D}^{li=L} K_s [H_{pi} \cdot O_i] \right\} \quad (2.31)$$

Dimana:

- Q_s = daya dukung ultimit tiang akibat hambatan lekat / friksi disepanjang tiang
 K_c = faktor koreksi untuk clay
 K_s = faktor koreksi untuk sand
 li = kedalaman ruas yang ditinjau (i)
 D = diameter tiang pancang
 H_{pi} = Hambatan pelekak untuk ruas pada kedalaman li
 O_i = Keliling tiang untuk kedalaman li
 L = total panjang tiang pancang yang terpendam dalam tanah

Menurut Schmertmann daerah pengaruh bidang keruntuhan akibat dari batang sondir / tiang pancang adalah 4D dibawah ujung tiang dan 8D diatas ujung tiang. Jadi perencanaan harga conus tidak dapat begitu saja diambil langsung dari grafik sondir, melainkan harus diambil rata –ratanya mulai dari 4D dibawah ujung tiang dan 8D diatas ujung tiang.

$$\bar{Cn}_{\text{rat-rata ujung}} = \frac{\frac{1}{2}(Cn_1 + Cn_2 + Cn_3)}{2} \quad (2.32)$$

Dimana:

$\overline{Cn1}$ = harga conus rata – rata dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D kebawah

$\overline{Cn2}$ = harga conus rata – rata dari conus minimum dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D kebawah

$\overline{Cn3}$ = harga conus rata – rata dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8D keatas

Sehingga:

$$Q_p = \overline{Cn}_{\text{rat-rata}} \times A_{\text{ujung tiang}} \quad (2.33)$$

2.5 Perencanaan Timbunan

Timbunan atau *embankment* merupakan tumpukan tanah yang dibuat oleh manusia dengan cara dipadatkan lapis demi lapis dengan ketebalan dan kepadatan sesuai dengan ketentuan yang direncanakan. Dalam perencanaan, hal yang sangat perlu diketahui adalah stabilitas dari timbunan. Untuk itu perlu menghitung dan membandingkan antara tegangan geser (*shear stress*) yang terbentuk sepanjang bidang longsor yang kritis dengan kuat geser (*shear strength*).

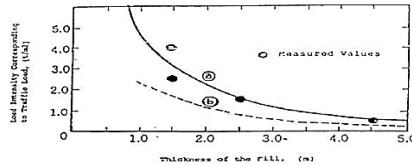
2.5.1 Timbunan dengan Perbaikan Tanah Metode *Preloading*

Penggunaan pra-pembebanan (*preloading*) dan beban tambahan (*surcharge*) adalah untuk mempercepat proses terjadinya pemampatan yang diprediksi pada tanah dasar. Dua metode *preloading* yang umum dipakai adalah :

- Menaikkan tegangan efektif tanah
- Menurunkan tegangan air pori

Apabila penurunan akibat pemampatan yang diinginkan telah tercapai, sebagian timbunan *preloading* dapat dibongkar. Besar tinggi timbunan yang dibongkar (Hbongkar) tergantung dari beban *traffic*. Untuk beban *traffic* harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata yang menyebabkan penurunan tanah. Menurut Japan Road Association (1986), beban *traffic* diperhitungkan sebagai beban merata yang tergantung dari tinggi timbunan (*embankment*) seperti pada **Gambar 2.7**. Beban *traffic*

tersebut kemudian dapat dikorelasikan dalam tinggi timbunan tambahan dan akan dibongkar ($H_{bongkar}$) saat waktu konsolidasi selesai. Semakin tebal tinggi timbunan, semakin kecil pengaruh beban traffic terhadap penurunan tanah.



Gambar 2. 7 Kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban *traffic*
(Sumber :Mochtar, 2000)

1. Penentuan Beban Preloading

Tinggi timbunan awal pada saat awal pelaksanaan konstruksi tidak sama dengan tinggi timbunan rencana. Penentuan dari tinggi timbunan rencana pada saat pelaksanaan fisik (dengan memperhatikan adanya pemampatan), dapat dihitung dengan persamaan (Mochtar, 2012)

Kondisi awal:

$$q_{awal} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} \quad (2.34)$$

Setelah mengalami konsolidasi:

$$q_{akhir} = (H_{awal} \times \gamma_{timbunan}) - (S_c \times (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan})) \quad (2.35)$$

untuk kondisi $\gamma_{sat} \neq \gamma_{timbunan}$, maka:

$$H_{initial} = \frac{q_{akhir}_i + (S_{ci}(\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan}))}{\gamma_{timbunan}} \quad (2.36)$$

untuk kondisi $\gamma_{sat} = \gamma_{timbunan}$, maka:

$$H_{initial} = \frac{q_{akhir}_i + (S_{ci} \cdot \gamma_w)}{\gamma_{timbunan}} \quad (2.37)$$

Perhitungan H_{akhir} , adalah:

$$H_{akhir} = (H_{initial} - S_{c_{tim}} - S_{c_{pavement}} - H_{bongkar}) + H_{pavement} \quad (2.38)$$

Dimana:

H_{awal} = tinggi timbunan awal yang diasumsikan

q_{awal} = beban awal akibat H_{awal}

q_{akhir} = beban akhir sebagai beban yang menyebabkan penurunan H_{awal}

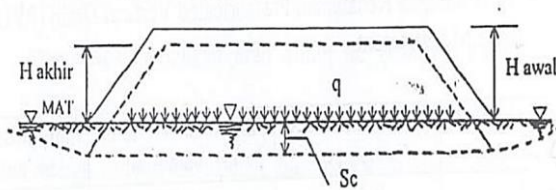
$H_{initial}$ = tinggi timbunan yang dibutuhkan untuk mencapai H_{akhir} setelah mengalami penurunan

Sc_{tim} = penurunan tanah akibat beban timbunan

$Sc_{pavement}$ = Penurunan tanah akibat beban lalu lintas

$H_{pavement}$ = tinggi timbunan yang dapat dibongkar akibat pengaruh beban *traffic*

Sketsa perencanaan tinggi timbunan saat mengalami pemampatan seperti **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan
(Sumber :Mochtar, 2000)

Pemampatan konsolidasi primer disebabkan oleh penimbunan timbunan setinggi H di atas tanah lunak yang akan menyebabkan terjadinya penambahan tegangan pada tanah dasar sehingga mengakibatkan adanya konsolidasi. Terdapat dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang diakibatkan, yaitu :

1) *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil)

Tanah terkonsolidasi secara normal Dimana tegangan overburden efektif pada saat ini merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.

2) *Over Consolidated Soil* (OC-Soil)

Tanah terkonsolidasi lebih, Dimana tegangan overburden efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya. Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan Persamaan:

$$\text{OCR} = \frac{\sigma_c'}{\sigma_{o'}} \quad (2.39)$$

Dimana:

$\sigma_{o'}$ = effective overburden pressure

$$= (\gamma_{\text{timbunan}} - \gamma'_w) \times \frac{1}{2} h$$

σ_c' = effective past overburden pressure

$$= \sigma_{o'} + \Delta\sigma_f \text{ (akibat fluktuasi air)}$$

NC-Soil mempunyai harga OCR = 1 dan OC soil mempunyai harga OCR >1. Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H per lapisan tanah ditinjau yang dihitung pertengah-tengah lapisan-i dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985):

a. Untuk tanah *Normally Consolidated* (NC-Soil)

$$S_c = C_c \frac{H_i}{1+e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \quad (2.40)$$

b. Untuk tanah *Over Consolidated* (OC-Soil)

Bila $(\sigma_{o'} + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$, maka :

$$S_c = C_s \frac{H_i}{1+e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \quad (2.41)$$

Bila $(\sigma_{o'} + \Delta\sigma) > \sigma_c'$, maka :

$$S_c = \left[C_s \frac{H_i}{1+e_0} \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{o'}} \right] + \left[C_c \frac{H_i}{1+e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \right] \quad (2.42)$$

Dimana:

S_c = besar pemampatan yang terjadi (m)

C_c = indeks pemampatan (*compression index*)

C_s = indeks pemuaiian (*swelling index*)

e_0 = angka pori

$\sigma_{o'}$ = tegangan overbudden efektif (t/m²)

$\Delta\sigma$ = penambahan beban vertical (t/m²)

σ_c' = tegangan overbudden efektif (t/m²)

Sehingga besar pemampatan total adalah:

$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{ci} \quad (2.43)$$

Dimana:

S_{ci} = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke-I (m)

n = jumlah lapisan tanah yang dihitung besar pemampatan

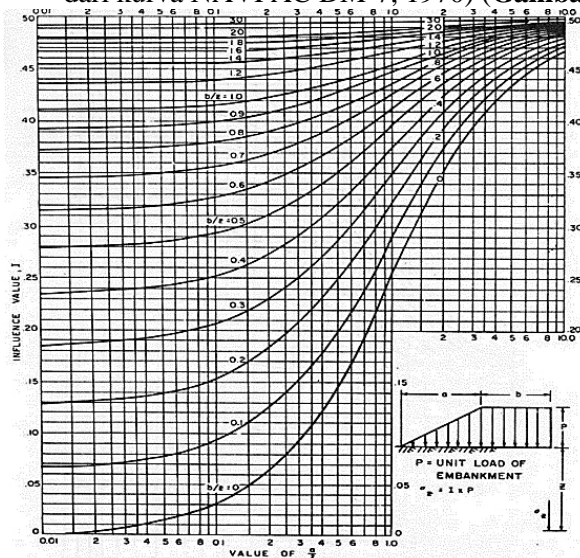
Besarnya penambahan beban ($\Delta\sigma$), akibat beban *embankment* (timbunan bentuk trapezium) dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta\sigma = 2 \times I \times q \quad (2.44)$$

Dimana:

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

I = faktor pengaruh (influence factor) yang ditentukan dari kurva NAVFAC DM-7, 1970) (**Gambar 2.9**)



Gambar 2. 9 Kurva faktor pengaruh I beban embankment (NAVFAC DM-7, 1970)

Besarnya penambahan beban (Δp), akibat beban perkerasan dan lalu lintas dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta p = 4 \times I \times q \quad (2.45)$$

Dimana:

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa beban perkerasan dan lalu lintas

I = faktor pengaruh (influence factor) yang ditentukan dari kurva didasarkan teori Wetergaard (Duncan dan Buchigani, 1976) lihat **Gambar 2.10**

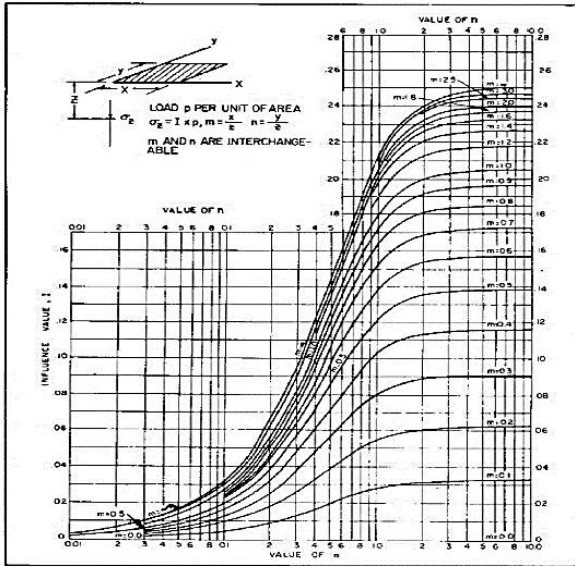


FIGURE 4
Influence Value for Vertical Stress Beneath a Corner of a Uniformly Loaded Rectangular Area (Boussinesq Case)

Gambar 2. 10 Kurva faktor pengaruh I beban perkerasan (Duncan dan Buchigani, 1976)

2. Lama Waktu Preloading

Lama waktu preloading tergantung pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar. Menurut Terzaghi dalam Das (1985), lama waktu konsolidasi (t) dapat dihitung dengan Persamaan

$$t = \frac{Tv(Hdr)^2}{Cv} \quad (2.46)$$

Dimana:

t = waktu konsolidasi

Tv = *time factor*, bergantung dari derajat konsolidasi U (%)

Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Harga Tv menurut Das, 1985 diambil berdasarkan **Tabel 2.9**

Tabel 2. 8 Variasi Faktor Waktu pada Derajat Konsolidasi
(Das, 1985)

Derajat Konsolidasi U%	Faktor Waktu T
0	0.000
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.196
60	0.283
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	-

Untuk tanah berlapis-lapis dengan ketebalan berbeda, harga Cv gabungan dapat dihitung dengan Persamaan :

$$Cv \text{ gabungan} = \frac{(H_1+H_2+\dots+H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}}\right]^2} \quad (2.47)$$

Dimana:

H1, H2, Hn =tebal perlapisan tanah ditinjau (m).

Cv =koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical.

Untuk menentukan derajat konsolidasi akibat aliran air pori secara vertical, harga Uv digunakan Persamaan :

$$\text{Untuk } Tv \text{ antara } 0\% \text{ s/d } 60\%, \quad Uv = \left(2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}}\right) \times 100\% \quad (2.48)$$

$$\text{Untuk } Tv > 60\%, \quad Uv = (100 - 10^a)\% \quad (2.49)$$

Dimana:

$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.933} \quad (2.50)$$

$$Tv = \frac{t \times Cv}{Hdr^2} \quad (2.51)$$

Hdr = jarak terjauh air pori dilapisan tanah mengalir keluar (m)

Cv = harga Cv tanah pada lapisan setebal jarak terjauh air pori keluar

t = waktu yang dipilih.

3. Peningkatan daya dukung tanah akibat preloading

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah, maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang

berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*undrained shear strength*). Maka dari itu jika penimbunan dilakukan tanpa bantuan perkuatan masih bias dilaksanakan dengan memperhatikan stabilitas akibat kenaikan harga C_u dan penundaan tahap penimbunan jika stabilitasnya tidak memenuhi syarat. Namun jika timbunan dianalisis dengan bantuan perkuatan maka kenaikan daya dukung tanah dasar tidaklah menjadi masalah lagi sehingga penimbunan dapat terus menerus dilaksanakan tanpa adanya penundaan pentahapan dan tanpa terjadi kelongsoran (Mochtar, 2012). Maka dari itu sebelum perhitungan perkuatan tanah timbunan dapat diperiksa peningkatan daya dukung tanah dasar akibat penimbunan bertahap sehingga dapat dimanfaatkan untuk menahan kestabilan agar tidak membutuhkan banyak perkuatan. Untuk menghitung nilai C_U baru menggunakan Persamaan :

Untuk $PI < 120\%$,

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016PI)\sigma_p' \quad (2.52)$$

Untuk $PI > 120\%$,

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0454 - 0.00006PI)\sigma_p' \quad (2.53)$$

Dimana :

$C_{u\text{baru}}$ = daya dukung tanah baru (kg/cm^2)

PI = *Plasticity Index*

σ_p' = penambahan tegangan total (kg/cm^2)

Untuk tanah yang mengalami harga σ_p' yang berubah sesuai waktu maka tegangan total dapat dihitung menggunakan **persamaan 2.46** dengan distribusi tegangan dihitung menggunakan **persamaan 2.48**.

2.5.2 Sistim Perkuatan Timbunan

Dalam perencanaan timbunan ada beberapa alternative perkuatan pada tanah timbunan. Diantaranya adalah dinding penahan tanah untuk timbunan bersisi tegak, *geotextile* sebagai perkuatan lereng (*geotextile slope reinforcement*) dan dapat menggunakan *counterweight* untuk lereng landai.

1. Timbunan Sisi tegak dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dan *Geotextile*

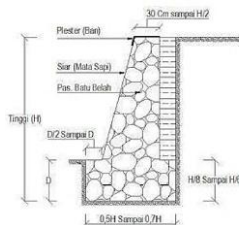
Alternatif perkuatan untuk timbunan sisi tegak dapat menggunakan DPT (Dinding Penahan Tanah) atau menggunakan *Geotextile*.

a. Perkuatan DPT (Dinding Penahan Tanah)

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1) Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*Gravity wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur. Seperti pada **Gambar 2.11**.



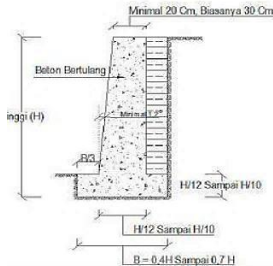
Gambar 2. 11 Dinding penahan tanah type gravitasi (*gravity wall*)

(Sumber : Hardiyatmo,2014)

2) Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (*Cantilever retaining wall*)

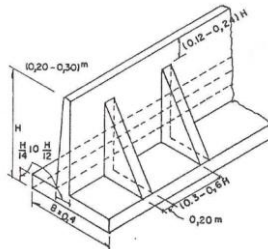
Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertical (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak

(*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter. Seperti pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2. 12 Dinding penahan tanah type kantilever
(Cantilever retaining wall)
(Sumber : Hardiyatmo,2014)

- 3) Dinding Penahan Tanah Type Counterfort (*Counterfort wall*)
Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (*counterfort*). *Counterfort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding *counterfort* akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter. Seperti pada **Gambar 2.13**.

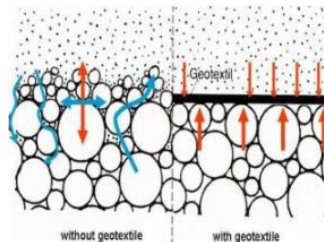


Gambar 2. 13 Dinding penahan tanah type counterfort
(counterfort wall)
(Sumber : Hardiyatmo,2014)

b. Perkuatan *Geotextile*

Geotextile salah satu kegunaannya yaitu dapat digunakan untuk alternatif timbunan bersisi tegak. *Geotextile* merupakan lembaran sintesis yang tipis, *flexible*, *permeable* yang digunakan untuk stabilisasi dan perbaikan tanah dikaitkan dengan pekerjaan Teknik sipil. Beberapa fungsi dari geotekstil yaitu:

- sebagai perkuatan tanah lunak
- sebagai konstruksi Teknik sipil yang mempunyai umur rencana cukup lama dan mendukung beban yang besar seperti jalan rel dan dinding penahan tanah.
- Sebagai lapangan pemisah, penyaring, drainase dan sebagai lapisan pelindung (**Gambar 2.14**)



Gambar 2. 14 Perbandingan digunakan dan tidak digunakan geotextile
(Sumber : PT. TeKNindo Geosistem Unggul, 2015.)

Pada perencanaannya perlu memperhatikan kekuatan tarik dari bahan dalam menerima dan memikul gaya geser saat terjadi kelongsoran. Pada perencanaan *geotextile* untuk timbunan bersisi tegak, ditinjau stabilitas pada :

- *Internal Stability*
- *Overall Stability*

Sehingga dapat ditentukan jumlah *geotextile* dan mutu *geotextile* yang memenuhi kedua syarat kestabilan tersebut.

1) *Internal Stability (Geotextile Wall Reinforcement)*

Dalam perhitungan *internal stability* diperhatikan gaya-gaya yang mempengaruhi pada timbunan diantaranya adalah : gaya tekanan horizontal akibat tanah dibelakang dinding dan beban

luar berupa beban *surchage* (beban merata) serta beban hidup (beban titik). Perhitungan gaya tekanan horizontal total digunakan

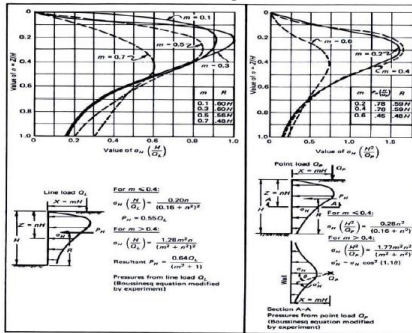
Persamaan:

$$\sigma_{Htotal} = \sigma_{HS} + \sigma_{HQ} + \sigma_{HI} \tag{2.54}$$

Dimana :

- oh total = Besar tegangan horizontal total diterima dinding
- ohs = Tegangan horizontal akibat tanah dibelakan dinding
- ohq = Tegangan horizontal akibat beban terbagi rata
- ohL = Tegangan horizontal akibat beban hidup / beban titik yang dapat dicari dengan fungsi z menggunakan

Gambar 2.15 sebagai berikut :



Gambar 2. 15 Grafik untuk menentukan besarnya ohL (Sumber : NAVFAC DM-7, 1971.)

Selanjutnya nilai tekanan horizontal total digunakan untuk menghitung kebutuhan *geotextile*.

2) Kebutuhan *Geotextile (Geotextile Wall Reinforcement)*

Setelah didapatkan tegangan horizontal total, dapat dihitung tebal pemasangan *geotextile* (Sv) pakai Persamaan :

$$Sv = \frac{Tallow}{SF \times \sigma H_{totalz}} \tag{2.55}$$

Dimana :

- Sv = Jarak pemasangan geotextile
- Tallow = Kekuatan geotekstile yang diijinkan
- SF = Faktor keamanan (1,3 – 1,5)

σ_h = Besar tekanan horisontal total diterima dinding kedalaman (z)

Setelah didapatkan S_v untuk pemasangan *geotextile* maka dapat dihitung keperluan panjang *geotextile*. Cara menghitung panjang *geotextile* yang ditanam adalah :

$$L = L_r + L_e \quad (2.56)$$

Dimana :

L_r = panjang *geotextile* didepan bidang longsor.

L_e = panjang *geotextile* berada di *achorage zone*, panjang minimal = 1 m.

Panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor digunakan persamaan :

$$L_r = (H - Z) \times \tan \left(45 - \frac{\Phi}{2} \right) \quad (2.57)$$

Dimana :

L_r = panjang *geotextile* didepan bidang longsor.

H = ketinggian timbunan

Z = titik pertinjauan

Φ = sudut geser tanah

Panjang *geotextile* yang berada dalam *achorage zone* digunakan persamaan :

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{2 \cdot [C + \sigma_v \cdot \tan \delta]} \quad (2.58)$$

Dimana :

L_e = panjang *geotextile* yang berada dalam *achorage zone*

σ_h = Besar tekanan horisontal total diterima perkedalaman Z

$SF = 1,3 - 1,5$

Σv = Besar tekanan vertikal diterima dinding perkedalaman Z

$\delta = 0,9 \Phi$

C = nilai kohesi tanah ditinjau

Setelah didapatkan L , dihitung panjang lipatan *geotextile* (L_o) dengan gaya yang diperhitungkan $0,5 \cdot \sigma_h$ digunakan persamaan:

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{4 \cdot [C + \sigma_v \cdot \tan \delta]} \quad (2.59)$$

Dimana :

L_o = panjang lipatan, dengan panjang minimal $\frac{1}{2} L_e$

σ_h = Besar tekanan horisontal total diterima dinding kedalaman Z

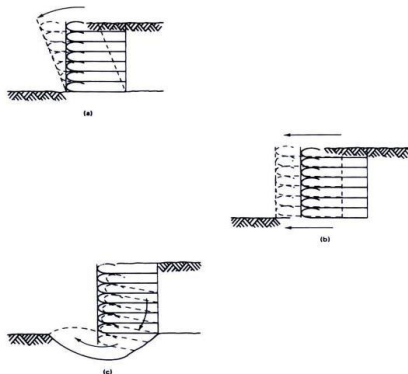
$SF = 1,3 - 1,5$

σ_v = Besar tekanan vertikal diterima dinding perdalaman Z

C = nilai kohesi tanah ditinjau

3) *External Stability (Geotextile Wall Reinforcement)*

Tanah timbunan bersisi tegak perlu diperiksa kestabilan timbunan terhadap daya dukung tanah dasarnya maka itu untuk *eksternal stability* maka timbunan yang direncana harus aman terhadap bahaya guling, geser, dan ambles. Seperti dijelaskan pada **Gambar 2.16** berikut :



Gambar 2. 16 External stability geotextile wall terhadap :

a.guling, b.geser, c.ambles

(Sumber : Mochtar, 2000.)

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap guling digunakan persamaan :

$$SF = \frac{\sum MP}{\sum MD} \quad (2.60)$$

Dimana :

SF = faktor aman bahaya guling, $SF=3$

$\sum MP$ = momen penahan

$\sum MD$ = momen pendorong.

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap geser digunakan persamaan :

$$SF = \frac{\Sigma FP}{\Sigma FD} \quad (2.61)$$

Dimana :

SF = faktor aman bahaya geser, SF=1,3

ΣFP = gaya penahan

ΣFD = gaya pendorong.

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap ambles (*bearing capacity*) digunakan persamaan :

$$SF = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ultimate}} \quad (2.62)$$

Dimana :

SF = faktor aman bahaya geser, SF=3

σ_{max} = tegangan maksimum pada tanah timbunan

σ_{ult} = tegangan ultimit daya dukung pada tanah dasar.

2. Lereng landai dengan *counterweight*

Lereng alami yang memiliki kemiringan yang curam menjadi faktor penyebab salah satu terjadinya longsor, sehingga ada alternatif lain yaitu dengan membuat lereng landai atau membuat *counterweight*. Perencanaan *counterweight* akan dilakukan dengan variasi dengan kemiringan tertentu sampai faktor aman (SF) yang terjadi > 1.5.

2.6 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

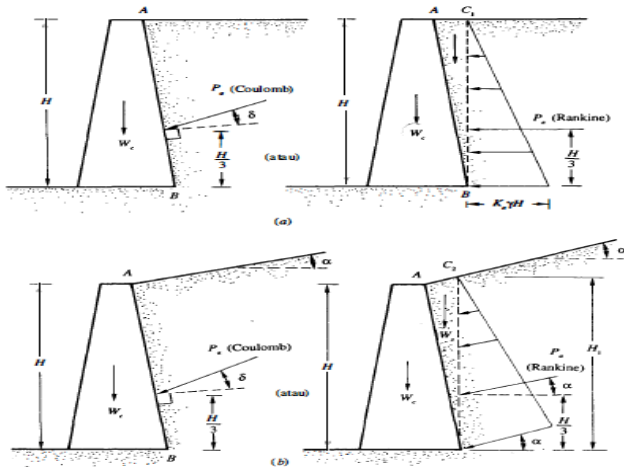
Perencanaan dinding penahan tanah perlu adanya langkah – langkah yang tepat, pertama menetapkan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai. Mempekirakan ukuran/dimensi dinding penahan tanah yang diperlukan. Menghitung gaya - gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan. Menentukan letak resultan gaya - gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan. Mengontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, dan bahaya kelongsoran daya dukung. Merencanakan struktur atau konstruksi

sehingga konstruksi dinding penahan tanah mampu memikul segala beban atau muatan yang dipikul (Hardiyatmo,2014).

2.6.1 Tekanan Tanah Lateral Aktif

1. Tanah Tak Berkohesi

Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada tembok penahan dapat dibuat dengan metode Coulomb atau metode Rankine. Perhitungannya untuk tembok penahan dengan urugan tanah berbutir ditunjukkan dalam **Gambar 2.17**. **Gambar 2.17a** menunjukkan suatu tembok penahan dengan urugan di belakang tembok mempunyai permukaan yang rata. Apabila metode Coulomb digunakan, maka gaya aktif per satuan lebar tembok P_a' dapat ditentukan dengan **Persamaan (2.70)**. Akan tetapi, bila kita menggunakan metode Rankine, gaya aktif tadi akan dihitung pada bidang vertikal yang digambar melalui tumit dari tembok, komponen vertikal dari gaya P . (yang ditentukan dengan cara Rankine) ditambahkan pada berat dari blok tanah W , untuk analisis stabilitas.



Gambar 2. 17 Analisis pendekatan dari gaya aktif yang bekerja pada tembok dengan urugan tanah tak berkohesi (Sumber : Mochtar, 2000)

Tekanan tanah aktif P_a , menurut Coulomb:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (2.63)$$

Dengan K_a adalah koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah miring menurut Coulomb dan harganya adalah

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2 \cdot \cos(\delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\sigma + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \alpha)^2}{\cos(\delta + \theta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right]} \quad (2.64)$$

Dimana :

P_a = tekanan tanah aktif total (KN/m²)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah

K_a = koefisien tekanan aktif

φ = sudut geser dari tanah

θ = sudut kemiringan dari tembok

α = sudut kemiringan tanah

δ = sudut geser antara tanah dengan tembok

Tekanan tanah aktif P_a , menurut Rankine:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (2.65)$$

Koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah rata (**Gambar 2.20a**) menurut Rankine adalah:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.66)$$

Koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah miring menurut Rankine adalah:

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}} \quad (2.67)$$

Dimana :

P_a = tekanan tanah aktif total (KN/m²)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah

K_a = koefisien tekanan aktif

φ = sudut geser dari tanah

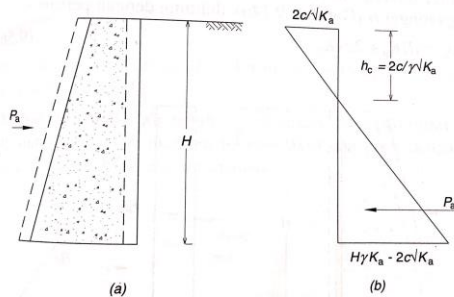
α = sudut kemiringan tanah

2. Tanah Berkohesi

Tanah urugan yang berkohesi atau nilai c tidak nol, tekanan tanah aktif pada dasar dinding penahan dapat dilihat pada **Gambar 2.18a**. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$P_a = H \gamma K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.68)$$

Variasi P_a menurut kedalamannya dapat dilihat pada **Gambar 2.18b**. Dimana nilai $h_c = 2c/(\gamma\sqrt{K_a})$, untuk kondisi undrained, $\phi = 0$, $K_a = 1$, dan $c = c_u$, maka $h_c = 2c_u/\gamma$.



Gambar 2. 18 Distribusi tekanan aktif untuk kohesif
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Tekanan tanah aktif total per satuan lebar dinding penahan dengan tinggi H , adalah

$$P_a = \frac{1}{2}H \gamma K_a - 2c\sqrt{K_a}H \quad (2.69)$$

Karena untuk $\phi = 0$, $K_a = 1$, maka:

$$P_a = \frac{1}{2}H^2 \gamma - 2cH \quad (2.70)$$

Dimana :

- P_a = tekanan tanah aktif total (KN/m')
- H = tinggi dinding penahan tanah (m)
- γ = berat volume tanah
- K_a = koefisien tekanan aktif
- c = kohesi (KN/m³)

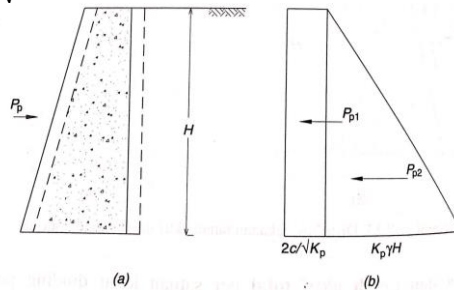
2.6.2 Tekanan Tanah Lateral Pasif

Pada dinding menekan tanah, tekanan tanah pasif pada dasar dinding setinggi H (**Gambar 2.19a**), dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_p = \gamma H K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (2.71)$$

Pada permukaan tanah urug, tekanan tanah pasif :

$$P_p = 2c\sqrt{K_p} \quad (2.72)$$



Gambar 2. 19 Distribusi tekanan pasif untuk tanah kohesif
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Variasi tekanan tanah pasif dengan kedalaman, dapat dilihat pada **Gambar 2.19b**. Tekanan tanah pasif total per satuan panjang dinding penahan tanah setinggi H adalah

$$P_p = \frac{1}{2}H^2 \gamma K_p + 2c\sqrt{K_p}H \quad (2.73)$$

Untuk $\varphi = 0$, nilai $K_p = 1$, maka:

$$P_p = \frac{1}{2}H^2 \gamma + 2cH \quad (2.74)$$

Dimana :

P_p = tekanan tanah pasif total (KN/m')

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

c = kohesi (KN/m³)

2.6.3 Kontrol Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Analisis stabilitas dinding penahan tanah dapat sebagai berikut berdasarkan syarat RSNI Perancangan Persyaratan Geoteknik pasal 10.

1. Stabilitas Terhadap Geser

Akibat gaya – gaya lateral seperti tekanan tanah aktif P_a yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya - gaya lateral P_a tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif P_p dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah. Faktor aman terhadap penggeseran (FS), didefinisikan sebagai:

$$FS = \frac{\sum V \times \tan \delta}{\sum H} \geq 1,5 \quad (2.75)$$

Dimana:

- FS = faktor aman terhadap geser
 FS $\geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler
 FS ≥ 2 untuk tanah dasar kohesif
 $\sum V$ = total gaya vertikal (KN)
 $\sum H$ = total gaya horizontal (KN)
 Tan δ = koefisien gesek (**Tabel 2.9**)

Tabel 2. 9 Koefisien Gesek antara Dasar Fondasi dan Tanah Dasar
 (Sumber: Hardiyatmo, 2014)

No	Jenis tanah dasar fondasi	Tan δ
1	Tanah granuler kasar tak mengandung lanau aau lempung	0,55
2	Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
3	Tanah lanau tak berkohesi	0,35
4	Batu keras permukaan kasar	0,60

2. Stabilitas Terhadap Ambles

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi

penurunan tanah. Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai berikut:

$$FS = \frac{q_{ult}}{q_{max}} \geq 3 \quad (2.76)$$

Dimana:

F = faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

q_{ult} = kapasitas dukung ultimit(KN/m²)

q_{max} = tekanan akibat beban struktur (KN/m²)

a. Bila $\frac{\sum V}{A} \geq \frac{\sum M}{W}$

Maka, $q_{max} = \frac{\sum V}{A} + \frac{\sum M}{W} \leq q_{ult} \quad (2.77)$

$$q_{min} = \frac{\sum V}{A} - \frac{\sum M}{W} \leq 0 \quad (2.78)$$

b. Bila $\frac{\sum V}{A} \leq \frac{\sum M}{W}$

Maka, $q_{max} = \frac{2\sum V}{3\left(\frac{1}{2}B - \frac{\sum M}{\sum V}\right)} \leq q_{ult} \quad (2.79)$

3. Kontrol Terhadap *Overall Stability*
Menggunakan program bantu Plaxis

2.7 Progam Bantu *Plaxis*

Program Plaxis merupakan suatu program yang dibuat berdasarkan perhitungan metode elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas struktur geoteknik. Pada program Plaxis menggunakan analisa kestabilan dengan FEM (*Finite Element Method*). Dalam metode elemen hingga atau FEM, tidak dilakukan asumsi bidang longsor. Faktor keamanan dicari dengan mencari bidang lemah pada struktur lapisan tanah. Faktor keamanan didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi, c , dan sudut geser dalam tanah, ϕ , secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai faktor keamanan adalah sebagai berikut :

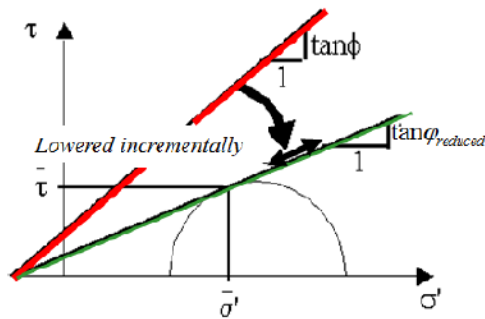
$$\sum MSF = \frac{c}{c_{reduced}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{reduced}} \quad (2.80)$$

Dimana :

$\sum MSF$ = faktor keamanan

C_{reduced} dan ϕ_{reduced} = nilai c dan ϕ terendah yang didapat pada saat program Plaxis mengatakan tanah mengalami keruntuhan (*soil body collapse*).

Proses perhitungan ini dalam diagram keruntuhan Mohr diilustrasikan pada **Gambar 23**. Dalam program Plaxis metode ini disebut “*Phi-c reduction*”.



Gambar 2. 20 Proses perhitungan faktor keamanan dalam FEM (Sumber : Jurnal analisa stabilitas lereng *limit equilibrium vs finite element method*, herman 2012)

Dalam analisa *undrained* untuk tanah berbutir halus terdapat tiga cara (kemungkinan memasukan) di dalam Plaxis, yaitu :

1. *Undrained A*

Tipe perilaku material dipilih *undrained* dan parameter – parameter masukan yang dipakai adalah parameter kuat geser efektif (c' , ϕ' , ψ') adalah parameter kekakuan efektif ($E'_{50,V'}$). Perhitungan *undrained* dilakukan dalam analisis tegangan efektif.

2. *Undrained B*

Tipe perilaku material dipilih *undrained* dan masukan yang dipakai adalah parameter kuat geser tegangan total ($c=c_u$, $\phi=0$, $\psi=0$) dan parameter kekakuan efektif ($E'_{50,V'}$). Perhitungan *undrained* dilakukan dalam analisis tegangan efektif.

3. *Undrained C*

Tipe perilaku material dipilih drained dan parameter – parameter yang dipakai sebagai input adalah parameter kuat geser – tegangan total ($c=c_u$, $\phi=0$, $\psi=0$) dan kekakuan total ($E_u, \nu=0,495$). Perhitungan undrained dilakukan dalam analisis tegangan total.

Perhitungan kondisi undrained, dilakukan dengan menggunakan ke tiga cara di atas. Bila diperlukan perhitungan kondisi drained, maka semua parameter masukan dalam drained, maka semua parameter masukan dalam parameter efektif dan tipe material dipilih drained. Model tanah yang dipakai adalah Model Mohr Coulomb.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

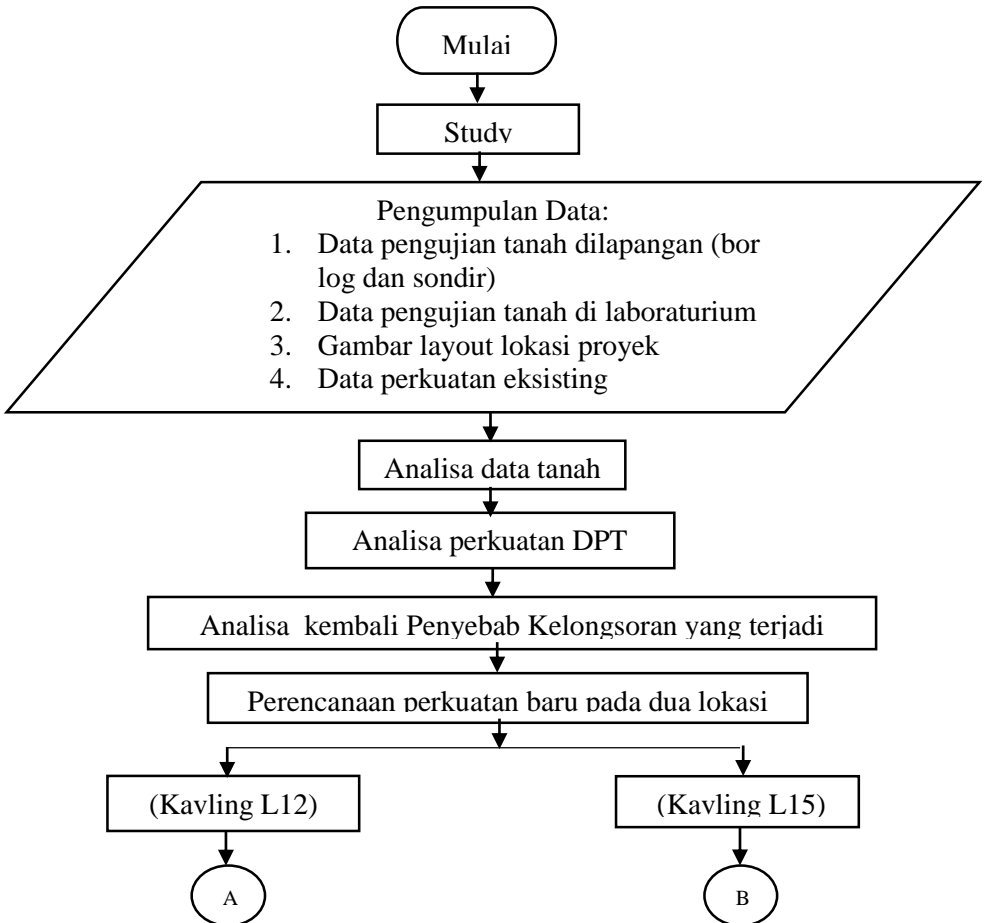


BAB III
METODOLOGI

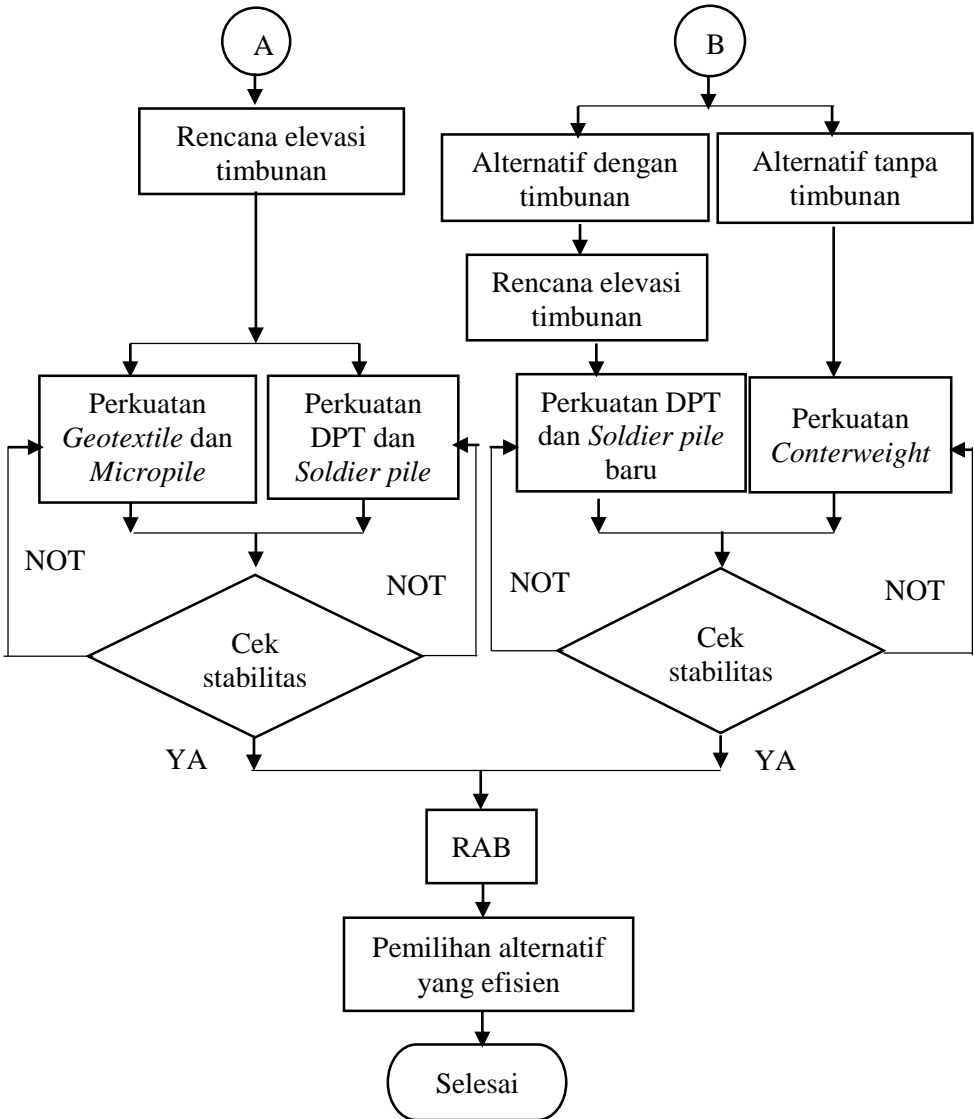
BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Langkah dalam penelitian tugas akhir ini dibuat menjadi suatu bagan alir seperti dijelaskan pada **Gambar 3.1** sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Lanjutan Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir
(Sumber : Penulis)

3.2 Perincian Metodologi

1. Studi Literatur

Studi Literatur dalam sebuah perencanaan bertujuan mengumpulkan referensi yang diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang teori-teori yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Berikut ini adalah beberapa teori yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan :

- a. Teori kelongsoran
- b. Teori korelasi parameter tanah
- c. Teori Stabilitas lereng
- d. Teori daya dukung pondasi dangkal
- e. Teori daya dukung pondasi dalam
- f. Teori pemampatan/*settlement*
- g. Teori perkuatan dinding penahan tanah
- h. Teori perkuatan *soldier pile*
- i. Teori perkuatan *geotextile*
- j. Teori perkuatan *micropile*
- k. Teori perkuatan *counterweight*

2. Pengumpulan dan Analisis Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait. Beberapa data yang diperlukan dalam perencanaan antara lain:

- a. Layout lokasi longoran
- b. Gambar eksisting perkuatan *soldier pile*
- c. Gambar perkiraan bidang gelincir
- d. Data pengujian tanah meliputi hasil pengujian Log Bor, hasil Standar Penetration Test (SPT), dan hasil pengujian Sondir.
- e. Hasil pengujian laboratorium

3. Analisa Stabilitas Lereng dan Perkuatan Awal

Melakukan analisis stabilitas lereng dengan adanya *soldier pile* pada area kritis yaitu pada potongan A STA + 0.065. Analisa

dilakukan menggunakan program *Software Geo5* dan *Plaxis* dengan memasukkan parameter – parameter tanah sesuai kondisi di lapangan dan dengan perhitungan manual.

4. Analisa Alternatif Perencanaan Baru

Melakukan analisa perencanaan baru yang memiliki ketinggian timbunan terkritis yaitu pada potongan A STA + 0.065. Dari potongan tersebut direncanakan perkuatan baru untuk kavling L12 dan kavling L15 sebagai berikut :

1. Kavling L12

- Perencanaan elevasi timbunan
 - Merencanakan elevasi timbunan pada potongan A STA +0.065
 - Cek stabilitan timbunan tanpa perkuatan
- Perkuatan menggunakan *geotextile* untuk timbunan tegak
 - Merencanakan jumlah dan panjang *geotextile*
 - Cek stabilitas setelah adanya *geotextile*
- Perkuatan menggunakan *micropile* sebagai perkuatan tanah dasar
 - Merencanakan jumlah kebutuhan *micropile*
 - Cek stabilitas setelah adanya *micropile*
- Perkuatan menggunakan DPT dengan *soldier pile*
 - Merencanakan dimensi *soldier pile* yang harus dipasang
 - Merencanakan jumlah *soldier pile* setiap 1 m memanjang dan kedalaman *soldier pile* yang dibutuhkan.
 - Merencanakan dimensi DPT yang diperlukan
 - Cek stabilitas setelah adanya DPT dan *soldier pile*

2. Kavling L15

- a. Alternatif dengan Timbunan
 - Perencanaan elevasi timbunan
 - o Merencanakan elevasi timbunan pada potongan A STA +0.065
 - o Cek stabilitan timbunan tanpa perkuatan

- Perkuatan menggunakan DPT dengan *Soldier Pile*
 - o Merencanakan dimensi *Soldier Pile* yang harus dipasang
 - o Merencanakan jumlah *Soldier Pile* setiap 1 m memanjang dan kedalaman *Soldier Pile* yang dibutuhkan.
 - o Merencanakan dimensi DPT yang diperlukan
 - o Cek stabilitas setelah adanya DPT dan *Soldier Pile*
- b. Alternatif Tanpa Timbunan

Membuat lereng menjadi landai dengan mencoba sudut kemiringan yang bervariasi.
- Merencanakan tinggi *counterweight*

5. Pemilihan Desain Alternatif yang Efektif dan Ekonomis

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan material pada perkuatan tanah di kavling L12 dan L15 maka dapat dihitung total biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing total material perkuatan tanah. Sehingga selanjutnya dapat diketahui total biaya untuk perkuatan tanah pada kavling L12 dan L15 yang nantinya akan dipilih alternatif paling efektif dari segi ekonomis dan kemudahan metode pelaksanaan dilapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



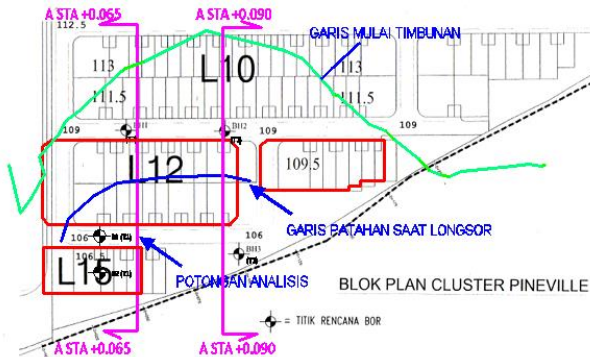
BAB IV
ANALISA DATA DAN PENYEBAB LONGSOR

BAB IV ANALISA DATA DAN PENYEBAB LONGSOR

4.1 Analisa Data Tanah dan Topografi

4.1.1 Lokasi Pengambilan Data Tanah Asli

Lokasi pengambilan data tanah pada pembangunan perumahan Grandcity terletak di Balikpapan Utara. Dilakukan penyelidikan tanah *Standart Penetration Test* dan *Bore Log* sampai kedalaman 30 m pada 5 titik disekitar area lokasi pembangunan yang dilakukan dua tahap pengambilan sample. Tahap 1 meliputi 2 titik boring dan pada tahap 2 meliputi 3 titik boring yang terletak pada elevasi yang berbeda. Lokasi penyelidikan tanah lapangan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Dalam analisa penyebab kelongsoran dibutuhkan data – data akurat, sehingga akan dibuat statigrafi lapisan tanah untuk mengetahui topografi pada potongan yang mewakili area longsor terkritis (potongan A STA +0.065) dan pada area yang cukup aman (potongan A STA +0.090).

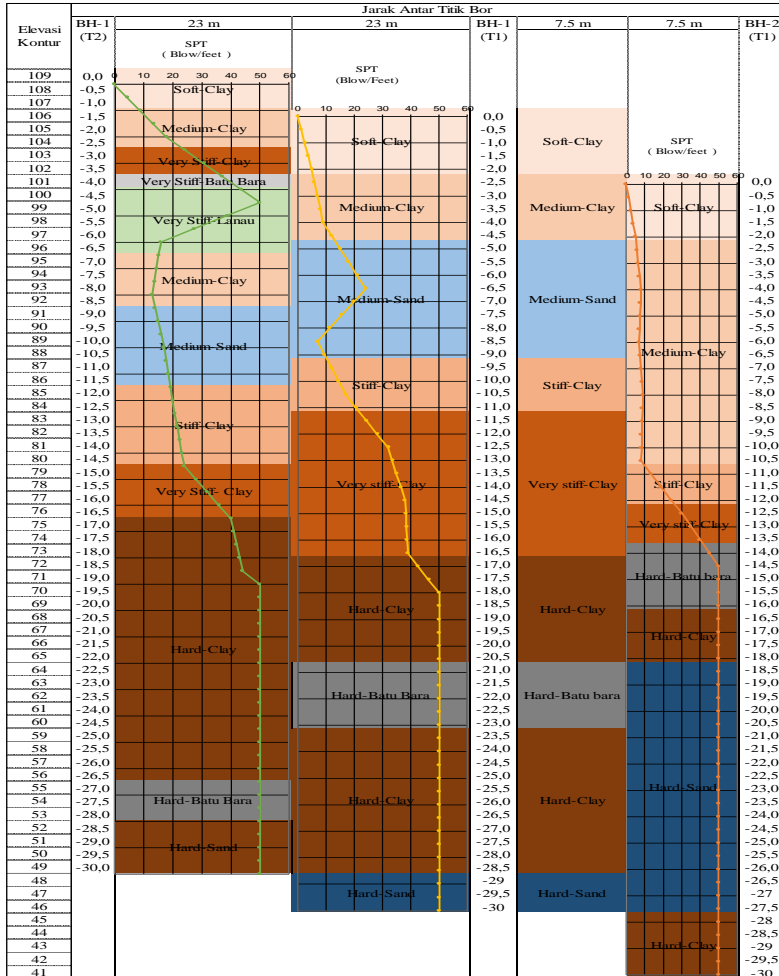


Gambar 4. 1 Lokasi 5 titik boring pada tahap 1 dan tahap 2
(Sumber : Geotechnical Engineering Consultant)

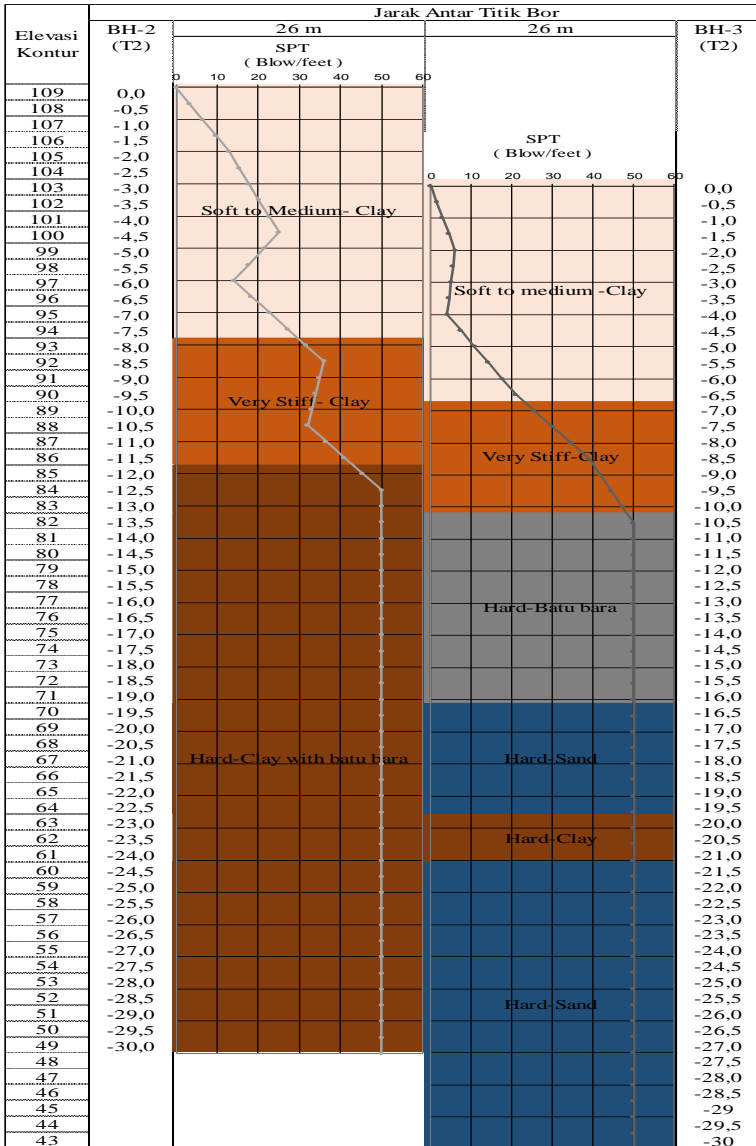
4.1.2 Pengolahan Data Tanah Asli

Berdasarkan Hasil *Standart Penetration Test* dibuat grafik hubungan antara N-SPT dengan kedalaman. Berikut grafik hubungan N-SPT dengan kedalaman untuk pot.A STA +0.065

menggunakan titik boring BH1(T2), BH1(T1), dan BH2(T1), sedangkan pot.A STA +0.090 menggunakan titik boring BH2(T2), dan BH3(T2) dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3**. Data tanah asli semua titik boring dapat dilihat pada **Lampian 2**.

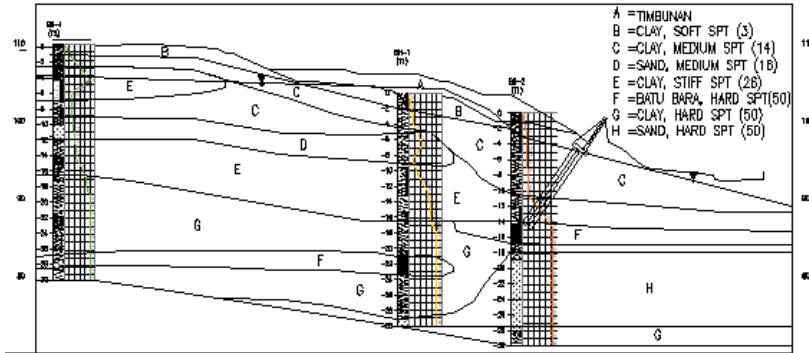


Gambar 4. 2 Grafik hubungan N-SPT dengan kedalaman pada potongan A STA +0.065

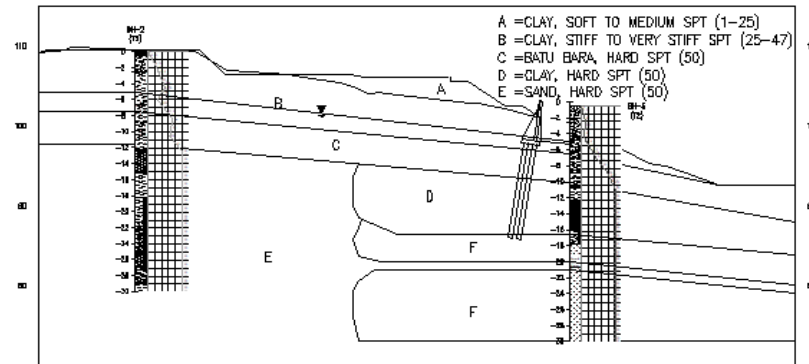


Gambar 4. 3 Grafik hubungan N-SPT dengan kedalaman pada potongan A STA +0.090

Lapisan tanah ditentukan dari nilai N-SPT dan jenis tanah. Statigrafi lapisan tanah yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5**. Lebih detailnya dapat dilihat pada **Lampiran 3**



Gambar 4.4 Statigrafi profil lapisan tanah pada potongan A STA +0.065



Gambar 4.5 Statigrafi profil lapisan tanah pada potongan A STA +0.090

Parameter tanah yang digunakan didapatkan dari rata-rata data bor log mengacu pada data hasil laboratorium, untuk nilai *Modulus Young* (E_s) dan *Poisson Ratio* (ν) ditaksir berdasarkan tabel dari Herman (1999), dan koefisien permeabilitas (k) ditentukan menggunakan tabel Biarez. Untuk lapisan tanah yang parameternya tidak terdapat pada hasil laboratorium, dilakukan

korelasi dengan menggunakan nilai SPT. Berikut adalah rekapitulasi data tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 1 Hasil Korelasi Data Tanah Asli pada Potongan STA +0.065

Jenis Tanah	Konsistensi tanah	Jenis Tanah	N-SPT (Rata") (blow/ft)	Cu	Cefektif	ϕ	ϕ efektif	γ_{sat}	γ_{dry}	γ_{unsat}	E	ν	k	
				KN/m ²	KN/m ²	degree	degree	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²		cm/s	m/hari
A	-	Timbunan	-	3,00	2,00	9,37	6,246	14,00	6,30	10,15	2689,72	0,20	7,73E-09	6,68E-06
B	Soft	Clay	3	15,83	10,56	11,17	7,446	14,00	6,30	10,15	2689,722	0,20	7,73E-09	6,68E-06
C	Medium	Clay	14	21,00	14,00	11,89	7,930	16,77	10,70	13,73	5513,296	0,20	1,67E-06	1,44E-03
D	Medium	Sand	16	3,00	2,00	24,67	16,447	21,40	18,10	19,75	29582,24	0,20	9,14E-06	7,90E-03
E	Stiff	Clay, Lanau	26	40,11	26,74	24,93	16,618	21,57	18,30	19,93	8314,542	0,20	9,29E-06	8,03E-03
F	Hard	Batu Bara	50	124,00	82,67	23,09	15,393	22,90	20,50	21,70	1,4E+07	0,20	5,50E-03	4,8E+00
G	Hard	Clay	50	55,33	36,89	45,05	30,033	22,30	19,00	20,65	13688,17	0,20	4,00E-05	3,46E-02
H	Hard	Sand	50	12,00	8,00	39,61	26,407	22,30	19,00	20,65	69000	0,20	4,00E-05	3,46E-02

Tabel 4. 1 Hasil Korelasi Data Tanah Asli pada Potongan STA +0.090

Jenis Tanah	Konsistensi tanah	Jenis Tanah	N-SPT (Rata") (blow/ft)	Cu	Cefektif	ϕ	ϕ efektif	γ_{sat}	γ_{dry}	γ_{unsat}	E	ν	k	
				KN/m ²	KN/m ²	degree	degree	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²		cm/s	m/hari
A	-	Timbunan	-	48,00	32,00	21,02	14,013	21,50	18,30	19,90	4983,693	0,2	9,29E-06	8,03E-03
B	Medium	Clay	12	48,00	32,00	21,02	14,013	21,50	18,300	19,90	4983,693	0,2	9,29E-06	8,03E-03
C	Very Stiff	Clay	36	34,00	22,67	19,92	13,280	21,30	18,00	19,65	10577,86	0,2	0,000009	7,78E-03
D	Hard	Batu Bara	50	124,00	82,67	23,09	15,393	22,90	20,50	21,70	14000000	0,2	5,50E-03	4,8E+00
E	Hard	Clay	50	88,00	58,67	24,67	16,447	24,10	22,30	23,20	13785,81	0,2	9,86E-06	8,52E-03
F	Hard	Sand	50	24,00	16,00	25,84	17,227	18,30	13,20	15,75	69000	0,2	4,17E-06	3,60E-03

4.2 Data Spesifikasi Bahan

4.2.1 Data Eksisting

Kondisi awal saat sebelum terjadi longsor terdapat timbunan diatas lereng setinggi ± 2 m didepan perkuatan DPT. Berikut adalah data – data timbunan dan perkuatan yang ada :

- Timbunan
 - Tinggi timbunan = ± 2 m
 - Berat volume timbunan (γ_{sat}) = 16 KN/m²
 - Kohesi (c) = 3 KN/m²
 - Sudut geser (ϕ) = 9.37°
- Perkuatan Dinding Penahan Tanah
 - Tinggi DPT = 4 m
 - Lebar puncak DPT = 0.4 m
 - Lebar kaki DPT = 0.5 m
 - Tebal kaki DPT / *capping beam* = 1 m

3. Perkuatan *Soldier Pile*

Diameter <i>soldier pile</i>	= 500 mm
Kedalaman <i>soldier pile</i>	= 12 m
Tulangan utama	= 6 D 19
Tulangan spiral	= D10-150
Jarak antar <i>soldier pile</i>	= 1 m
Jarak <i>soldier pile</i> sejajar	= 1 m

4.2.2 Data Perencanaan

Adapun data perencanaan untuk timbunan rencana menggunakan parameter sama seperti kondisi eksisting. Sementara untuk spesifikasi bahan perkuatan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Geotextile*
Geotextile digunakan sebagai perkuatan alternatif timbunan tegak adalah *Woven Geotextile* tipe 200/45 yang memiliki *ultimate strength* sebesar 200 KN/m dari produk Geotech Stablenka. Brosur spesifikasi produk di **Lampiran 4**.
2. *Micropile*
Micropile digunakan dalam alternatif perkuatan timbunan tegak sebagai perkuatan tanah dasar adalah *Micropile Prestressed square pile* produk dari Horsa Beton Precast Balikpapan. Brosur ukuran dan spesifikasi produk disajikan pada **Lampiran 5**.
3. *Soldier Pile*
Soldier Pile digunakan untuk perkuatan tanah dasar dengan data spesifikasi adalah sebagai berikut :
 Untuk kavling L12:

Diameter <i>soldier pile</i>	= 500 mm
Tulangan utama	= 18 D 22
Tulangan spiral	= D13-150
Jarak antar <i>soldier pile</i>	= 1.5 m
Jarak <i>soldier pile</i> sejajar	= 2 m

 Untuk kavling L15:

Diameter <i>soldier pile</i>	= 600 mm
Tulangan utama	= 18 D 22

Tulangan spiral	= D13-100
Jarak antar <i>soldier pile</i>	= 1,5 m
Jarak <i>soldier pile</i> sejajar	= 1,5 m

4. DPT (Dinding Penahan Tanah)

DPT digunakan untuk menahan timbunan tegak dengan data spesifikasi adalah sebagai berikut :

Untuk kavling L12:

Tinggi DPT	= 5 m
Tebal puncak DPT	= 0.5 m
Tebal dasar DPT	= 0.6 m
Tebal kaki DPT / <i>capping beam</i>	= 1 m
Lebar kaki DPT/ <i>capping beam</i>	= 3 m

Untuk kavling L15:

Tinggi DPT	= 8,5 m
Tebal puncak DPT	= 0.5 m
Tebal dasar DPT	= 0.6 m
Tebal kaki DPT / <i>capping beam</i>	= 1 m
Lebar kaki DPT/ <i>capping beam</i>	= 4 m

5. *Counterweight*

Material yang digunakan sesuai material timbunan, dan sudut kemiringan dibuat landai dengan trial beberapa percobaan.

Data material adalah sebagai berikut:

Berat volume timbunan (γ_t)	= 6,3 KN/m ³
Kohesi (c)	= 2 KN/m ²
Sudut geser (ϕ)	= 9,37°

4.3 Analisa Penyebab Kelongsoran

Kronologis kejadian longsor pada pembangunan Perumahan Grandcity Balikpapan dari hasil kunjungan lapangan dan investigasi dari pihak GEC (Geotechnical Engineering Consultant) pada tanggal 1 Juni 2017 menyebutkan bahwa longsor terjadi pada tanggal 9 Maret 2016. Dimana pada area L10, L12 dan L15 sedang dilakukan penimbunan tanah (**Gambar 1.4**). Pergerakan tanah

terjadi pada saat timbunan di belakang dinding penahan tanah baru mencapai ketinggian ± 2 m. Pergerakan tanah tersebut mengakibatkan dinding penahan tanah mengalami pergeseran mencapai ± 60 cm dari as rencana seperti **Gambar 1.6**.

Area tersebut merupakan lereng timbunan, maka diperkirakan massa tanah yang mendorong dinding jauh lebih besar dibandingkan dari ketinggian tanah timbunan yang terlaksana. Namun material timbunan yang digunakan adalah tanah lanau pasiran (tufa) dan tanah lempung plastisitas tinggi.

Sistem drainase dan subdrain dinilai cukup berfungsi dengan baik. Hal ini diindikasikan dari keluarnya air secara kontinu pada titik terendah yang mengalami pergerakan. Sedangkan kondisi di area kaki dinding penahan tanah cukup basah, hal ini diduga disebabkan pipa air baku PDAM Balikpapan yang mengalami kebocoran. Akibatnya, tanah lunak di kaki DPT mengalami penjuenan. Lokasi terkritik yang mengalami longsor terletak pada potongan A Sta +0.065 yang memotong kavling L12 dan L15 detail potongan dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Sementara pada potongan A STA +0.090 DPT terlihat masih leratif tegak walaupun berada di area yang mengalami kelongsoran detailnya dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 6 Kondisi eksisting dinding penahan tanah pada daerah yang longsor (Potongan A STA +0.065)
(Sumber : GEC 2018, Report Review Grand blpp)

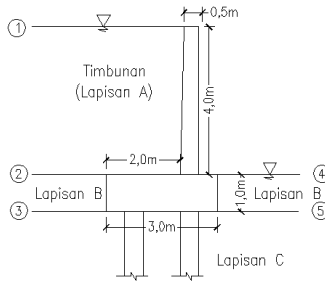


Gambar 4. 7 Kondisi eksisting dinding penahan tanah yang relatif terlihat tegak (Potongan A STA +0.090)
(Sumber : GEC 2018, Report Review Grand blpp)

Berdasarkan kronologi permasalahan bahwa material tanah timbunan, konsistensi tanah dasar dan pengaruh muka air tanah menjadi poin penting dalam analisis penyebab kelongsoran ini. Kontrol keamanan perkuatan dilakukan dengan perhitungan manual dan menggunakan plaxis. Kontrol manual dilakukan dengan cek stabilitas dinding penahan tanah (DPT) terhadap geser, guling, dan ambles atau daya dukung. Setelah itu stabilitas overall dikontrol dengan program bantu plaxis.

Faktor keamanan dari stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan perhitungan ϕ -c reduction pada program plaxis. Kriteria faktor keamanan pada analisis stabilitas lereng pada proyek ini digunakan analisis jangka panjang dengan faktor keamanan minimum untuk kestabilan lereng $FK = 1.5$. Besarnya faktor keamanan diambil sebesar 1.5 sebab lereng sangat berdekatan dengan pemukiman dan pipa PDAM. Analisis pada area longsor Cluster L dilakukan pada potongan +065.00 dan analisis tersebut disesuaikan dengan kondisi kontur eksisting di lapangan. Sedangkan pada area yang tidak longsor dilakukan analisa pada potongan +090.00.

4.3.1 Kontrol Stabilitas Lereng Potongan STA +0.065 dengan Muka Air Tinggi



Gambar 4. 8 Dimensi dinding penahan eksisting pada potongan STA +0.065 saat muka air tinggi

1. Cek Stabilitas DPT Geser, Guling, dan Daya Dukung

a) Data Tanah

Data timbunan (lapisan A)

$$\gamma_{\text{sat}} = 14 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 9,37$$

$$c = 3 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan B :

$$\gamma_{\text{sat}} = 14 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 11,17$$

$$c = 15,83 \text{ KN/m}$$

Data lapisan C :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16,77 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 10,70 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 13,93$$

$$c = 35,50 \text{ KN/m}$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$K_{a1} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (9,37/2)) = 0,72 \text{ KN/m}^2$$

$$K_{a2} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (11,17/2)) = 0,675 \text{ KN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (11,17/2)) = 1,481 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\sigma_v'1 = \gamma_1 \times h$$

$$= (14 - 9,81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_v^2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma_v^1 \\ &= (14-9.81) \times 4 + 0 \\ &= 16,76 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v^3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma_v^2 \\ &= (14-9.81) \times 1 + 16,76 \\ &= 20,95 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_v^4 &= \gamma_2 \times h \\ &= (14-9.81) \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v^5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma_v^5 \\ &= (14-9.81) \times 1 + 0 = 4,19 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned}\sigma_h^1 &= (\sigma_v^1 \times K_a) - (2 c_1 \sqrt{K_a}) \\ &= (0 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= -5,09 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h^2 \text{ atas} &= (\sigma_v^2 \times K_a) - (2 c_1 \sqrt{K_a}) \\ &= (16,76 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 6,976 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h^2 \text{ bawah} &= (\sigma_v^2 \times K_a) - (2 c_2 \sqrt{K_a}) \\ &= (16,76 \times 0,675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,675}) \\ &= -14,7 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h^3 &= (\sigma_v^3 \times K_a) - (2 c_2 \sqrt{K_a}) \\ &= (20,95 \times 0,675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,675}) \\ &= -11,9 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_h^4 &= (\sigma_v^4 \times K_a) - (2 c_2 \sqrt{K_a}) \\ &= (0 \times 1,481) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,481}) \\ &= 38,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h^5 &= (\sigma_v^5 \times K_a) - (2 c_2 \sqrt{K_a}) \\ &= (4,19 \times 1,481) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,481}) \\ &= 44,7 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Menghitung tegangan horizontal akibat air

Aktif :

$$\begin{aligned} Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Uh'2 &= (\gamma_w \times h) + Uh'1 \\ &= (9,81 \times 4) + 0 \\ &= 39,24 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

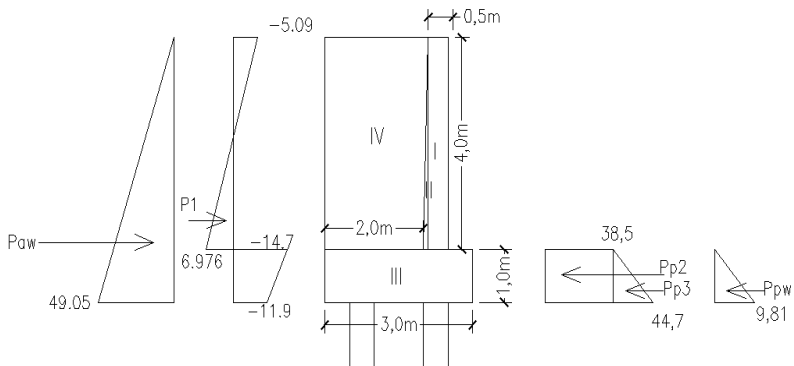
$$\begin{aligned} Uh'3 &= (\gamma_w \times h) + Uh'2 \\ &= (9,81 \times 1) + 39,24 \\ &= 49,05 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Pasif :

$$\begin{aligned} Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Uh'2 &= (\gamma_w \times h) + Uh'1 \\ &= (9,81 \times 1) + 0 \\ &= 9,81 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

f) Diagram tegangan horizontal



Gambar 4. 9 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air tinggi

g) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 4. 2 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
p1	= (6,976x 0,5 x 2,3124) = 8,1	1,771	M1 = 8,1 x 1,771 = 14,28
paw	= (49,05 x 0,5 x (4+1)) = 122,6	1,667	Mpaw = 122,625 x 1, = 204,38
	ΣH = 130,7		
I	= 0,5 x 4 x 24 = 48,0	0,800	MI = 48,8 x 0,8 = 38,4
II	= 0,5 x 0,1 x 4 x 24 = 4,8	0,500	MII = 4,8 x 0,5 = 2,4
III	= 3 x 1 x 24 = 72,0	0,000	MIII = 72 x 0 = 0
IV	= (14-9,81) x 2 x 4 = 33,5	-0,500	MIV = 33,5 x -0,5 = -16,76
	ΣV = 158		
p2	= 38,5 x 1 = 38,5	-0,5	M2 = 38,5 x -0,5 = -19,27
p3	= (44,7-38,5) x 0,5 x 1 = 4,65	-0,33333	M3 = 4,65 x -0,333 = -1,551
ppw	= (9,81 x 0,5 x 1) = 4,91	-0,33333	Mppw = 4,91 x -0,33 = -1,635
	ΣPp = 48,1		ΣM = 220,25

h) Kontrol stabilitas terhadap geser

Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{Tmax}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) x \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(158) x \tan \frac{2}{3} x 13,93 + 3x \frac{2}{3} x 35,5 + 48,1}{130,7}$$

$$SF = 1,07 < SF = 1.5 \quad (\text{Tidak aman})$$

i) Kontrol stabilitas terhadap guling

Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mh}$$

$$SF = \frac{80,54}{218,66}$$

$$SF = 0,368 < SF = 2 \quad (\text{Tidak aman})$$

j) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 4. 3 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_{γ}	N_c'	N_q'	N_{γ}'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 12$$

$$N_q = 2,7 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 11,4$$

$$N_{\gamma} = 1,2 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 2,2$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_{\gamma}) \\ &= (35,5 \times 12) + ((14-9,81) \times 1) \times 11,4 + (1/2 \times \\ &\quad (16,77-9,81) \times 3 \times 2,2) \\ &= 503,706 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q \text{ izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{503,706}{3} \\ &= 167,9 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

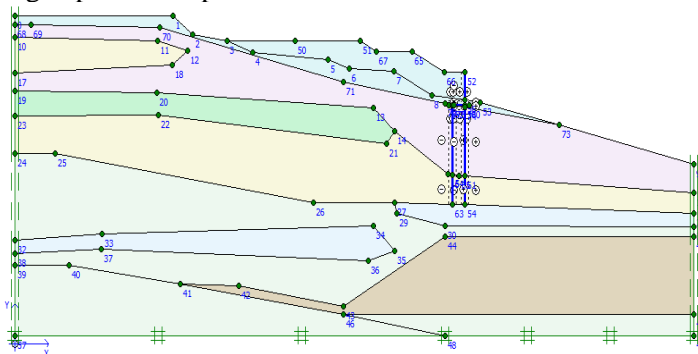
$$\begin{aligned} \text{Cek} \quad \frac{\sum V}{A} &\leq \frac{\sum M}{W} \\ \frac{158}{3 \times 1} &\leq \frac{(220,25)}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\ 53 \text{ KN/m} &\leq 147,9 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2 \sum V}{3 \left(\frac{1}{2} B - \frac{\sum M}{\sum V} \right)} \\
 &= \frac{2 \times 158}{3 \left(\frac{1}{2} \times 3 - \left(\frac{220,25}{158} \right) \right)} \\
 &= 969,7 \text{ KN/m}^2 > q \text{ izin} = 62,2 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad \text{(Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas kontrol stabilitas geser, guling dan daya dukung memang tidak aman, desain dinding penahan tanah dilapangan tidak dapat digunakan. Selanjutnya akan dicek stabilitas overall dengan memperhitungkan adanya perkuatan *soldier pile* yang terpasang dilapangan.

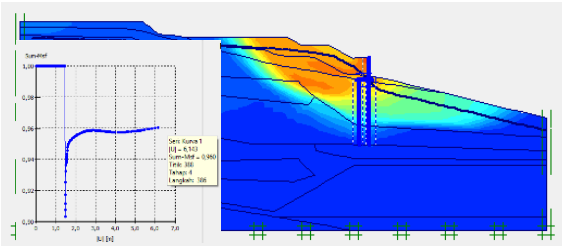
2. Kontrol Stabilitas Overall dengan Plaxis

Geometri lereng yang digunakan untuk analisis adalah potongan STA +0.065 yang sesuai hasil statigrafi. Bidang longsor yang dianalisa mencakup keseluruhan bagian badan lereng dari bagian atas sampai bagian bawah (*overall stability*). Pemodelan lereng dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.

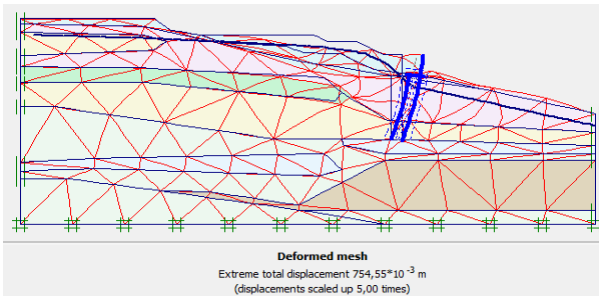


Gambar 4.10 Pemodelan Potongan STA +0.065 pada Plaxis

Analisa stabilitas potongan STA +0.065 dengan asumsi muka air tinggi menghasilkan SF = 0,9605 yang menunjukkan bahwa lereng tersebut longsor berikut pada **Gambar 4.11**. Displacement yang terjadi dengan model keruntuhan tanah seperti **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 11 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air tinggi (SF=0,9605)



Gambar 4. 12 Displacement yang terjadi 75,4 cm

3. Cek Stabilitas Soldier Pile sebagai Tiang Pondasi

Langkah – langkah perhitungan soldierpile sebagai tiang pondasi adalah sebagai berikut :

a) Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah berdasarkan N-SPT titik BH2 (T2) yang telah diolah sebelumnya. Hasil perhitungan daya dukung tanah untuk soldier pile berpenampang lingkaran diameter 50 cm ditunjukkan pada **Lampiran 4**. Perencanaan daya dukung tanah digunakan metode Mayerhoff dan Bazaraa langkah-langkah dalam perhitungan daya dukung tanah untuk 1 data tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Tampilkan nilai N-SPT dan klasifikasi tanah (lanau / pasir) perkedalaman tinjau, misal kedalaman tinjau per-0.5 m dan jika data N-SPT tanah tersedia tidak perkedalaman 0,5 m maka

harus interpolasi linear dari data N-SPT untuk mendapat N-SPT perkedalaman tinjau.

- 2) Koreksi terhadap muka air tanah. Jika tanah berupa pasir dan jika N-SPT > 15 maka dikoreksi
 - $N_1 = 15 + 0,5 (N - 15)$ (terzaghi & peck, 1960)
 - $N_1 = 0,6 N$ (Bazaraa, 1967)
 Lalu pilih harga N terkecil dari kedua syarat tersebut. Dan jika tanah berupa lempung / lanau dan bila N-SPT ≤ 15 maka tidak ada koreksi jadi $N_1 = N$.
- 3) Koreksi terhadap Overbudden Pressure (Bazaraa, 1967) Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertical efektif pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertical efektif = Overbudden Pressure)
 - Bila $p_o \leq 7,5 \text{ ton/ m}^2$; maka $N_2 = 4N_1 / (1 + 0,4p_o)$
 - Bila $p_o > 7,5 \text{ ton/ m}^2$; maka $N_2 = 4N_1 / (3,25 + 0,1p_o)$
- 4) Selanjutnya didapat N correction pakai dimana dibatasi N_2 harus $\leq 2 \times N_1$
- 5) Mencari N rata-rata ujung tiang yaitu rata-rata N antara 4 x Diameter tiang dibawah ujung dan 8 x Diameter tiang diatas ujung.
- 6) Mencari Q ujung perkedalaman tinjau = $K \times (N \text{ rata-rata ujung}) \times \text{luas tiang}$. K (koefisien karakteristik ujung) = 40
- 7) Mencari fsi (hambatan geser selimut tiang per-segmen i) yaitu $N \text{ pakai} / 2$ (ton/ m²) untuk tanah lempung / lanau, dan $N \text{ pakai} / 5$ (ton/ m²) untuk tanah pasir.
- 8) Mencari $\sum R_{si} = f_{si} \times \text{luas selimut tiang per-segmen i}$.
- 9) Didapatkan daya dukung ultimit tanah terhadap beban tekan terjadi, $Q_{ult} = Q_{ujung} + \sum R_{si}$. Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban tetap yaitu $Q_{ijin} = Q_{ult} / SF_3$, dan Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban sementara yaitu $Q_{ijin} = Q_{ult} / SF_2$.
- 10) Didapatkan daya dukung ijin tanah terhadap beban tarik/cabut, $\sum R_{si}$. Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban tetap yaitu $Q_{ijin} = \sum R_{si} / SF_3$, dan Sebagai daya dukung tanah untuk beban sementara yaitu $Q_{ijin} = \sum R_{si} / SF_2$.

Output dari perhitungan daya dukung tanah adalah mengetahui daya dukung ketahanan tanah terhadap gaya tekan dan gaya tarik atau cabut yang terjadi dengan nilai safety faktor 3.

b) Pembebanan

Beban yang diterima tiang berasal dari beban dinding penahan tanah, beban rumah, dan tanah aktif. Perhitungan gaya dan momen dijelaskan pada point 5.1.1. Tabel pembebanan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4. 4 Tabel Pembebanan

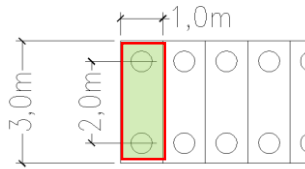
Beban	Pv (ton/m)	Hx(ton/m)	Mx (tonm/m)
	1m panjang	1m panjang	1m panjang
Dinding	16	0	2,92664
Rumah, Tanah, air	0	13	21,86581405
Total	16	13	24,79245405

c) Data Perencanaan Soldier Pile

Diameter Soldier Pile = 50 cm
 Jumlah 1 m panjang (n) = 2 buah
 Syarat : Jarak antara = $2,5D < S < 5D$
 = $2,5 \times 0,5 < S < 5 \times 0,5$
 = $1,25 < S < 2,5$
 Jarak tepi = $1D < S < 3D$
 = $1 \times 0,5 < S < 3 \times 0,5$
 = $0,5 < S < 1,5$

Maka direncanakan :

Jarak antar pile (b) = 2 m
 Jarak antar pile (l) = 1 m
 Jarak tepi (b) = 0,5 m
 Jarak tepi (l) = 0,5 m



Gambar 4. 13 Konfigurasi soldier pile untuk menahan beban pada area kavling L12

b) Kontrol Efisiensi Tiang

Kontrol efisiensi tiang grup dicek sepanjang 100 m kearah memanjang.

$$f \text{ tiang } (\varphi) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar tiang } (s) = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baris tiang grup (m)} &= \frac{\text{Jarak total m} - (2 \cdot \text{jarak tepi}(l))}{\text{jarak antar pile}(l)} + 1 \\ &= \frac{100 - (2 \cdot 0,5)}{1,0} + 1 \\ &= 100 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kolom tiang grup (n)} &= \frac{\text{Jarak total n} - (2 \cdot \text{jarak tepi}(b))}{\text{jarak antar pile}(b)} + 1 \\ &= \frac{3 - (2 \cdot 0,5)}{2} + 1 \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\varphi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \\ &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,5}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{100} - \frac{1}{2}\right) \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

c) Kontrol P max 1 Tiang

Ditinjau 1 m panjang, sehingga:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{V}{N} + \frac{M_y \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{16}{2} + 0 + \frac{24,79 \times 1}{2(1 \times 1^2)} \\ &= 8,04 + 12,40 = 20,44 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung Tiang} &= P_{\max} \times SF \\ &= 20,44 \times 3 = 61,31 \text{ ton} \end{aligned}$$

Cek terhadap daya dukung tanah (qult) sebesar 68,7 ton berada dikedalaman 1,5 m. Sedangkan panjang tiang terpasang dilapangan 12 m, dimana daya dukung tanah (qult) jauh lebih besar 262,7 ton. Pemasangan sudah jauh lebih panjang yang seharusnya aman tetapi kenyataannya tidak.

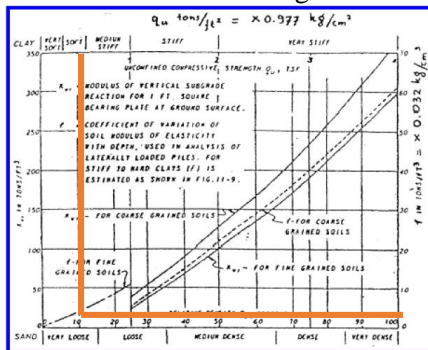
d) Kontrol Gaya Horizontal 1 Tiang

Faktor modulus tanah (f)

$$\begin{aligned} C_u \text{ (lapisan tanah terkritik/cu terkecil)} &= 35,5 \text{ KN/m}^2 \\ &= 0,355 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times C_u = 2 \times 0,355 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,71 \text{ kg/cm}^2 = 0,727 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$f = 5 \text{ ton/m}^2 = 0,16 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4. 14 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

$$\begin{aligned} I &= 1/4 \times \pi \times R^4 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times (25^4) \\ &= 3 \times 10^5 \text{ cm}^4 = 0,003 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E) :

$$\begin{aligned} E &= 4700 \times \sqrt{f c} \\ &= 23453 \text{ Mpa} \\ &= 234529.5291 \text{ kg/cm}^2 = 2345295,3 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

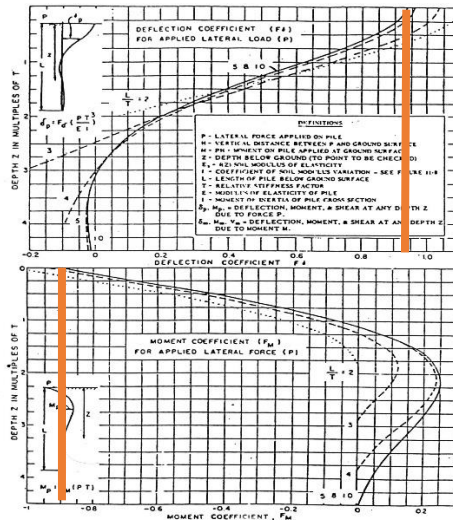
Faktor kekuatan relatif (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{3 \times 10^5 \times 234529,5}{0.611} \right)^{1/5} \\
 &= 214 \text{ cm} = 2,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

L(panjang pile diatas bidang longsor) = 12 m

L/T = 5,606

Untuk L/T = 5,606 dan kedalaman Z = 0 (diambil kritis) dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 untuk mendapatkan nilai Fm



Gambar 4. 15 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$$F\delta = 0,95$$

$$F_m = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ph 1 Tiang} &= \frac{Ph}{n} \\
 &= \frac{13}{2} = 6,5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

e) Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}\delta p &= F\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \\ &= 0,95 \times \left(\frac{6,5 \times 2,14^3}{2345295,3 \times 0,003} \right) \\ &= 8,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,847 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm (Aman)}\end{aligned}$$

f) Kontrol Momen

$$\begin{aligned}M_p \text{ max} &= Ph \times F_m \times T \\ &= 6,5 \times 0,95 \times 2,14 \\ &= 12,589 \text{ Ton.m}\end{aligned}$$

Cek terhadap kapasitas momen tiang, didapatkan dari perhitungan PCA Column dengan dimensi 50 cm, diameter tulangan utama 19 jumlah tulangan 6 buah, deking 40 mm. Kapasitas momen yang ijin saat kondisi *Tension Control* sebesar 22,2 ton.m **Gambar 4.16**. Karena $M_p \text{ max}$ yang terjadi = 12,589 Ton.m < dari Momen kapasitas ijin = 22,2 ton.m, maka aman.

Control Points:					
Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kN-m	Y-Moment kN-m	N.A. depth mm	
X @ Pure compression	3273.1	0	-0	1319	
@ Max compression	2618.5	110	0	459	
@ fs = 0.0	2498.2	125	0	439	
@ fs = 0.5*fy	1737.0	183	0	330	
@ Balanced point	1187.6	198	0	264	
@ Tension Control	588.3	222	0	165	
@ Pure bending	-0.0	150	0	112	
@ Pure tension	-836.1	-0	0	0	

Gambar 4. 16 Output hasil kapasitas momen dari PCA Column

Berdasarkan perhitungan dengan asumsi *soldier pile* sebagai pondasi tiang ternyata aman, namun dengan control overall stability menggunakan plaxis mengalami displacement yang cukup besar. Sehingga akan dicoba dengan mengasumsikan *soldier pile* sebagai cerucuk, dengan memperhitungkan bidang longsor secara overall.

4. Cek Stabilitas Soldier Pile sebagai Cerucuk

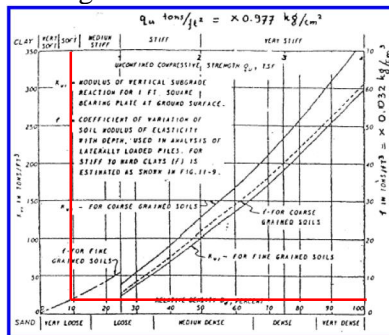
- a) Menghitung gaya horizontal yang mampu di tanah oleh 1 soldier pile :

Faktor modulus tanah (f)

$$\begin{aligned} C_u \text{ dibawah bidang longsor} &= 35,5 \text{ KN/m}^2 \\ &= 0,355 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times C_u = 2 \times 0,355 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,71 \text{ kg/cm}^2 = 0,727 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 5 \text{ ton/m}^2 \\ &= 0,16 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4. 17 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

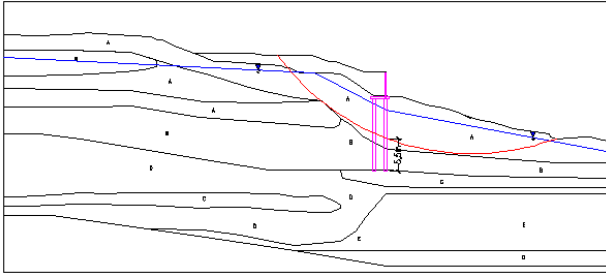
$$\begin{aligned} I &= 1/4 \times \pi \times R^4 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times (250^4) \\ &= 3066406250 \text{ mm}^4 \\ &= 306640,625 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E) :

$$\begin{aligned} E &= 4700 \times \sqrt{f \cdot c} \\ &= 23452952,91 \text{ KN/m}^2 \\ &= 234529,5291 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Faktor kekuatan relatif (T) :

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} \\ &= \left(\frac{234529,53 \times 306640,625}{0,16} \right)^{1/5} = 214,063 \text{ cm} \end{aligned}$$

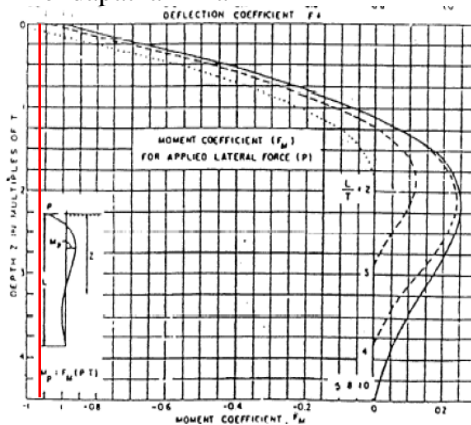


Gambar 4. 18 Bidang longsor terkritis dengan GEO5 (SF = 0.97)

L(panjang pile dibawah bidang longsor) = 5.10 m

$L/T = 2.3825$

Untuk $L/T = 2.3825$ dan kedalaman $Z = 0$ (diambil kritis) dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 untuk mendapatkan nilai F_m



Gambar 4. 19 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$F_m = 0.97$

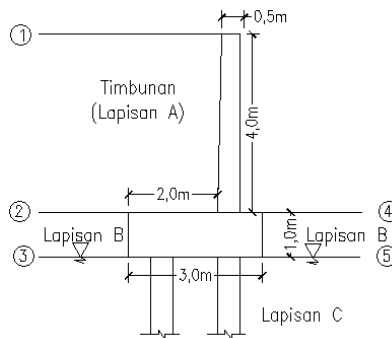
$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \frac{M_p}{F_m \times T} \\
 &= \frac{22.2}{0.97 \times 214.063} \\
 &= 10.69 \text{ Ton} = 106.9 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

b) Mencari Kebutuhan Jumlah Pile

$$\begin{aligned}
 \text{SF min} &= 0.97 \text{ (GEO5)} \\
 \text{MR min} &= 63763 \text{ KNm/m} \\
 \text{R jari-jari} &= 39.09 \text{ m} \\
 \text{SF rencana} &= 1.5 \\
 \text{Mdorong} &= \frac{\text{MR min}}{\text{SF min}} \\
 &= 65735.05 \text{ KNm/m} \\
 \text{Jumlah pile (n)} &= \frac{\text{SF rencan} - \text{Sf existing}}{\text{Pmax} \times 1 \text{ cerucuk} \times \text{R jari-jari}} \times \text{M doron} \\
 &= \frac{1.5 - 0.97}{106.9 \times 1 \text{ cerucuk} \times 39.09} \times 65735.05 \\
 &= 5,1 \text{ buah} = 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kondis eksisting jumlah cerucuk yang terpasang dalam 1 meter panjang berjumlah 2 buah, sedangkan berdasarkan hitungan pile untuk diameter soldier pile 500 mm, dengan tulangan diameter 19 mm dan jumlah tulangan 6 buah, dibutuhkan 5 buah soldier pile, maka kemungkinan terjadi kesalahan dalam desain rencana awal. Selanjutnya akan dilakukan kontrol stabilitas saat muka air rendah.

4.3.2 Kontrol Stabilitas Lereng Potongan STA +0.065 dengan Muka Air Rendah



Gambar 4. 20 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada potongan STA +0.065 saat muka air rendah

1. Cek Stabilitas DPT Geser dan Guling

a) Data Tanah

Data timbunan / lapisan A

$$\gamma_{\text{sat}} = 14 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 9,37$$

$$c = 3 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan B :

$$\gamma_{\text{sat}} = 14 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 11,17$$

$$c = 15,83 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan C :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16,77 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 10,7 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 13,93$$

$$c = 35,5 \text{ KN/m}^3$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$Ka1 = \text{Tan}^2(45 - (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 - (9,37/2)) = 0,72 \text{ KN/m}^2$$

$$Ka2 = \text{Tan}^2(45 - (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 - (11,17/2)) = 0,675 \text{ KN/m}^2$$

$$Kp = \text{Tan}^2(45 + (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 + (11,17/2)) = 1,481 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\sigma'1 = \gamma_1 \times h$$

$$= 6,3 \times 0$$

$$= 0 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma'2 = (\gamma_1 \times h) + \sigma'1$$

$$= 6,3 \times 4 + 0$$

$$= 25,2 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma'3 = (\gamma_2 \times h1) + \sigma'2$$

$$= 6,3 \times 1 + 25,2$$

$$= 31,5 \text{ KN/m}^2$$

Tanah Pasif :

$$\sigma'4 = \gamma_2 \times h$$

$$= 6,3 \times 0$$

$$= 0 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma'5 = (\gamma_2 \times h) + \sigma'5$$

$$= 6,3 \times 1 + 0 = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned}\sigma_{h'1} &= (\sigma'1 \times Ka1) - (2 c1 \sqrt{Ka1}) \\ &= (0 \times 0.72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0.72}) \\ &= -5,091 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'2 \text{ atas}} &= (\sigma'2 \times Ka1) - (2 c1 \sqrt{Ka1}) \\ &= (25,2 \times 0.72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0.72}) \\ &= 13,05 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'2 \text{ bawah}} &= (\sigma'2 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (25,2 \times 0.675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0.675}) \\ &= -9,004 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

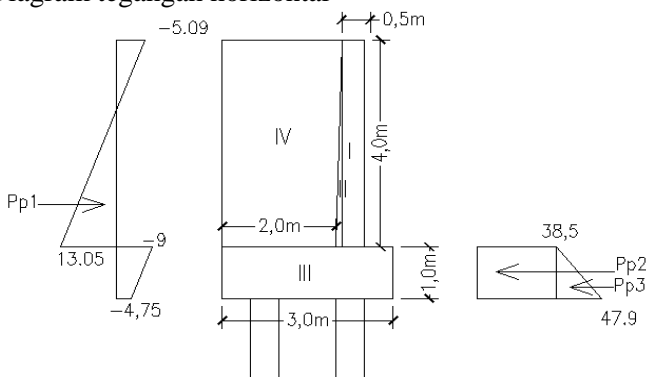
$$\begin{aligned}\sigma_{h'3} &= (\sigma'3 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (31,5 \times 0.675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0.675}) \\ &= -4,749 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_{h'4} &= (\sigma'4 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (0 \times 1.481) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1.481}) \\ &= 38,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'5} &= (\sigma'5 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (6,3 \times 1.481) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1.481}) \\ &= 47,9 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Diagram tegangan horizontal



Gambar 4. 21 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air rendah

f) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
p1	= (13,05 x 0,5 x 2,878) = 7,5	1,456	M1 = 7,5 X 1,456 = 10,92
	ΣH = 7,5		
1	= 0,5 x 4 x 24 = 48,0	0,800	MI = 48,8 x 0,8 = 38,4
2	= 0,5 x 0,1 x 4 x 25 = 4,8	0,500	MII = 4,8 x 0,5 = 2,4
3	= 3 x 1 x 24 = 72,0	0,000	MIII = 72 x 0 = 0
4	= (14-9.81) x 2 x 4 = 49,5	-0,500	MIV = 49,5 x -0,5 = -24,76
	ΣV = 174		
p2	= 38,5 x 1 = 34,5	-0,5	M2 = 34,5 x -0,5 = -17,25
p3	= (47,9-38,5) x 0,5 x 1 = 5,608	-0,33333	M3 = 5,608 x -0,333 = -1,869
	ΣPp = 40,1		ΣM = 7,84

g) Kontrol stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{T_{max}}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) x \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(158) x \tan \frac{2}{3} x 13,93 + 3x \frac{2}{3} x 35,5 + 45,45}{18,8}$$

$$SF = 7,583 > SF = 1.5 \quad (\text{Aman})$$

h) Kontrol stabilitas terhadap guling

Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mh}$$

$$SF = \frac{79,157}{36,80}$$

$$SF = 2,151 > SF = 2 \quad (\text{Aman})$$

i) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 4. 5 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	N _r	Nc'	Nq'	N _r '
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 12$$

$$N_q = 2,7 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 4$$

$$N_\gamma = 1,2 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 2,2$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (35,5 \times 12) + ((6,3 \times 1) \times 4) + (1/2 \times ((16,7-9,81) \\ &\quad \times 3 \times 2,2)) \\ &= 481,493 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q_{izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{491,493}{3} \\ &= 160,5 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

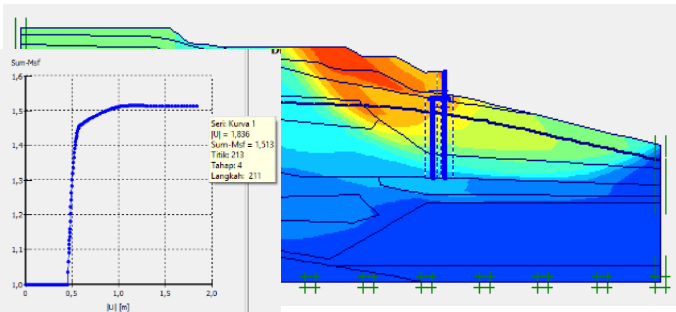
$$\begin{aligned} \text{Cek} \quad \frac{\sum V}{A} &\leq \frac{\sum M}{W} \\ \frac{158}{3 \times 1} &\leq \frac{(39,24)}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \end{aligned}$$

$$53 \text{ KN/m} > 26,159 \text{ KN/m}$$

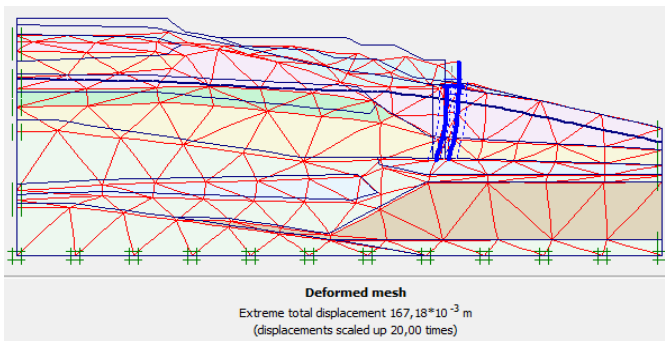
$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{\sum V}{A} + \frac{\sum M}{W} \\
 &= \frac{158}{3 \times 1} + \frac{(39,24)}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\
 &= 78,93 \text{ KN/m}^2 < q \text{ izin} = 132 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

2. Cek Stabilitas Overall pada Plaxis

Analisa stabilitas potongan STA +0.065 dengan asumsi muka air rendah, menghasilkan SF = 1.513 yang menunjukkan bahwa lereng tersebut aman.



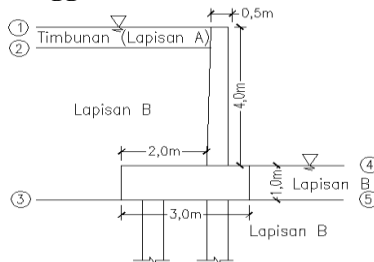
Gambar 4. 22 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air rendah (SF=1,513)



Gambar 4. 23 Displacement yang terjadi

Setelah dilakukan cek stabilitas geser, ambles, dan overall, faktor keamanan lebih dari persyaratan yang menyatakan bahwa lereng aman. Sehingga pada potongan STA +0.065 saat muka air tanah rendah kondisinya baik – baik saja, namun saat muka air naik, tegangan horizontal bertambah dan mendorong perkuatan yang menyebabkan terjadinya longsor. Kemungkinan desain yang digunakan dalam perencanaan awal menggunakan parameter muka air rendah.

4.3.3 Kontrol Stabilitas Lereng Potongan STA +0.090 dengan Muka Air Tinggi



Gambar 4. 24 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada potongan STA +0.090 saat muka air tinggi

1. Cek Stabilitas DPT Geser dan Guling

a) Data Tanah

Data timbunan

$$\gamma_{\text{sat}} = 21.50 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 18.3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 21.02$$

$$c = 48 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan 1 :

$$\gamma_{\text{sat}} = 21.50 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 18.3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 21.02$$

$$c = 48 \text{ KN/m}^3$$

- b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$K_{a1} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (21.5/2)) = 0.472 \text{ KN/m}^2$$

$$K_{a2} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (21.5/2)) = 0.472 \text{ KN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (21.5/2)) = 2.1186 \text{ KN/m}^2$$

- c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma'1 &= \gamma_1 \times h \\ &= (21,5-9,81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma'1 \\ &= (21,5-9,81) \times 0,6 + 0 \\ &= 7,01 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma'2 \\ &= (21,5-9,81) \times 4,4 + 7,01 \\ &= 58,45 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned} \sigma'4 &= \gamma_2 \times h \\ &= (21,5-9,81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma'4 \\ &= (21,5-9,81) \times 1 + 0 \\ &= 11,69 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

- d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} oh'1 &= (\sigma'1 \times K_{a1}) - (2 \times c_1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (0 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -66 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} oh'2 \text{ atas} &= (\sigma'2 \times K_{a1}) - (2 \times c_1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (7.01 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -62,6 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} oh'2 \text{ bawah} &= (\sigma'2 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (7.01 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -62,6 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} oh'3 &= (\sigma'3 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (58,45 \times 0.472) - (2 \times 45 \times \sqrt{0.472}) = -38,4 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma h'4 &= (\sigma v'4 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (0 \times 2.1186) + (2 \times 48 \times \sqrt{2.1186}) \\ &= 139.7 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma h'5 &= (\sigma v'5 \times Ka2) - (2 c2 \sqrt{Ka2}) \\ &= (11.69 \times 2.1186) + (2 \times 48 \times \sqrt{2.1186}) \\ &= 164.5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Menghitung tegangan horizontal akibat air

Aktif :

$$\begin{aligned}Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9.81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

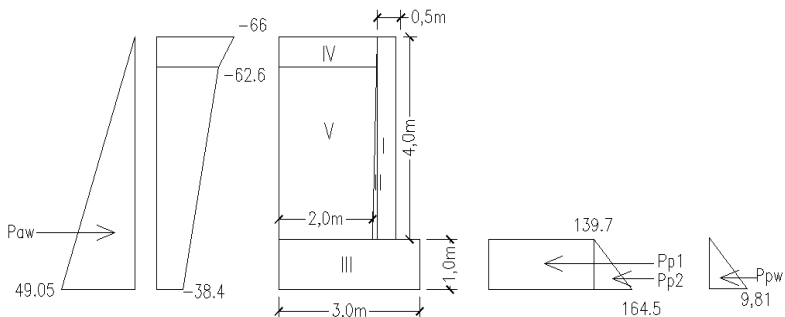
$$\begin{aligned}Uh'2 &= (\gamma_w \times h) + Uh'1 \\ &= (9.81 \times 0.6) + 0 \\ &= 5.89 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Uh'3 &= (\gamma_w \times h) + Uh'2 \\ &= (9.81 \times 4.4) + 5.89 \\ &= 49.05 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Pasif :

$$\begin{aligned}Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9.81 \times 1 \\ &= 9.81 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

f) Diagram tegangan horizontal



Gambar 4. 25 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.090 saat muka air tinggi

g) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
paw	= (49.05 x 0,5 x (4+1)) = 122,6	1,667	M4 = 122,625 x 1,66' = 204,38
	ΣH = 122,6		
1	= 0,5 x 4 x 24 = 48,0	0,800	M1 = 48,8 x 0,8 = 38,4
2	= 0,5 x 0,1 x 4 x 25 = 4,8	0,500	M2 = 4,8 x 0,5 = 2,4
3	= 3 x 1 x 24 = 72,0	0,000	M3 = 72 x 0 = 0
4	= (21,5-9,81) x 2 x 0,6 = 14,0	-0,500	M4 = 14 x -0,5 = -7,014
5	= (21,5-9,81) x 2 x 4,4 = 102,9	-0,500	M5 = 102,9 x -0,5 = -51,436
	ΣV = 242		
p1	= 139,7 x 1 = 139,7	-0,5	M4= 139,7x -0,5 = -69,867
p2	= (164,5-139,7) x 0,5 x 1 = 12,4	-0,333333	M5 = 12,4 x -0,3 = -4,1278
ppw	= (9,81 x 0,5 x 1) = 4,9	-0,333333	M5 = 4,9 x -0,3 = -1,635
	ΣPp = 157,0		ΣMr = 111,10

h) Kontrol stabilitas terhadap geser

Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{Tmax}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) x \tan^2_3 \theta + Bx^2_3 xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(242)x \tan^2_3 21.02 + 3x^2_3 48 + 157.0}{122.625}$$

$$SF = 2.27 > SF = 1.5 \text{ (Aman)}$$

i) Kontrol stabilitas terhadap guling

Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mh}$$

$$SF = \frac{174,9}{204,38}$$

$$SF = 0,86 < SF = 2 \text{ (Tidak aman)}$$

j) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 4. 7 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekeyasa Pondasi I)

φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	Nr	Nc'	Nq'	Nr'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 17,7 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (25,1-17,7) = 19,2$$

$$N_q = 7,4 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (12,7-7,4) = 8,48$$

$$N_\gamma = 5 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (9 - 5) = 5,82$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (48 \times 19,2) + ((21,5-9,81) \times 1) \times 8,48 + (1/2 \\ &\quad \times (21,5-9,81) \times 3 \times 8,48) \\ &= 1123 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

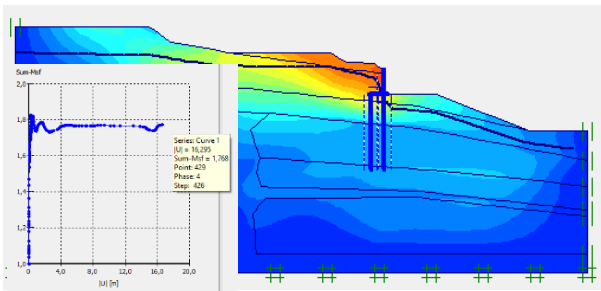
$$\begin{aligned} q_{izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{1123}{3} \\ &= 374,4 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek} \quad \frac{\sum V}{A} &\leq \frac{\sum M}{W} \\ \frac{242}{3 \times 1} &\leq \frac{111,1}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\ 81 \text{ KN/m} &> 74 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

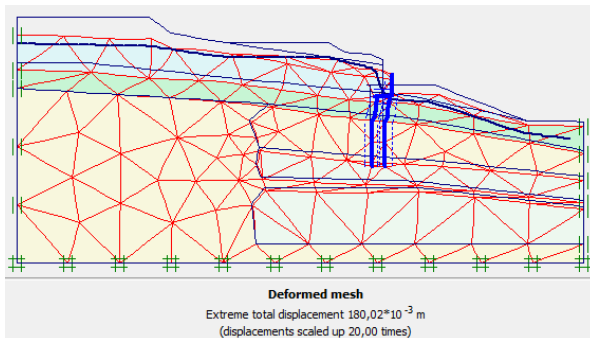
$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2\sum V}{3\left(\frac{1}{2}B - \frac{\sum M}{\sum V}\right)} \\
 &= \frac{2 \times 242}{3\left(\frac{1}{2} \times 3 - \left(\frac{111,1}{242}\right)\right)} \\
 &= 154,9 \text{ KN/m}^2 < q_{\text{izin}} = 225 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

2. Kontrol Stabilitas Overall dengan Plaxis

Analisa stabilitas potongan STA +0.090 dengan asumsi muka air tinggi menghasilkan SF = 1.768 yang menunjukkan bahwa lereng tersebut aman.



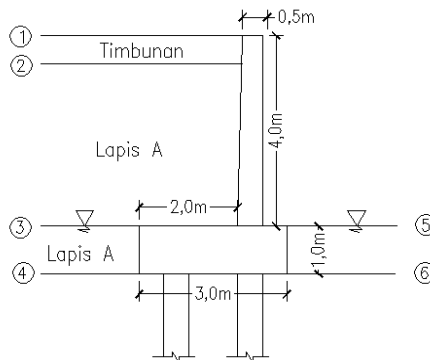
Gambar 4. 26 Bidang longsor potongan STA +0.090 saat muka air tinggi (SF=1,768)



Gambar 4. 27 Displacement yang terjadi 18 cm

Setelah dilakukan perhitungan manual untuk analisa stabilitas dinding terhadap geser dan ambles didapatkan SF lebih dari persyaratan RSNI, kontrol overall pada plaxis didapatkan SF >1,5 aman (RSNI pasal 10). Namun dalam kontrol stabilitas guling terhadap dinding penahan masih belum aman. Selanjutnya akan dihitung kembali saat muka air rendah pada potongan +0.090.

4.3.4 Kontrol Stabilitas Lereng Potongan STA +0.090 dengan Muka Air Rendah



Gambar 4. 28 Dimensi dinding penahan tanah eksisting pada potongan STA +0.090 saat muka air rendah

3. Cek Stabilitas DPT Geser dan Guling

a) Data Tanah

Data timbunan

$$\gamma_{\text{sat}} = 21.50 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 18.3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 21.02$$

$$c = 48 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan 1 :

$$\gamma_{\text{sat}} = 21.50 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 18.3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 21.02$$

$$c = 48 \text{ KN/m}^3$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$K_{a1} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (21.5/2)) = 0.472 \text{ KN/m}^2$$

$$K_{a2} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (21.5/2)) = 0.472 \text{ KN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (21.5/2)) = 2.1186 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma_v'1 &= \gamma_1 \times h \\ &= 18,30 \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma_v'1 \\ &= 18,30 \times 0,6 + 0 \\ &= 10,98 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma_v'2 \\ &= 21,5 \times 3,4 + 10,98 \\ &= 50,73 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'4 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma_v'2 \\ &= (21,5 - 9,81) \times 1 + 50,73 \\ &= 62,42 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned} \sigma_v'4 &= \gamma_2 \times h \\ &= (21,5 - 9,81) \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma_v'5 \\ &= (21,5 - 9,81) \times 1 + 0 \\ &= 11,69 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma_h'1 &= (\sigma_v'1 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (0 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -66 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h'2 \text{ atas} &= (\sigma_v'2 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (10,98 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -60,77 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'2bawah} &= (\sigma_v'2 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (10,98 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -60,77 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'3atas} &= (\sigma_v'3 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (50,73 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -42,01 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'3bawah} &= (\sigma_v'3 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (50,73 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -42,01 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'4} &= (\sigma_v'3 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (62,42 \times 0.472) - (2 \times 48 \times \sqrt{0.472}) \\ &= -7,49 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_{h'4} &= (\sigma_v'4 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (0 \times 2.1186) + (2 \times 48 \times \sqrt{2.1186}) \\ &= 139.7 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h'5} &= (\sigma_v'5 \times K_a2) - (2 \times c2 \times \sqrt{K_a2}) \\ &= (11,69 \times 2.1186) + (2 \times 48 \times \sqrt{2.1186}) \\ &= 164,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Menghitung tegangan horizontal akibat air

Aktif :

$$\begin{aligned}U_{h'1} &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

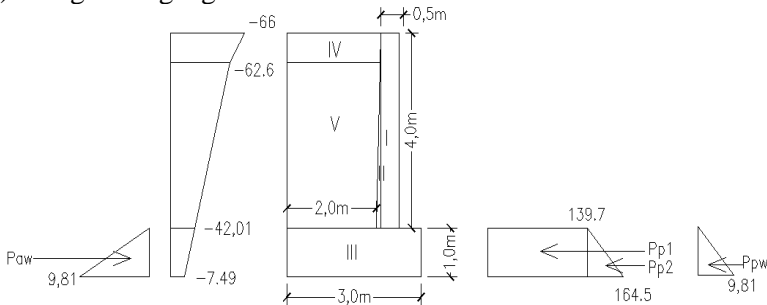
$$\begin{aligned}U_{h'2} &= (\gamma_w \times h) + U_{h'1} \\ &= (9,81 \times 1) + 0 \\ &= 9,81\end{aligned}$$

Pasif :

$$\begin{aligned}U_{h'1} &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{h'2} &= (\gamma_w \times h) + U_{h'1} \\ &= (9,81 \times 1) + 0 \\ &= 9,81\end{aligned}$$

f) Diagram tegangan horizontal



Gambar 4. 29 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.090 saat muka air rendah

g) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 4. 8 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
paw	= (9,81 x 0,5 x 1) = 4,9	0,333	Mpw = 4,9 x 0,33 = 1,64
ΣH	= 4,9		
1	= 0,5 x 4 x 24 = 48,0	0,800	M1 = 48,8 x 0,8 = 38,4
2	= 0,5 x 0,1 x 4 x 25 = 4,8	0,500	M2 = 4,8 x 0,5 = 2,4
3	= 3 x 1 x 24 = 72,0	0,000	M3 = 72 x 0 = 0
4	= 18,3 x 2 x 0,6 = 22,0	-0,500	M4 = 22 x -0,5 = -10,98
5	= 18,3 x 2 x 4,4 = 161,0	-0,500	M5 = 161 x -0,6 = -80,52
ΣV	= 308		
p5	= 139,7 x 1 = 139,7	-0,5	M5 = 139,7 x -0,5 = -69,867
p6	= (164,5 - 139,7) x 0,5 x 1 = 12,4	-0,333333	M5 = 12,4 x -0,333 = -4,1278
ppw	= (164,5 - 139,7) x 0,5 x 2 = 4,9	-0,333333	M5 = 4,9 x -0,333 = -1,635
ΣPp	= 157,0		ΣMr = -124,69

h) Kontrol stabilitas terhadap geser

Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{Tmax}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) x \tan^2 \phi + Bx^2 xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(308) x \tan^2 21.02 + 3x^2 48 + 157}{4,9}$$

$$SF = 67,25 > SF = 1.5 \text{ (Aman)}$$

- i) Kontrol stabilitas terhadap guling
Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\sum Mw}{\sum Mh}$$

$$SF = \frac{126}{1,6}$$

$$SF = 77 > SF = 2 \quad (\text{Aman})$$

- j) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 4. 9 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	Nr	Nc'	Nq'	Nr'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 17,7 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (25,1-17,7) = 19,2$$

$$N_q = 7,4 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (12,7-7,4) = 8,48$$

$$N_\gamma = 5 + \frac{21,02-20}{25-20} \times (9 - 5) = 5,82$$

$$\begin{aligned} \text{qult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (48 \times 19,21) + ((21,5-9,81) \times 1) \times 8,48 + (1/2 \\ &\quad \times (21,5-9,81) \times 3 \times 8,48) \\ &= 1123 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

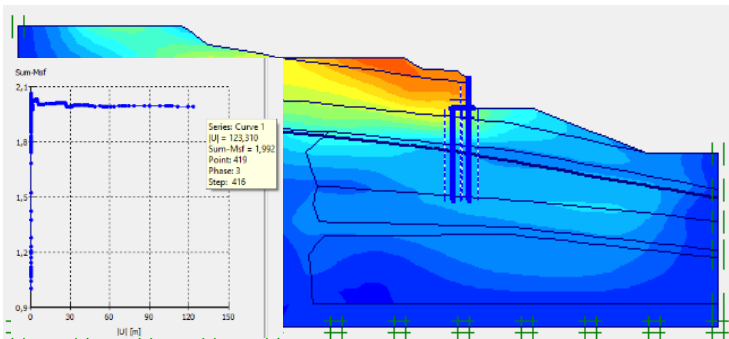
$$\begin{aligned}
 q \text{ izin} &= \frac{q \text{ ult}}{3} \\
 &= \frac{1123}{3} \\
 &= 374,4 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek} \quad \frac{\frac{\Sigma V}{A}}{3 \times 1} &\leq \frac{\frac{\Sigma M}{W}}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\
 \frac{206}{3 \times 1} &\leq \frac{-124,69}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\
 103 \text{ KN/m} &> -83,13 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

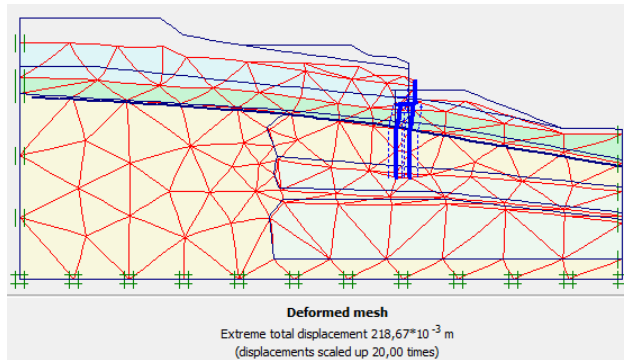
$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\text{max}} &= \frac{\Sigma V}{A} + \frac{\Sigma M}{W} \\
 &= \frac{206}{3 \times 1} + \frac{-124,69}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\
 &= 19,47 \text{ KN/m}^2 < q \text{ izin} = 374,4 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

4. Kontrol Stabilitas Overall dengan Plaxis

Analisa stabilitas potongan STA +0.090 dengan asumsi muka air tinggi menghasilkan SF = 1.991 yang menunjukkan bahwa lereng tersebut aman dan tidak longsor.



Gambar 4. 30 Bidang longsor potongan STA +0.090 saat muka air tinggi (SF=1,991)



Gambar 4. 31 Displacement yang terjadi 21,8 cm

Setelah dilakukan perhitungan manual untuk analisa stabilitas dinding terhadap geser, guling dan ambles didapatkan SF lebih dari persyaratan RSNI. Untuk kontrol overall pada plaxis didapatkan SF >1,5 (RSNI pasal 10). Rekapitulasi nilai keamanan dari hasil kontrol stabilitas adalah sebagai berikut **Tabel 4.10**.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Faktor Keamanan

Stabilitas	Batas Aman	ngan STA +0.065		Potongan STA +0.090	
		M.A Tinggi	M.A Rendah	M.A Tinggi	M.A Rendah
Geser	1,5	1,072	7,583	2,273	67,246
Guling	2,0	0,368	2,151	0,856	77,266
Daya Dukung	3,0	0,461	5,712	7,252	10,428
Plaxis	1,5	0,961	1,513	1,771	1,882
Status		Tidak Aman	Aman	Tidak Aman	Aman

Sehingga analisa stabilitas lereng dengan perkuatan eksisting pada lokasi berbeda menunjukkan bahwa muka air yang tinggi dan parameter lapisan tanah dasar sangat mempengaruhi stabilitas lereng. Berdasarkan perhitungan potongan STA +0.090 tidak aman terhadap kontrol guling saat muka air tinggi, namun pada kondisi dilapangan dinding masih terlihat tegak. Hal ini kemungkinan dinding suatu saat akan mengalami guling tetapi belum terjadi. Sedangkan pada potongan STA +0.065 data tanah dasar lapisan

pertama termasuk lempung lunak dengan nilai SPT 3. Saat muka air naik tanah menjadi sangat jenuh, dan tegangan horizontal bertambah yang mendorong dinding dan menyebabkan longsor.

Dapat disimpulkan bahwa kemungkinan yang terjadi adalah perencanaan awal didesain menggunakan parameter saat muka air rendah tanpa memperhitungkan kenaikan muka air. Saat perencanaan perkuatan ini diterapkan pada area dengan parameter tanah yang muka air yang sangat tinggi maka tidak mampu menahan beban yang terjadi dan menyebabkan longsor.

Berdasarkan kondisi yang disebut diatas, proyek ini perlu adanya alternatif perkuatan timbunan yang aman terhadap longsor agar dapat difungsikan sebagai perumahan. Perencanaan alternatif perkuatan akan didasarkan pada potongan STA +0.065 yang mengalami longsor. Secara detail akan dibahas dalam **Bab 5**.

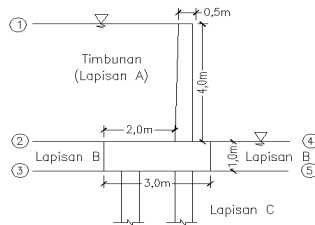
4.4 Verifikasi Penyebab Kelongsoran

Analisa penyebab longsor dilakukan kembali untuk membandingkan faktor keamanan jika digunakan data tanah hasil korelasi (**Tabel 4.1**) dan data tanah dari hasil test laboratorium (**Tabel 4.11**). Area yang dianalisa kembali adalah potongan STA +0.65 karena mengalami longsor terparah. Parameter yang dirubah adalah nilai kohesi (c), sudut geser (ϕ), dan berat volum (γ), sedangkan modulus elastisitas (E), angka poiso rasio (ν), dan permeabilitas (k) tetap menggunakan korelasi seperti sebelumnya.

Tabel 4. 11 Data Tanah Baru pada Potongan STA +0.65

Jenis Tanah	Konsistensi tanah	Jenis Tanah	N-SPT (Rata ²) (blow/ft)	Cu	Cefektif	ϕ	ϕ efektif	γ_{sat}	γ_{dry}	γ_{unsat}	E	ν	k	
				KN/m ²	KN/m ²	degree	degree	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²		cm/s	m/hari
A	-	Timbunan	-	15,83	10,56	4,90	3,267	16,00	9,50	12,75	2689,72	0,20	7,73E-09	6,68E-06
B	Soft	Clay	3	15,83	10,56	4,90	3,267	14,00	6,30	10,15	2689,722	0,20	7,73E-09	6,68E-06
C	Medium	Clay	14	31,55	21,04	5,85	3,898	16,77	10,70	13,73	5513,296	0,20	1,67E-06	1,44E-03
D	Medium	Sand	16	3,00	2,00	24,67	16,447	21,40	18,10	19,75	29582,24	0,20	9,14E-06	7,90E-03
E	Stiff	Clay, Lanau	26	40,11	26,74	14,21	9,474	22,03	19,00	20,52	8314,542	0,20	9,29E-06	8,03E-03
F	Hard	Batu Bara	50	44,00	29,33	5,61	3,740	22,90	20,50	21,70	1,4E+07	0,20	5,50E-03	4,8E+00
G	Hard	Clay	50	188,50	125,67	5,55	3,700	22,30	19,00	20,65	13688,17	0,20	4,00E-05	3,46E-02
H	Hard	Sand	50	12,00	8,00	39,61	26,407	22,30	19,00	20,65	69000	0,20	4,00E-05	3,46E-02

Perencanaan ulang menggunakan potongan STA +0.065 dengan kondisi muka air tinggi sebagai acuan, karena pada potongan tersebut adalah area yang mengalami longsor terparah.



Gambar 4. 32 Dimensi dinding penahan eksisting pada potongan STA +0.065 saat muka air tinggi

1. Cek Stabilitas DPT Geser, Guling, dan Daya Dukung

a) Data Tanah

Data timbunan (lapisan A)

$$\gamma_{\text{sat}} = 16 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 9,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 4,9$$

$$c = 15,83 \text{ KN/m}^3$$

Data lapisan B :

$$\gamma_{\text{sat}} = 14 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 6,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 4,9$$

$$c = 15,83 \text{ KN/m}$$

Data lapisan C :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16,77 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 10,70 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 5,85$$

$$c = 31,55 \text{ KN/m}$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$Ka1 = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (4,9/2)) = 0,843 \text{ KN/m}^2$$

$$Ka2 = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (4,9/2)) = 0,843 \text{ KN/m}^2$$

$$Kp = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (4,9/2)) = 1,187 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\sigma_v'1 = \gamma_1 \times h$$

$$= (16-9.81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_v'2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma_v'1 \\ &= (16-9.81) \times 4 + 0 \\ &= 24,76 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v'3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma_v'2 \\ &= (14-9.81) \times 1 + 24,76 \\ &= 28,95 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_v'4 &= \gamma_2 \times h \\ &= (14-9.81) \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v'5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma_v'5 \\ &= (14-9.81) \times 1 + 0 \\ &= 4,19 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'1 &= (\sigma_v'1 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (0 \times 0,843) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,843}) \\ &= -29,1 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'2 \text{ atas} &= (\sigma_v'2 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (24,76 \times 0,843) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,843}) \\ &= -8,21 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'2 \text{ bawah} &= (\sigma_v'2 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (24,76 \times 0,843) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,843}) \\ &= -8,21 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'3 &= (\sigma_v'3 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (28,95 \times 0,843) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,843}) \\ &= -4,67 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'4 &= (\sigma_v'4 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (0 \times 1,187) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,187}) \\ &= 34,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'5 &= (\sigma_v'5 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (4,19 \times 1,187) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,187}) \\ &= 39,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Menghitung tegangan horizontal akibat air

Aktif :

$$\begin{aligned} Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Uh'2 &= (\gamma_w \times h) + Uh'1 \\ &= (9,81 \times 4) + 0 \\ &= 39,24 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

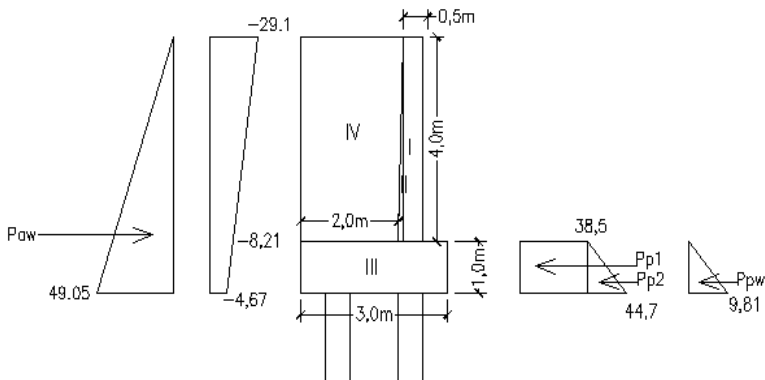
$$\begin{aligned} Uh'3 &= (\gamma_w \times h) + Uh'2 \\ &= (9,81 \times 1) + 39,24 \\ &= 49,05 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Pasif :

$$\begin{aligned} Uh'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Uh'2 &= (\gamma_w \times h) + Uh'1 \\ &= (9,81 \times 1) + 0 \\ &= 9,81 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

f) Diagram tegangan horizontal



Gambar 4. 33 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah eksisting potongan STA +0.065 saat muka air tinggi

g) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 4. 12 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
paw	$= (49.05 \times 0,5 \times (4+1)) = 122,6$	1,667	$M_{paw} = 122,625 \times 1.667 = 204,38$
	$\Sigma H = 122,6$		
I	$= 0,5 \times 4 \times 24 = 48,0$	0,800	$M_I = 48.8 \times 0.8 = 38,4$
II	$= 0,5 \times 0,1 \times 4 \times 24 = 4,8$	0,500	$M_{II} = 4.8 \times 0.5 = 2,4$
III	$= 3 \times 1 \times 24 = 72,0$	0,000	$M_{III} = 72 \times 0 = 0$
IV	$= (16-9.81) \times 2 \times 4 = 49,5$	-0,500	$M_{IV} = 49,5 \times -0.5 = -24,76$
	$\Sigma V = 174$		
p1	$= 34,5 \times 1 = 34,5$	-0,5	$M_1 = 34,5 \times -0,5 = -17,25$
p2	$= (39,5-34,5) \times 0,5 \times 1 = 3,7$	-0,33333	$M_2 = 3,7 \times -0,333 = -1,243$
ppw	$= (9,81 \times 0,5 \times 1) = 4,91$	-0,33333	$M_{ppw} = 4,91 \times -0,334 = -1,635$
	$\Sigma P_p = 43,1$		$\Sigma M = 200,29$

h) Kontrol stabilitas terhadap geser

Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{T_{max}}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) \times \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \Sigma P_p}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(174) \times \tan \frac{2}{3} \times 5,85 + 3 \times \frac{2}{3} \times 31,55 + 43,1}{122,6}$$

$$SF = 0,96 < SF = 1.5 \quad (\text{Tidak aman})$$

i) Kontrol stabilitas terhadap guling

Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_h}$$

$$SF = \frac{44,9}{245}$$

$$SF = 0,18 < SF = 2 \quad (\text{Tidak aman})$$

j) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 4. 13 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	Nγ	Nc'	Nq'	Nγ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 7,3 + \frac{5,85-5}{10-5} \times (9,6-7,3) = 7,69$$

$$N_q = 1,6 + \frac{5,85-5}{10-5} \times (2,7-1,6) = 1,79$$

$$N_\gamma = 0,5 + \frac{5,85-5}{10-5} \times (1,2-0,5) = 0,62$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (31,55 \times 7,69) + ((14-9,81) \times 1) \times 1,79 + (1/2 \\ &\quad \times (16,77-9,81) \times 3 \times 0,62) \\ &= 257 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q \text{ izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{257}{3} \\ &= 85,5 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

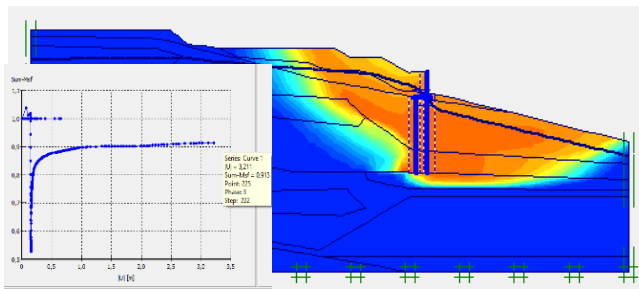
$$\begin{aligned} \text{Cek} \quad \frac{\sum V}{A} &\leq \frac{\sum M}{W} \\ \frac{174}{3 \times 1} &\leq \frac{(200,29)}{\frac{1}{6} \times 3^2 \times 1} \\ 58 \text{ KN/m} &\leq 133,5 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2\sum V}{3\left(\frac{1}{2}B - \frac{\sum M}{\sum V}\right)} \\
 &= \frac{2 \times 174}{3\left(\frac{1}{2} \times 3 - \left(\frac{200,29}{174}\right)\right)} \\
 &= 331,1 \text{ KN/m}^2 > q \text{ izin} = 85,52 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad \text{(Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

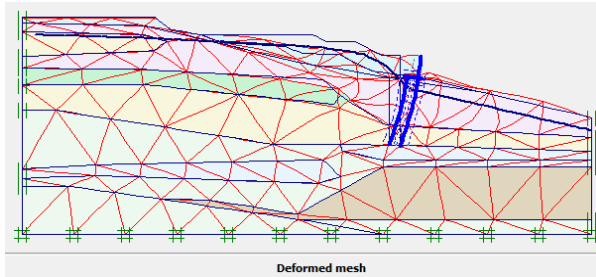
Berdasarkan perhitungan diatas kontrol stabilitas geser, guling dan daya dukung dinding penahan tanah masih tidak aman. Hasil faktor keamanan kontrol stabilitas dengan data tanah hasil korelasi lebih besar dibanding dengan menggunakan data tanah hasil laboratorium. Perhitungan dengan data tanah hasil korelasi dapat dilihat pada **Sub Bab 4.3.1**.

2. Kontrol Stabilitas Overall dengan Plaxis

Analisa stabilitas potongan STA +0.065 dengan asumsi muka air tinggi dan menggunakan data tanah hasil laboratorium, menghasilkan $SF = 0,9605$ lebih kecil dibandingkan saat menggunakan data korelasi. Disimpulkan bahwa dalam perencanaan sebaiknya digunakan data tanah yang paling kritis agar didapatkan desain yang lebih aman. Kasus ini seharusnya digunakan data laboratorium karena hasil test triaksial lebih kecil dari hasil korelasi



Gambar 4. 34 Bidang longsor potongan STA +0.065 saat muka air tinggi (SF=0,9605)



Gambar 4. 35 Displacement yang terjadi 74,3 cm



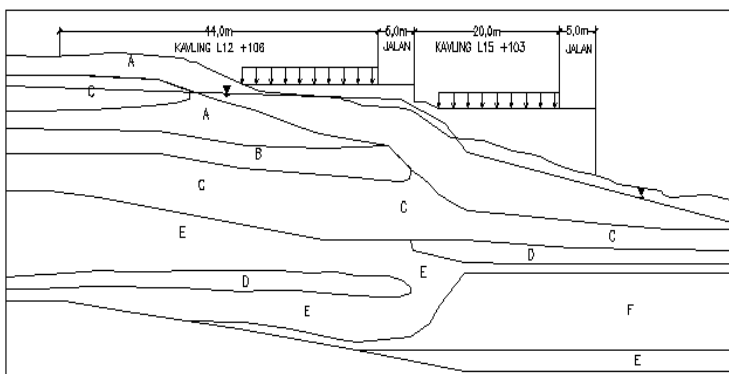
BAB V
PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN

BAB V PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN

5.1 Alternatif 1 (Perkuatan DPT dan *Soldier Pile* Baru pada Kavling L12 dan L15)

Timbunan awal pada kavling L12 sudah mencapai pada elevasi rencana +106 m, namun tanah mengalami longsor dan perkuatan awal terjadi pergeseran dan retak. Sehingga perlu timbunan kembali dengan tanah yang lebih baik dan direncanakan alternatif perkuatan baru untuk area kavling L12 menggunakan DPT dan *Soldier pile* baru.

Kavling L15 direncanakan dengan elevasi +130 m lebih rendah dari kavling L12. Kavling L15 berada pada kaki lereng, maka perlu adanya timbunan untuk mencapai elevasi rencana. Karena tanah dasar lapis merupakan *medium-clay* dengan nilai SPT 14 maka tidak diperhitungkan adanya settlement. Kavling L15 akan direncanakan dengan perkuatan DPT dan *soldier pile*. Berikut adalah rencana elevasi timbunan baru potongan sta +0.065 dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.

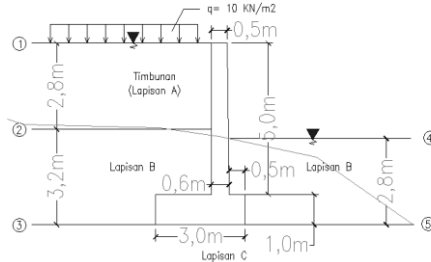


Gambar 5. 1 Elevasi rencana kavling L12 dan L15

5.1.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

1. Dinding Penahan Tanah Pada Kavling L12

Timbunan pada kavling L12 direncanakan menggunakan proteksi dinding penahan tanah. Berikut adalah perhitungan stabilitas DPT pada kavling L12 saat muka air tinggi :



Gambar 5. 2 Dimensi dinding penahan tanah pada kavling L12 saat muka air tinggi

a) Data Tanah

Data Timbunan (lapisan A) :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 16 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{dry}} &= 9,5 \text{ KN/m}^2 \\ \phi &= 9,37 \\ c &= 3 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

Data Lapisan B :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 14 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{dry}} &= 6,3 \text{ KN/m}^2 \\ \phi &= 11,17 \\ c &= 15,83 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

Data Lapisan C :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 16,77 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{dry}} &= 10,7 \text{ KN/m}^2 \\ \phi &= 13,93 \\ c &= 35,5 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$K_{a1} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (9,37/2)) = 0.72 \text{ KN/m}^2$$

$$K_{a2} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (11,17/2)) = 0.675 \text{ KN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (11,17/2)) = 1.481 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma'1 &= q \\ &= 10 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma'1 \\ &= (16-9.81) \times 2.8 + 10 = 27,33 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma'2 \\ &= (14-9.81) \times 3.1 + 21,73 = 40,32 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma'4 &= \gamma_2 \times h \\ &= (14-9.81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma'5 \\ &= (14-9.81) \times 2,8 + 0 \\ &= 11,73 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'1 &= (\sigma'1 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (10 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 2,109 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'2 \text{ atas} &= (\sigma'2 \times K_{a1}) - (2 c_1 \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (27,33 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 14,59 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'2 \text{ bawah} &= (\sigma'2 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (27,33 \times 0,675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,675}) \\ &= -7,56 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'3 &= (\sigma'3 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (40,32 \times 0,675) - (2 \times 15,83 \times \sqrt{0,675}) \\ &= 1,209 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'4 &= (\sigma'4 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (0 \times 1,481) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,481}) \\ &= 38,5 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_h'5 &= (\sigma'5 \times K_{a2}) - (2 c_2 \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (11,7 \times 1,48) + (2 \times 15,83 \times \sqrt{1,48}) \\ &= 55,9 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Menghitung tegangan horizontal akibat air

Aktif :

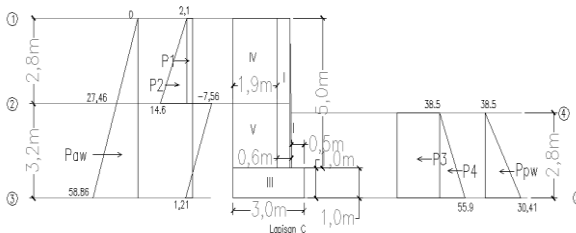
$$\begin{aligned}U_h'1 &= \gamma_w \times h \\ &= 9,81 \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{h'2} &= (\gamma_w \times h) + U_{h'1} \\
 &= (9,81 \times 2,8) + 2,8 \\
 &= 27,468 \text{ KN/m}^2 \\
 U_{h'3} &= (\gamma_w \times h) + U_{h'2} \\
 &= (9,81 \times 3,1) + 3,2 \\
 &= 58,86 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pasif :

$$\begin{aligned}
 U_{h'1} &= \gamma_w \times h = 9,81 \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2 \\
 U_{h'2} &= (\gamma_w \times h) + U_{h'1} \\
 &= (9,81 \times 2,8) + 0 \\
 &= 27,47 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

f) Diagram tegangan horizontal



Gambar 5. 3 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L12 saat muka air tinggi

g) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 5. 1 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notas	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen (KNm/m')
p1	= (2,11 x 2,8) = 5,9	4,600	M1 = 5,9 x 4,6 = 27,2
p2	= ((14,6-2,11) x 0,5 x 2,8) = 17,5	4,133	M1 = 17,5 x 4,133 = 72,2
p3	= (1,21 x 0,5 x 0,441) = 0,3	0,147	M1 = 0,3 x 0,147 = 0,04
pwa	= (58,86 x 0,5 x 6) = 177	2,000	Mw = 177 x 2 = 353
ΣH = 200			
I	= 0,5 x 5 x 24 = 60,0	0,600	MI = 60 x 0,6 = 36
II	= 0,5 x 0,1 x 5 x 24 = 6,0	0,900	MII = 6 x 0,9 = 5,4
III	= 3 x 1 x 24 = 72,0	0,000	MIII = 72 x 0 = 0
IV	= (16-9,81) x (1,9 x 2,8) = 32,9	-0,600	4MIV = 32,9 x -0,6 = -19,8
IV	= (14-9,81) x (1,9 x (3,2-1)) = 18	-0,600	MIV = 18 x -0,6 = -10,5
ΣV = 188			
p4	= 38,5 x 2,8 = 108	-1,4	M4 = 108 x -1,4 = -151
p5	= (55,9-38,5) x 0,5 x 2,8 = 24	-0,93333	M5 = 24 x -0,9333 = -22,7
pwp	= (27,47 x 0,5 x 2,8) = 38	-0,93333	M5 = 38 x -0,9333 = -35,9
ΣPp = 171			ΣM = 254,1

- h) Kontrol stabilitas terhadap geser
Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{Tmax}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) x \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(188) x \tan \frac{2}{3} x 13.93 + 3x \frac{2}{3} x 35,5 + 171}{200}$$

$$SF = 1.538 > SF = 1.5 \text{ (Aman)}$$

- i) Kontrol stabilitas terhadap guling
Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mh}$$

$$SF = \frac{281,3}{452,6}$$

$$SF = 0,622 < SF = 2 \quad \text{(Tidak Aman)}$$

- j) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 5. 2 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_e	N_q	N_r	N_e'	N_q'	N_r'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 12,2$$

$$N_q = 2,7 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 4,04$$

$$N_y = 1,2 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 2,2$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_y) \\ &= (35,5 \times 12,2) + (((16,77-9,81) \times 2,8) \times 4,04) + (1/2 \times (14-9,81) \times 3 \times 2,22) \\ &= 503,4 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q_{izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{503,4}{3} \\ &= 167,8 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } \frac{\sum V}{\frac{A}{3 \times 1}} &\leq \frac{\sum M}{\frac{W}{254,1}} \\ &\leq \frac{1}{6} \times 3^2 \times 1 \\ 63 \text{ KN/m} &< 471,1 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2 \sum V}{3 \left(\frac{1}{2} B - \frac{\sum M}{\sum V} \right)} \\ &= \frac{2 \times 188}{3 \left(\frac{1}{2} \times 3 - \left(\frac{254,1}{188} \right) \right)} \\ &= 828 \text{ KN/m}^2 > q_{izin} = 167,8 \text{ KN/m}^2 \\ &\quad \text{(Tidak aman)} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil kontrol guling dan daya dukung menyatakan tidak aman, maka dicoba dengan melebarkan kaki dinding penahan (DPT) sebesar persyaratan maximum 0,75H yaitu 4 m. Dengan cara yang sama dilakukan kontrol geser didapatkan SF 1,756 > SF rencana = 1,5 aman. Kontrol daya

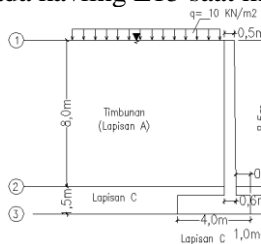
dukung didapatkan q max sebesar $184 \text{ KN/m}^2 > q$ izin = 173 KN/m^2 tidak aman maka akan terjadi ambles. Karena dengan memperbesar dimensi tetap tidak aman, maka diambil keputusan bahwa DPT tetap menggunakan desain awal yaitu dimensi lebar kaki DPT 3 m agar lebih efisien, tetapi perlu tambahan perkuatan *soldier pile* untuk menahan guling dan ambles yang terjadi. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L12 Kondisi Muka Air Tinggi

Stabilitas	Batas Aman	Lebar 3 m	Lebar 4 m
Geser	1,5	1,538	1,757
Guling	2,0	0,622	0,730
Daya Dukung	3,0	0,608	2,776

2. Dinding Penahan Tanah pada Kavling L15

Timbunan pada kavling L15 direncanakan menggunakan proteksi dinding penahan tanah. Berikut adalah perhitungan stabilitas DPT pada kavling L15 saat muka air tinggi :



Gambar 5. 4 Dimensi dinding penahan tanah alternative 1 pada Kavling L15 saat muka air tinggi

- a) Data Tanah
 Data Timbunan (lapisan A) :
- $\gamma_{\text{sat}} = 16 \text{ KN/m}^2$
 - $\gamma_{\text{dry}} = 9,5 \text{ KN/m}^2$
 - $\phi = 9,37$
 - $c = 3 \text{ KN/m}^3$

Data Lapisan C :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16,77 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 10,70 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 13,93$$

$$c = 35,50 \text{ KN/m}^3$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah :

$$K_{a1} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (9,37/2)) = 0,72 \text{ KN/m}^2$$

$$K_{a2} = \tan^2(45 - (\phi/2)) = \tan^2(45 - (13,93/2)) = 0,612 \text{ KN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2(45 + (\phi/2)) = \tan^2(45 + (13,93/2)) = 1,634 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma'1 &= q \\ &= 10 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'2 &= (\gamma_{\text{sat}1} - \gamma_w) \times h + \sigma'1 \\ &= ((16,77 - 9,81) \times 8) + 10 \\ &= 59,52 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'3 &= ((\gamma_{\text{sat}2} - \gamma_w) \times h1) + \sigma'2 \\ &= ((16,77 - 9,81) \times 1,5) + 59,52 \\ &= 70 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned} \sigma'4 &= \gamma_{\text{sat}2} \times h \\ &= (16,77 - 9,81) \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'5 &= ((\gamma_{\text{sat}2} - \gamma_w) \times h) + \sigma'4 \\ &= ((16,77 - 9,81) \times 1,5) + 0 \\ &= 10,44 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

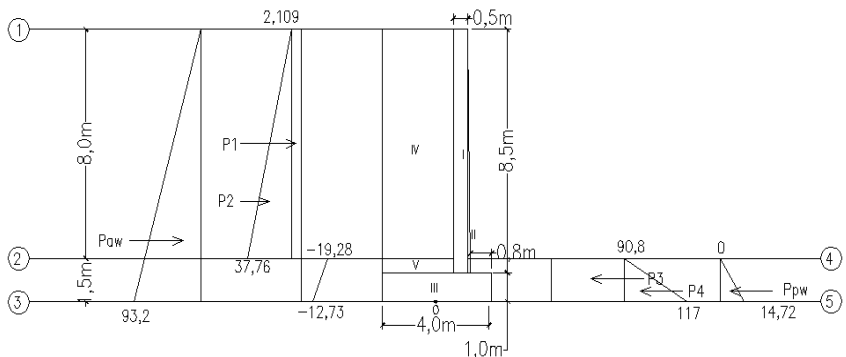
d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma_h'1 &= \sigma'1 \times K_{a1} - (2 \times c1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (10 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 2,109 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h'2 \text{ atas}} &= (\sigma_v'2 \times K_{a1}) - (2 \times c_1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\
 &= (59,52 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\
 &= 37,76 \text{ KN/m}^2 \\
 \sigma_{h'2 \text{ bawah}} &= (\sigma_v'2 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\
 &= (59,52 \times 0,612) - (2 \times 35,5 \times \sqrt{0,612}) \\
 &= -19,12 \text{ KN/m}^2 \\
 \sigma_{h'3} &= (\sigma_v'3 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\
 &= (70 \times 0,612) - (2 \times 35,5 \times \sqrt{0,612}) \\
 &= -12,73 \text{ KN/m}^2 \\
 \text{Tanah Pasif :} \\
 \sigma_{h'4} &= (\sigma_v'4 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\
 &= (0 \times 1.634) + (2 \times 35,5 \times \sqrt{1.634}) \\
 &= 90,8 \text{ KN/m}^2 \\
 \sigma_{h'5} &= (\sigma_v'5 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\
 &= (10,44 \times 1.634) + (2 \times 35,5 \times \sqrt{1.634}) \\
 &= 107,8 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

e) Diagram tegangan horizontal



Gambar 5. 5 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L15 saat muka air rendah

f) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 5. 4Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

Notasi	Gaya (KN/m')	Lengan (m)	Momen(KNm/m')
p1	$= (2,109 \times 8) = 16,9$	5,500	$M1 = 16,9 \times 5,5 = 92,8$
p2	$= ((37,76 - 2,109) \times 0,5 \times 8) = 143$	4,167	$M2 = 143 \times 4,167 = 594,3$
paw	$= (93,2 \times 0,5 \times 9,5) = 442,7$	3,167	$M_{paw} = 442,7 \times 3,167 = 1402$
	$\Sigma H = 602,2$		
I	$= 0,5 \times 8,5 \times 24 = 102,0$	0,900	$MI = 102 \times 0,9 = 91,8$
II	$= 0,5 \times 0,1 \times 8,5 \times 24 = 10,2$	1,200	$MII = 10,2 \times 0,6 = 12,24$
III	$= 4 \times 1 \times 24 = 96,0$	0,000	$MIII = 96 \times 0 = 0$
IV	$= 9,5 \times (2,7 \times 8) = 205,2$	-0,700	$MIV = 205,2 \times (-0,7) = -144$
IV	$= 10,7 \times (2,7 \times 0,5) = 14,4$	-0,700	$MIV = 14,4 \times (-0,7) = -10,1$
	$\Sigma V = 427,8$		
p3	$= 90,8 \times 1,3 = 136,1$	-0,75	$M3 = 136,1 \times (-0,75) = -102$
p4	$= (113,5 - 90,8) \times 0,5 \times 1,3 = 12,8$	-0,5	$M4 = 12,8 \times (-0,5) = -6,4$
ppw	$= (14,72 \times 0,5 \times 1,5) = 11,0$	-0,5	$M_{ppw} = 11 \times (-0,5) = -5,52$
	$\Sigma Pp = 160,0$		$\Sigma M = 1925$

- g) Kontrol stabilitas terhadap geser
Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{Tmax}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(\Sigma V) \times \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \Sigma Pp}{\Sigma H}$$

$$SF = \frac{(428) \times \tan \frac{2}{3} \times 13,93 + 4 \times \frac{2}{3} \times 35,5,11 + 160}{602,2}$$

$$SF = 0,617 < SF = 1,5 \text{ (Tidak Aman)}$$

- i. Kontrol stabilitas terhadap guling
Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mh}$$

$$SF = \frac{366,29}{2088,9}$$

$$SF = 0,175 < SF = 2 \quad \text{(Tidak Aman)}$$

h) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 5. 5 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	Nr	Nc'	Nq'	Nr'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 12,2$$

$$N_q = 2,7 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 4,04$$

$$N_\gamma = 1,2 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 2,2$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (35,5 \times 12,2) + ((10,7 \times 1,5) \times 4,04) + (1/2 \times (14-9.81) \times \\ &4 \times 2,22) \\ &= 528,57 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q \text{ izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{528,57}{3} \\ &= 176,2 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } \frac{\Sigma V}{A} &\leq \frac{\Sigma M}{W} \\ \frac{428}{4 \times 1} &\leq \frac{1925}{\frac{1}{6} \times 4^2 \times 1} \\ 106,96 \text{ KN/m} &< 721,92 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2\Sigma V}{3\left(\frac{1}{2}B - \frac{\Sigma M}{\Sigma V}\right)} \\
 &= \frac{2 \times 428}{3\left(\frac{1}{2} \times 4 - \left(\frac{1925}{428}\right)\right)} \\
 &= -114 \text{ KN/m}^2 > q \text{ izin} = 176,2 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad \text{(Tidak Aman)}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas geser, guling dan daya dukung menyatakan tidak aman, maka dicoba dengan melebarkan kaki dinding penahan tanah (DPT) sebesar persyaratan maximum $0,75H$ yaitu 8 m. Dengan cara yang sama dilakukan kontrol geser didapatkan $SF 0,853 < SF \text{ rencana} = 1,5$ (tidak aman). Kontrol daya dukung didapatkan q_{\max} sebesar $-95 \text{ KN/m}^2 < q \text{ izin} = 176,19 \text{ KN/m}^2$ tidak aman karena besarnya momen pendorong jauh lebih besar. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah pada **Tabel 5.3**.

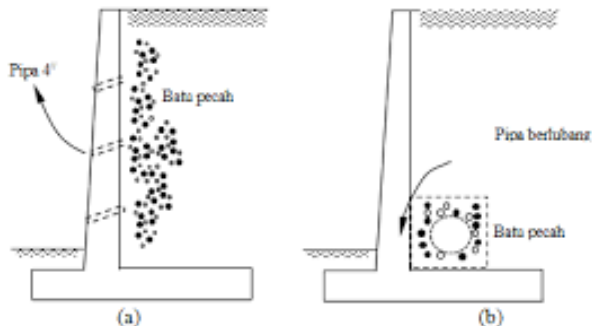
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L15 Kondisi Muka Air Tinggi

Stabilitas	Batas Aman	Lebar 4 m	Lebar 8 m
Geser	1,5	0,618	0,853
Guling	2,0	0,175	0,277
Daya Dukung	3,0	-4,632	-5,555

Berdasarkan perhitungan sebelumnya pengaruh tekanan air terhadap stabilitas dinding penahan tanah sangat besar. Semakin besar gaya pendorong akibat adanya pengaruh tekanan air maka faktor keamanan semakin berkurang. Karena dengan memperbesar dimensi dinding penahan tanah kavling L15 tetap tidak aman, maka akan direncanakan dengan menggunakan subdrain bertujuan untuk meminimalisir pengaruh tekanan air tanah.

Dibelakang dinding penahan tanah diberikan saluran drainase yang memadai untuk mengalirkan air. Setiawan (2013) menyebutkan sistem drainase yang dipasang dapat berupa :

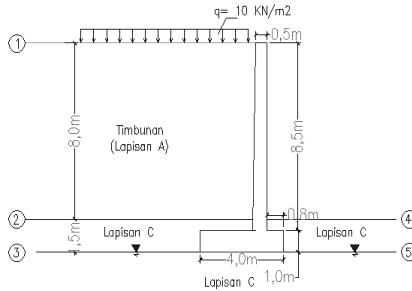
- a. Pemasangan pipa (berdiameter 4" atau lebih) pada bagian dinding dari struktur dinding penahan tanah setiap jarak 1,5 meter dalam arah horizontal dan vertikal (**Gambar 5.6a**)
- b. Pemasangan pipa berlubang berdiameter 8" atau lebih, diletakkan dalam posisi mendatar di belakang dinding penahan tanah, dan dikelilinginya diberi timbunan batu pecah atau ijuk. Air tanah akan mengalir ke dalam pipa tadi, dan pipa tersebut terhubung dengan saluran drainase luar yang ada (**Gambar 5.6b**).



Gambar 5. 6 Sistem drainase pada struktur dinding penahan tanah

- c. Penutupan permukaan timbunan tanah dengan lapisan kedap air atau aspal sehingga dapat mencegah air permukaan mengalir masuk ke dalam timbunan tanah dibelakang dinding penahan.
- d. Kombinasi dari sistem-sistem di atas.

Perencanaan dinding penahan tanah pada kavling L15 menggunakan kombinasi dari sistem diatas. Memasang pipa diameter 4" pada dinding DPT sejarak 15 m vertikal dan horizontal dikombinasi dengan pipa diameter 8" diletakkan belakang DPT dengan posisi mendatar. Menggunakan 2 kombinasi bertujuan agar subdrain berfungsi secara maksimal sehingga muka air tanah turun berada dibawah dinding penahan tanah. Selanjutnya adalah perhitungan dinding penahan tanah pada kavling L15 dengan asumsi muka air rendah setelah adanya subdrain.



Gambar 5. 7 Dimensi dinding penahan tanah pada kavling L15 saat muka air rendah

a) Data Tanah

Data Timbunan (lapisan A) :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 9,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 9,37$$

$$c = 3 \text{ KN/m}^3$$

Data Lapisan C :

$$\gamma_{\text{sat}} = 16,77 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 10,70 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi = 13,93$$

$$c = 35,50 \text{ KN/m}^3$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah

$$Ka1 = \text{Tan}^2(45 - (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 - (9,37/2)) = 0.72 \text{ KN/m}^2$$

$$Ka2 = \text{Tan}^2(45 - (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 - (13,93 /2)) = 0.612 \text{ KN/m}^2$$

$$Kp = \text{Tan}^2(45 + (\phi/2)) = \text{Tan}^2(45 + (13,93 /2)) = 1.634 \text{ KN/m}^2$$

c) Menghitung tegangan vertikal

Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} \sigma'1 &= q \\ &= 10 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'2 &= (\gamma_1 \times h) + \sigma'1 \\ &= (9,5 \times 8) + 10 \\ &= 86 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'3 &= (\gamma_2 \times h_1) + \sigma'2 \\ &= (10,7 \times 1,5) + 86 \\ &= 102,1 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma'4 &= \gamma_2 \times h \\ &= 10,7 \times 0 \\ &= 0 \text{ KN/m}^2 \\ \sigma'5 &= (\gamma_2 \times h) + \sigma'5 \\ &= (10,7 \times 1,5) + 0 \\ &= 16,05 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

d) Menghitung tegangan horizontal akibat tanah

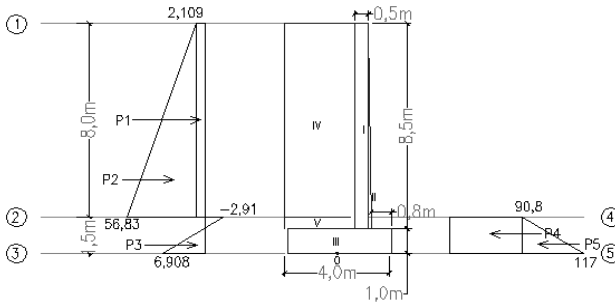
Tanah Aktif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'1 &= (\sigma'1 \times K_{a1}) - (2 \times c_1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (10 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 2,109 \text{ KN/m}^2 \\ \sigma_h'2 \text{ atas} &= (\sigma'2 \times K_{a1}) - (2 \times c_1 \times \sqrt{K_{a1}}) \\ &= (86 \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 56,83 \text{ KN/m}^2 \\ \sigma_h'2 \text{ bawah} &= (\sigma'2 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (86 \times 0,612) - (2 \times 35,5 \times \sqrt{0,612}) \\ &= -2,91 \text{ KN/m}^2 \\ \sigma_h'3 &= (\sigma'3 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (102,1 \times 0,612) - (2 \times 35,5 \times \sqrt{0,612}) \\ &= 6,908 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Tanah Pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_h'4 &= (\sigma'4 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (0 \times 1.634) + (2 \times 35,5 \times \sqrt{1.634}) \\ &= 90,8 \text{ KN/m}^2 \\ \sigma_h'5 &= (\sigma'5 \times K_{a2}) - (2 \times c_2 \times \sqrt{K_{a2}}) \\ &= (13,91 \times 1.634) + (2 \times 35,5 \times \sqrt{1.634}) \\ &= 117,0 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

e) Diagram tegangan horizontal



Gambar 5. 8 Diagram tegangan pada dinding penahan tanah kavling L15 saat muka air rendah

f) Tabel perhitungan gaya dan momen

Tabel 5. 3 Tabel Perhitungan Gaya dan Momen

g) Kontrol stabilitas terhadap geser

Syarat faktor keamanan terhadap geser untuk setiap dinding penahan minimum 1,5 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{T_{max}}{\sum H}$$

$$SF = \frac{(\sum V) \times \tan \frac{2}{3} \phi + Bx \frac{2}{3} xc + \sum Pp}{\sum H}$$

$$SF = \frac{(428) \times \tan \frac{2}{3} \times 13.93 + 4 \times \frac{2}{3} \times 35.11 + 156}{239}$$

$$SF = 1.536 < SF = 1.5 \text{ (Aman)}$$

h) Kontrol stabilitas terhadap guling

Syarat faktor keamanan terhadap guling untuk setiap dinding penahan minimum 2 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$SF = \frac{\sum Mw}{\sum Mh}$$

$$SF = \frac{805}{1006}$$

$$SF = 0,8 < SF = 2 \quad (\text{Tidak Aman})$$

i) Kontrol stabilitas terhadap ambles

Tabel 5. 7 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_{γ}	N_c'	N_q'	N_{γ}'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 12,2$$

$$N_q = 2,7 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 4,04$$

$$N_{\gamma} = 1,2 + \frac{13,93-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 2,2$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_{\gamma}) \\ &= (35,5 \times 12,2) + ((10,7 \times 1,5) \times 4,04) + (1/2 \times (14-9.81) \times \\ &\quad 4 \times 2,22) \\ &= 528,57 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat faktor keamanan terhadap daya dukung untuk setiap dinding penahan minimum 3 berdasarkan RSNI pasal 10.

$$\begin{aligned} q \text{ izin} &= \frac{q_{ult}}{3} \\ &= \frac{528,57}{3} \\ &= 176,2 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek} \quad \frac{\sum V}{A} \leq \frac{\sum M}{W}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{428}{4 \times 1} &\leq \frac{844,4}{\frac{1}{6} \times 4^2 \times 1} \\
 107 \text{ KN/m} &< 316,7 \text{ KN/m} \\
 \text{Maka, } q_{\max} &= \frac{2 \sum V}{3 \left(\frac{1}{2} B - \frac{\sum M}{\sum V} \right)} \\
 &= \frac{2 \times 428}{3 \left(\frac{1}{2} \times 4 - \left(\frac{844,4}{428} \right) \right)} \\
 &= 10844 \text{ KN/m}^2 > q \text{ izin} = 176,2 \text{ KN/m}^2 \\
 &\quad \text{(Tidak Aman)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas guling dan ambles menyatakan tidak aman, maka dicoba dengan melebarkan kaki dinding penahan (DPT) sebesar $0,75H$ yaitu 8 m. Dengan cara yang sama dilakukan kontrol geser didapatkan $SF 2,412 > SF \text{ rencana} = 1,5$ aman. Kontrol ambles didapatkan q_{\max} sebesar $186,5 \text{ KN/m}^2 > q \text{ izin} = 181,3 \text{ KN/m}^2$ tidak aman. Karena dengan memperbesar dimensi tetap tidak aman, maka diambil keputusan bahwa DPT tetap menggunakan desain awal yaitu dimensi lebar kaki DPT 4 m agar lebih efisien, tetapi perlu tambahan perkuatan *soldier pile* untuk menahan guling, dan ambles yang terjadi. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah Kavling L15 Kondisi Muka Air Rendah

Stabilitas	Batas Aman	Lebar 4 m	Lebar 8 m
Geser	1,5	1,536	2,412
Guling	2,0	0,367	0,800
Daya Dukung	3,0	0,049	2,917

5.1.2 Perencanaan *Soldier Pile* sebagai Tiang Pondasi

1. *Soldier Pile* dibawah DPT Pada Kavling L12

a) Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah berdasarkan N-SPT titik BH1(T1) yang telah diolah sebelumnya. Hasil perhitungan daya dukung tanah

untuk soldier pile berpenampang lingkaran diameter 50 cm – 80 cm ditunjukkan pada **Lampiran 4**. Perencanaan daya dukung tanah digunakan metode Mayerhoff dan Bazaraa langkah-langkah dalam perhitungan daya dukung tanah untuk 1 data tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Tabelkan nilai N-SPT dan klasifikasi tanah (lanau / pasir) perkedalaman tinjau, misal kedalaman tinjau per-0.5 m dan jika data N-SPT tanah tersedia tidak perkedalaman 0,5 m maka harus interpolasi linear dari data N-SPT untuk mendapat N-SPT perkedalaman tinjau.
- 2) Koreksi terhadap muka air tanah. Jika tanah berupa pasir dan jika $N-SPT > 15$ maka dikoreksi
 - $N_1 = 15 + 0,5 (N - 15)$ (terzaghi & peck, 1960)
 - $N_1 = 0,6 N$ (Bazaraa, 1967)
 Lalu pilih harga N terkecil dari kedua syarat tersebut. Dan jika tanah berupa lempung / lanau dan bila $N-SPT \leq 15$ maka tidak ada koreksi jadi $N_1 = N$.
- 2) Koreksi terhadap Overbudden Pressure (Bazaraa, 1967) Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertical efektif pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertical efektif = Overbudden Pressure)
 - Bila $p_o \leq 7,5 \text{ ton/ m}^2$; maka $N_2 = 4N_1 / (1 + 0,4p_o)$
 - Bila $p_o > 7,5 \text{ ton/ m}^2$; maka $N_2 = 4N_1 / (3,25 + 0,1p_o)$
- 3) Selanjutnya didapat N correction pakai dimana dibatasi N_2 harus $\leq 2 \times N_1$
- 4) Mencari N rata-rata ujung tiang yaitu rata-rata N antara 4 x Diameter tiang dibawah ujung dan 8 x Diameter tiang diatas ujung.
- 5) Mencari Q ujung perkedalaman tinjau= $K \times (N \text{ rata-rata ujung}) \times \text{luas tiang}$. K (koefisien karakteristik ujung) = 40
- 6) Mencari fsi (hambatan geser selimut tiang per-segmen i) yaitu N pakai / 2 (ton/ m²) untuk tanah lempung / lanau, dan N pakai / 5 (ton/ m²) untuk tanah pasir.
- 7) Mencari $\sum R_{si} = f_{si} \times \text{luas selimut tiang per-segmen } i$.

- 8) Didapatkan daya dukung ultimit tanah terhadap beban tekan terjadi, $Q_{ult} = Q_{ujung} + \sum R_{si}$. Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban tetap yaitu $Q_{ijin} = Q_{ult} / SF 3$, dan Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban sementara yaitu $Q_{ijin} = Q_{ult} / SF 2$.
- 9) Didapatkan daya dukung ijin tanah terhadap beban tarik/cabut, $\sum R_{si}$. Sebagai daya dukung ijin tanah untuk beban tetap yaitu $Q_{ijin} = \sum R_{si} / SF 3$, dan Sebagai daya dukung tanah untuk beban sementara yaitu $Q_{ijin} = \sum R_{si} / SF 2$.

Output dari perhitungan daya dukung tanah adalah mengetahui daya dukung ketahanan tanah terhadap gaya tekan dan gaya tarik atau cabut yang terjadi dengan nilai safety faktor 3.

b) Pembebanan

Perhitungan pembebanan detail dijelaskan pada point 5.1.1. Tabel pembebanan dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

Tabel 5. 9 Tabel Pembebanan

Beban	Pv (ton/m)	Hx(ton/m)	Mx (tonm/m)
	1m panjang	1m panjang	1m panjang
Dinding	19	0	1,1133
Rumah, Tanah, air	0	20	45,25753
Total	19	20	46,37083

c) Data Perencanaan Soldier Pile

Diameter Soldier Pile = 50 cm

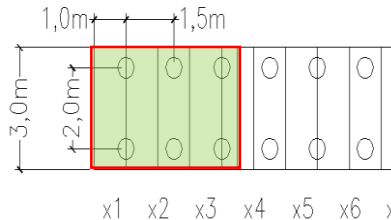
Jumlah 1 m panjang (n) = 2 buah

Syarat : Jarak antara = $2,5D < S < 5D$
 = $2,5 \times 0,5 < S < 5 \times 0,5$
 = $1,25 < S < 2,5$

Jarak tepi = $1D < S < 3D$
 = $1 \times 0,5 < S < 3 \times 0,5$
 = $0,5 < S < 1,5$

Maka direncanakan :

Jarak antar pile (b)	= 2 m
Jarak antar pile (l)	= 1,5 m
Jarak tepi (b)	= 0,5 m
Jarak tepi (l)	= 1 m



Gambar 5. 9 Konfigurasi *soldier pile* untuk menahan beban pada area kavling L12

g) Kontrol Efisiensi Tiang

Kontrol efisiensi tiang grup dicek sepanjang 100 m kearah memanjang.

$$f \text{ tiang } (\varphi) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar tiang } (s) = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baris tiang grup } (m) &= \frac{\text{Jarak total m} - (2 \cdot \text{jarak tepi}(l))}{\text{jarak antar pile}(l)} + 1 \\ &= \frac{100 - (2 \cdot 1)}{1,5} + 1 \\ &= 66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kolom tiang grup } (n) &= \frac{\text{Jarak total n} - (2 \cdot \text{jarak tepi}(b))}{\text{jarak antar pile}(b)} + 1 \\ &= \frac{3 - (2 \cdot 0,5)}{2} + 1 = 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\varphi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \\ &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,5}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{66} - \frac{1}{2}\right) \\ &= 0,77 < 1 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

h) Kontrol P max 1 Tiang

Ditinjau 4,5 m panjang, sehingga:

$$P_v = 18,8 \times 4,5$$

$$= 84,6 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{V}{N} + \frac{M_y \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{84,6}{6} + 0 + \frac{46,37 \times 1}{2(3 \times 1^2)} \\ &= 14,1 + 52,2 \\ &= 66,3 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Daya dukung Tiang} = P_{\max} \times SF$$

$$= 66,3 \times 3 = 199 \text{ ton}$$

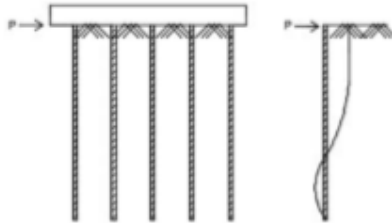
Cek terhadap daya dukung tanah (qult) sebesar 207,3 ton berada dikedalaman 11 m.

Panjang Tiang = kedalaman - Beda tinggi dari titik bor-tiang

$$= 11 - 2,8$$

$$= 8,2 \text{ m}$$

i) Kontrol Gaya Horizontal 1 Tiang



Gambar 5. 10 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Faktor modulus tanah (f)

$$C_u = 35,5 \text{ KN/m}^2$$

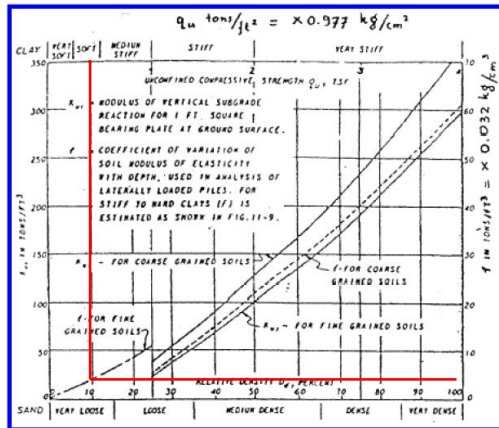
$$= 0,355 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0,355 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,71 \text{ kg/cm}^2 = 0,727 \text{ ton/m}^2$$

$$f = 5 \text{ ton/m}^2$$

$$= 0.16 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 5. 11 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

$$I = \frac{1}{4} \times \pi \times R^4$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (25^4)$$

$$= 3 \times 10^5 \text{ cm}^4 = 0,003 \text{ m}^4$$

Modulus Elastisitas (E) :

$$E = 4700 \times \sqrt{fc}$$

$$= 23453 \text{ Mpa}$$

$$= 234529.5291 \text{ kg/cm}^2 = 2345295,3 \text{ ton/m}^2$$

Faktor kekuatan relatif (T) :

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5}$$

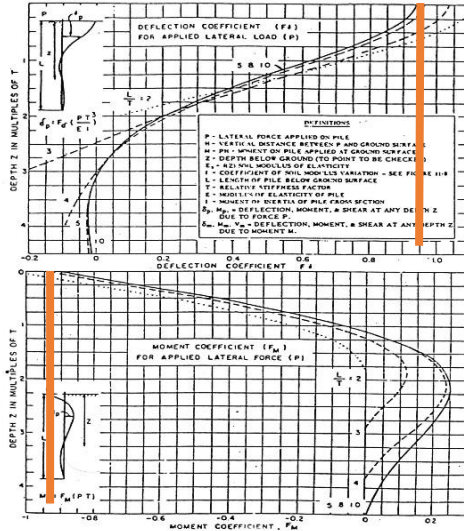
$$= \left(\frac{3 \times 10^5 \times 234529,5}{0.611} \right)^{1/5}$$

$$= 214 \text{ cm} = 2,14 \text{ m}$$

L(panjang pile diatas bidang longsor) = 8,2 m

L/T = 3,83

Untuk $L/T = 3,83$ dan kedalaman $Z = 0$ (diambil kritis) dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 untuk mendapatkan nilai F_m



Gambar 5. 12 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$$F_\delta = 0,97$$

$$F_m = 0,93$$

$$\begin{aligned} \text{Ph 1 Tiang} &= \frac{Ph}{n} \\ &= \frac{20 \times 4,5}{6} = 15 \text{ Ton} \end{aligned}$$

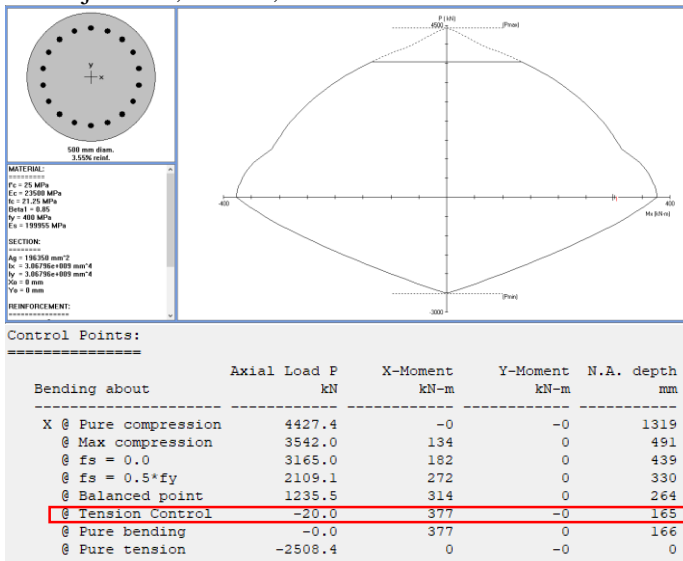
j) Kontrol Lentutan

$$\begin{aligned} \delta p &= F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \\ &= 0,97 \times \left(\frac{15 \times 2,14^3}{2345295,3 \times 0,003} \right) \\ &= 2,026 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,026 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm (Aman)} \end{aligned}$$

k) Kontrol Momen

$$\begin{aligned}
 M_p \text{ max} &= P_h \times F_m \times T \\
 &= 15 \times 0,93 \times 2,14 \\
 &= 29,85 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

Cek terhadap kapasitas momen tiang, didapatkan dari perhitungan PCA Column dengan dimensi 50 cm, diameter tulangan utama 22 jumlah tulangan 18 buah, deking 40 mm. Kapasitas momen yang iijinkan saat kondisi *tension control* sebesar 37,7 ton.m. $M_p \text{ max}$ yang terjadi = 29,85 Ton.m < dari Momen kapasitas ijin = 37,7 ton.m, masih aman.



Gambar 5. 13 Hasil output soldier pile D 500 mm PCA Column

Berdasarkan perhitungan *soldier pile* sebagai pondasi menggunakan diameter 50 cm dengan panjang 8,2 m aman terhadap gaya - gaya yang diterima dari beban struktur DPT, tanah, dan air. Namun pada kondisi eksisting tiang *soldier pile* dengan diameter 50 cm memiliki panjang 12 m tetap terjadi longsor.

Sehingga akan dicoba perhitungan *soldier pile* dengan asumsi sebagai cerucuk dengan memperhitungkan bidang longsor.

2. *Soldier Pile* dibawah DPT Pada Kavling L15

a) Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah berdasarkan N-SPT titik BH2(T1) yang telah diolah sebelumnya. Hasil perhitungan daya dukung tanah untuk *soldier pile* berpenampang lingkaran diameter 50 cm – 80 cm ditunjukkan pada **Lampiran 3**. Langkah perhitungan sama seperti sebelumnya pada point 1 diatas.

b) Pembebanan

Perhitungan pembebanan detail dijelaskan pada point 5.1.1. Tabel pembebanan dapat dilihat pada **Tabel 5.10**.

Tabel 5. 10 Tabel Pembebanan

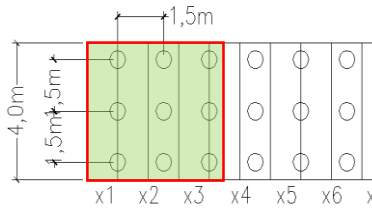
Beban	Px (ton/m)	Hx(ton/m)	My (tonm/m)
	1m panjang	1m panjang	1m panjang
Dinding	43	0	-4,97115
Rumah, tanah, air	0	23,94	100,60897
Total	43	23,94	95,63781636

c) Data Perencanaan Soldier Pile

$$\begin{aligned} \text{Diameter Soldier Pile} &= 50 \text{ cm} \\ \text{Jumlah 1 m panjang (n)} &= 3 \text{ buah} \\ \text{Syarat : Jarak antara} &= 2,5D < S < 5D \\ &= 2,5 \times 0,5 < S < 5 \times 0,5 \\ &= 1,25 < S < 2,5 \\ \text{Jarak tepi} &= 1D < S < 3D \\ &= 1 \times 0,5 < S < 3 \times 0,5 \\ &= 0,5 < S < 1,5 \end{aligned}$$

Maka direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar pile (b)} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Jarak antar pile (l)} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Jarak tepi (b)} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Jarak tepi (l)} &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 5. 14 Konfigurasi *soldier pile* untuk menahan beban pada area kavling L15

d) Kontrol Efisiensi Tiang

Kontrol efisiensi tiang grup dicek sepanjang 100 m kearah memanjang.

$$f \text{ tiang } (\varphi) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar tiang } (s) = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baris tiang grup } (m) &= \frac{\text{Jarak total } m - (2 \cdot \text{jarak tepi } l)}{\text{jarak antar pile } (l)} + 1 \\ &= \frac{100 - (2 \cdot 1)}{1,5} + 1 \\ &= 66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kolom tiang grup } (n) &= \frac{\text{Jarak total } n - (2 \cdot \text{jarak tepi } b)}{\text{jarak antar pile } (b)} + 1 \\ &= \frac{4 - (2 \times 0,5)}{1,5} + 1 \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\varphi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \\ &= 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,8}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{66} - \frac{1}{3}\right) \\ &= 0,66 < 1 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

e) Kontrol P max 1 Tiang

Ditinjau 4,5 m panjang, sehingga:

$$P_v = 43 \times 4,5$$

$$= 193,5 \text{ Ton}$$

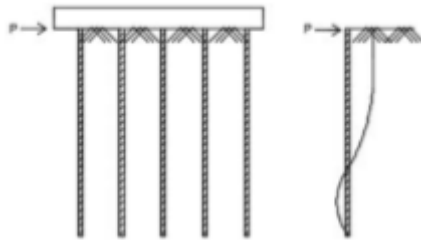
$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= \frac{V}{N} + \frac{M_y \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{193,5}{9} + 0 + \frac{95,64 \times 1,5}{2(9 \times 1,5^2)} \\
 &= 42,8 + 95,51 \\
 &= 116,9 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya dukung Tiang} &= P_{\max} \times \text{SF} \\
 &= 116,9 \times 3 = 350,7 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Cek terhadap daya dukung tanah didapatkan kedalaman 14 m dengan daya dukung tanah (qult) sebesar 371 ton.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Tiang} &= \text{kedalaman} - \text{Beda tinggi dari titik bor-tiang} \\
 &= 14 - 7,5 \\
 &= 6,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f) Kontrol Gaya Horizontal 1 Tiang

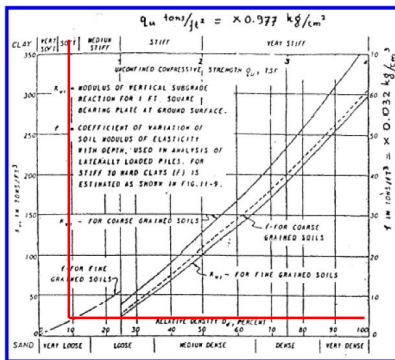


Gambar 5. 15 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Faktor modulus tanah (f)

$$\begin{aligned}
 C_u &= 35,5 \text{ KN/m}^2 \\
 &= 0,355 \text{ kg/cm}^2 \\
 q_u &= 2 \times C_u \\
 &= 2 \times 0,355 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,71 \text{ kg/cm}^2 = 0,727 \text{ ton/m}^2 \\
 f &= 5 \text{ ton/m}^2 = 0,16 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 16 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{4} \pi \times R^4 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (25^4) \\
 &= 3 \times 10^5 \text{ cm}^4 = 0,003 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E) :

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 23453 \text{ Mpa} \\
 &= 234529.5291 \text{ kg/cm}^2 = 2345295,3 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

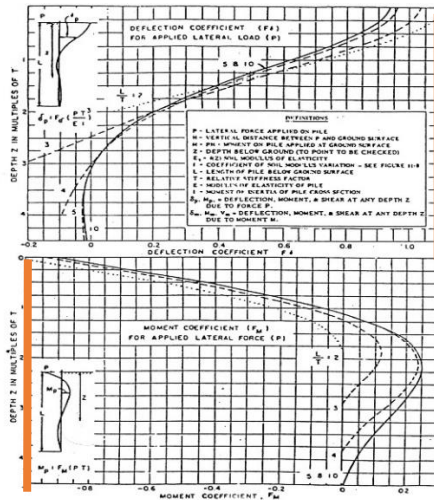
Faktor kekuatan relatif (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{3 \times 10^5 \times 234529,5}{0.611} \right)^{1/5} \\
 &= 214 \text{ cm} = 2,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

L(panjang pile diatas bidang longsor) = 6,5 m

L/T = 2,08

Untuk L/T = 2,08 dan kedalaman Z = 0 (diambil kritis) dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 untuk mendapatkan nilai Fm



Gambar 5. 17 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$$F\delta = 2$$

$$F_m = 1$$

$$\begin{aligned} Ph \text{ 1 Tiang} &= \frac{Ph}{n} \\ &= \frac{(23,9 \times 4,5)}{9} = 11,95 \text{ Ton} \end{aligned}$$

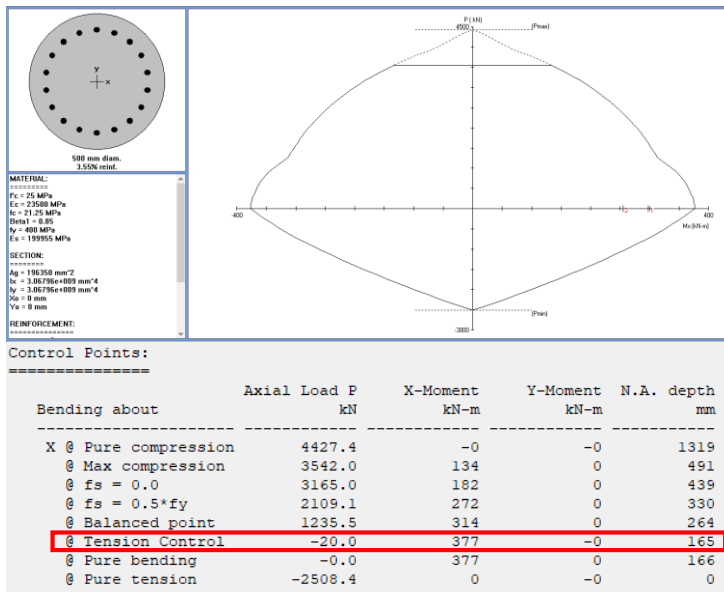
g) Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_p &= F\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \\ &= 2 \left(\frac{11,95 \times 2,14^3}{2345295,3 \times 0,02} \right) \\ &= 1,547 \times 10^{-2} \text{ m} = 1,547 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm (Aman)} \end{aligned}$$

h) Kontrol Momen

$$\begin{aligned} M_p \text{ max} &= Ph \times F_m \times T \\ &= 11,95 \times 1 \times 2,14 \\ &= 25,573 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Cek terhadap kapasitas momen tiang, didapatkan dari perhitungan PCA Column dengan dimensi 50 cm, diameter tulangan utama 22 jumlah tulangan 15 buah, deking 40 mm. Kapasitas momen yang iijinkan saat kondisi *tension control* sebesar 37,7 ton.m. $M_p \text{ max yang terjadi} = 25,57 \text{ Ton.m} < \text{dari Momen kapasitas iijin} = 37,7 \text{ ton.m}$, masih aman.

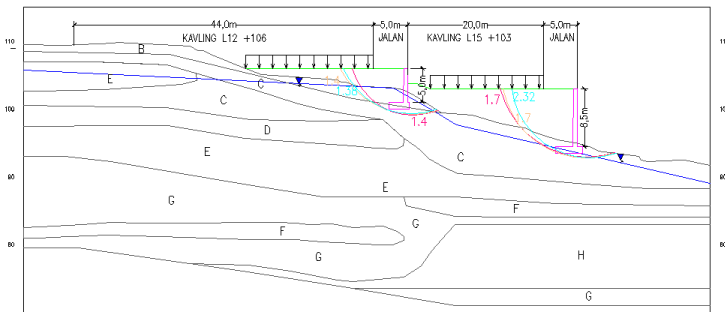


Gambar 5. 18 Hasil output *soldier pile* D 500 mm PCA Column

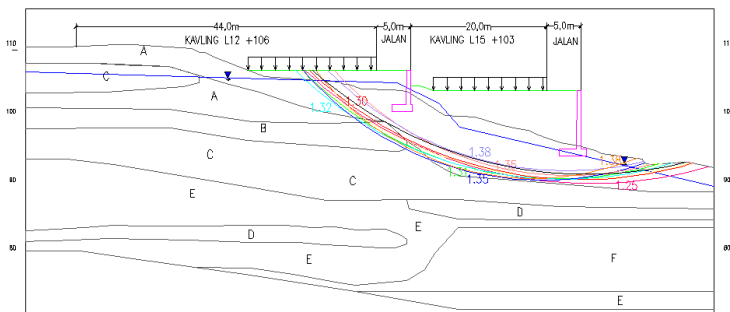
Berdasarkan perhitungan *soldier pile* sebagai pondasi menggunakan diameter 50 cm dengan panjang 6,5 m aman terhadap gaya - gaya yang diterima dari beban struktur DPT, tanah, dan air. Namun pada kondisi eksisting tiang *soldier pile* dengan diameter 50 cm memiliki panjang 12 m tetap terjadi longsor. Sehingga akan dicoba perhitungan *soldier pile* dengan asumsi sebagai cerucuk dengan memperhitungkan panjang bidang longsor yang terjadi.

5.1.3 Perencanaan *Soldier Pile* Sebagai Cerucuk

Berdasarkan pemodelan pada aplikasi GEO5, dilakukan dua kontrol stabilitas, yaitu internal pada masing – masing kavling dan overall. Pada masing masing kavling didapatkan beberapa SF yang aman dapat dilihat pada **Gambar 5.19**. Sedangkan secara overall didapatkan beberapa SF yang masih kritis. Bidang longsor dapat dilihat pada **Gambar 5.20**.



Gambar 5. 19 Hasil kontrol stabilitas internal dengan GEO 5



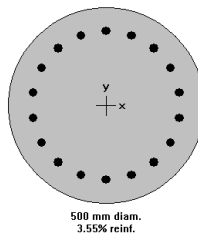
Gambar 5. 20 Hasil kontrol stabilitas overall dengan GEO 5

Tabel 5. 11 Hasil Output Stabilitas Overall dengan 10 SF Terkritis

No	SF	X	Z	R	M Resisting
		(m)	(m)	(m)	(KN.m/m)
1	1,25	82,83	80,57	61,16	106255,2
2	1,3	80,95	79,84	59,79	120157,25
3	1,3	81,38	77,45	57,46	112839,5
4	1,31	77,99	71,79	51,7	103111,77
5	1,32	78,76	76,25	56,19	116124,95
6	1,35	75,5	66,03	46,13	94909,36
7	1,35	79,67	66,64	46,05	81605,8
8	1,38	76,26	70,28	48,98	87213,2
9	1,38	74,47	60,26	40,1	76870,16
10	1,39	82,35	81,77	60,99	116285,71

Berdasarkan hasil output stabilitas overall dengan adanya DPT masih belum aman. Maka perlu perkuatan tambahan *soldier pile*, selanjutnya dihitung jumlah *soldier pile* dengan asumsi sebagai cerucuk.

Menggunakan program aplikasi PCA Column, direncanakan *soldier pile* ukuran 500 mm dengan mutu beton K300, mutu tulangan 400 Mpa, tulangan utama berdiameter 22 mm dan jumlah tulangan 15 didapatkan momen ultimate kondisi tension control 377 KNm.

**Gambar 5. 21** Penampang *soldier pile*

Control Points:					
Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kN-m	Y-Moment kN-m	N.A. depth mm	
X @ Pure compression	4427.4	-0	-0	1319	
@ Max compression	3542.0	134	0	491	
@ $f_s = 0.0$	3165.0	182	0	439	
@ $f_s = 0.5 \cdot f_y$	2109.1	272	0	330	
@ Balanced point	1235.5	314	0	264	
@ Tension Control	-20.0	377	-0	165	
@ Pure bending	-0.0	377	0	166	
@ Pure tension	-2508.4	0	-0	0	

Gambar 5. 22 Hasil output *soldier pile* D 500 mm PCA Column

a) Perhitungan Gaya Horizontal Oleh 1 *Soldier pile*

Faktor modulus tanah (f)

Cu = 35,50 KN/m² (dibawah bidang longsor)

= 0,355 kg/cm²

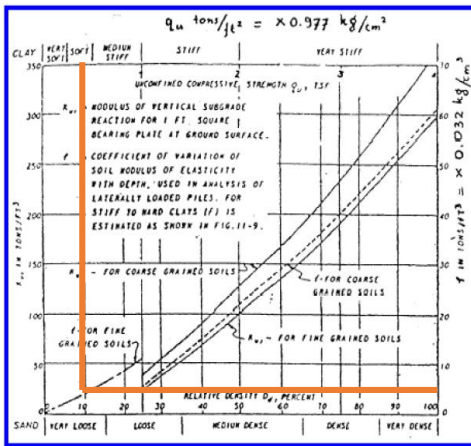
qu = 2 x Cu

= 0,71 kg/cm²

= 0,7267 ton/m²

f = 5 ton/m²

= 0,16 kg/cm²



Gambar 5. 23 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

I = 1/4 x pi x R⁴
 = 1/4 X 3.14 x (250⁴)
 = 30664 x 10¹⁰ mm⁴
 = 306640,625 cm⁴

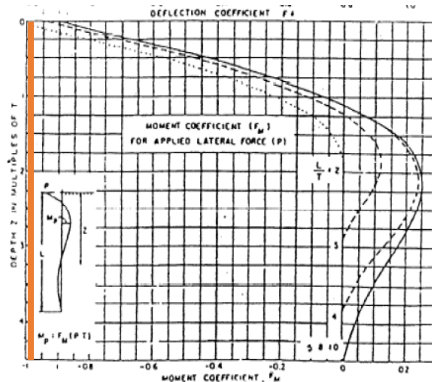
Modulus Elastisitas (E) :

E = 4700 x \sqrt{fc}
 = 23452952.91 KN/m²
 = 234529.5291 kg/cm²

Faktor kekuatan relatif (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{234529.53 \times 306640.625}{0.611} \right)^{1/5} \\
 &= 214,06 \text{ cm} = 2,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan SF kritis 1,25. Panjang tiang 10 m sampai menyentuh bidang longsor dengan factor aman 1,52. L(panjang pile diatas/dibawah bidang longsor)= 3,3 m. didapatkan L/T = 1,54 dan kedalaman Z = 0 (diambil kritis), dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 didapatkan nilai Fm.



Gambar 5. 24 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$$\begin{aligned}
 F_m &= 1 \\
 P_{max} &= \frac{M_p}{F_m \times T} \\
 &= \frac{1 \times 2,14}{377} \\
 &= 176,1 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dimana : M_p = momen kapasitas ultimate
 F_m = koefisien momen akibat gaya lateral
 T = factor kekakuan relative
 P_{max} = gaya horizontal yang diterima ceruk

- b) Mencari Kebutuhan Jumlah Pile dalam 1 meter Panjang
- $$\begin{aligned} SF \text{ min} &= 1.25 \\ MR \text{ min} &= 106255,2 \text{ KNm/m} \\ R \text{ jari-jari} &= 61,16 \text{ m} \\ SF \text{ rencana} &= 1.52 \\ M \text{ dorong} &= \frac{MR \text{ min}}{SF \text{ min}} \\ &= 85004 \text{ KNm/m} \\ \text{Jumlah pile (n)} &= \frac{SF \text{ rencana} - SF \text{ existing}}{P_{max} \times 1 \text{ cerucuk} \times R \text{ jari-jari}} \times M \text{ doron} \\ &= \frac{1.52 - 1.25}{176,1 \times 1 \text{ cerucuk} \times 61,16} \times 85004 \\ &= 2,14 \text{ buah} = 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

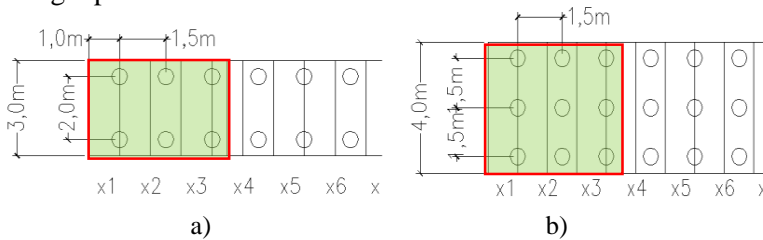
Perhitungan jumlah *soldier pile* untuk setiap SF kritis yang didapat dari GEO5 dapat dilihat pada tabel rekapitulasi **Tabel 5.12**.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Jumlah *Soldier pile* untuk setiap SF

No	SF	SF rencana	M Resisting	Momen Ultimate Pile	Fak.Kek uatan (T)	Fm (Grafik)	Momen dorong (Mo)	Pmax=Mu/(Fm x T)	Jumlah cerucuk (n)
			(KN.m/m)	KNm	m		(KN.m/m)	KN	buah
1	1,25	1,52	106255,2	377	2,1406	1	85004	176,1	3,00
2	1,3	1,52	120157,25	377	2,141	1	86800	176	2,00
3	1,3	1,52	112839,5	377	2,141	1	79317	176	2,00
4	1,31	1,52	103111,77	377	2,141	1	88645	176	3,00
5	1,32	1,52	116124,95	377	2,141	1	71901	176	2,00
6	1,35	1,52	94909,36	377	2,141	0,99	60449	178	2,00
7	1,35	1,52	81605,8	377	2,141	1	64602	176	2,00
8	1,38	1,52	87213,2	377	2,141	1	55703	176	1,00
9	1,38	1,52	76870,16	377	2,141	0,99	84265	178	2,00
10	1,39	1,52	116285,71	377	2,141	0,99	83659	178	2,00

Berdasarkan tabel rekapitulasi perhitungan diatas jumlah *soldier pile* terbanyak 3 buah. Sehingga direncanakan konfigurasi *soldier pile* seperti pada **Gambar 5.12**. Panjang *pile* 10 m diletakkan dibawah DPT, dimana 2 buah pile untuk menahan beban kavling L12 sepanjang 1,5 m dan 3 buah pile menahan beban kavling L15 sepanjang 1,5 m. Dengan perbandingan sederhana maka dalam 1 meter panjang jumlah *soldier pile* pada kavling L12 sebanyak 1,3

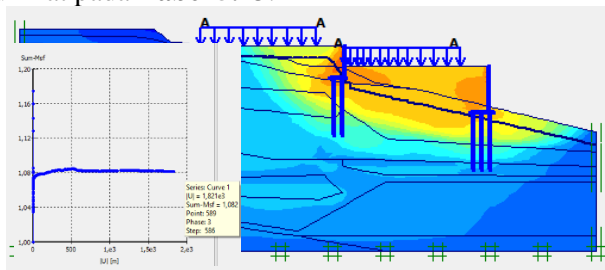
dan pada kavling L15 sebanyak 2 buah, maka jumlah total soldier pile dalam 1 meter panjang 3,3 buah (memenuhi). Jarak antar *soldier pile* dan jarak tepi *pile* sama dengan perencanaan *pile* sebagai pondasi.



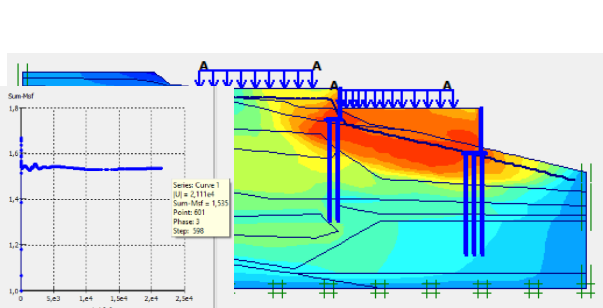
Gambar 5. 25 Konfigurasi *soldier pile* dilihat sebagai tiang kelompok sepanjang 4,5 m a).Kavling L12 b).Kavling L15

c) Kontrol Kembali Stabilitas Overall dengan Plaxis

Kontrol stabilitas overall dengan plaxis memperhitungkan adanya *soldier pile*. Diameter pile 50 cm, panjang soldier pile ditentukan berdasarkan bidang longsor dengan SF kritis yang didapatkan dari GEO5 sampai menyentuh bidang SF rencana yang mana didapatkan panjang 10 m. Namun saat di kontrol menggunakan plaxis SF yang terjadi masih kritis dapat dilihat pada **Gambar 5.26**. Panjang soldier pile direncanakan ulang menjadi 18 m. Hasil kontrol stabilitas aman dapat dilihat pada **Gambar 5.27**. Hasil analisa plaxis mendapatkan SF, total displacement serta momen dan gaya geser yang terjadi pada soldier pile dan DPT dapat dilihat pada **Tabel 5.13**.



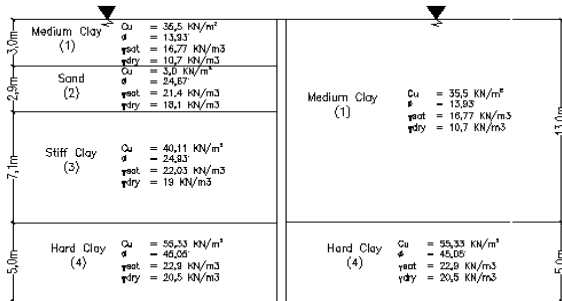
Gambar 5. 26 Hasil kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan diameter soldier pile 500 mm panjang 10 m (SF = 1,082)



Gambar 5. 27 Hasil kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan merubah panjang 18 m (SF = 1,535)

d) Kontrol Skin Friction

Tahapan pelaksanaan timbunan yang dilakukan setelah proses pemasangan tiang soldier pile menjadi beban pada tiang, sehingga diperlukan control skin friction. Sebagai contoh perhitungan digunakan tiang pada kavling L12.



Gambar 5. 28 Lapisan tanah pada area tiang soldier pile kavling L12

Koefisien tanah diam per lapisan:

$$Ko_1 = 1 - \sin \phi_1 = 1 - \sin 13,93 = 0,759$$

$$Ko_2 = 1 - \sin \phi_2 = 1 - \sin 24,57 = 0,584$$

$$Ko_3 = 1 - \sin \phi_3 = 1 - \sin 24,93 = 0,578$$

$$Ko_4 = 1 - \sin \phi_4 = 1 - \sin 45,05 = 0,292$$

Tegangan vertikal

$$\sigma_{v1} = (\gamma_1 \times h) = (16,77 - 9,81) \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{v2} = (\gamma_1 \times h) + \sigma_{v1} = (16,77 - 9,81) \times 3 + 0 = 20,88 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{v3} = (\gamma_2 \times h) + \sigma_{v2} = (21,4 - 9,81) \times 2,9 + 20,9 = 54,49 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma v4 = (\gamma_3 \times h) + \sigma v3 = (22,03 - 9,81) \times 7,1 + 54,5 = 141,3 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma v5 = (\gamma_4 \times h) + \sigma v4 = (22,9 - 9,81) \times 5 + 141 = 206,70 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_f = \pi B \left(\sum (0,5 \cdot K_o \cdot \sigma v \cdot t g \varphi \cdot z)_i \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang} &= \pi \cdot D \\ &= 3,14 \times 0,5 \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5. 13 Tabel Perhitungan Qf

Kedalaman	φ	Ko	tg φ	As	Po	As.Ko.Po.tg φ
0m - 3m	13,9	0,759	0,248	3x1,57 = 4,71	(0+20,9)*3*0,5 = 10,4	9,260182129
3m - 5,9m	24,6	0,584	0,457	2,9x1,57 = 4,55	(20,9*2,9)+((54,5-20,9)*2,9*0,5) = 109	132,9035733
5,9m - 13m	24,9	0,578	0,465	7,1x1,57 = 11,1	(54,5*7,1)+((141-54,5)*7,1*0,5) = 695	2082,840466
13m - 18m	45,1	0,292	1,002	5x1,57 = 7,85	(141*5)+((207-141)*5*0,5) = 870	1999,335895
Total Qf						4224,340116 KN

$$\text{Panjang tiang} = 18 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 21 \text{ m}$$

$$\text{Daya dukung tiang ujung (Qp)} = 5743,27 \text{ KN (Lampiran 2)}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung ultimate (Qu)} &= Q_p - Q_f \\ &= 5743,27 \text{ KN} - 4224,34 \text{ KN} \\ &= 1519 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban yang terjadi pada tiang} = 188 \text{ KN (Tabel 5.9)}$$

$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{Q_u}{Q \text{ terjadi}} \\ &= \frac{1519}{188} \\ &= 8,07 \end{aligned}$$

e) Kontrol Gaya Lateral

Gaya Horizontal terjadi < Hultimate

$$H \text{ terjadi} = 10 \text{ Ton/m}$$

$$E = 234529,53 \text{ Kn/m}^2$$

$$I = 0,003066 \text{ m}^4$$

Harga n_h untuk normally consolidated clay = 350 s/d 700 KN/m'. Diambil nilai 500 KN/m'.

$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{EI/n_h} \\ &= \sqrt[5]{234529,53 \times 0,00307/500} \\ &= 1,0754 \text{ Ton/m} \end{aligned}$$

Momen ultimate = 377 KNm (Hasil PCA Column)

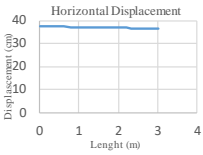
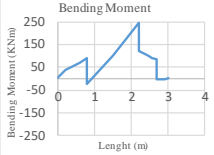
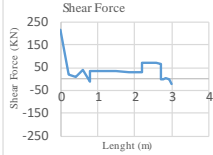
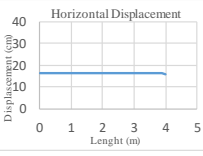
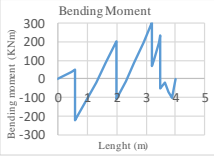
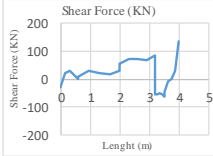
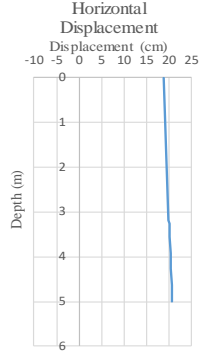
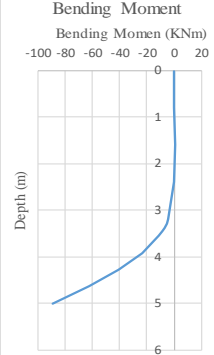
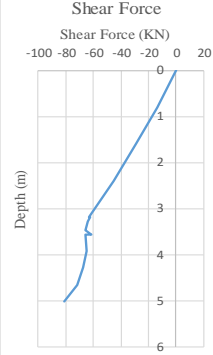
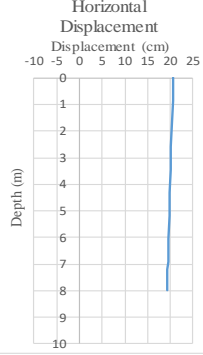
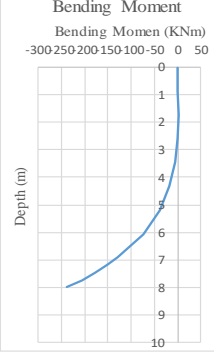
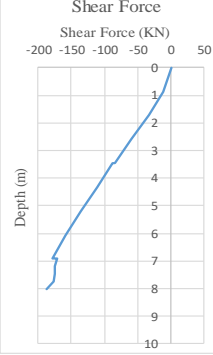
$$\begin{aligned}
 H_{ultimate} &= \frac{Mu}{(e+Zf)} \\
 &= \frac{(2 \times 377)/10}{(0+1,8T)} \\
 &= \frac{75,4}{1,936} = 38,59 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{H_{ultimate}}{H \text{ terjadi}} \\
 &= \frac{38,59}{10} = 3,85
 \end{aligned}$$

f) Kontrol Kapasitas Bahan
Selanjutnya akan dihitung kontrol momen ultimate dan momen crack yang terjadi pada *soldier pile* pada kedua area.

Tabel 5. 14 Besarnya Defleksi, Momen, dan Gaya Hasil Analisa Plaxis saat Panjang Pile 18 m (SF =1,535)

Struktur	Defleksi tiang max (cm)	Momen tiang max (KNm)	Gaya tiang max (KNm)
Soldier Pile Area Kavling L12	<p>Horizontal displacement</p> <p>20,97 cm</p>	<p>Bending Moment</p> <p>112,5 KNm</p>	<p>Shear Force</p> <p>-166 KN</p>
Soldier Pile Area Kavling L15	<p>Horizontal displacement</p> <p>20,17 cm</p>	<p>Bending Moment</p> <p>-317,3 KNm</p>	<p>Shear Force</p> <p>663,25 KN</p>

Struktur	Defleksi tiang max (cm)	Momen tiang max (KNm)	Gaya tiang max (KNm)
Kaki DPT Kavling L12	 <p style="text-align: center;">37,42 cm</p>	 <p style="text-align: center;">247,8 KNm</p>	 <p style="text-align: center;">213,52 KN</p>
Kaki DPT Kavling L15	 <p style="text-align: center;">16,57 cm</p>	 <p style="text-align: center;">306,87 KNm</p>	 <p style="text-align: center;">136,41 KN</p>
Dinding DPT Kavling L12	 <p style="text-align: center;">20,72 cm</p>	 <p style="text-align: center;">-89,01 KNm</p>	 <p style="text-align: center;">-80,80 KNm</p>
Dinding DPT Kavling L15	 <p style="text-align: center;">20,75 cm</p>	 <p style="text-align: center;">-238,32 KNm</p>	 <p style="text-align: center;">-187,23 KNm</p>

a. *Soldier Pile* Kavling L12 (D = 500 mm, P = 18 m)

$$\text{Kapasitas momen crack} = \frac{I_g \times f_r}{y_t}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} I_g &= \text{Inersia gross penampang beton bertulang} \\ &= (1/4 \times \pi \times r^4) + \sum (A_s \times d^2) \\ &= (1/4 \times 3,14 \times 250^4) + 18 \times (1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 22^2) \\ &= 3069716287 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \text{modulus rupture} \\ &= 0,63 \sqrt{f_c} \\ &= 0,63 \sqrt{24,9} = 3,144 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_t &= \text{jarak serat tarik terluar ke pusat berat penampang} \\ &= D/2 \\ &= 500/2 = 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen crack} &= \frac{3069716287 \times 3,144}{250} \\ &= 38600990,85 \text{ Nmm} \\ &= 38,6 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol M.Crack (SF)} &= \frac{\text{Kapasitas momen crack}}{\text{Momen yang terjadi}} \\ &= \frac{38,6}{112,5} \\ &= 0,343 < 2 \text{ (Tidak aman)} \end{aligned}$$

Karena momen crack tidak aman maka digunakan sebagai acuan adalah terhadap momen ultimate.

$$\begin{aligned} \text{Kontrol M.Ultimate (SF)} &= \frac{\text{Kapasitas momen ultimate}}{\text{Momen yang terjadi}} \\ &= \frac{377 \text{ KNm}}{112,5 \text{ KNm}} \\ &= 3,35 > 3 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

b. *Soldier Pile* Kavling L15 (D = 500 mm, P = 18 m)

$$\text{Kapasitas momen crack} = \frac{I_g \times f_r}{y_t}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} I_g &= \text{Inersia gross penampang beton bertulang} \\ &= (1/4 \times \pi \times r^4) + \sum (A_s \times d^2) \\ &= (1/4 \times 3,14 \times 250^4) + 18 \times (1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 22^2) \\ &= 3069716287 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

f_r = modulus rupture

$$= 0,63\sqrt{f_c}$$

$$= 0,63\sqrt{24,9} = 3,144 \text{ N/mm}^2$$

y_t = jarak serat tarik terluar ke pusat berat penampang

$$= D/2$$

$$= 500/2 = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen crack} &= \frac{3069716287 \times 3,144}{250} \\ &= 38600990,85 \text{ Nmm} \\ &= 38,6 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol M.Crack (SF)} &= \frac{\text{Kapasitas momen crack}}{\text{Momen yang terjadi}} \\ &= \frac{38,6}{317,3} \\ &= 0,122 < 2 \text{ (Tidak aman)} \end{aligned}$$

Karena momen crack tidak aman maka digunakan sebagai acuan adalah terhadap momen ultimate.

$$\begin{aligned} \text{Kontrol M.Ultimate (SF)} &= \frac{\text{Kapasitas momen ultimate}}{\text{Momen yang terjadi}} \\ &= \frac{377 \text{ KNm}}{317,3 \text{ KNm}} \\ &= 1,188 < 3 \text{ (Tidak aman)} \end{aligned}$$

Tabel 5. 15 Rekapitulasi SF Bahan Terhadap Momen yang Terjadi (Diameter *soldier pile* 500 mm)

	Soldier Pile K.L12		Soldier Pile K.L15	
	Momen Crack (KNm)	Momen Ultimate (KNm)	Momen Crack (KNm)	Momen Ultimate (KNm)
	38,60	377,00	38,60	377,00
Diameter Pile (mm)	500,00		500,00	
Momen Terjadi (KNm)	112,50		317,30	
SF (Aman)	1,50	2,00	1,50	2,00
SF (Terjadi)	0,34	3,35	0,12	1,19
Status	Tidak Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman

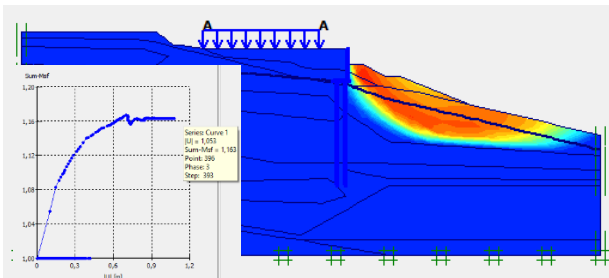
Faktor keamanan bahan yang terjadi pada tiang area kavling L15 tidak aman terhadap momen crack dan ultimate, maka akan dicoba dengan memperbesar diameter *soldier pile* menjadi 600 mm dan mutu beton menjadi f_c' 35 MPa. Menggunakan cara yang sama seperti pada perhitungan sebelumnya, dan didapatkan hasil rekapitulasi pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi SF Bahan Terhadap Momen yang Terjadi (Diameter soldier pile K.L15 600 mm)

	Soldier Pile K.L12		Soldier Pile K.L15	
	Momen Crack (KNm)	Momen Ultimate (KNm)	Momen Crack (KNm)	Momen Ultimate (KNm)
	38,60	377,00	38,60	642,00
Diameter Pile (mm)	500,00		600,00	
Momen Terjadi (KNm)	112,50		317,30	
SF (Aman)	1,50	2,00	1,50	2,00
SF (Terjadi)	0,34	3,35	0,12	2,02
Status	Tidak Aman	Aman	Tidak Aman	Aman

Berdasarkan perhitungan kontrol kapasitas bahan, maka desain digunakan soldier pile diameter 500 mm dengan mutu beton f_c' 24,9 MPa untuk kavling L12, dan diameter 600 mm dengan mutu beton f_c' 35 MPa untuk kavling L15. Perencanaan perkuatan area kavling L15 membutuhkan dimensi yang cukup besar untuk menahan timbunan setinggi ± 8 m, sehingga kurang efisien.

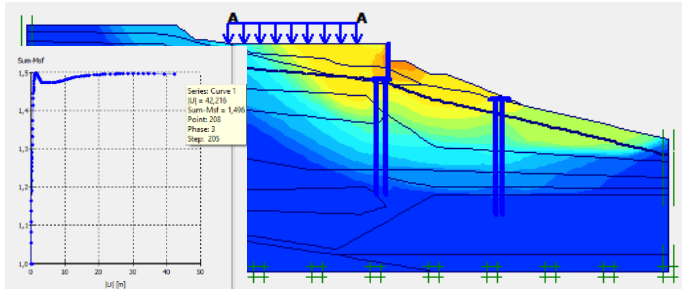
Mempertimbangkan hal tersebut direncanakan alternatif lain agar lebih ekonomis yaitu dengan merubah kavling L15 menjadi lereng landai. Geometri lereng pada kavling L15 dibuat landai sehingga berfungsi sebagai counterweight dengan kemiringan lereng 1 : 2. Berikut adalah hasil analisa plaxis dapat dilihat pada **Gambar 5.28**.



Gambar 5. 29 Hasil analisa plaxis dengan merubah kavling L15 menjadi landai tanpa perkuatan (SF = 1,163)

Hasil kontrol overall stabilitas dengan adanya *counterweight* SF terjadi sebesar 1,163 yang berarti masih kritis. Maka akan direncanakan tambahan perkuatan untuk menahan area bidang

longsor diatas. Direncanakan *soldier pile* 2 lapis dengan diameter tiang 500 mm dan kedalaman 18 m seperti acuan desain pada kavling L12. Berikut adalah hasil analisa plaxis dengan adanya *counterweight* yang diperkuat dengan *soldier pile* dapat dilihat pada **Gambar 5.29**.



Gambar 5. 30 Hasil analisa plaxis dengan merubah kavling L15 menjadi landai dengan perkuatan *soldier pile* (SF = 1,496)

5.1.4 Perhitungan Tulangan *Soldier pile*

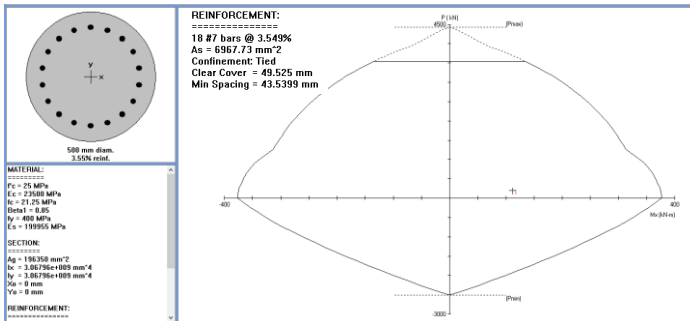
1. Soldier Pile pada Kavling L12

Direncanakan :

Diameter <i>soldier pile</i>	= 500 mm
Dc	= 500 – 2 x 40 = 420 mm
Kuat tekan beton ($f'c$)	= 24,9 Mpa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	= 400 Mpa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	= 250 mpa
Diameter tulangan lentur	= 22 mm
Diameter tulangan geser	= 13 mm
Decking	= 40 mm
Ag (Luas bore pile)	= $0.25 \times \pi \times d$
	= $0.25 \times \pi \times 500^2$
	= 196250 mm^2
Ach (Luas Pengekangan)	= $0.25 \times \pi \times (d-2 \times \text{decking})^2$
	= $0.25 \times \pi \times (500 - 2 \times 40)^2$
	= 138474 mm^2

$$\begin{aligned} \text{Angka rasio } \beta_1 &= 0.85 - (f'_c - 28) \times 0.05/7 \\ &= 0.85 - (30 - 28) \times 0.05/7 \\ &= 0.84 \\ \text{Pu max} &= 190 \text{ KN} \\ \text{Mu max (plaxis)} &= 112,5 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Perencanaan *sodier pile* menggunakan program PCA-Col, adapun hasil outprogram pada **Gambar 5.26**.



Gambar 5. 31 Hasil Output PCA-Col untuk Bored Pile Dimensi 500mm

Kontrol Desain

a) Luas tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.1, Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $0.01A_g$ dan lebih dari $0.08A_g$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \times 0.25 \times \pi \times d^2 \\ &= 18 \times 0.25 \times \pi \times 22^2 = 6838,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = 196250 \text{ mm}^2$$

$$0.01A_g \leq A_{st} \leq 0.08A_g$$

$$(0.01 \times 196250) \leq 6838,92 \leq (0.08 \times 196250)$$

$$1962,5 \text{ mm}^2 \leq 6838,92 \text{ mm}^2 \leq 15700 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi syarat)

b) Rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, Kriteria rasio tulangan adalah 1% - 6%, semakin kecil nilai rasio tulangan maka tulangan baja semakin efisien. Berdasarkan output program, rasio tulangan = 3,55 % < 6% (memenuhi syarat)

c) Batas Spasi

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.6.3, Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 40 mm. Hasil output min spacing = 43,54 mm > 40 mm (Memenuhi syarat)

d) Perencanaan Penulangan Geser Bored pile

Berdasarkan hasil control pada plaxis didapatkan gaya geser yang terjadi pada *soldier pile* sebesar :

$$V_u = 166 \text{ KN/m.}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain panampang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Kuat geser untuk komponen struktur non prategang berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2). Karena komponen struktur yang dikenai geser dan lentur lebih besar dibanding aksial, maka menggunakan rumus V_c sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{24.9} \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 500^2 \\ &= 166478,54 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang spiral dengan diameter 13 mm dengan jarak 150 mm

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 13^2 \\ &= 265,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d = 500 - 40 - 13 - (0.5 \times 22) = 436 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

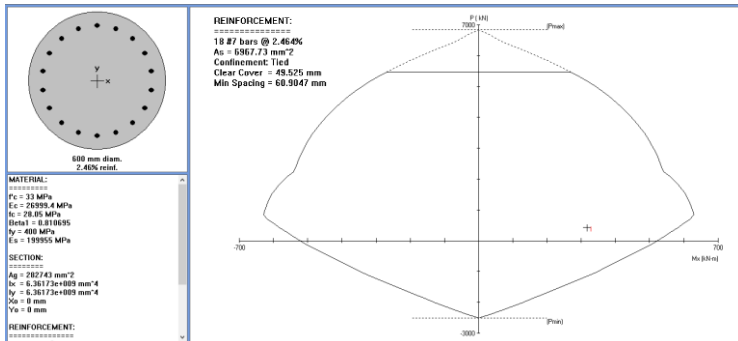
$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{Av \times fy \times d}{S} \\
 &= \frac{265,33 \times 240 \times 436}{150} \\
 &= 185094,208 \text{ N} \\
 V_n &= 166478,54 \text{ N} + 185094,208 \text{ N} \\
 &= 351572,748 \text{ N} \\
 \theta V_n &\geq V_u \\
 0,75 \times 351572,748 \text{ N} &\geq 166000 \text{ N} \\
 263679,56 \text{ N} &\geq 166000 \text{ N (Aman)}
 \end{aligned}$$

2. Soldier Pile pada Kavling L15

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter } \textit{soldier pile} &= 600 \text{ mm} \\
 D_c &= 600 - 2 \times 40 = 520 \text{ mm} \\
 \text{Kuat tekan beton (f'c)} &= 35 \text{ Mpa} \\
 \text{Kuat leleh tulangan lentur (fy)} &= 400 \text{ Mpa} \\
 \text{Kuat leleh tulangan geser (fyv)} &= 250 \text{ mpa} \\
 \text{Diameter tulangan lentur} &= 22 \text{ mm} \\
 \text{Diameter tulangan geser} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Decking} &= 40 \text{ mm} \\
 A_g \text{ (Luas bore pile)} &= 0,25 \times \pi \times d \\
 &= 0,25 \times \pi \times 600^2 \\
 &= 282600 \text{ mm}^2 \\
 A_{ch} \text{ (Luas Pengekangan)} &= 0,25 \times \pi \times (d-2 \times \text{decking})^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times (600 - 2 \times 40)^2 \\
 &= 2212264 \text{ mm}^2 \\
 \text{Angka rasio } \beta_1 &= 0,85 - (f'c - 28) \times 0,05/7 \\
 &= 0,85 - (35 - 28) \times 0,05/7 \\
 &= 0,8 \\
 P_u \text{ max} &= 430 \text{ KN} \\
 M_u \text{ max (plaxis)} &= 317,3 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Perencanaan *sodier pile* menggunakan program PCA-Col, adapun hasil output program pada **Gambar 5.31**.



Gambar 5. 32 Hasil Output PCA-Col untuk Bored Pile Dimensi 500mm

Kontrol Desain :

b) Luas tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.1, Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $0.01A_g$ dan lebih dari $0.08A_g$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \times 0.25 \times \pi \times d^2 \\ &= 18 \times 0.25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 6838,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = 282600 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} 0.01A_g &\leq A_{st} \leq 0.08A_g \\ (0.01 \times 282600) &\leq 6838,92 \leq (0.08 \times 282600) \\ 2826 \text{ mm}^2 &\leq 6838,92 \text{ mm}^2 \leq 22608 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(Memenuhi syarat)

c) Rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 23.3.2, Kriteria rasio tulangan adalah 1% - 6%, semakin kecil nilai rasio tulangan maka tulangan baja semakin efisien. Berdasarkan output program, rasio tulangan = 2,46 % < 6% (memenuhi syarat)

d) Batas Spasi

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.6.3, Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 40 mm. Hasil output min spacing = 60,90 mm > 40 mm (Memenuhi syarat)

e) Perencanaan Penulangan Geser Bored pile

Berdasarkan hasil control pada plaxis didapatkan gaya geser yang terjadi pada *soldier pile* sebesar :

$$V_u = 663,25 \text{ KN/m.}$$

Berdasarkan dengan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain panampang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\theta V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Kuat geser untuk komponen struktur non prategang berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2). Karena komponen struktur yang dikenai geser dan lentur lebih besar disbanding aksial, maka menggunakan rumus V_c sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{35} \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 600^2 \\ &= 284220,305 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakantulangan sengkang spiral dengan diameter 19 dengan jarak 100 mm

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 19^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d = 600 - 40 - 19 - (0.5 \times 22) = 530 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$V_s = \frac{566,77 \times 240 \times 530}{100}$$

$$\begin{aligned} &= 720931,44 \text{ N} \\ V_n &= 284220,305 \text{ N} + 720931,44 \text{ N} \\ &= 7138 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta V_n &\geq V_u \\
 0.75 \times 1005151,745 \text{ N} &\geq 663250 \text{ N} \\
 753863,808 \text{ N} &\geq 663250 \text{ N (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.1.5 Perhitungan Tulangan *Caping Beam* (Kaki DPT)

1. *Caping Beam* pada Kavling L12

Data-data perencanaan untuk *capping beam* (kaki DPT) adalah sebagai berikut:

- Dimensi *capping beam* = (1000x1000) mm²
- D tulangan x = 19 mm
- D tulangan y = 19 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300
- Fc' = 24,9 Mpa
- L (Bentang) = 3 m
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³
- Cover = 50 mm

a) Perhitungan penulangan arah x

$$d_x = 1000 - 50 - (19/2) = 940,5 \text{ mm}$$

Momen yang diterima oleh *conterfort* sebesar dari analisa plaxis **Tabel 5.13**.

$$\begin{aligned}
 M_u &= 247,8 \text{ KN.m} \\
 &= 24780 \times 10^4 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,0269
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0269 = 0,02023
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{24780 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 940,5 \times 940,5} \\
 &= 0,31127 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,31127}{0,85 \times 24,9}} \right] \\
 &= 0,000784
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &< \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max} \\
 0,0035 &> 0,000784 < 0,02017
 \end{aligned}$$

Karena $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$, maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,0035$ untuk menghitung $A_s \text{ perlu}$.

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 940,5 \\
 &= 3291,75
 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\
 3291,75 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\
 n &= \frac{3291,75}{\frac{1}{4} \times \pi \times 361} = 11,6 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan Tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b}{n-1} \\
 &= \frac{1000}{12-1} = 90,90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, digunakan:

Jadi dipasang tulangan D19- 75

b) Perhitungan penulangan arah y

$$dx = 1000 - 50 - 19 - (19/2) = 921,5 \text{ mm}$$

Momen ultimate yang terjadi dari analisa plaxis **Tabel 5.13.**

$$\begin{aligned} Mu &= 247,8 \text{ KN.m} \\ &= 24780 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{24780 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 940,5 \times 940,5} \\ &= 0,31127 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,31127}{0,85 \times 24,9}} \right] = 0,000784 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &> 0,000784 < 0,02017 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$ untuk menghitung A_s perlu.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 921,5 \\ &= 3225,25 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 3225,25 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ n &= \frac{3225,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 361} \\ &= 11,38 = 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan Tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{b}{n-1} \\ &= \frac{1000}{12-1} = 90,90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan:

Tulangan tekan D19- 75

2. *Capping Beam* pada Kavling L15

Data-data perencanaan untuk *capping beam* (kaki DPT) adalah sebagai berikut:

- Dimensi *capping beam* = (100x100) cm
- D tulangan utama memanjang = 19 mm
- D tulangan melintang = 19 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300
- F_c' = 24,9 Mpa
- L (Bentang) = 4 m
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³
- Cover = 50 mm
- $d = 1000 - 50 - 19 - (19/2)$ = 921,5 mm

a) Perhitungan penulangan arah x

$$dx = 1000 - 50 - (19/2) = 940,5 \text{ mm}$$

Momen ultimate yang terjadi dari analisa plaxis **Tabel 5.13.**

$$\begin{aligned} M_u &= 306,87 \text{ KN.m} \\ &= 306,87 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0269\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mu}{\phi x b x d^2} \\ &= \frac{30687 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 940,5 \times 940,5} \\ &= 0,38547 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,38547}{0,85 \times 24,9}} \right] = 0,000972\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,000972 < 0,02017\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$ untuk menghitung A_s perlu.

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 940,5 \\ &= 3291,75\end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned}A_s &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 3291,75 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ n &= \frac{3291,75}{\frac{1}{4} \times \pi \times 361}\end{aligned}$$

$$= 11,6 = 12 \text{ buah}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan Tulangan

$$S = \frac{b}{\frac{n-1}{\frac{1000}{12-1}}} = 90,90 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan:

Jadi dipanag tulangan D19- 75

b) Perhitungan penulangan arah y

$$dx = 1000 - 50 - 19 - (19/2) = 921,5 \text{ mm}$$

Momen ultimate yang terjadi dari analisa plaxis **Tabel 5.9.**

$$\begin{aligned} Mu &= 306,87 \text{ KN.m} \\ &= 306,87 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{30687 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 921,5 \times 921,5} \\ &= 0,4015 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4015}{0,85 \times 24,9}} \right] \\ &= 0,001013 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,001013 < 0,02017$$

Karena $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$, maka digunakan $\rho \text{ perlu} = 0,001013$ untuk menghitung $A_s \text{ perlu}$.

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 921,5$$

$$= 3225,25$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$A_s = n \times 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$3225,25 = n \times 1/4 \times \pi \times 19^2$$

$$n = \frac{3225,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 361}$$

$$= 11,38 = 12 \text{ buah}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan Tulangan

$$S = \frac{b}{\frac{n-1}{1000}}$$

$$= \frac{1000}{12-1} = 90,90 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan:

Tulangan tekan D19- 75

5.1.6 Perhitungan Tulangan Dinding DPT

1. Penulangan Dinding DPT pada Kavling L12

Data-data perencanaan dinding DPT) adalah sebagai berikut:

- Tinggi dinding DPT = 4 m
- Tebal dinding DPT = $(500+600)/2 = 550 \text{ Mm}$
- Cover = 50 mm
- d = $550 - 50 - 19 - (19/2)$
= 471,5 mm
- D tulangan lentur = 19 mm
- D tulangan susut = 19 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300

- f_c' = 24,9 Mpa
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

a) Tulangan lentur vertikal

Momen ultimate yang terjadi dari analisa plaxis **Tabel 5.13.**

$$\begin{aligned} Mu &= 89,01 \text{ KN.m} \\ &= 8901 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0015$$

Nilai ρ_{\min} untuk tulangan vertikal pada dinding penahan berdasarkan SNI 2847 - 2013 Pasal 14.3.2.

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{8901 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 471,5 \times 471,5} \\ &= 0,4448 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4448}{0,85 \times 24,9}} \right] \\ &= 0,001124 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0015 &> 0,001124 < 0,02017 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0015$ untuk menghitung A_s perlu.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0015 \times 1000 \times 471,5 \end{aligned}$$

$$= 707,25$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} As &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 707,25 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ n &= \frac{707,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2} \\ &= 2,49 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{b}{n-1} \\ &= \frac{1000}{4-1} = 333,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D19-300

b) Tulangan Susut Horizontal

Berdasarkan SNI 2487-2013 Pasal 14.3.3 (b) ρ min tulangan horizontal untuk batang tulangan ulir $\leq D-16$ adalah 0.0020 dan 0.0015 untuk $> D-16$.

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 0,0020 \\ As \text{ min} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0020 \times 1000 \times 471,5 \\ &= 943 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 maka luas tulangan dibagi merata jadi dua sisi.

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ min} \\ &= 0,5 \times 943 \\ &= 471,5 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} As &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 471,5 &= n \times 1/4 \times \pi \times 13^2 \\ n &= \frac{471,5}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} \\ &= 3,55 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$S = \frac{b}{n-1}$$

$$= \frac{1000}{4-1} = 333,3 \text{ mm}$$

Jadi, pemasangan tulangan dipakai D13-300

2. Penulangan Dinding DPT pada Kavling L15

Data-data perencanaan dinding DPT) adalah sebagai berikut:

- Tinggi dinding DPT = 8,5 m
- Tebal dinding DPT = $(500+600)/2 = 550 \text{ Mm}$
- Cover = 50 mm
- d = $550 - 50 - 19 - (19/2)$
= 471,5 mm
- D tulangan lentur = 19 mm
- D tulangan susut = 13 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300
- F_c' = 24,9 Mpa
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

a) Tulangan lentur vertikal

Momen ultimate yang terjadi dari analisa plaxis **Tabel 5.13.**

$$M_u = 238,32 \text{ KN.m}$$

$$= 23832 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

Rasio Penulangan

$$\rho_b = 0,85 \times \frac{\beta x f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0269$$

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

$$= 0,75 \times 0,0269$$

$$= 0,02017$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0015$$

Nilai ρ_{min} untuk tulangan vertikal pada dinding penahan berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 14.3.2

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{23832 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 471,5 \times 471,5} \\
 &= 1,191 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f'c}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,191}{0,85 \times 24,9}} \right] = 0,00306
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &< \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max} \\
 0,0015 &< 0,00306 < 0,02017
 \end{aligned}$$

Karena $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$, maka digunakan $\rho \text{ perlu} = 0,00306$ untuk menghitung $A_s \text{ perlu}$.

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00306 \times 1000 \times 417,5 \\
 &= 1277,55
 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\
 1277,55 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\
 n &= \frac{1277,55}{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2} = 4,5 = 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b}{\frac{n-1}{1000}} \\
 &= \frac{1000}{5-1} = 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D19-200

b) Tulangan Susut Horizontal

Berdasarkan SNI 2487-2013 Pasal 14.3.3 (b) $\rho \text{ min}$ tulangan horizontal untuk batang tulangan ulir $\leq D-16$ adalah 0.0020 dan 0.0015 untuk $> D-16$.

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &= 0,0020 \\
 A_s \text{ min} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 471,5 = 934 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 maka luas tulangan dibagi merata jadi dua sisi.

$$\begin{aligned} A_s &= 0,5 \times A_{s \text{ min}} \\ &= 0,5 \times 934 \\ &= 471,5 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 471,5 &= n \times 1/4 \times \pi \times 13^2 \\ n &= \frac{471,5}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} \\ &= 3,55 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{b}{n-1} \\ &= \frac{1000}{4-1} = 333,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, pemasangan tulangan dipakai D13-300

5.1.7 Perhitungan Tulangan *Conterfort*

Conterfort direncanakan sebagai dinding penguat. Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan *counterfort*. Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem *counterfort* yaitu Lebar 0,45 H s/d 0,75 H. *Counterfort* dapat ditempatkan pada jarak 0,30 H s/d 0,60 H, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm. Tinggi *counterfort* sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal; tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan 0,12 H s/d 0,24 H. Dalam perencanaan seluruh gaya diterima seluruhnya oleh dinding penahan tanah, namun untuk keamanan maka tetap dipasang tulangan pada *conterfort*. Data perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Penulangan *Counterfort* pada Kavling L12

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

- Tebal *conterfort* = 30 cm

- Lebar b = 1400 m
- Jarak antar *counterfort* = 0,6 H
= 0,6 x 5m
= 3 m
- D tulangan lentur = 19 mm
- D tulangan susut = 10 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300
- f_c' = 24,9 Mpa
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

a) Tulangan lentur

Momen ultimate yang diterima *counterfort* sebesar 3 x momen ultimate dari dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned} M_u &= 3 \times 89,01 \text{ KN.m} \\ &= 267,03 \text{ KN.m} \\ &= 26703 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0015$$

Nilai ρ_{\min} untuk tulangan vertikal pada dinding penahan berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 14.3.2

$$d = 1400 - 50 - 19 - (19/2) = 1321,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{26703 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 1321,5 \times 1321,5} \\ &= 0,566 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f'c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,566}{0,85 \times 24,9}} \right] = 0,001434\end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0015 < 0,00143 < 0,02017$$

Karena $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$, maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,0015$ untuk menghitung As perlu.

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0015 \times 1000 \times 1400 \\ &= 2100\end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned}\text{As} &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 2100 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ n &= \frac{2100}{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2} \\ &= 7,4 = 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{b}{n-1} \\ &= \frac{1000}{8-1} = 142,85 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D19-100

b) Tulangan geser

Tulangan geser harus disediakan dalam arah tegak lurus pada bidang dinding. Besarnya gaya geser yang diterima *counterfort* 3 x gaya yang diterima dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned}V_u &= 3 \times V_u \text{ dinding} \\ &= 3 \times 80,80 \\ &= 242,4 \text{ KN} = 242400 \text{ N}\end{aligned}$$

Cek :

$$V_u > 0,083 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f_c'}$$

$$242400 \text{ N} > 0,083 \times (300 \times 1400) \times 1 \times \sqrt{24,9}$$

$$242400 \text{ N} > 173951,05 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$\rho_l = \frac{A_{sv}}{A_{cv}}$$

$$0,0025 = \frac{A_{sv}}{(300 \times 1400)}$$

$$A_{sv} = 0,0025 \times (300 \times 1400) \\ = 1050$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$A_{sv} = n \times 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$1050 = n \times 1/4 \times \pi \times 13^2$$

$$n = \frac{1050}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} \\ = 7,9 = 8 \text{ buah}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$S = \frac{b}{n-1} \\ = \frac{1000}{8-1} = 142,85 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D13-100

2. Penulangan *Counterfort* pada Kavling L15

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

- Tebal conterfort = 30 cm
- Lebar b = 2000 m
- Jarak antar *counterfort* = 0,35 H
= 0,35 x 8,5m = 3 m
- D tulangan lentur = 19 mm
- D tulangan susut = 10 mm
- Mutu tulangan = 400 Mpa
- Mutu Beton = K 300
- f_c' = 24,9 Mpa
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

c) Tulangan lentur

Momen ultimate yang diterima *counterfort* sebesar 3 x momen ultimate dari dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned} Mu &= 3 \times 238,32 \text{ KN.m} \\ &= 714,96 \text{ KN.m} \\ &= 71496 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{\beta x f'c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0269 \\ &= 0,02017 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0015$$

Nilai ρ_{\min} untuk tulangan vertikal pada dinding penahan berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 14.3.2

$$d = 2000 - 50 - 19 - (19/2) = 1921,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{71496 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 1921,5 \times 1921,5} \\ &= 2,15 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,15}{0,85 \times 24,9}} \right] = 0,00567 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0015 &< 0,00567 < 0,02017 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,00567$ untuk menghitung A_s perlu.

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00567 \times 1000 \times 300 = 1703,95 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} As &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 1703,95 &= n \times 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ n &= \frac{1703,95}{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2} \\ &= 6,02 = 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{b}{n-1} \\ &= \frac{1000}{7-1} = 166,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D19-150

d) Tulangan geser

Tulangan geser harus disediakan dalam arah tegak lurus pada bidang dinding. Besarnya gaya geser yang diterima *counterfort* 3 x gaya yang diterima dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned} Vu &= 3 \times Vu \text{ dinding} \\ &= 3 \times 187,23 \\ &= 561,69 \text{ KN} = 561690 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} Vu &> 0,083 \times Acv \times \lambda \times \sqrt{fc}' \\ 561690 \text{ N} &> 0,083 \times (300 \times 2000) \times 1 \times \sqrt{24,9} \\ 561690 \text{ N} &> 248501,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat $\rho_{min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} \rho l &= \frac{Asv}{Acv} \\ 0,0025 &= \frac{Asv}{(300 \times 2000)} \\ Asv &= 0,0025 \times (300 \times 2000) \\ &= 1500 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} Asv &= n \times 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 1500 &= n \times 1/4 \times \pi \times 13^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{1500}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} \\
 &= 11,3 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b}{n-1} \\
 &= \frac{1000}{12-1} = 90,90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, digunakan pemasangan tulangan D13-75

5.2 Alternatif 2 (Perkuatan *Geotextile* dan *Micropile* untuk Kavling L12 dan Alih Fungsi Kavling L15 Menjadi Lereng Landai)

Alternatif lain pada kavling L12 berupa perkuatan timbunan menggunakan *geotextile wall* dan perkuatan tanah dasar menggunakan *micropile*. Pada kavling L15 akan dirubah menjadi lereng landai, karena dari alternatif pertama yang akan difungsikan sebagai perumahan dengan tinggi timbunan 8 m membutuhkan perkuatan yang sangat besar.

5.2.1 Perencanaan *Geotextile Wall*

Perencanaan *geotextile wall reinforcement* untuk kavling L12 dengan timbunan tegak dihitung berdasarkan teori yang telah dijelaskan pada **Sub-Bab 2.5.2** digunakan produk *geotextile* sesuai yang dijelaskan pada **Sub-Bab 4.2** dengan brosur produk terlampir pada **Lampiran 4**. Direncanakan menerima semua beban yang terjadi. Langkah – langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Data Perencanaan

Dihitung kuat ijin tarik *geotextile* dengan jenis dan tipe *geotextile* yang digunakan adalah jenis *polypropylene woven geotextiles Huesker Stabilenka* dan tipe 200/45 dengan memiliki kekuatan tarik sebesar 200 KN/m.

$$\text{FS id} = 1,5$$

$$\text{FS cr} = 3$$

$$\begin{aligned} \text{FS cd} &= 1,25 \\ \text{FS bd} &= 1,15 \\ \text{SF rencana} &= 1,5 \end{aligned}$$

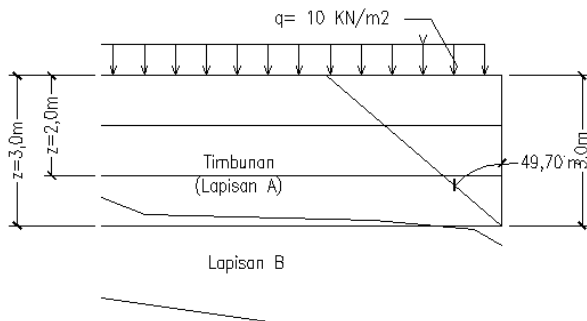
$$\begin{aligned} \text{Tallow} &= \frac{T_{\text{ult}}}{\text{FS id} \times \text{FS cr} \times \text{FS cd} \times \text{FS bd}} \\ &= \frac{200}{1,5 \times 3 \times 1,25 \times 1,15} = 30,92 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Data Tanah Dasar :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 14,00 \text{ KN/m}^3 \\ \gamma_{\text{dry}} &= 6,30 \text{ KN/m}^3 \\ \phi &= 11,17 \\ \delta &= 95\% \phi = 10,61 \\ c &= 15,83 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Data Tanah Timbunan :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 16,00 \text{ KN/m}^3 \\ \gamma_{\text{dry}} &= 9,5 \text{ KN/m}^3 \\ \phi &= 9,37 \\ \delta &= 95\% \phi = 10,61 \\ c &= 3,00 \text{ KN/m}^2 \\ K_a &= \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)^2 \\ &= \tan \left(45 - \frac{9,37}{2} \right)^2 = 0,72 \end{aligned}$$



Gambar 5. 33 Tinggi timbunan kavling L12

2. Tegangan horizontal yang diterima oleh geotextile

a) Tegangan horizontal akibat tanah

Tabel 5. 17 Tabel Tegangan Horizontal Akibat Tanah

Z	Ka	γ_{dry}	c	σ_{Vs} (KN/m ²)	σ_{Hs} (KN/m ²)
1	0,720	9,50	3,00	9,5	1,75
2	0,720	9,50	3,00	19	8,59
3	0,720	9,50	3,00	28,5	15,43

b) Tegangan akibat beban surcharge

$Q = 10 \text{ KN/m}^2$ (sumber : Tugas akhir, Primadian 2017)

$$\begin{aligned}\sigma_{Hq} &= q \times Ka \\ &= 10 \text{ KN/m}^2 \times 0,72 \\ &= 7,20 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

c) Tegangan akibat beban hidup terpusat/merata

Tidak diperhitungkan karena tidak dilalui kendaraan besar.

d) Total tegangan horizontal

Tabel 5. 18 Total Tegangan Horizontal

Z	σ_{Hs} (KN/m ²)	σ_{Hq} (KN/m ²)	$\sum \sigma_H$ (KN/m ²)
1	1,749	7,200	8,935
2	8,589	7,200	7,826
3	15,429	7,200	7,399

3. Menghitung jarak vertikal pemasangan geotextile

Contoh perhitungan:

Pada kedalaman $z = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned}S_v &= \frac{T_{allow}}{SF \times \sum \sigma_H \times 1} \\ &= \frac{3,092}{1,3 \times 8,935 \times 1} \\ &= 0,299 \approx 0,3\end{aligned}$$

Tabel 5. 19 Jarak Vertikal Pemasangan Geotextile

Z	Tall (Tm)	SF	$\sum \sigma H$ (T/m ²)	Sv (m)	Sv pakai (m)
1	3,092	1,3	8,935	0,299	0,3
2	3,092	1,3	7,826	0,3039	0,3
3	3,092	1,3	7,399	0,3214	0,3

4. Menghitung panjang geotextile per layer

Contoh perhitungan:

Pada layer 1 (Down), kedalaman z = 3 m

$$\begin{aligned}\sigma H_s &= ((\gamma_{dry} \times z) \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= ((9,5 \times 3) \times 0,72) - (2 \times 3 \times \sqrt{0,72}) \\ &= 15,43 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma H_q &= q \times K_a \\ &= 10 \text{ KN/m}^2 \times 0,72 \\ &= 7,20 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \Sigma h &= \sigma H_s + \sigma H_q \\ &= 15,43 + 7,2 \\ &= 22,63 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_e &= \frac{S_v \cdot \sigma H \cdot SF}{2 \cdot [C + \sigma_v \cdot \tan \delta]} \\ &= \frac{0,3 \times 22,63 \times 1,3}{[9,37 + (3 \times 9,5) \cdot \tan(0,8 \times 11,17)] + [15,83 + (3 \times 9,5) \cdot \tan(0,95 \times 11,17)]} \\ &= 0,31 \text{ m, } L_e \text{ min} = 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_r &= (H - Z) \times \tan \left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= (3 - 3) \times \tan \left(45 - \frac{9,37}{2}\right) = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_o &= 1/2 \times L_e \\ &= 1/2 \times 1 \\ &= 0,5 \text{ m, } L_o \text{ min} = 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L \text{ total} &= L_e + L_r + L_o + S_v \\ &= 1 + 0 + 1 + 0,3 \\ &= 2,3 \text{ m} = 2,5 \text{ m}\end{aligned}$$

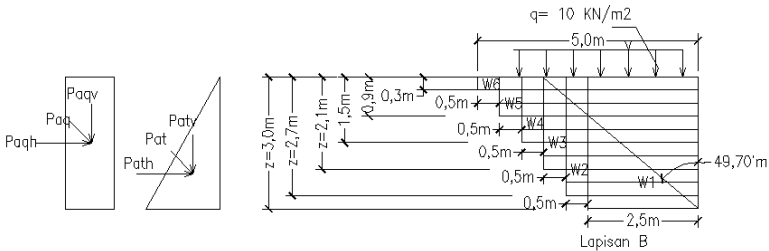
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile PerLeyer

Layer	z	sv	σ_{Hs}	σ_{Hq}	$\Sigma\sigma_H$	σ_v	Le	e pak	Lr	Lo	o pak	L	L paka
buah	(m)		(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
10	0,3	0,3	-3,04	7,20	4,16	2,85	0,235	1	2,29	0,5	1	4,59	5,0
9	0,6	0,3	-0,99	7,20	6,21	5,7	0,311	1	2,04	0,5	1	4,34	4,5
8	0,9	0,3	1,06	7,20	8,27	8,55	0,371	1	1,78	0,5	1	4,08	4,5
7	1,2	0,3	3,12	7,20	10,32	11,4	0,42	1	1,53	0,5	1	3,83	4,0
6	1,5	0,3	5,17	7,20	12,37	14,25	0,461	1	1,27	0,5	1	3,57	4,0
5	1,8	0,3	7,22	7,20	14,42	17,1	0,495	1	1,02	0,5	1	3,32	3,5
4	2,1	0,3	9,27	7,20	16,47	19,95	0,525	1	0,76	0,5	1	3,06	3,5
3	2,4	0,3	11,33	7,20	18,53	22,8	0,55	1	0,51	0,5	1	2,81	3,0
2	2,7	0,3	13,38	7,20	20,58	25,65	0,572	1	0,25	0,5	1	2,55	3,0
1	3	0,3	15,43	7,20	22,63	28,5	0,308	1	0,00	0,5	1	2,30	2,5

5. Kontrol Internal Stability

Tabel 5. 21 Tabel Perhitungan Tekanan yang Terjadi

Tekanan akibat tanah			Tekanan akibat surcharge		
Pat	Pat sin δ	Pat cos δ	Paq	Paq sin δ	Paq cos δ
(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)
23,144	3,5806	22,865	21,6	3,3418	21,3403



Gambar 5. 34 Pemasangan geotextile

Tabel 5. 22 Perhitungan Berat Tanah diatas Geotextile

Berat	b	h	V	berat
	(m)	(m)	(KN/m ³)	(KN/m)
w1	2,5	3	9,50	71,3
w2	0,5	2,7	9,50	12,8
w3	0,5	2,1	9,50	10,0
w4	0,5	1,5	9,50	7,1
w5	0,5	0,9	9,50	4,3
w6	0,5	0,3	9,50	1,4

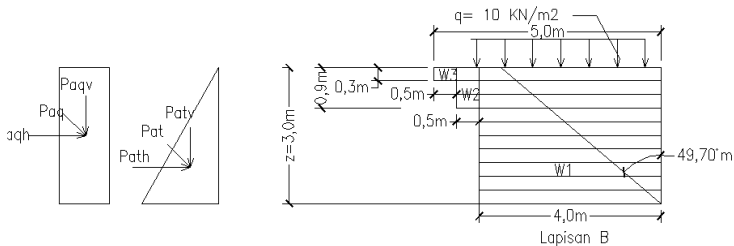
Tabel 5. 23 Perhitungan Gaya, Momen Penahan dan Pendorong

gaya penahan	lengan	momen penahan	
(KN/m)	(m)	(KNm/m)	
w1	71,25	1,25	89,0625
w2	12,825	2,75	35,26875
w3	9,975	3,25	32,41875
w4	7,125	3,75	26,71875
w5	4,275	4,25	18,16875
w6	1,425	4,75	6,76875
$\sum \sigma_v$	106,88		
Pat $\sin \delta$	3,5806	5	17,90286813
Paq $\sin \delta$	3,3418	5	16,70901405
$\sum P_v$	6,9224	$\sum M_v$	243,02
gaya pendorong	lengan	momen pendorong	
Pat $\cos \delta$	22,865	1	22,865065
Paq $\cos \delta$	21,34	1,5	32,01045969
$\sum P_h$	44,205	$\sum M_h$	54,876

a) Kontrol terhadap geser

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Pendorong}} \\
 &= \frac{[c + ((\sum \sigma_v + \sum P_v) \times \tan \delta)] \times L}{\sum p_h} \\
 &= \frac{[15,83 + ((106,88 + 6,922) \times \tan (95\% \times 11,17))] \times 2,5}{44,205} \\
 &= 2,1 < SF \text{ rencana} = 3 \text{ (Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

Karena kontrol geser tidak memenuhi, direncanakan ulang panjang geotextile yaitu sepanjang 4 m.

**Gambar 5. 35** Pemasangan geotextile

Tabel 5. 24 Perhitungan Berat Tanah diatas Geotextile

Berat	b	h	Y	berat
	(m)	(m)	(KN/m ³)	(KN/m)
w1	4	3	9,50	114,0
w2	0,5	0,9	9,50	4,3
w3	0,5	0,3	9,50	1,4

Tabel 5. 25 Perhitungan Gaya, Momen Penahan dan Pendorong

gaya penahan	lengan	momen penahan	
(KN/m)	(m)	(KNm/m)	
wi	114	2	228
w5	4,275	4,25	18,16875
w6	1,425	4,75	6,76875
$\sum \sigma v$	119,7		
Pat $\sin \delta$	3,5806	5	17,90286813
Paq $\sin \delta$	3,3418	5	16,70901405
$\sum Pv$	6,9224		$\sum Mv$ 287,55
gaya pendorong	lengan	momen pendorong	
Pat $\cos \delta$	22,865	1	22,865065
Paq $\cos \delta$	21,34	1,5	32,01045969
$\sum Ph$	44,205		$\sum Mh$ 54,876

Cek geser kembali,

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Pendorong}} \\
 &= \frac{[c + ((\sum \sigma v + \sum Pv) \times \tan \delta)] \times L}{\sum p_H} \\
 &= \frac{[15,83 + ((119,7 + 6,922) \times \tan (95\% \times 11,17))] \times 4}{44,205} \\
 &= 3,57 < SF \text{ rencana} = 3 \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

b) Kontrol terhadap guling

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}} \\
 &= \frac{287,55}{54,87} \\
 &= 5,24 > SF \text{ rencana} = 3 \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

c) Kontrol terhadap daya dukung tanah

Tabel 5. 26 Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)
(Sumber Rekayasa Pondasi I)

φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	Nr	Nc'	Nq'	Nr'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

$$N_c = 9,6 + \frac{11,17-10}{15-10} \times (12,9-9,6) = 10,37$$

$$N_q = 2,7 + \frac{11,17-10}{15-10} \times (4,4-2,7) = 3,09$$

$$N_\gamma = 1,2 + \frac{11,17-10}{15-10} \times (2,5-1,2) = 1,5$$

$$\begin{aligned} \text{qult} &= (c \times N_c) + (q \times N_q) + (1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma) \\ &= (15,83 \times 10,37) + ((9,5 \times 0) \times 3,09) + (1/2 \times (14-9,81) \times 4 \times 1,5) \\ &= 176,83 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

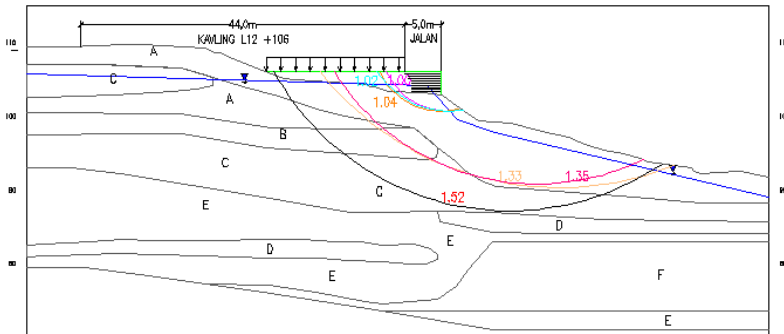
$$\begin{aligned} \text{Pact} &= P_p + (2 \cdot c \cdot L) + T_{\text{allow}} \\ &= (119,7 \times 0 \times 1/2) + (2 \times 15,83 \times 2,5) + 30,92 \\ &= 110,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{\text{qult}}{\text{Pact}} \\ &= \frac{176,83}{110,08} \\ &= 1,606 < \text{SF} = 3 \quad (\text{Tidak aman}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kontrol daya dukung dinyatakan tidak aman, maka perlu tambahan perkuatan. Akan direncanakan tambahan perkuatan micropile.

5.2.2 Perencanaan *Micropile*

Berdasarkan pemodelan pada aplikasi GEO5, dilakukan kontrol stabilitas overall. Didapatkan beberapa SF yang masih kritis. Bidang longsor dapat dilihat pada **Gambar 5.35**.



Gambar 5. 36 Hasil kontrol stabilitas overall dengan GEO 5

Tabel 5. 27 Hasil Output Stabilitas Overall dengan 10 SF Terkritis

No	SF	SF renc	X (m)	Z (m)	R (m)	M Resisting (KN.m/m)
1	1,00	1,5	57,2	39,7	9,15	1523,94
2	1,02	1,5	57,6	42,5	11,9	2168,65
3	1,04	1,5	56,2	39,8	9	1550,85
4	1,33	1,5	72,4	61,5	41,43	74512,08
5	1,35	1,5	69,4	53,4	32,61	51445,83

Berdasarkan hasil output stabilitas overall dengan adanya DPT masih belum aman. Maka perlu perkuatan tambahan yang akan direncanakan menggunakan *micropile*, selanjutnya dihitung jumlah *micropile* dengan asumsi sebagai cerucuk. Menggunakan produk *prestressed concrete square pile* dengan dimensi 50cm x 50cm momen ultimate sebesar 28,5 ton.m selengkapnya pada brosur **Lampiran 5**. Langkah - langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

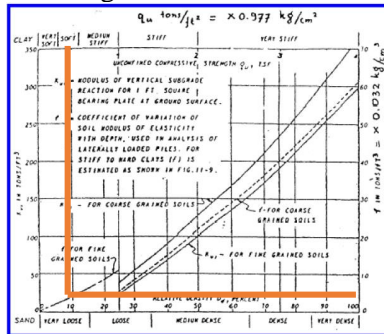
a) Perhitungan Gaya Horizontal Oleh 1 *Soldier pile*

Faktor modulus tanah (f)

$$Cu = 35,50 \text{ KN/m}^2 \text{ (dibawah bidang longsor)}$$

$$= 0,355 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 2 \times C_u \\
 &= 0.71 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0.7267 \text{ ton/m}^2 \\
 f &= 5 \text{ ton/m}^2 \\
 &= 0.16 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 37 Harga f dari berbagai jenis tanah

Momen Inersia (I) :

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 250 \times 250^3 \\
 &= 2,6 \times 10^7 \text{ mm}^4 \\
 &= 0,2604 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E) :

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \times \sqrt{f c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{24,9} \\
 &= 23452952.91 \text{ KN/m}^2 = 234529.53 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

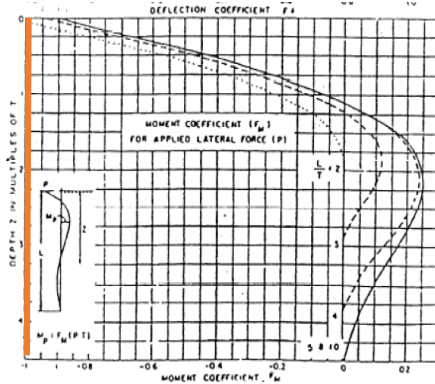
Faktor kekuatan relatif (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{234529.53 \times 26042000}{0.611} \right)^{1/5} \\
 &= 520 \text{ cm} = 5,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan SF kritis 1,00. Panjang tiang 15 meter, dengan L (panjang pile diatas/dibawah bidang longsor, terpendek)= 1,7 m

$$L/T = 0,33$$

Untuk $L/T = 0,33$ dan kedalaman $Z = 0$ (diambil kritis), dengan memakai grafik dari Design Manual NAVFACS M-7, 1971 didapatkan nilai F_m .



Gambar 5. 38 grafik dari Design Manual NAVFACS M-7

$$\begin{aligned}
 F_m &= 1 \\
 P_{max} &= \frac{M_p}{F_m \times T} \\
 &= \frac{1 \times 5,2}{1} \\
 &= 55 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

g) Mencari Kebutuhan Jumlah Pile dalam 1 meter Panjang

$$\begin{aligned}
 SF \text{ min} &= 1,00 \\
 MR \text{ min} &= 1523,94 \text{ KNm/m} \\
 R \text{ jari-jari} &= 9,15 \text{ m} \\
 SF \text{ rencana} &= 1,52 \\
 M_{dorong} &= \frac{MR \text{ min}}{SF \text{ min}} \\
 &= 1524 \text{ KNm/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pile (n)} &= \frac{SF \text{ rencana} - SF \text{ existing}}{P_{max} \times 1 \text{ cerucuk} \times R \text{ jari-jari}} \times M \text{ dorong} \\
 &= \frac{1,52 - 1,00}{55 \times 1 \text{ cerucuk} \times 9,15} \times 1524 \\
 &= 1,59 \text{ buah} = 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah *micropile* untuk setiap SF kritis yang didapat dari GEO5 dapat dilihat pada tabel rekapitulasi **Tabel 5.27**.

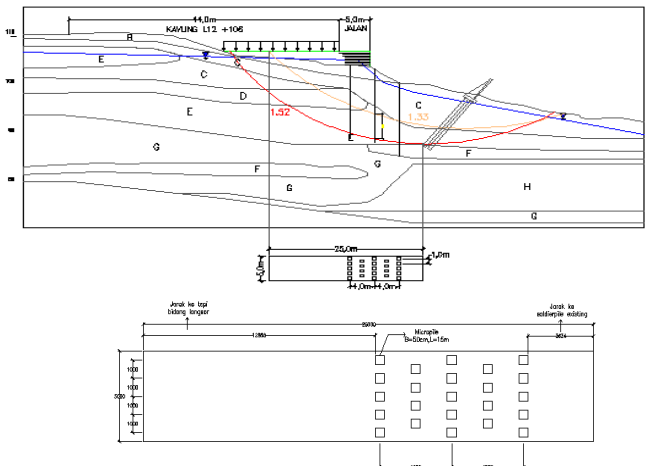
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Jumlah *Micropile* untuk Setiap SF

No	SF	SF renc	X (m)	Z (m)	R (m)	M Resisting (KN.m/m)	Dim B/H	I cm4	E Mpa	M Ult KNm	Cu Kpa	qu=2 Ton/ft
1	1,00	1,5	57,2	39,7	9,15	1523,94	50	3E+07	2E+05	285	35,50	0,74
2	1,02	1,5	57,6	42,5	11,9	2168,65	50	3E+07	2E+05	285	35,50	0,74
3	1,04	1,5	56,2	39,8	9	1550,85	50	3E+07	2E+05	285	35,50	0,74
4	1,33	1,5	72,4	61,5	41,43	74512,08	50	3E+07	2E+05	285	35,50	0,74
5	1,35	1,5	69,4	53,4	32,61	51445,83	50	3E+07	2E+05	285	35,50	0,74

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Jumlah *Micropile* untuk Setiap SF (Lanjutan)

No	SF	SF renc	f (grafik) Ton/ft ²	Kg/cm ²	(T) m	L m	L/T	Z m	Fm (Mo) KN.m/r	Pmax KN	(n) buah	
1	1	1,5	5	0,160	5,204	1,7	0,33	0	1	1524	55	2,00
2	1,02	1,5	5	0,160	5,204	1,6	0,31	0	1	2126	55	2,00
3	1,04	1,5	5	0,160	5,204	2,2	0,42	0	1	1491	55	2,00
4	1,33	1,5	5	0,160	5,204	5,3	1,02	0	1	56024	55	5,00
5	1,35	1,5	5	0,160	5,204	5,3	1,02	0	1	38108	55	4,00

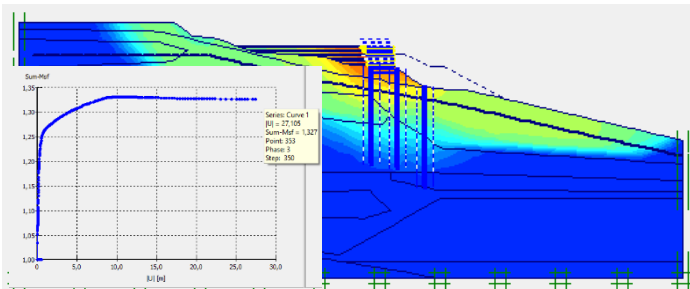
Berdasarkan tabel rekapitulasi perhitungan diatas jumlah *micropile* terbanyak 5 buah. Sehingga direncanakan 5 buah dalam 1 meter panjang dengan panjang *pile* 15 m. Konfigurasi *micropile* secara detail dapat dilihat pada **Gambar 5.38**.



Gambar 5. 39 Konfigurasi pemasangan *micropile*

h) Kontrol Kembali Stabilitas Overall dengan Plaxis

Kontrol stabilitas overall dengan plaxis memperhitungkan adanya Geotextile dan micropile sebagai perkuatan. Panjang micropile ditentukan berdasarkan bidang longsor dengan SF kritis yang didapatkan dari GEO5 sampai menyentuh bidang SF rencana yang mana didapatkan panjang 15 m. Hasil kontrol stabilitas dapat dilihat pada **Gambar 5.39**.

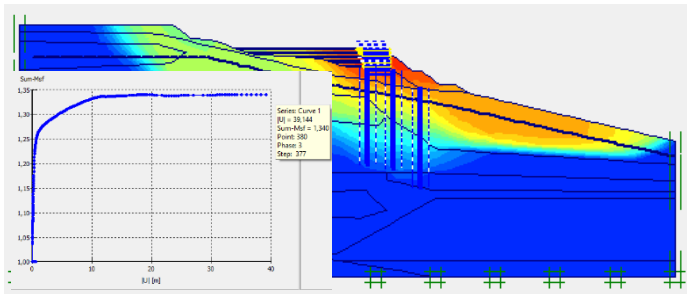


Gambar 5. 40 Kontrol stabilitas overall pada plaxis dengan perkuatan *micropile* dan *geotextile* (SF = 1,327)

Berdasarkan hasil kontrol overall stabilitas SF terjadi sebesar 1,327 yang berarti masih dibawah persyaratan RSNI ($SF \leq 1,5$), maka akan dicoba dengan direncanakan tambahan counterweight dibelakang geotextile (area kavling L15) sebagai perkuatan tambahan.

5.2.3 Perencanaan *Conterweight*

Geometri perkuatan lereng pada kavling L15 dibuat lereng landai bertangga sehingga berfungsi sebagai *counterweight* dengan kemiringan lereng rencana (L1), (L2) dan (L3) = 1 : 1,5 dapat dilihat pada **Gambar 5.40**.



Gambar 5. 41 Kontrol stabilitas overall pada plaxis alternatif 2 dengan adanya *counterweight* (SF = 1,340)

Hasil kontrol overall stabilitas dengan adanya *counterweight* SF terjadi sebesar 1,340 semakin bertambah dibandingkan sebelum adanya *counterweight*. Berdasarkan hal tersebut tanah dibelakang *geotextile* yang difungsikan sebagai perkuatan atau *counterweight*. Sehingga dalam perencanaan alternatif ke 2 untuk kavling L15 direncanakan menjadi lereng landai dengan adanya *counterweight*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB VI
PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

BAB VI PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Anggaran Biaya Alternatif 1 (Dinding Penahan Tanah dan Soldier Pile Kavling L12 dan L15)

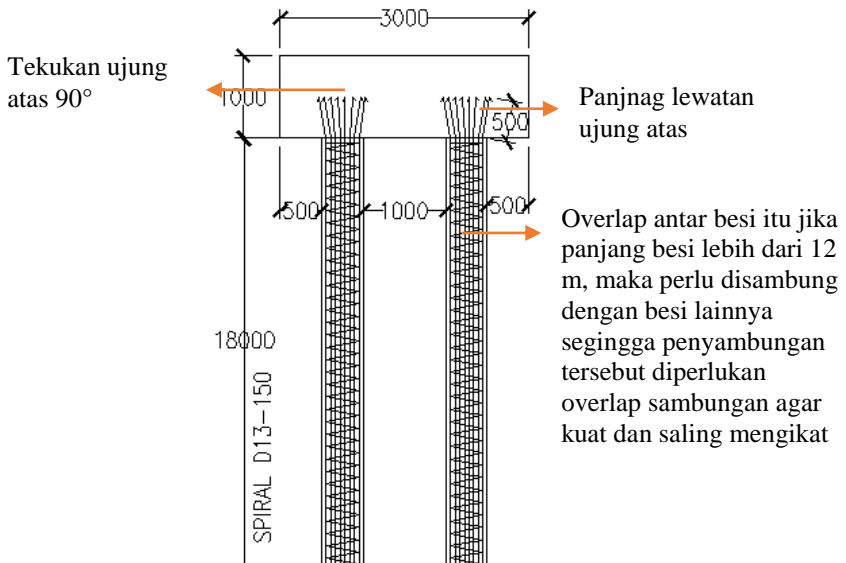
6.1.1 Perhitungan Volume Penulangan

Perhitungan volume penulangan pada kavling L12 dan L15 adalah sama, yaitu meliputi penulangan *soldier pile*, dan dinding penahan tanah. Tabel perhitungan volume penulangan lengkap dapat dilihat pada **Tabel 6.1**. Berikut adalah contoh perhitungan volume penulangan.

1. Penulangan *Soldier Pile*

Data perencanaan :

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| Lokasi | = kavling L12 |
| • Dimensi <i>Soldier Pile</i> | |
| Kedalaman | = 18 m |
| Diameter beton | = 500 mm |
| Decking | = 40 mm |
| Jumlah tiang | = 132 buah |
| • Tulangan Utama (15D22) | |
| Diameter besi | = 22 mm |
| Jenis Besi | = ulir |
| Jumlah | = 15 buah |
| Berat D22 per meter | = 2,98 kg/m' |
| • Tulangan Geser (D13-150) | |
| Diameter besi | = 13 mm |
| Jenis Besi | = ulir |
| Jarak antar sengkang | = 150 mm |
| Berat D13 per meter | = 1,04 kg/m' |
| Jumlah | = 1 buah |
| • Persyaratan Pembesian | |
| Overlap antar besi | = 40 x diameter besi |
| Panjang lewatan ujung atas | = 50 x diameter besi |
| Tekukan ujung atas 90° | = 12 x diameter besi |



Gambar 6. 1 Persyaratan penulangan tiang pondasi

Perhitungan kebutuhan tulangan :

a. Kebutuhan Tulangan Utama

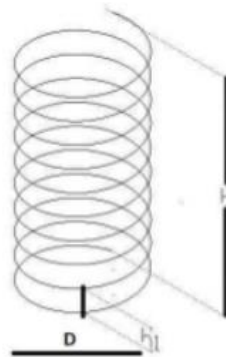
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh besi} &= \text{Kedalaman beton} + \text{panjang lewatan} \\
 &\quad \text{ujung atas} + \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 18 \text{ m} + 50D + 12D \\
 &= 18 \text{ m} + (50 \times 0,022)\text{m} + (12 \times 0,022)\text{m} \\
 &= 18 \text{ m} + 1,1 \text{ m} + 0,264 \text{ m} \\
 &= 19,364 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 buah besi} &= 19,364 \text{ m} \times 2,98 \text{ kg/m} \\
 &= 57,705 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 15 buah besi} &= 15 \text{ buah} \times 57,705 \text{ kg} \\
 &= 865,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total t.utama} &= \text{berat tul.utama 1 tiang} \times \text{jumlah tiang} \\
 &= 865,57 \text{ kg} \times 132 \text{ buah} \\
 &= 114255,346 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Tulangan Senggang



Gambar 6. 2 Bentuk tulangan senggang

Rumus panjang lilitan spiral:

$$L = \sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D\right)^2 + h^2}$$

Dimana : L = Panjang lilitan (m)
 π = 3,14
 D = Diameter beton dikurangi decking (m)
 h = Kedalaman cor (m)
 h1 = Jarak antar senggang (m)

$$\begin{aligned} \text{Panjang 1 bh besi} &= \sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D\right)^2 + h^2} \\ &= \sqrt{\left(3,14 \frac{18}{0,15} (0,5 - 0,04 - 0,04)\right)^2 + 18^2} \\ &= 159,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Catatan karena panjang besi tersebut adalah 159,27 m', maka besi tersebut ditambahkan overlap sambungan, karena panjang maksimum besi 1 batang adalah 12 m. Sehingga jumlah overlapnya sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya overlap} &= (\text{panjang total besi awal}/12\text{m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= (159,27\text{m} / 12\text{m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= 12,27 \text{ bh} \\
 &= 13 \text{ bh} \\
 &\text{(dibulatkan keatas untuk menghitung} \\
 &\text{jumlah overlap)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total overlap} &= \text{Banyaknya overlap} \times 40\text{D} \\
 &= 13 \text{ bh} \times (40 \times 0,013) \\
 &= 6,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh sengkang} &= \text{pjg overlap} + \text{pjg besi awal} \\
 &= 6,76 \text{ m} + 159,27 \text{ m} \\
 &= 166,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 buah sengkang} &= 166,03 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg/m}' \\
 &= 172,671 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total t.sengkang} &= \text{berat t.sengkang 1 tiang} \times \text{jum.tiang} \\
 &= 172,671 \text{ kg} \times 132 \text{ bh} \\
 &= 22792,598 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Penulangan Dinding Penahan Tanah

Data perencanaan :

Lokasi = kavling L12

- Dimensi Dinding Penahan
 - Tinggi dinding = 5 m
 - Lebar atas = 0,5 mm
 - Lebar bawah = 0,6 mm
- Tulangan Vertikal (D19-300)
 - Diameter besi = 19 mm
 - Jenis Besi = ulir
 - Jarak antar tulangan = 300 mm
 - Berat D19 per meter = 2,225 kg/m'
- Tulangan Horizontal (D13-100)
 - Diameter besi = 13 mm
 - Jenis Besi = ulir
 - Jarak antar tulangan = 300 mm
 - Berat D13 per meter = 1,04 kg/m'

Perhitungan kebutuhan tulangan :

a. Kebutuhan Tulangan Vertikal

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh besi tegak} &= \text{Tinggi beton} + \text{panjang lewatan} \\
 &\quad \text{masuk capping beam} + \text{panjang} \\
 &\quad \text{penyaluran} + \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 5 \text{ m} + 50D + 40D + 12D \\
 &= 5 \text{ m} + (50 \times 0,019)\text{m} + (50 \times \\
 &\quad 0,019)\text{m} (12 \times 0,022)\text{m} \\
 &= 5 \text{ m} + 0,95 \text{ m} + 0,95 \text{ m} + 0,264 \\
 &= 7,164 \text{ m}'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh besi miring} &= \text{Tinggi beton} + \text{panjang lewatan} \\
 &\quad \text{masuk capping beam} + \text{panjang} \\
 &\quad \text{penyaluran} + \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 5,001 \text{ m} + 50D + 40D + 12D \\
 &= 5,001 \text{ m} + (50 \times 0,019)\text{m} + (40 \times \\
 &\quad 0,019)\text{m} (12 \times 0,022)\text{m} \\
 &= 5,001 \text{ m} + 0,95 \text{ m} + 0,76 \text{ m} + 0,264 \\
 &= 7,164 \text{ m}'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul.vertikal} &= \text{Panjang DPT per meter} / \text{jarak tulangan} \\
 &= 1 / 0,3 \\
 &= 3,3 \text{ buah} = 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tul.vertikal/m}' &= (\text{panjang tegak} + \text{panjang miring}) \times \\
 &\quad \text{jum.tulangan vertikal/m}' \times \text{berat} \\
 &= (7,164 \text{ m}' + 7,164 \text{ m}') \times 4 \times 2,225 \text{ kg/m}' \\
 &= 126,88\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total tul.vertikal} &= \text{berat tul.vertikal/m}' \times \text{panjang DPT} \\
 &= 126,887 \text{ kg} \times 100 \text{ m} \\
 &= 12688,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Tulangan Horizontal

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang awal 1 bh besi} &= \text{panjang DPT} + 2 \times \text{panjang} \\
 &\quad \text{lewatan} + 2 \times \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 100 \text{ m} + (2 \times 50D) + (2 \times 12D) \\
 &= 100\text{m} + (2 \times 50 \times 0,019 \text{ m}) + (2 \times 12 \times 0,019) \\
 &= 102,356 \text{ m}'
 \end{aligned}$$

Catatan karena panjang besi tersebut adalah 102,356 m', maka besi tersebut ditambahkan overlap sambungan, karena panjang maksimum besi 1 batang adalah 12 m. Sehingga jumlah overlapnya sebanyak :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya overlap} &= (\text{panjang total besi awal}/12\text{m}) - 1 \text{ bh} \\ &= (102,356\text{m}/ 12\text{m}) - 1 \text{ bh} \\ &= 7,53 \text{ bh} \\ &= 8 \text{ bh} \\ &\text{(dibulatkan keatas untuk menghitung} \\ &\text{jumlah overlap)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total overlap} &= \text{Banyaknya overlap} \times 40\text{D} \\ &= 8 \text{ bh} \times (40 \times 0,019) \\ &= 6,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang 1 bh tul.horizontal} &= \text{pjg overlap} + \text{pjg besi awal} \\ &= 6,08 \text{ m} + 102,356 \text{ m} \\ &= 108,436 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tul.vertikal} &= \text{Tinggi DPT} / \text{jarak tulangan} \\ &= 5 / 0,3 \\ &= 16,6 \text{ buah} = 17 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total tul.horizontal} &= \text{panjang 1 bh tul.horizontal} \times \\ &\text{jumlah tulangan} \times \text{berat} \\ &= 108,436 \text{ m} \times 17 \text{ buah} \times 1,04 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1914,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Penulangan Kaki Dinding Penahan Tanah

Data perencanaan :

Lokasi = kavling L12

- Dimensi Kaki Dinding Penahan Tanah
 - Tebal kaki = 1 m
 - Lebar kaki = 3 m
 - Panjang DPT = 100 mm
- Tulangan arah x (D19-75)
 - Diameter besi = 19 mm
 - Jenis Besi = ulir

- Jarak antar tulangan = 75 mm
- Berat D19 per meter = 2,225 kg/m'
- Tulangan arah y (D19-75)
 - Diameter besi = 19 mm
 - Jenis Besi = ulir
 - Jarak antar tulangan = 75 mm
 - Berat D13 per meter = 2,225 kg/m'

Perhitungan kebutuhan tulangan :

a. Kebutuhan Tulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang awal 1 bh besi} &= \text{panjang DPT} + 2 \times \text{panjang lewatan} + \\
 &\quad 2 \times \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 100 \text{ m} + (2 \times 50D) + (2 \times 4D) \\
 &= 100 \text{ m} + (2 \times 50 \times 0,019 \text{ m}) + (2 \times 4 \times 0,019) \\
 &= 102,052 \text{ m}'
 \end{aligned}$$

Catatan karena panjang besi tersebut adalah 102,052 m', maka besi tersebut ditambahkan overlap sambungan, karena panjang maksimum besi 1 batang adalah 12 m. Sehingga jumlah overlapnya sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya overlap} &= (\text{panjang total besi awal} / 12 \text{ m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= (102,052 \text{ m} / 12 \text{ m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= 7,50 \text{ bh} \\
 &= 8 \text{ bh}
 \end{aligned}$$

(dibulatkan keatas untuk menghitung jumlah overlap)

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total overlap} &= \text{Banyaknya overlap} \times 40D \\
 &= 8 \text{ bh} \times (40 \times 0,019) \\
 &= 6,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh tul.arah x} &= \text{pjpg overlap} + \text{pjpg besi awal} \\
 &= 6,08 \text{ m} + 102,052 \text{ m} \\
 &= 107,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul.arah x atas bawah} &= (\text{Lebar kaki} / \text{jarak tulangan}) \times 2 \\
 &= (3 / 0,075) \times 2 \\
 &= 80 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total tul.horizontal} &= \text{panjng 1 bh tul.arah X x jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan x berat} \\
 &= 107,76 \text{ m} \times 80 \text{ buah} \times 2,225 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 18985,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh besi} &= \text{lebar kaki DPT} + 2 \times \text{panjang lewatan} + \\
 &\quad 2 \times \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 3 \text{ m} + (2 \times 50D) + (2 \times 4D) \\
 &= 3 \text{ m} + (2 \times 50 \times 0,019 \text{ m}) + (2 \times 4 \times 0,019) \\
 &= 5,052 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul.arah y atas bawah} &= (\text{Lebar kaki} / \text{jarak tulangan}) \times 2 \\
 &= (100 / 0,075) \times 2 \\
 &= 2666,6 \text{ buah} = 2668 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total tul.horizontal} &= \text{panjng 1 bh tul.arah y x jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan x berat} \\
 &= 5,052 \text{ m} \times 2668 \text{ buah} \times 2,225 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 29990,187 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Tulangan pada Dinding Kaki DPT

Dibutuhkan tulangan karena tebal kaki sebesar 1 m agar lebih aman. Berikut adalah perhitungan kebutuhan tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang awal 1 bh besi} &= \text{tebal kaki DPT} + 2 \times \text{panjang lewatan} \\
 &\quad + 2 \times \text{tekukan ujung } 90^\circ \\
 &= 100 \text{ m} + (2 \times 50D) + (2 \times 4D) \\
 &= 100 \text{ m} + (2 \times 50 \times 0,019 \text{ m}) + (2 \times 4 \times 0,019) \\
 &= 102,052 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Catatan karena panjang besi tersebut adalah 102,052 m³, maka besi tersebut ditambahkan overlap sambungan, karena panjang maksimum besi 1 batang adalah 12 m. Sehingga jumlah overlapnya sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya overlap} &= (\text{panjang total besi awal} / 12 \text{ m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= (102,052 \text{ m} / 12 \text{ m}) - 1 \text{ bh} \\
 &= 7,50 \text{ bh} \\
 &= 8 \text{ bh}
 \end{aligned}$$

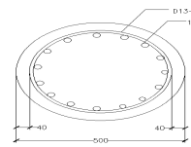
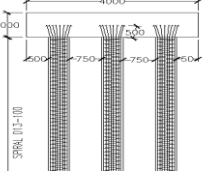
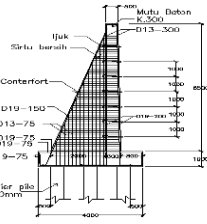


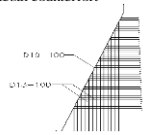
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total overlap} &= \text{Banyaknya overlap} \times 40D \\
 &= 8 \text{ bh} \times (40 \times 0,019) \\
 &= 6,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 bh tul.dinding kaki} &= \text{pjpg overlap} + \text{pjpg besi awal} \\
 &= 6,08 \text{ m} + 102,052 \text{ m} \\
 &= 107,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul.dinding kaki} &= (\text{Lebar kaki} / \text{jarak tulangan}) \times 2 \\
 &= (1/0,075) \times 2 \\
 &= 26,6 \text{ buah} = 27 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total tul.dinding kaki} &= \text{panjnag 1 bh tul.arah y} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan} \times \text{berat} \\
 &= 107,76 \text{ m} \times 27 \text{ buah} \times 2,225 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 6469,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

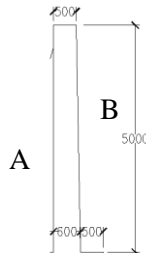
Tabel 6. 2 Perhitungan Volume Penulangan (Lanjutan)

PERHITUNGAN VOLUME PENULANGAN									
NO.	GAMBAR TULANGAN	JML TIANG	TYPE TUL.	PANJANG m	JUMLAH bh	DIAMETER TULANGAN	BERAT BES. kg/m'	TOTAL BERAT kg	KET.
A	B	C	D	E = ΣB	F	G	H	I = C * E * F * H	J
2. Pekerjaan Penulangan Area Kavling L15									
a.	Penulangan Soldier Pile - Panjang menerus 100 m - Panjang Tiang 20 m - Jumlah maling 3 buah - Jumlah memanja 66 buah  	198	UTAMA	19,36	18,00	22 D -	2,98	205.866,66	
		198	SENGKANG	312,34	1	19 D - 100	1,04	64.441,46	270.308,12
b.	Penulangan Dinding Penahan Tanah - Panjang menerus 100 m  - Penulangan Dinding DPT  - Penulangan Kaki DPT  - Penulangan Conterfort jarak antar conterfort 4 m tebal conterfort 0,3 m 	100	VERTIKAL	21,26	5,00	19 D - 200	2,23	23.647,95	
		1	HORIZONTAL	108,08	29,00	13 D - 300	1,04	3.265,92	26.913,87
		1	ARAH X	107,76	106,67	19 D - 75	2,23	25.573,92	
		1	ARAH Y	6,05	2667,00	19 D - 75	2,23	35.913,02	
		1	TEBAL KAKI	107,69	27,00	19 D - 75	2,23	6.469,50	67.956,44
		26	LENTUR	9,46	3,00	19 D - 150	-	-	
		26	VERTIKAL	9,00	52,00	13 D - 75	1,04	12.679,06	
		26	HORIZONTAL	5,20	226,00	13 D - 75	1,04	31.838,52	44.517,57
								139.387,89	

6.1.2 Perhitungan Volume Bekisting

Perhitungan volume bekisting pada kavling L12 dan L15 adalah sama, yaitu meliputi bekisting dinding penahan tanah. Tabel perhitungan volume bekisting lengkap dapat dilihat pada **Tabel 6.3**. Sebagai contoh perhitungan digunakan bekisting dinding penahan tanah pada kavling L12.

1. Bekisting Dinding DPT



Gambar 6. 3 Dimensi bekisting dinding DPT

Sisi A

Lebar = 5 m

Panjang = 100 m

Jumlah = 1 sisi

Volume = lebar x panjang x jumlah
= (5 m x 100 m) x 1 sisi = 500 m²

Sisi B

Lebar = $\sqrt{5^2 + 0,1^2} = 5,001$ m

Panjang = 100 m

Jumlah = 1 sisi

Volume = lebar x panjang x jumlah
= (5,001 m x 100 m) x 1 sisi = 500,1 m²

Volume dinding = volume sisi A + volume sisi B
= 500 m² + 500,1 m²

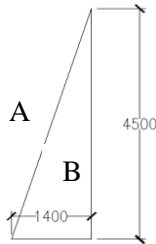
2. Bekisting Kaki DPT



Gambar 6. 4 Dimensi Bekisting Kaki DPT

Lebar = 1 m
 Panjang = 100 m
 Jumlah = 2 sisi
 Volume = lebar x panjang x jumlah
 = (1 m x 100 m) x 2 sisi = 200 m²

3. Bekisting *Counterfort* DPT



Gambar 6. 5 Dimensi Bekisting Kaki DPT

Sisi A
 Lebar = 0,3 m
 Panjang = $\sqrt{4,5^2 + 1,4^2} = 4,713$ m
 Jumlah *counterfort* = 26
 Volume = lebar x panjang x jumlah
 = (0,3 m x 4,713 m) x 26 = 36,76 m²

Sisi B
 Lebar = 1,4 m
 Panjang = 4,5 m
 Jumlah *counterfort* = 26
 Jumlah sisi = 2
 Volume = luas x jumlah
 = (1/2 x lebar x panjang) x 2 x 26
 = (1/2 x 1,4 x 4,5) x 2 x 26
 = 163,8 m²

Tabel 6. 4 Perhitungan Volume Bekisting (Lanjutan)

PERHITUNGAN VOLUME BEKISTING								
NO.	GAMBAR DESAIN	JML ITEM	BAGIAN	LEBAR m	JUMLAH bh	PANJANG m	VOLUME m ²	KET.
A	B	C	D	E	F	G	= C * E * F * H	J
2.	Bekisting Dinding Penahan Tanah Kavling L15							
	<p>Panjang menerus 100 m</p> <p>- Bekisting Dinding DPT</p> <p>A 1 B</p> <p>- Bekisting Kaki DPT</p> <p>A B</p> <p>- Bekisting Conterfort Tebal counterfort 0,3 m Jarak antar counte 4 m</p> <p>A B</p>	1	SISI A SISI B	8,50 8,501	1,00 1,00	100 100	850,00 850,06	1.700,1
		1	SISI A SISI B	1,00 4,00	2,00 1,00	100 100	200,00 400,00	600,0
		26	SISI A SISI B	8,76 4,25	1,00 2,00	0,3 2,1	68,29 464,10	532,4
								2.832,5
							TOTAL	4.233,1

6.1.3 Perhitungan Volume Beton

Perhitungan volume beton pada kavling L12 dan L15 adalah sama, yaitu meliputi pengecoran *soldier pile*, dan dinding penahan tanah. Tabel perhitungan volume pengecoran lengkap dapat dilihat pada **Tabel 6.5**. Berikut contoh perhitungan volume pengecoran.

1. Pengecoran *Soldier Pile*

Lokasi = kavling L12

Panjang pile = 18 m

Diameter beton = 500 mm

Jumlah tiang = 132 buah

Volume = (Luas penampang x panjang pile) x jumlah
 $= (1/4 \times \pi \times 0,5^2) \times 18 \times 132 = 466,29 \text{ m}^3$

2. Pengecoran Dinding DPT

Lokasi = kavling L12

Tinggi dinding = 5 m

Tebal dinding atas = 0,5 mm

Tebal dinding bawah = 0,6 m

Panjang dinding = 100 buah

Volume = (Luas penampang x panjang dinding) x jumlah
 $= (1/2 \times (0,5+0,6) \times 5) \times 100 \times 1 = 275,00 \text{ m}^3$

3. Pengecoran Kaki DPT

Lokasi = kavling L12

Tinggi kaki DPT = 1 m

Lebar kaki DPT = 3 m

Panjang kaki DPT = 100 m

Volume = (Luas penampang x panjang kaki) x jumlah
 $= (1 \times 3) \times 100 \times 1 = 300,00 \text{ m}^3$

4. Pengecoran Kaki DPT

Lokasi = kavling L12

Tinggi counterfort = 4,5 m

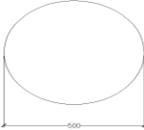
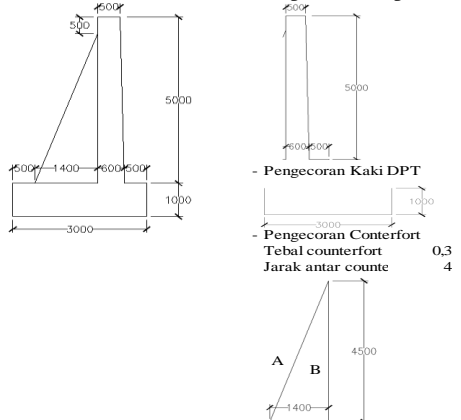
Lebar kaki DPT = 1400 m

Tebal counterfort = 30 cm

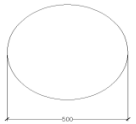
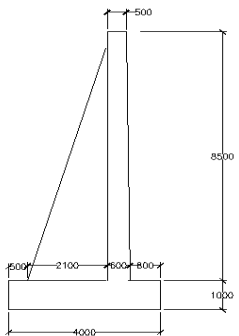


Jumlah = 26 buah

Volume = (Luas penampang x tebal counterfort) x jumlah
 $= (1/2 \times 1,4 \times 4,5) \times 0,3 \times 26 = 24,57 \text{ m}^3$

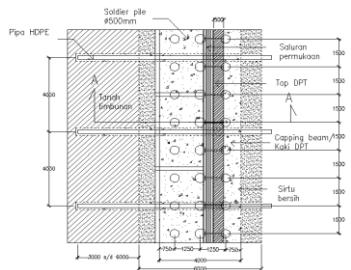
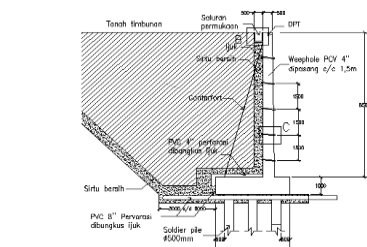
Tabel 6.5 Perhitungan Volume Pengecoran

PERHITUNGAN VOLUME PENGECORAN											
NO.	GAMBAR DESAIN	JML ITEM	BAGIAN	LUAS m ²	JUMLAH bh	PANJANG m	VOLUME m ³	KET.			
A	B	C	D	E	F	G	= C * E * F * H	J			
I. Pekerjaan Pengecoran Area Kavling L12											
a.	<p>Pengecoran Soldier Pile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Panjang menerus 100 m - Panjang Tiang 18 m - Diameter Soldier 2 buah - Jumlah memanja 66 buah 	132	SEMUA PILE	0,20	1,00	18,00	466,29	466,29			
b.	<p>Pengecoran Dinding Penahan Tanah Panjang menerus 100 m</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Pengecoran Dinding DPT - Pengecoran Kaki DPT - Pengecoran Conterfort Tebal counterfort 0,3 m Jarak antar counte 4 m 	1	DINDING DPT	2,75	1,00	100	275,00	599,6			
1	KAKI DPT	3,00	1,00	100	300,00	26	CONTERFORT		3,15	1,00	0,3

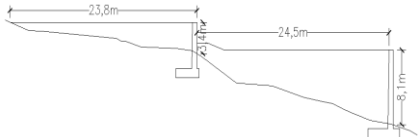
Tabel 6. 6 Perhitungan Volume Pengecoran (Lanjutan)

PERHITUNGAN VOLUME PENGECORAN										
NO.	GAMBAR DESAIN			JML ITEM	BAGIAN	LUAS m ²	JUMLAH bh	PANJANG m	VOLUME m ³	KET.
A	B			C	D	E	F	G	= C * E * F * H	J
2.	Pekerjaan Pengecoran Area Kavling L15									
a.	Pengecoran Soldier Pile - Panjang menerus 100 m - Panjang Tiang 18 m - Jumlah melintang 3 buah - Jumlah memanjang 66 buah			198	SEMUA PILE	0,28	1,00	18,00	1.007,19	1.007
										
b.	Pengecoran Dinding Penahan Tanah Panjang menerus 100 m			1	DINDING DPT	4,68	1,00	100	467,50	933,0
										
- Pengecoran Dinding DPT										
			1	KAKI DPT	4,00	1,00	100	400,00		
- Pengecoran Kaki DPT										
			26	CONTERFORT	8,40	1,00	0,3	65,52		
- Pengecoran Conterfort Tebal counterfort 0,3 m Jarak antar counte 4 m										

Tabel 6.7 Perhitungan Volume Pipa Drain pada Kavling L15

PERHITUNGAN VOLUME PEMASANGAN PIPA DRAIN								
NO.	GAMBAR DESAIN	JML ITEM	BAGIAN	LUAS m ²	JUMLAH bh	PANJANG m	VOLUME m	KET.
A	B	C	D	E	F	G	= C * E * F * H	J
3.	Pekerjaan Pemasangan Pipa Drain pada DPT Kavling L15							
a.	Pipa Area Kaki DPT							
		1	MEMANJANG	-	1,00	100	100,00	
		1	MELINTANG DIBAWAH KAKI DPT	-	25,00	9,5	237,50	
		1	MELINTANG DIATAS KAKI DPT	-	25,00	2,5	62,50	
a.	Pipa Area Dinding DPT							
		66	DINDING DPT	-	5,00	0,8	264,00	664,00

Tabel 6. 8 Perhitungan Volume Timbunan Alternatif 1

PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN ALTERNATIF 1									
NO.	GAMBAR DESAIN	JML ITEM	BAGIAN	LUAS m ²	JUMLAH bh	PANJANG m	VOLUME m ³	KET.	
A	B	C	D	$E = \Sigma B$	F	G	$= C * E * F * H$	J	
I.	Pekerjaan Timbunan								
	<ul style="list-style-type: none"> - Panjang menerus 100 m - Tinggi timbunan kavling L12 3,4 m - Tinggi timbunan kavling L15 8,1 m 	1	Kavling L12	42,71	1,00	100,00	4.270,70		
		1	Kavling L15	116,94	1,00	100,00	11.694,40		15.965

6.1.4 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016, untuk menentukan nilai koefisien. Nilai koefisien dapat digunakan jika jenis pekerjaan sama. Misal pekerjaan pengecoran yang membutuhkan pekerja, alat, dan bahan dengan spesifikasi yang sama. Sedangkan untuk harga material dan alat digunakan harga dari DPU kota Balikpapan yang dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Analisa harga satuan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.9**.

Tabel 6.9 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 1

No.	SUMBER	KODE	KOEFISIEN	SAT.	URAIAN	HARGA BAHAN/UPA H (Rp)	JUMLAH (Rp)
B.13	PUPR				HARGA SATUAN PEKERJAAN BETON		
B.13	a1		1	m3	Beton menggunakan ready mixed mutu $f_c=24,9$ Mpa(K300)		
				A	TENAGA		171.477,500
		L.01	1,000	OH	Pekerja	121.600,00	121.600,000
		L.02	0,250	OH	Tukang Batu	129.800,00	32.450,000
		L.03	0,025	OH	Kepala Tukang	145.900,00	3.647,500
		L.04	0,100	OH	Mandor	137.800,00	13.780,000
				B	BAHAN		1.653.767,861
		X.3.19.5	1,020	m3	Campuran Beton Ready Mixed	1.621.341,04	1.653.767,861
				C	PERALATAN		39.342,775
		E.28	0,120	sewa-hari	Concrete Pump	327.856,46	39.342,775
				D	JUMLAH A+B+C		1.864.588,136
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		279.688,220
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		2.144.276,356
B.13	a1		1	m3	Beton menggunakan ready mixed mutu $f_c=35$ Mpa(K425)		
				A	TENAGA		171.477,500
		L.01	1,000	OH	Pekerja	121.600,00	121.600,000
		L.02	0,250	OH	Tukang Batu	129.800,00	32.450,000
		L.03	0,025	OH	Kepala Tukang	145.900,00	3.647,500
		L.04	0,100	OH	Mandor	137.800,00	13.780,000
				B	BAHAN		1.840.379,798
		X.3.19.7	1,020	m3	Campuran Beton Ready Mixed	1.804.293,92	1.840.379,798
				C	PERALATAN		24.000,000
		E.28	0,120	sewa-hari	Pompa dan conveyor beton	200.000,00	24.000,000
				D	JUMLAH A+B+C		2.035.857,298
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		305.378,595
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		2.341.235,893
B.17	a		1	Kg	Pembesian dengan Besi Ulir		
				A	TENAGA		1.917,050
		L.01	0,0070	OH	Pekerja	121.600,00	851,200
		L.02	0,0070	OH	Tukang Besi	129.800,00	908,600
		L.03	0,0007	OH	Kepala Tukang	145.900,00	102,130
		L.04	0,0004	OH	Mandor	137.800,00	55,120
				B	BAHAN		12.978,122
			1,050	Kg	Besi Beton Ulir	12.045,83	12.648,122
		X.3.6.2.7	0,015	Kg	Kawat Beton	22.000,00	330,000
				C	PERALATAN		-
				D	JUMLAH A+B+C		14.895,172
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		2.234,276
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		17.129,447

Tabel 6. 10 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 1 (Lanjutan)

No.	SUMBER	KODE	KOEFISIEN	SAT.	URAIAN	HARGA BAHAN/UPA H (Rp)	JUMLAH (Rp)
II SNI A.2.3.1 HARGA SATUAN PEKERJAAN TANAH							
15	A.2.3.1.11a		1	m3	Urugan Tanah Dipadatkan Menggunakan Alat		
				A	TENAGA		37.858,000
		L.01	0,300	OH	Pekerja	121.600,00	36.480,000
		L.04	0,010	OH	Mandor	137.800,00	1.378,000
				B	BAHAN		96.480,000
		X.3.3.1	1,200	m3	Tanah Urug	80.400,00	96.480,000
				C	PERALATAN		8.598,174
		E.23	0,009	jam	Water tanker 3000-4500 Ltr	332.355,54	2.991,200
		E.04	0,004	jam	BULDOZER 100-150 HP	861.191,21	3.444,765
		E.19	0,004	jam	Vibratory Roller 5-8 T	540.552,42	2.162,210
				D	JUMLAH A+B+C		142.936,174
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		21.440,426
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		164.376,601
III SNI A.4.1.1 HARGA SATUAN BEKISTING							
35	A.4.1.1.25		1	m2	Memasang Bekisting untuk Dinding		
				A	TENAGA		132.452,100
		L.01	0,6600	OH	Pekerja	121.600,00	80.256,000
		L.02	0,3300	OH	Tukang Kayu	129.800,00	42.834,000
		L.03	0,0330	OH	Kepala Tukang	145.900,00	4.814,700
		L.04	0,0330	OH	Mandor	137.800,00	4.547,400
				B	BAHAN		264.202,640
		X.3.5.14	0,030	m3	Kayu lokal papan	2.251.200,00	67.536,000
		X.3.6.6.27	0,400	Kg	Paku Biasa 2"x5"	27.121,60	10.848,640
		X.3.17.9	0,200	Ltr	Minyak Bekisting	6.250,00	1.250,000
		X.3.5.11	0,020	m3	Balok Kayu Lokal	2.358.400,00	47.168,000
		X.3.8.5	0,350	Lbr	Tripleks tebal 9mm	134.000,00	46.900,000
		X.3.5.21	3,000	Btg	Dolken Kayu Galam diameter 8-10 cm/4m	27.500,00	82.500,000
		X.3.16.2	4,000	Buah	Formite/Penjaga jarak/spacer (alat bantu)	2.000,00	8.000,000
				C	PERALATAN		-
				D	JUMLAH A+B+C		396.654,740
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		59.498,211
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		456.152,951
A.8.4 PUPR HARGA SATUAN PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA DILUAR GEDUNG							
A.8.4.1.18			1	m	Pemasangan 1 m pipa HDPE Ø 100mm (4")		
				A	TENAGA		8.011,200
		L.01	0,0400	OH	Pekerja	121.600,00	4.864,000
		L.02	0,0200	OH	Tukang Pipa	129.800,00	2.596,000
		L.04	0,0040	OH	Mandor	137.800,00	551,200
				B	BAHAN		110.107,050
		X.3.14.5.6	1,000	ls	Pipa HDPE Ø 100 mm	110.107,05	110.107,050
				C	PERALATAN		131.100,000
		X.3.19.13	0,019	hari	Sewa Crane	6.900.000,00	131.100,000
				D	JUMLAH A+B+C		249.218,250
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		37.382,738
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		286.600,988
C.2 WTE HARGA SATUAN PEKERJAAN PONDASI DALAM							
1.	WTE		1	m'	Pengeboran D50 & D60 cm/m', Bored Pile		
				A	TENAGA		21.870,400
		L.02	0,1600	OH	Tukang Gali Tanah	129.800,00	20.768,000
		L.04	0,0080	OH	Mandor	137.800,00	1.102,400
				B	BAHAN		11.914,100
		X.3.17.2	1,000	ls	Oli+Solar	8.855,00	8.855,000
		X.3.16.2	0,220	ls	Alat Bantu	13.905,00	3.059,100
				C	PERALATAN		184.551,949
		X.3.19.13	0,130	jam	Crawler Crane	287.500,00	37.375,000
		E33	0,130	jam	Mesin Bor	1.132.130,38	147.176,949
				D	JUMLAH A+B+C		218.336,449
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)		32.750,467
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)		251.086,917

6.1.5 Rencana Anggaran Biaya Alternatif 1

Analisa biaya alternatif 1 dengan perkuatan dinding penahan tanah sebagai proteksi timbunan dan *soldier pile* sebagai proteksi overall stability. pada proyek pembangunan perumahan Grandcity kota Balikpapan adalah sebesar Rp. 23.091.931.371, belum termasuk PPN pajak 10%. Harga material diambil dari wilayah Balikpapan yang dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Detail perhitungan RAB dapat dilihat pada **Tabel 6.11**.

Tabel 6. 11 Anggaran Biaya Pekerjaan Alternatif 1 (Perkuatan Dinding Penahan Tanah dan *Soldier Pile* pada Kavling L12 dan L15)

RINCIAN BIAYA ALTERNATIF 1 (DPT & SOLDIER PILE PADA KAVLING L12 DAN L15)						
NO	URAIAN PEKERJAAN-KETERANGAN	KODE	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
A.	Pekerjaan Perkuatan Area Kavling L12					
1.	Pekerjaan Soldier Pile					
1.1	Pengeboran D50	C.2	466,29	m ³	251.086,92	117.079.318,44
1.2	Tulangan besi beton	B.17	160.081,75	kg	17.129,45	2.742.111.846,68
1.3	Ready Mixed Beton K-300	B.13.a1	466,29	m ³	2.144.276,36	999.854.622,23
						3.859.045.787,34
2.	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah					
2.1	Tulangan besi beton	B.17	91.785,35	kg	17.129,45	1.572.232.373,07
2.2	Bekisting untuk dinding	35.1.4.11.25	1.400,66	m ²	456.152,95	638.914.932,16
2.3	Ready Mixed Beton K-300	B.13.a1	599,57	m ³	2.144.276,36	1.285.643.775,01
						3.496.791.080,24
B.	Pekerjaan Perkuatan Area Kavling L15					
1.	Pekerjaan Soldier Pile					
1.1	Pengeboran D60	C.2	1.007,19	m ³	251.086,92	252.891.327,83
1.2	Tulangan besi beton	B.17	270.308,12	kg	17.129,45	4.630.228.669,68
1.3	Ready Mixed Beton K-425	B.13.a2	1.007,19	m ³	2.341.235,89	2.358.060.950,78
						7.241.180.948,29
2.	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah					
2.1	Tulangan besi beton		139.387,89	kg	17.129,45	2.387.637.449,66
2.2	Bekisting untuk dinding		2.832,45	m ²	456.152,95	1.292.031.459,16
2.3	Pemasangan pipa HDPE drain 4"		664,00	m	286.600,99	190.303.055,70
2.4	Ready Mixed Beton K-300		933,02	m ³	2.144.276,36	2.000.652.726,05
						5.870.624.690,57
C.	Pekerjaan Timbunan					
	Urugan Tanah Dipadatkan Menggunakan Alat		15.965,10	m ³	164.376,60	2.624.288.865,23
						2.624.288.865,23
	TOTAL BIAYA					23.091.931.371,68
	PPN 10%					2.309.193.137,17
	JUMLAH TOTAL					25.401.124.508,84

Berdasarkan pertimbangan kebutuhan perkuatan pada kavling L15 yang sangat besar dan pelaksanaan dilapangan cukup sulit dengan tinggi timbunan pada kavling L15 8 m, maka dilakukan modifikasi alternatif 1 dengan merubah kavling L15 menjadi lereng landai. Dilakukan dengan perhitungan sama seperti diatas dan dihasilkan anggaran biaya yang jauh lebih ekonomis

yaitu sebesar Rp. 14.170.547.590, belum termasuk PPN pajak 10% Berikut adalah RAB alternatif 1 setelah merubah kavling L15 menjadi lereng landai dapat dilihat pada **Tabel 6.12**.

Tabel 6. 12 Anggaran Biaya Pekerjaan Modifikasi Alternatif 1
(Merubah Kavling L15 Menjadi Lereng Landai)

RINCIAN BIAYA ALTERNATIF 1 (KAVLING L15 MENJADI LERENG LANDAI)						
NO	URAIAN PEKERJAAN-KETERANGAN	KODE	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
A.	Pekerjaan Perkuatan Area Kavling L12					
1.	Pekerjaan Soldier Pile					
1.1	Pengeboran D50		466,29	m3	251.086,92	117.079.318,44
1.2	Tulangan besi beton		160.081,75	kg	17.129,45	2.742.111.846,68
1.3	Ready Mixed Beton K-300		466,29	m3	2.144.276,36	999.854.622,23
2.	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah					
2.1	Tulangan besi beton		91.785,35	kg	17.129,45	1.572.232.373,07
2.2	Bekisting untuk dinding		1.400,66	m2	456.152,95	638.914.932,16
2.3	Ready Mixed Beton K-300		599,57	m3	2.144.276,36	1.285.643.775,01
B.	Pekerjaan Timbunan					
1.	Pekerjaan Soldier Pile					
1.1	Pengeboran D50		466,29	m3	251.086,92	117.079.318,44
1.2	Tulangan besi beton		160.081,75	kg	17.129,45	2.742.111.846,68
1.3	Ready Mixed Beton K-300		466,29	m3	2.144.276,36	999.854.622,23
2.	Pekerjaan Capping Beam					
2.1	Tulangan besi beton		55.640,13	kg	17.129,45	953.084.591,41
2.2	Bekisting untuk dinding		200,00	m2	456.152,95	91.230.590,20
2.3	Ready Mixed Beton K-300		300,00	m3	2.144.276,36	643.282.906,92
C.	Pekerjaan Timbunan					
	Urugan Tanah Dipadatkan Menggunakan Alat		7.714,40	m3	164.376,60	1.268.066.847,18
TOTAL BIAYA						14.170.547.590,63
PPN 10%						1.417.054.759,06
JUMLAH TOTAL						15.587.602.349,70

6.2.3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016. Sedangkan untuk harga materian digunakan harga dari data DPU kota Balikpapan, dan untuk beberapa harga alat sewa diambil dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016 wilayah Jakarta. Harga material dan alat dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Berikut adalah analisa harga satuan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.15**.

Tabel 6. 15 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Alternatif 2

P.09	PUPR	HARGA SATUAN PEMASANGAN GEOTEKSTIL				
P.09	a1		1	m2	Pemasangan geotekstil, Tipe B, tebal sedang	
				A	TENAGA	25.814,400
		L.01	0,1600	OH	Pekerja	121.600,00
		L.02	0,0320	OH	Tukang Gali Tanah	4.153,600
		L.04	0,0160	OH	Mandor	2.204,800
				B	BAHAN	19.440,000
			1,080	m2	Geotekstile	18.000,00
				C	PERALATAN	-
				D	JUMLAH A+B+C	45.254,400
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)	6.788,160
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)	52.042,560
F.04	PUPR	HARGA SATUAN PEMANCANGAN BETON BERTULANG				
F.04	d		1	m'	Pemancangan tiang pancang beton kotak 50 x 50	
				A	TENAGA	103.628,800
		L.01	0,6600	OH	Pekerja	80.256,000
		L.02	0,1100	OH	Tukang	14.278,000
		L.04	0,0660	OH	Mandor	9.094,800
				B	BAHAN	-
				C	PERALATAN	35.750,000
		E.46.b	0,1100	Sewa-hari	Tripot tinggi 7 m	125.000,00
		E.01.c	0,1100	Sewa-hari	Alat pancang +Hammer 2 Ton	22.000,00
				D	JUMLAH A+B+C	139.378,800
				E	OVERHEAD & PROFIT (maksimal 15%)	20.906,820
				F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)	160.285,620

6.2.4 Rencana Anggaran Biaya Alternatif 2

Analisa biaya alternatif 2 dengan perkuatan *geotextile* sebagai proteksi timbunan dan *micropile* sebagai proteksi overall stability. pada proyek pembangunan perumahan Grandcity kota Balikpapan adalah sebesar Rp. 14.558.416.191, belum termasuk PPN pajak 10%. Harga material diambil dari wilayah Balikpapan

yang dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Detail perhitungan RAB dapat dilihat pada **Tabel 6.16**.

Tabel 6. 16 Anggaran Biaya Pekerjaan Alternatif 1 (Perkuatan Geotextile dan Micropile pada Kavling L12 dan Alih Fungsi Kavling L15 Menjadi Lereng Landai)

RINCIAN BIAYA ALTERNATIF 2						
NO	URAIAN PEKERJAAN-KETERANGAN	KODE	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
A.	Pekerjaan Area Kavling L12					
1.	Pekerjaan Micropile (Square pile 50 X 50)					
1.1	Pengadaan tiang pancang beton bertulang (50 x 50)		7.500,00	m'	1.630.512,00	12.228.840.000,00
1.2	Loading & Unloading		7.500,00	m'	3.500,00	26.250.000,00
1.3	Pemancangan tiang pancang beton bertulang		7.500,00	m'	264.782,21	1.985.866.575,00
14.240.956.575,00						
2.	Pekerjaan Geotextile					
2.1	Pengadaan dan pemasangan geotextile		6.100,00	kg	52.042,56	317.459.616,00
317.459.616,00						
TOTAL BIAYA						14.558.416.191,00
PPN 10%						1.455.841.619,10
JUMLAH TOTAL						16.014.257.810,10

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB VII
KESIMPULAN

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisa data tanah pada potongan STA +0.065 rata-rata bersifat lempung, pada lapisan pertama nilai SPT 3 bersifat soft clay. Sedangkan pada potongan STA +0.090 rata-rata bersifat lempung, pada lapisan pertama nilai SPT 12 bersifat medium clay.
2. Penyebab terjadinya kelongsoran tanah berdasarkan perhitungan pada **Sub Bab 4.3** potongan STA +0.090 tidak aman terhadap kontrol guling saat muka air tinggi, namun pada kondisi dilapangan dinding masih terlihat tegak. Hal ini kemungkinan dinding suatu saat akan mengalami guling tetapi belum terjadi. Sedangkan pada potongan STA +0.065 data tanah dasar lapisan pertama termasuk lempung lunak dengan nilai SPT 3. Saat muka air naik tanah menjadi sangat jenuh, dan tegangan horizontal bertambah yang mendorong dinding dan menyebabkan longsor. Dapat disimpulkan bahwa yang terjadi adalah perencanaan awal didesain menggunakan parameter saat muka air rendah Saat perencanaan perkuatan ini diterapkan saat muka air naik, maka tidak mampu menahan beban yang terjadi dan menyebabkan longsor.
3. Berdasarkan kondisi yang disebut diatas, direncanakan alternatif perkuatan timbunan yang aman terhadap longsor agar dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Alternatif 1 untuk pembangunan kavling L12 dan L15 adalah sebagai berikut :
 - a) Dilakukan perencanaan penimbunan pada kavling L12 sampai pada elevasi rencana +106 m dengan tinggi timbunan sebesar 3 m. Kavling L15 direncanakan sampai pada elevasi rencana +130 m dengan tinggi sebesar 8 m.
 - b) Merencanakan dimensi Dinding Penahan Tanah (DPT) sebagai proteksi timbunan didapatkan dimensi sebagai berikut :

Kavling L12 :		Kavling L15 :	
Tinggi DPT	= 5 m	Tinggi DPT	= 8,5 m
Lebar puncak	= 0,5 m	Lebar puncak	= 0,5 m
Lebar dasar	= 0,6 m	Lebar dasar	= 0,6 m
Tebal kaki	= 1 m	Tebal kaki	= 1 m
Lebar kaki	= 3 m	Lebar kaki	= 4 m

Pada dinding penahan tanah kavling L15 direncanakan adanya pipa subdrain 4" untuk menurunkan muka air tanah agar tidak terlalu membebani dinding penahan.

- c) Merencanakan dimensi *Soldier pile* sebagai proteksi bidang longsor overall, didapatkan dimensi sebagai berikut :

Kavling L12 :		Kavling L15 :	
Panjang pile	= 18 m	Panjang pile	= 18 m
Diameter pile	= 500 m	Diameter pile	= 500 m
Jarak antar pile l	= 1,5 m	Jarak antar pile l=	1,5 m
Jarak antar pile b	= 2 m	Jarak antar pile b=	1,5 m
Jum pile arah x	= 2 buah	Jum pile arah x	= 3 buah
Jum pile arah y	= 66 buah	Jum pile arah y=	66 buah

- d) Hasil plaxis dengan memperhitungkan adanya perkuatan DPT dan *soldier pile* pada kedua kavling didapatkan SF sebesar 1,535.
- e) Mempertimbangkan dimensi perkuatan area kavling L15 yang cukup besar untuk menahan timbunan setinggi ± 8 m, sehingga hal tersebut dirasa kurang efisien. Sehingga direncanakan alternatif lain agar lebih ekonomis yaitu dengan merubah kavling L15 menjadi lereng landai. Kemiringan lereng direncanakan dengan dua tingkatan, $L_{(A)} = 1 : 1,9$, $L_{(B)} = 1 : 2,2$. Hasil analisa plaxis memperhitungkan adanya *counterweight* sebesar 1,163. Karena masih kritis maka direncanakan tambahan perkuatan *sodier pile* dengan dimensi sama seperti pada kavling L12. Direncanakan *soldier pile* 2 lapis dengan diameter tiang 500 mm dan kedalaman 18 m. Memperhitungkan adanya perkuatan didapatkan hasil analisa plaxis sebesar SF = 1,496.

4. Alternatif 2 direncanakan dengan menggunakan *geotextile* dikombinasi dengan *micropile* untuk pembangunan kavling L12, sedangkan untuk kavling L15 dibiarkan menjadi lereng landai. Didapatkan SF dari analisa plaxis sebesar 1,360 masih dibawah persyaratan RSNI, maka dicoba dengan direncanakan tambahan *counterweight* dibelakang *geotextile* (area kavling L15) sebagai perkuatan. Hasil kontrol overall stabilitas dengan adanya *counterweight* SF terjadi sebesar 1,300 semakin berkurang dibandingkan sebelum adanya *counterweight*. Maka digunakan perkuatan tanpa adanya *counterweight*. Rekapitulasi desain perkuatan adalah sebagai berikut :

a) *Geotextile*

Kuat Tarik	= 200 Kn/m'
Jumlah lapis	= 10 layer
Jarak antar <i>geotextile</i>	= 30 cm

b) *Micropile*

Panjang pile	= 15 m
Dimensi pile	= (50 x 50) cm ²
Jumlah pile	= 5 buah/m'

5. Dipilih alternatif 1 jika ada perubahan alih fungsi kavling L15 menjadi lereng landai biaya menjadi lebih ekonomis. Besarnya anggaran biaya untuk alternatif 1 dengan merubah kavling L15 menjadi lereng landai sebesar Rp. 14.170.547.590.

5.2 Saran

Setelah melakukan perhitungan perencanaan pada Tugas Akhir ini, penulis dapat memberikan saran antara lain:

1. Perencanaan perkuatan pada pembangunan perumahan kavling L12 dan L15 jangan mengacu pada data lokasi yang memiliki tanah dasar yang relatif baik, karena pada area kavling L12 dan L15 jenis tanah tidak seragam. Alangkah baiknya jika di setiap 5 m rencanakan sesuai data tanah terdekat.
2. Pemilihan alternatif pembangunan kolam loncat indah harus selalu ditinjau ulang terhadap ketersediaan material, mengingat

lokasi kolam yang berada di Kalimantan sehingga biaya material dapat berubah sewaktu-waktu dan bisa saja membutuhkan biaya tambahan untuk pengiriman material.

3. Alternatif 1 dibutuhkan rencana ulang dengan melandaikan kavling L15 agar perkuatan soldier pile dapat dihilangkan dan didapatkan biaya lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, M. Braja., 1985, *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Erlangga, Jakarta.
- Das, M. Braja., 1985, *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah I : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Bowles, J.E., 1993. *Analisis dan Desain Pondasi*. Diterjemahkan oleh Fernando & P. Silaban. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C., 1994. *Mekanika Tanah 2*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Terzaghi, Karl dan B. Peck, Ralph, 1993, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.
- Mochtar, Noor E., 2012, “*Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*”, **Jurusan Teknik Sipil FTSLK - ITS**, Surabaya : ITS PRESS.
- NAVFAC DM-7., 1970, “*Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure*”, **Dept of the Navy Naval Facilities Engineering Command**, Virginia, USA.
- USGS., *Landslide Types and Processes*, 2004. <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>.
- Munthe, R.B., *Metode Penanganan Kelongsoran dalam Menjaga Infrastruktur yang Telah Ada*, 2014, Semarang. <<https://www.slideshare.net/thezlatan/metode-penanganan-kelongsoran-dalam-menjaga-infrastruktur-yang-telah-ada>>.
- Herman D.J.G dan Liong G.T., 2012, **Jurnal Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method**, Jakarta.
- RSNI 3 xxxx-20xx draf. 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

JADWAL PEKERJAAN TUGAS AKHIR

Nama : Minyatul Falihah

NRP : 03111745000004

Judul : ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF PERKUATAN TEBING
PADA PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15,
BALIKPAPAN UTARA, KALIMANTAN.

No	Uraian Kegiatan	Minggu ke-																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Penyusun dan Penulisan Laporan																	
2	Studi Literatur																	
3	Pengumpulan Data-Data Perencanaan awal																	
4	Analisis Data Tanah																	
5	Perencanaan Alternatif Timbunan dan Perkuatan Kavling L12																	
6	Perencanaan Timbunan dan Perkuatan Kavling L15																	
7	Perencanaan Lereng Landai pada Kavling L15																	
8	Perhitungan Biaya Material Perkuatan Timbunan																	
9	Kesimpulan dan saran																	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 1
DATA BOR LOG DAN SPT

Data Boring & Spt BH-02 Tahap 1 (Lanjutan)

LOG BOR															
Project		: Penyelidikan Tanah Boring Cluster Pineville (Blok L15)				Tanggal				: 21 Juli s/d 24 Juli 2017					
Lokasi		: Perumahan Grand City Cluster Pineville (Blok L15)				Mesin				: Koken					
No. Lubang		: BH - 02 (DUA)				Inklinasi				: Vertikal					
Dia. Lubang		: 73 mm				Juru Bor				: Imron Rosadi					
Elevasi		: -				Penanggung Jawab				: Mugianto, ST					
MAT		: 3.20 m				Pelaksana				: CV. INDOTECH KONSULTAN					
Kedalaman		: 30.00 m													
Depth (m)	Muka Air Tanah	Satuan Tanah/Batuan	Tipe Tanah/Batuan	Simbol Tanah & Batuan	DESCRIPTION	Core Recovery (CR) %	Warna	Tingkat Pelapukan	Kekerasan	Rock Quality Designation (RQD) %			SPT (N)		
										0	50	100	10	50	
20.00		Lempung Pasiran	Pasir Halus	x x	20.00 - 24.00 m		Kuning abu-abu		Sangat Pasir dan Sangat Keras				█	█	
21.00	x x			Pasir Halus, sedikit lanau, warna kuning abu-abu, sangat padat.								█	█		
22.00	x x											█	█		
23.00	x x											█	█		
24.00	x x											█	█		
25.00	x x											█	█		
26.00			Pasir Halus	Lempung	x x	24.00 - 28.00 m		Kuning abu-abu						█	█
25.00	x x				Pasir Halus, sedikit lanau, warna kuning abu-abu, sangat padat.								█	█	
26.00	x x												█	█	
27.00	x x												█	█	
28.00	x x												█	█	
29.00	x x												█	█	
30.00				x x	28.00 - 30.00 m		Abu-abu						█	█	
31.00					<i>Akhir Pemboran 30.00 m</i>										
32.00					Calatan :										
33.00				█	SPT = Standart Penetration Test										
34.00				▢	UDS = Undisturbed Sample										
35.00															
36.00															
37.00															
38.00															
39.00															
40.00															



LAMPIRAN 2
DATA LABORATORIUM

Hasil Tes Laboratorium Tahap 1 dan 2
(Sumber : Laporan Penyelidikan Tanah CV. Indotech – Balikpapan)

LABORATORIUM TEST RESULT																
Soil Parameter	Simbol	Unit	Sample No													
			BH-01 (T2)			BH-02 (T2)			BH-03 (T1)		BH-01 (T1)			BH-02 (T1)		
			7-7.5	12.5-13	29.5-30	7.5-8	15-15.5	29.5-30	7.5-8	17-17.5	5-5.5	11.5-12	28.5-29	5-5.5	11.5-12	29.5-30
Natural water content	w	(%)	20,23	25,28	16,46	21,29	21,17	13,85	21,09	29,74	28,01	26,19	13,64	27,81	16,78	18,81
Specific Gravity of Gs	-	-	2,69	2,68	2,66	2,62	2,66	2,71	2,06	2,46	2,68	2,76	2,67	2,77	2,68	2,65
Wet density	ysat	(gr/cm3)	2	2,14	2,29	2,21	2,03	2,41	2,15	1,83	2,12	2,24	2,23	2,05	2,23	2,17
Hodrometer Test	passing #	(%)	93,58	88,52	97,6	99,36	99,26	77,8	98,28	80,82	93,1	79,56	85,8	87,14	76,54	66,4
	Silt	(%)	35,85	35,57	22,82	24,07	29,33	28,5	37,6	49,79	29,18	18,27	30,69	31,24	34,81	30,69
	Clay	(%)	57,76	52,95	74,78	75,29	68,93	49,3	60,68	31,03	63,92	61,29	55,11	55,9	41,73	35,71
SCS Soil Classification					CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
Liquit Limit	LL	(%)	45,42	38,53	55,5	50,91	52,66	34,6	49,4	31,6	44,69	46,99	35,23	44,28	32,83	30,37
Plastic Limit	PL	(%)	24,43	22,13	24,46	25,79	29	19,52	26,58	23,63	27,1	28,15	21,82	26,04	21,18	20,94
Plasticity Index	IP	(%)	20,99	16,4	29,04	25,12	23,66	15,08	22,82	7,97	17,59	18,84	13,41	18,24	11,65	9,43
Geser Langsung	c	kg/cm2	0,21	0,03	1,24	0,25	0,29	0,88	0,48	0,24	0,4	0,39	0,12	0,5	0,36	0,3
	φ	degree	31,73	24,67	23,09	20,26	18,48	24,67	21,02	25,84	33,76	11,32	39,61	34,12	31,73	27,4
Unconfined Compression	c	kg/cm2	0,68	0,3	3,19	0,99	1,64	2,77	1,77	1,91	0,38	0,66	2,13	0,31	0,75	1,05
	St	-	1,05	1,02	1,06	1,12	1,05	1,1	1,08	1,06	1,1	1,06	1,04	1,03	1,1	1,15
TRIAxIAL-UU Test	c	kg/cm2	0,71	0,19	3,2	0,82	0,79	1,84	0,82	0,79	0,36	0,49	2,46	0,31	0,44	0,57
	φ	degree	7,03	7,03	5,72	8,18	8,48	12,23	8,81	8,48	4,9	4,91	2,98	3,88	5,61	5,38
Initial void ratio	eo	-	0,63	0,79	0,4	0,52	0,7	0,46	0,55	0,86	0,6	0,71	0,41	0,71	0,4	1,6
Compressible index	Cc	-	22	0,26	0,25	0,22	0,29	0,2	0,26	0,11	0,21	0,21	0,1	0,23	0,12	0,28
Coef. Of Consolidation	Cv	mm ² /sec														
Pre- Consolidation	Po	kg/cm ²	1,5	2,25	1,55	1,15	2,7	1,5	1,45	1,25	2,1	2,18	1,37	1,5	2,3	1,6

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 3
REKAPITULASI DAYA DUKUNG TIANG

Rekapitulasi Daya Dukung Pile D50 pada Titik BH1-T1

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N>15sand 15+	N>15sand 0.6 N	N minimum	γ _{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	po (ton/m ²)	N _{Corr}	2N	N _{Corr} pakai	N rata2 ujung	Q _{ujung} (ton)	f _{si} (ton/m ²)	f _{si} x A _{si} (ton)	Σ f _{si} x A _{si} (ton)	Q _{ult} = Q _{ujung} + Σ R _{si}	Q _{ijin} = Q _{ult} /SF SF=3 ; (ton)	Q _{ijin} = Q _{ult} /SF SF=2 ; (ton)	D _{ijin} tarik = Σ R _{si} /SF SF=3 ; (ton)	Q _{ijin} tarik = Σ R _{si} /SF SF=2 ; (ton)
0,0	0,0	L	0,00	0,00	0,00	1,40	0,42	0,00	0,00	0	0,00	5,00	39,27	0,00	0,00	0,00	39,27				
0,5	1,25	L	1,25	1,25	1,25	1,40	0,42	0,10	4,80	2,5	2,50	6,17	48,43	1,25	0,98	0,98	49,41				
1,0	2,5	L	2,50	2,50	2,50	1,40	0,42	0,31	8,88	5	5,00	7,29	57,22	2,50	1,96	2,95	60,17				
1,5	3,75	L	3,75	3,75	3,75	1,40	0,42	0,52	12,40	7,5	7,50	8,38	65,78	3,75	2,95	5,89	71,67	23,89	35,83	1,96	2,95
2,0	5,0	L	5,00	5,00	5,00	1,40	0,42	0,73	15,46	10	10,00	9,40	73,84	5,00	3,93	9,82	83,66	27,89	41,83	3,27	4,91
2,5	6,0	L	6,00	6,00	6,00	1,68	0,70	1,01	17,08	12	12,00	10,66	83,73	6,00	4,71	14,53	98,26	32,75	49,13	4,84	7,26
3,0	7,0	L	7,00	7,00	7,00	1,68	0,70	1,91	15,86	14	14,00	11,99	94,20	7,00	5,50	20,03	114,23	38,08	57,12	6,68	10,01
3,5	8,0	L	8,00	8,00	8,00	1,68	0,70	2,26	16,80	16	16,00	12,04	94,59	8,00	6,28	26,31	120,90	40,30	60,45	8,77	13,16
4,0	9,0	L	9,00	9,00	9,00	1,68	0,70	2,61	17,61	18	17,61	12,17	95,62	8,81	6,92	33,23	128,85	42,95	64,42	11,08	16,61
4,5	12,0	L	12,00	12,00	12,00	1,68	0,70	2,96	21,99	24	21,99	13,31	104,55	10,99	8,64	41,86	146,41	48,80	73,20	13,95	20,93
5,0	15,0	P	15,00	15,00	15,00	2,14	1,16	3,42	25,33	30	25,33	14,02	110,14	5,07	3,98	45,84	155,98	51,99	77,99	15,28	22,92
5,5	18,0	P	16,50	10,80	10,80	2,14	1,16	6,08	12,58	21,6	12,58	14,34	112,61	2,52	1,98	47,82	160,43	53,48	80,21	15,94	23,91
6,0	21,0	P	18,00	12,60	12,60	2,14	1,16	6,66	13,75	25,2	13,75	14,60	114,63	2,75	2,16	49,98	164,61	54,87	82,31	16,66	24,99
6,5	24,0	P	19,50	14,40	14,40	2,14	1,16	7,24	14,78	28,8	14,78	14,34	112,61	2,96	2,32	52,30	164,91	54,97	82,46	17,43	26,15
7,0	19,8	P	17,38	11,85	11,85	2,14	1,16	7,82	11,76	23,7	11,76	14,10	110,75	2,35	1,85	54,15	164,89	54,96	82,45	18,05	27,07
7,5	15,5	P	15,25	9,30	9,30	2,14	1,16	8,40	9,09	18,6	9,09	13,88	109,00	1,82	1,43	55,57	164,57	54,86	82,29	18,52	27,79
8,0	11,3	P	11,25	11,25	11,25	2,14	1,16	8,98	10,85	22,5	10,85	13,66	107,30	2,17	1,70	57,28	164,58	54,86	82,29	19,09	28,64
8,5	7,0	P	7,00	7,00	7,00	2,14	1,16	9,56	6,66	14	6,66	13,48	105,88	1,33	1,05	58,32	164,21	54,74	82,10	19,44	29,16
9,0	9,5	P	9,50	9,50	9,50	2,14	1,16	10,14	8,91	19	8,91	13,20	103,71	1,78	1,40	59,72	163,43	54,48	81,72	19,91	29,86
9,5	12,0	L	12,00	12,00	12,00	2,16	1,18	10,72	11,10	24	11,10	12,90	101,35	5,55	4,36	64,09	165,43	55,14	82,72	21,36	32,04
10,0	14,5	L	14,50	14,50	14,50	2,16	1,18	11,46	13,19	29	13,19	13,81	108,49	6,60	5,18	69,27	177,76	59,25	88,88	23,09	34,63
10,5	17,0	L	17,00	17,00	17,00	2,16	1,18	12,05	15,26	34	15,26	14,86	116,67	7,63	5,99	75,26	191,93	63,98	95,97	25,09	37,63
11,0	20,8	L	20,75	20,75	20,75	2,16	1,18	12,64	18,39	41,5	18,39	15,89	124,79	9,19	7,22	82,48	207,27	69,09	103,64	27,49	41,24
11,5	24,5	L	24,50	24,50	24,50	2,16	1,18	13,23	21,43	49	21,43	17,22	135,28	10,72	8,42	90,90	226,18	75,39	113,09	30,30	45,45
12,0	28,3	L	28,25	28,25	28,25	2,16	1,18	13,81	24,40	56,5	24,40	18,83	147,91	12,20	9,58	100,48	248,39	82,80	124,19	33,49	50,24
12,5	32,0	L	32,00	32,00	32,00	2,16	1,18	14,40	27,29	64	27,29	20,37	160,00	13,65	10,72	111,20	271,20	90,40	135,60	37,07	55,60
13,0	33,5	L	33,50	33,50	33,50	2,16	1,18	14,99	28,22	67	28,22	22,22	174,53	14,11	11,08	122,28	296,80	98,93	148,40	40,76	61,14
13,5	35,0	L	35,00	35,00	35,00	2,16	1,18	15,58	29,12	70	29,12	23,88	187,59	14,56	11,44	133,71	321,30	107,10	160,65	44,57	66,86
14,0	36,5	L	36,50	36,50	36,50	2,16	1,18	16,17	30,00	73	30,00	25,37	199,24	15,00	11,78	145,49	344,73	114,91	172,37	48,50	72,75
14,5	38,0	L	38,00	38,00	38,00	2,16	1,18	16,75	30,86	76	30,86	26,68	209,53	15,43	12,12	157,61	367,14	122,38	183,57	52,54	78,81
15,0	38,3	L	38,25	38,25	38,25	2,16	1,18	17,34	30,70	76,5	30,70	28,02	220,06	15,35	12,05	169,67	389,73	129,91	194,86	56,56	84,83

Rekapitulasi Daya Dukung Pile D50 pada Titik BH1-T1 (Lanjutan)

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N>15sand 15+.	N>15sand 0.6 N	Nminimum	γsat (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N _{Corr}	2N	N _{Corr} pakai	Nrata2 ujung	Q _{ujung} (ton)	f/si (ton/m2)	f/si x As (ton)	Σ f/si x Asi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3; (ton)	Qijin = Qult/SF SF=2; (ton)	Qijin tarik = Σ Rsi/S SF=3; (ton)	Qijin tarik = Σ Rsi/SF SF=2; (ton)
15.5	38.5	L	38.50	38.50	38.50	2.16	1.18	17.93	30.54	77	30.54	29.30	230.13	15.27	11.99	181.66	411.79	137.26	205.89	60.55	90.83
16.0	38.8	L	38.75	38.75	38.75	2.16	1.18	18.52	30.38	77.5	30.38	30.53	239.77	15.19	11.93	193.59	433.36	144.45	216.68	64.53	96.80
16.5	39.0	L	39.00	39.00	39.00	2.16	1.18	19.10	30.23	78	30.23	31.49	247.35	15.11	11.87	205.46	452.81	150.94	226.41	68.49	102.73
17.0	42.7	L	42.67	42.67	42.67	2.23	1.25	19.71	32.69	85.3	32.69	32.20	252.93	16.34	12.84	218.30	471.23	157.08	235.62	72.77	109.15
17.5	46.3	L	46.33	46.33	46.33	2.23	1.25	20.37	35.05	92.7	35.05	32.81	257.71	17.53	13.77	232.06	489.77	163.26	244.89	77.35	116.03
18.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	21.00	37.39	100	37.39	33.32	261.70	18.69	14.68	246.74	508.44	169.48	254.22	82.25	123.37
18.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	21.62	36.95	100	36.95	33.73	264.91	18.48	14.51	261.26	526.17	175.39	263.08	87.09	130.63
19.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	22.25	36.53	100	36.53	34.04	267.38	18.27	14.35	275.60	542.98	180.99	271.49	91.87	137.80
19.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	22.87	36.12	100	36.12	33.28	261.35	18.06	14.18	289.79	551.14	183.71	275.57	96.60	144.89
20.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	23.49	35.72	100	35.72	32.50	255.25	17.86	14.03	303.81	559.07	186.36	279.53	101.27	151.91
20.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	24.12	35.32	100	35.32	31.72	249.11	17.66	13.87	317.69	566.79	188.93	283.40	105.90	158.84
21.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	24.74	34.94	100	34.94	30.93	242.92	17.47	13.72	331.41	574.33	191.44	287.16	110.47	165.70
21.5	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.29	1.31	25.38	20.73	60	20.73	30.95	243.09	4.15	3.26	334.66	577.75	192.58	288.87	111.55	167.33
22.0	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.29	1.31	26.22	20.44	60	20.44	30.76	241.61	4.09	3.21	337.87	579.48	193.16	289.74	112.62	168.94
22.5	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.29	1.31	26.87	20.21	60	20.21	30.38	238.64	4.04	3.17	341.05	579.68	193.23	289.84	113.68	170.52
23.0	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.29	1.31	27.53	19.99	60	19.99	30.01	235.72	4.00	3.14	344.19	579.91	193.30	289.96	114.73	172.09
23.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.29	1.31	28.18	32.96	100	32.96	29.65	232.87	16.48	12.94	357.13	590.00	196.67	295.00	119.04	178.57
24.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	28.82	32.62	100	32.62	29.30	230.08	16.31	12.81	369.94	600.02	200.01	300.01	123.31	184.97
24.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	29.11	32.46	100	32.46	28.95	227.35	16.23	12.75	382.69	610.04	203.35	305.02	127.56	191.34
25.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	29.74	32.13	100	32.13	28.61	224.67	16.07	12.62	395.30	619.98	206.66	309.99	131.77	197.65
25.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	30.36	31.81	100	31.81	28.27	222.05	15.91	12.49	407.80	629.85	209.95	314.93	135.93	203.90
26.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	30.99	31.50	100	31.50	29.01	227.84	15.75	12.37	420.17	648.01	216.00	324.00	140.06	210.08
26.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	31.61	31.19	100	31.19	29.75	233.63	15.60	12.25	432.42	666.05	222.02	333.03	144.14	216.21
27.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	32.24	30.89	100	30.89	29.57	232.20	15.45	12.13	444.55	676.75	225.58	338.38	148.18	222.28
27.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	32.86	30.60	100	30.60	29.39	230.81	15.30	12.02	456.57	687.38	229.13	343.69	152.19	228.28
28.0	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	33.49	30.31	100	30.31	28.20	221.48	15.15	11.90	468.47	689.95	229.98	344.98	156.16	234.23
28.5	50.0	L	50.00	50.00	50.00	2.23	1.25	34.11	30.03	100	30.03	27.83	218.59	15.01	11.79	480.26	698.85	232.95	349.43	160.09	240.13
29.0	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.23	1.25	34.74	17.85	60	17.85	27.41	215.29	3.57	2.80	483.06	698.35	232.78	349.18	161.02	241.53
29.5	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.23	1.25	35.36	17.68	60	17.68	26.94	211.58	3.54	2.78	485.84	697.42	232.47	348.71	161.95	242.92
30.0	50.0	P	32.50	30.00	30.00	2.23	1.25	35.98	17.52	60	17.52	26.40	207.33	3.50	2.75	488.59	695.92	231.97	347.96	162.86	244.30

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

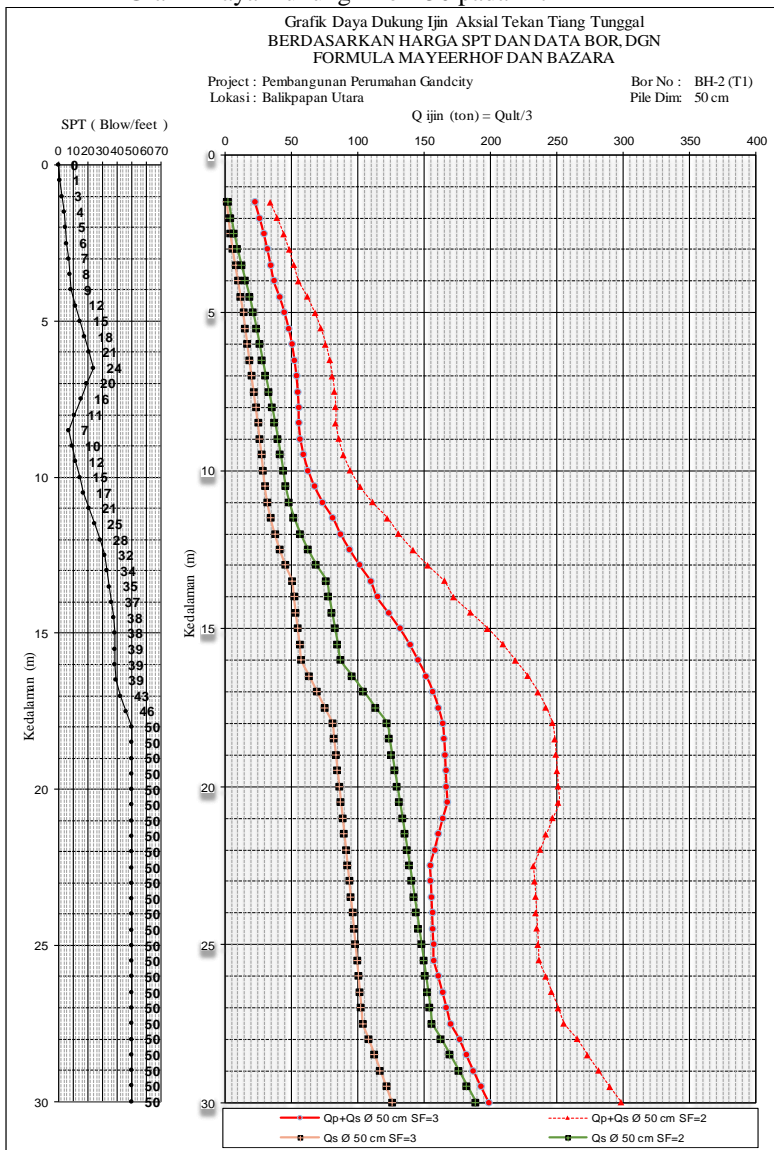
Rekapitulasi Daya Dukung Pile D50 pada Titik BH2-T1

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N>15sand 15+.	N>15sand 0.6 N	N minimum	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m ²)	N _{Corr}	2N	N _{Corr}	N _{rata2} ujung	Q _{ujung} (ton)	f _{si} (ton/m ²)	f _{si} x A _{si} (ton)	Σ f _{si} x A _{si} (ton)	Q _{ult} = Q _{ujung} + Σ R _{si}	Q _{ijin} = Q _{ult} /SF SF=3 ; (ton)	Q _{ijin} = Q _{ult} /SF SF=2 ; (ton)	Q _{ijin} tarik = Σ R _{si} /SF SF=3 ; (ton)	Q _{ijin} tarik = Σ R _{si} /SF SF=2 ; (ton)
0,0	0	L	0,00	0,00	0,00	1,60	0,62	0,00	0,00	0	0,00	5,00	39,27	0,00	0,00	0,00	39,27				
0,5	1,25	L	1,25	1,25	1,25	1,60	0,62	0,15	4,71	2,5	2,50	6,08	47,78	1,25	0,98	0,98	48,76				
1,0	2,5	L	2,50	2,50	2,50	1,60	0,62	0,46	8,44	5	5,00	7,07	55,54	2,50	1,96	2,95	58,48				
1,5	3,75	L	3,75	3,75	3,75	1,60	0,62	0,77	11,46	7,5	7,50	8,00	62,83	3,75	2,95	5,89	68,72	22,91	34,36	1,96	2,95
2,0	5	L	5,00	5,00	5,00	1,60	0,62	1,08	13,96	10	10,00	8,89	69,81	5,00	3,93	9,82	79,63	26,54	39,82	3,27	4,91
2,5	5,75	L	5,75	5,75	5,75	1,60	0,62	1,39	14,78	11,5	11,50	9,51	74,71	5,75	4,52	14,33	89,04	29,68	44,52	4,78	7,17
3,0	6,5	L	6,50	6,50	6,50	1,60	0,62	1,70	15,48	13	13,00	9,90	77,77	6,50	5,11	19,44	97,20	32,40	48,60	6,48	9,72
3,5	7,25	L	7,25	7,25	7,25	1,60	0,62	2,01	16,08	14,5	14,50	10,13	79,55	7,25	5,69	25,13	104,68	34,89	52,34	8,38	12,57
4,0	8	L	8,00	8,00	8,00	1,60	0,62	2,32	16,61	16	16,00	10,24	80,41	8,00	6,28	31,42	111,83	37,28	55,91	10,47	15,71
4,5	7,75	L	7,75	7,75	7,75	1,60	0,62	2,63	15,12	15,5	15,12	11,15	87,53	7,56	5,94	37,35	124,89	41,63	62,44	12,45	18,68
5,0	7,5	L	7,50	7,50	7,50	1,60	0,62	2,94	13,80	15	13,80	11,88	93,27	6,90	5,42	42,77	136,04	45,35	68,02	14,26	21,39
5,5	7,25	L	7,25	7,25	7,25	1,60	0,62	3,24	12,62	14,5	12,62	12,43	97,60	6,31	4,96	47,73	145,33	48,44	72,67	15,91	23,86
6,0	7	L	7,00	7,00	7,00	1,60	0,62	3,55	11,56	14	11,56	12,80	100,53	5,78	4,54	52,27	152,80	50,93	76,40	17,42	26,13
6,5	7,5	L	7,50	7,50	7,50	1,60	0,62	3,86	11,79	15	11,79	12,92	101,49	5,89	4,63	56,90	158,39	52,80	79,19	18,97	28,45
7,0	8	L	8,00	8,00	8,00	1,60	0,62	4,17	11,99	16	11,99	12,87	101,11	6,00	4,71	61,61	162,72	54,24	81,36	20,54	30,80
7,5	8,5	L	8,50	8,50	8,50	1,60	0,62	4,48	12,18	17	12,18	12,66	99,43	6,09	4,78	66,39	165,82	55,27	82,91	22,13	33,19
8,0	9	L	9,00	9,00	9,00	1,60	0,62	4,79	12,35	18	12,35	12,28	96,48	6,17	4,85	71,24	167,72	55,91	83,86	23,75	35,62
8,5	8,8	L	8,80	8,80	8,80	1,60	0,62	5,10	11,58	17,6	11,58	11,75	92,29	5,79	4,55	75,78	168,07	56,02	84,04	25,26	37,89
9,0	8,6	L	8,60	8,60	8,60	1,60	0,62	5,41	10,88	17,2	10,88	11,70	91,90	5,44	4,27	80,06	171,96	57,32	85,98	26,69	40,03
9,5	8,4	L	8,40	8,40	8,40	1,60	0,62	5,72	10,22	16,8	10,22	12,10	95,04	5,11	4,01	84,07	179,11	59,70	89,56	28,02	42,04
10,0	8,2	L	8,20	8,20	8,20	1,60	0,62	6,03	9,62	16,4	9,62	12,98	101,97	4,81	3,78	87,85	189,82	63,27	94,91	29,28	43,92
10,5	8	L	8,00	8,00	8,00	1,60	0,62	6,33	9,06	16	9,06	14,33	112,52	4,53	3,56	91,40	203,92	67,97	101,96	30,47	45,70
11,0	13,5	L	13,50	13,50	13,50	2,33	1,35	6,83	14,48	27	14,48	15,98	125,53	7,24	5,68	97,09	222,61	74,20	111,31	32,36	48,54
11,5	19	L	19,00	19,00	19,00	2,33	1,35	7,50	19,00	38	19,00	17,94	140,92	9,50	7,46	104,55	245,47	81,82	122,73	34,85	52,27
12,0	24,5	L	24,50	24,50	24,50	2,33	1,35	8,18	24,09	49	24,09	18,93	148,69	12,05	9,46	114,01	262,70	87,57	131,35	38,00	57,01
12,5	30	L	30,00	30,00	30,00	2,33	1,35	8,85	29,02	60	29,02	20,11	157,97	14,51	11,40	125,41	283,38	94,46	141,69	41,80	62,70
13,0	35	L	35,00	35,00	35,00	2,33	1,35	9,52	33,31	70	33,31	21,35	167,65	16,66	13,08	138,49	306,13	102,04	153,07	46,16	69,24
13,5	40	L	40,00	40,00	40,00	2,33	1,35	10,20	37,47	80	37,47	22,62	177,67	18,74	14,72	153,20	330,88	110,29	165,44	51,07	76,60
14,0	45	P	30,00	27,00	27,00	1,35	0,37	10,63	25,04	54	25,04	23,94	188,03	5,01	3,93	157,14	345,17	115,06	172,58	52,38	78,57
14,5	50	P	32,50	30,00	30,00	1,35	0,37	10,81	27,71	60	27,71	26,68	209,52	5,54	4,35	161,49	371,01	123,67	185,50	53,83	80,75
15,0	50	P	32,50	30,00	30,00	1,35	0,37	10,99	27,59	60	27,59	29,41	230,97	5,52	4,33	165,82	396,80	132,27	198,40	55,27	82,91

Rekapitulasi Daya Dukung Pile D50 pada Titik BH2-T1 (Lanjutan)

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N>15sand 15+...	N>15sand 0.6 N	N minimum	γsat (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr pakai	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fisi (ton/m2)	fisi x Asi (ton)	Σ fisi x Asi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)	Qijin = Qult/SF SF=2 ; (ton)	Qijin tarik = Σ Rsi/SF SF=3 ; (ton)	Qijin tarik = Σ Rsi/SF SF=2 ; (ton)
15.5	50	P	32,50	30,00	30,00	1,35	0,37	11,17	27,48	60	27,48	31,68	248,79	5,50	4,32	170,14	418,93	139,64	209,46	56,71	85,07
16.0	50	P	32,50	30,00	30,00	1,35	0,37	11,36	27,36	60	27,36	33,55	263,51	5,47	4,30	174,44	437,95	145,98	218,98	58,15	87,22
16.5	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	11,76	45,19	100	45,19	33,67	264,47	22,60	17,75	192,18	456,66	152,22	228,33	64,06	96,09
17.0	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	12,38	44,57	100	44,57	33,39	262,25	22,28	17,50	209,69	471,93	157,31	235,97	69,90	104,84
17.5	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	12,99	43,96	100	43,96	32,75	257,23	21,98	17,26	226,95	484,18	161,39	242,09	75,65	113,47
18.0	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	13,61	43,37	100	43,37	31,77	249,51	21,69	17,03	243,98	493,49	164,50	246,74	81,33	121,99
18.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	14,23	25,68	60	25,68	31,72	249,10	5,14	4,03	248,02	497,12	165,71	248,56	82,67	124,01
19.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	14,86	25,34	60	25,34	31,44	246,91	5,07	3,98	252,00	498,90	166,30	249,45	84,00	126,00
19.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	15,48	25,01	60	25,01	31,14	244,60	5,00	3,93	255,92	500,52	166,84	250,26	85,31	127,96
20.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	16,11	24,69	60	24,69	30,84	242,19	4,94	3,88	259,80	501,99	167,33	250,99	86,60	129,90
20.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	16,73	24,38	60	24,38	30,52	239,67	4,88	3,83	263,63	503,30	167,77	251,65	87,88	131,82
21.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	17,36	24,07	60	24,07	28,80	226,22	4,81	3,78	267,41	493,63	164,54	246,81	89,14	133,71
21.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	17,98	23,77	60	23,77	27,12	212,97	4,75	3,73	271,15	484,12	161,37	242,06	90,38	135,57
22.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	18,60	23,48	60	23,48	25,46	199,94	4,70	3,69	274,83	474,77	158,26	237,39	91,61	137,42
22.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	19,23	23,20	60	23,20	23,82	187,11	4,64	3,64	278,48	465,58	155,19	232,79	92,83	139,24
23.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	19,85	22,92	60	22,92	23,53	184,81	4,58	3,60	282,08	466,89	155,63	233,44	94,03	141,04
23.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	20,48	22,65	60	22,65	23,25	182,57	4,53	3,56	285,64	468,21	156,07	234,10	95,21	142,82
24.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	21,10	22,39	60	22,39	22,97	180,38	4,48	3,52	289,15	469,54	156,51	234,77	96,38	144,58
24.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	21,73	22,13	60	22,13	22,70	178,25	4,43	3,48	292,63	470,88	156,96	235,44	97,54	146,31
25.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	22,35	21,88	60	21,88	22,43	176,16	4,38	3,44	296,07	472,23	157,41	236,11	98,69	148,03
25.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	22,98	21,63	60	21,63	22,17	174,13	4,33	3,40	299,46	473,59	157,86	236,80	99,82	149,73
26.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	23,60	21,39	60	21,39	22,97	180,39	4,28	3,36	302,82	483,21	161,07	241,60	100,94	151,41
26.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	24,22	21,15	60	21,15	23,76	186,60	4,23	3,32	306,15	492,75	164,25	246,37	102,05	153,07
27.0	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	24,85	20,92	60	20,92	24,55	192,78	4,18	3,29	309,43	502,21	167,40	251,11	103,14	154,72
27.5	50	P	32,50	30,00	30,00	2,23	1,25	25,47	20,70	60	20,70	25,33	198,92	4,14	3,25	312,69	511,60	170,53	255,80	104,23	156,34
28.0	50	L	50,00	50,00	50,00	2,23	1,25	26,10	34,13	100	34,13	26,10	205,02	17,07	13,40	326,09	531,11	177,04	265,55	108,70	163,04
28.5	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	26,72	33,77	100	33,77	26,41	207,45	16,89	13,26	339,35	546,80	182,27	273,40	113,12	169,68
29.0	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	27,34	33,42	100	33,42	26,80	210,51	16,71	13,13	352,48	562,99	187,66	281,49	117,49	176,24
29.5	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	27,96	33,08	100	33,08	27,30	214,38	16,54	12,99	365,47	579,85	193,28	289,92	121,82	182,73
30.0	50	L	50,00	50,00	50,00	2,22	1,24	28,57	32,75	100	32,75	27,93	219,32	16,37	12,86	378,33	597,65	199,22	298,83	126,11	189,16

Grafik Daya Dukung Pile D50 pada Titik BH2-T1



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 4
BROSUR GEOTEXTILE



HUESKER STABILENKA® DATA SHEET

HIGH STRENGTH WOVEN GEOTEXTILE FOR SOIL REINFORCEMENT

PRODUCT			100/50	120/120	150/45	200/45	300/45	400/50	600/50	800/50	1000/100
MECHANICAL	TEST	UNIT									
Ultimate tensile strength Longitudinal Transverse	EN ISO 10.319	kN/m	≥ 100 ≥ 50	≥ 120 ≥ 120	≥ 150 ≥ 45	≥ 200 ≥ 45	≥ 300 ≥ 45	≥ 400 ≥ 50	≥ 600 ≥ 50	≥ 800 ≥ 50	≥ 1000 ≥ 100
Tensile strength @ 6% strain : Longitudinal	EN ISO 10.319	kN/m	≥ 60	---	≥ 85	≥ 120	≥ 180	≥ 230	≥ 320	≥ 460	≥ 600
Strain @ nominal tensile Strength : longitudinal Transverse	EN ISO 10.319	%	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 10	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20
Creep after two years @ 50% stress ratio		%	1	1	1	1	1	1	1	1	1

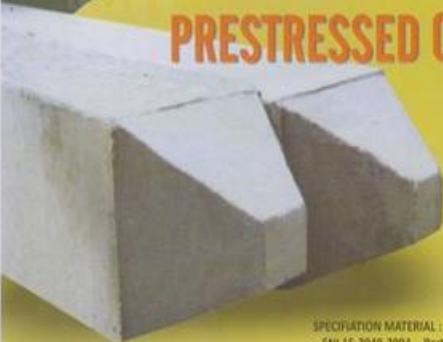

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 5
BROSUR MICROPILE



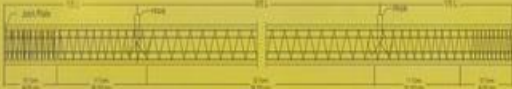
Brou Micropile Produk “Hersya Beton Lintasnusa”

PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILE





SPECIFICATION MATERIAL :

- SNI 15-2049-2004 Portland Cement
- SNI 03-2847-2002 Indonesia Concrete Code
- JIS G 3536 - 1999 Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand For Prestressed Concrete
- JIS G 3137 - 1994 Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete

REINFORCEMENT UPPER SQUARE PILE



REINFORCEMENT BOTTOM SQUARE PILE

SIZE	WEIGHT	AREA	LENGTH	BENDING MOMENT		AXIAL LOAD
				MOMENT DESIGN	MOMENT ULTIMATE	
20X20	100	400	6-12	1.1	1.8	69
			13-15	1.2	2.5	88
			16-18	1.3	3.2	78
25X25	157	625	6-12	2.2	5.3	77
			13-15	3.1	8.3	115
			16-18	3.6	9.4	111
30X30	225	900	6-12	5.0	9.0	155
			13-15	5.5	10.7	152
			16-18	5.8	10.8	151
35X35	306	1225	6-12	6.0	12.5	205
			13-15	7.5	13.6	203
			16-18	7.9	13.0	200

SIZE	WEIGHT	AREA	LENGTH	BENDING MOMENT		AXIAL LOAD
				MOMENT DESIGN	MOMENT ULTIMATE	
45X45	506	2025	6-12	8.1	15.1	266.0
			13-15	12.9	21.0	248.0
			16-18	13.4	22.0	246.00
50X50	625	2500	6-12	16.0	27.0	318.0
			13-15	16.5	28.5	312.0
			16-18	17.5	30.0	307.0

Note: Concrete Compressive Strength (f_c) = 42.5 MPa (Class 50/60 kg/cm²)
 Steel grade = B460 (at steel plant)
 Type of steel = Hot Rolled (Standard Product)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 6
DAFTAR STANDART UPAH TENAGA KERJA DAN
BAHAN BANGUNAN

Daftar Standar Upah Tenaga Kerja dan Bahan Bangunan Dinas Pekerjaan Umum Balikpapan

X - 1

X. DAFTAR STANDARISASI HARGA KEPERLUAN DINAS PEKERJAAN UMUM UPAH TENAGA KERJA DAN BAHAN BANGUNAN

NO	KODE	URAIAN	UPAH KERJA (RP)	KETERANGAN
	X.1.	Upah Tenaga Kerja		
1	L.00	Buruh Tidak Terampil	97.300	1 hari = 7 jam kerja
2	L.01	Buruh Terampil/Pekerja	121.600	1 hari = 7 jam kerja
3	L.02	Tukang Kayu	129.900	1 hari = 7 jam kerja
4	L.02	Tukang Batu	129.900	1 hari = 7 jam kerja
5	L.02	Tukang Besi	129.900	1 hari = 7 jam kerja
6	L.02	Tukang Cat	129.900	1 hari = 7 jam kerja
7	L.03	Kepala Tukang	145.900	1 hari = 7 jam kerja
8	L.04	Mandor	137.800	1 hari = 7 jam kerja
9	L.05	Mekanik	188.500	1 hari = 7 jam kerja
10	L.06	Operator Terampil	170.300	1 hari = 7 jam kerja
11	L.07	Pembantu Operator	113.500	1 hari = 7 jam kerja
12	L.08	Sopir Terampil	121.600	1 hari = 7 jam kerja
13	L.09	Pembantu Sopir	105.400	1 hari = 7 jam kerja

X.2. Harga Peralatan

X.2.1. Alat Berat

NO	KODE	URAIAN	HP	KAPASITAS	HARGA ALAT	SATUAN	BIAYA SEWA (PER JAM)	KETERANGAN
1	E01	ASPHALT MIXING PLANT	294,0	60,0	3.749.383.340	T/Jam	6.706.107,32	
2	E02	ASPHALT FINISHER	72,4	10,0	1.287.200.270	Ton	675.218,46	
3	E03	ASPHALT SPRAYER	4,0	850,0	158.424.300	Liter	95.166,37	
4	E04	BULLDOZER 100-150 HP	165,0	-	1.980.000.000	-	861.191,21	
5	E05	COMPRESSOR 4000-6500 L/M	80,0	5000,0	234.703.010	Cpm(L/m)	229.800,16	
6	E06	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	20,0	500,0	16.531.500	Liter	103.653,15	
7	E07	CRANE 10-15 TON	138,0	15,0	3.990.616.770	Ton	1.301.930,44	
8	E08	DUMP TRUCK 6 TON	100,0	3,5	285.377.774	Ton	330.423,31	
9	E09	DUMP TRUCK 10 TON	190,0	10,0	420.000.000	Ton	418.174,50	
10	E10	EXCAVATOR 80-140 HP	133,0	0,9	1.200.000.000	M ³	624.215,38	
11	E11	FLAT BED TRUCK 3-4 M3	190,0	10,0	780.387.740	Ton	648.831,85	
12	E12	GENERATOR SET	180,0	135,0	447.996.000	KVA	546.463,09	
13	E13	MOTOR GRADER >100 HP	135,0	10800,0	2.283.500.000	-	890.291,24	
14	E14	TRACK LOADER 75-100 HP	70,0	0,8	806.791.790	M ³	360.051,42	
15	E15	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	96,0	1,5	-	M ³	689.358,28	
16	E16	THREE WHEEL ROLLER 6-8 T	55,0	8,0	733.447.550	Ton	339.194,77	
17	E17	TANDEM ROLLER 6-8 T.	82,0	8,1	1.760.274.120	Ton	646.825,45	
18	E18	TIRE ROLLER 8-10 T.	100,5	9,0	1.617.251.410	Ton	653.164,95	
19	E19	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	82,0	7,1	1.320.205.590	Ton	540.552,42	
20	E20	CONCRETE VIBRATOR	5,5	25,0	14.268.889	-	63.334,20	
21	E21	STONE CRUSHER	220,0	50,0	3.244.404.210	T/Jam	1.326.375,60	
22	E22	WATER PUMP 70-100 mm	6,0	-	19.283.000	-	59.663,19	
23	E23	WATER TANKER 3000-4500 L.	100,0	4000,0	293.379.020	Liter	332.355,54	

Ket: Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO	KODE	URAIAN	HP	KAPASITAS	HARGA ALAT	SATUAN	BIAYA SEWA (PER JAM)	KETERANGAN
24	E24	PEDESTRIAN ROLLER	8,8	1,0	139.354.880	Ton	102.398,90	
25	E25	TAMPER	4,7	0,2	22.002.880	Ton	65.480,78	
26	E26	JACK HAMMER	-	1330,0	44.008.750	-	51.170,14	
27	E27	FULVI MIXER	345,0	2005,0	3.687.237.750	-	3.008.022,80	
28	E28	CONCRETE PUMP	100,0	8,0	293.379.020	M ²	327.856,46	
29	E29	TRAILER 20 TON	175,0	20,0	1.100.170.810	Ton	678.040,76	
30	E30	PILE DRIVER + HAMMER	25,0	2,5	2.933.790.200	Ton	804.270,72	
31	E31	CRANE ON TRACK 35 TON	125,0	35,0	2.933.790.200	Ton	980.243,90	
32	E32	WELDING SET	40,0	250,0	110.016.380	Amp	155.496,53	
33	E33	BORE PILE MACHINE	150,0	2000,0	3.381.128.980	Meter	1.132.130,38	
34	E34	ASPHALT LIQUID MIXER (CAP 1000)	248,0	1000,0	386.723.280	Liter	148.724,83	
35	E35	TRAILER 15 TON	150,0	15,0	686.770.500	Ton	875.983,23	
36	E36	ROCK DRILL BREAKER	3,0	-	80.008.830	-	98.841,21	
37	E37	COLD MILLING	248,0	1000,0	686.770.500	Meter	781.981,89	
38	E38	COLD RECYCLER	900,0	2,2	10.502.910.000	M	4.568.016,16	
39	E39	HOT RECYCLER	400,0	3,0	34.134.457.500	M	9.200.025,79	
40	E40	AGGREGAT (CHIP) SPREADER	115,0	3,5	480.961.050	M	839.724,69	
41	E41	ASPHALT DISTRIBUTION	115,0	4000,0	480.961.050	Liter	438.398,43	
42	E42	SLIP FORM PAVER	105,0	2,5	1.580.431.480	M	867.885,51	
43	E43	CONCRETE PAN MIXER	134,0	800,0	1.186.990.000	Liter	780.695,30	
44	E44	CONCRETE BREAKER	290,0	20,0	10.502.910.000	M ² /Jam	3.250.135,76	
45	E45	ASPHALT TANKER	190,0	4000,0	583.495.000	Liter	827.755,71	
46	E46	CEMENT TANKER	190,0	4000,0	583.495.000	Liter	562.335,71	
47	E47	CONCRETE MIXER (350)	20,0	350,0	40.844.650	Liter	100.422,14	
48	E48	VIBRATING RAMMER	4,2	80,0	23.339.800	Kg	64.850,08	
49	E49	TRUCK MIXER	220,0	5,0	875.242.500	M ²	738.027,72	
50	E50	BORE PILE MACHINE	125,0	80,0	3.381.128.980	CM	1.373.136,31	
51	E51	CRANE ON TRACK 75 - 100 TON	200,0	75,0	5.857.884.000	Ton	1.897.049,84	
52	E52	BLENDING EQUIPMENT		30,0	583.495.000	Ton	348.424,92	
53	E84a	MESIN POTONG RUMPUT			2.832.500			
54	E84b	PICK UP TRUCK			236.797.000			
55	E84c	CHAIN SAW			3.965.500		50.792,70	
56	E54	BAR BENDER			38.890.000		62.277,85	
57	E55	BAR CUTTER			79.500.000		76.645,09	
58	E56	BREAKER			-		217.314,08	
59	E57	GROUTING PUMP			143.100.000		296.064,36	
60	E58	JACK HIDROLIK			28.820.000		54.083,28	
61	E59	MESIN LAS			2.228.000		50.224,25	
62	E80	PILE DRIVER LEADER, 75 Kw			1.144.800.000		252.813,50	
63	E81	PILE HAMMER			128.790.000		169.604,28	
64	E82	PILE HAMMER , 2.5 TON			-		42.752,50	
65	E83	STRESSING JACK			533.763.000		380.422,48	
66	E84	WELDING MACHINE , 300 A			3.922.000		51.780,48	

Ket.

1. Kapasitas Alat Berdasarkan :

- Caterpillar Performance Handbook Edition 34, October 2003
- Komatsu. 2005. Specification dan application hand book contoh contoh perhitungan produksi Edition 26.
- Brochures/Leaflets Produk KOMATSU, SAKAI

Ket:

Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
26	X.3.1.2.26	Bata Ringan	Uk. 60 x 20 x 7,5 cm Isi 111 Buah	Bh	11.862,16	*
27	X.3.1.2.27	Bata Ringan	Uk. 60 x 20 x 10 cm Isi 84 Buah	Bh	15.400,00	*
28	X.3.1.2.28	Lem Hebel	50 Kg (SMI T100)	Kg	2.508,00	*
29	X.3.1.2.29	Semen Aci	50 Kg (PM)	Kg	2.758,80	*
	X.3.2.	Pasir				
1	X.3.2.1	Pasir Beton ex Palu		M ³	428.800,00	*
2	X.3.2.2	Pasir Unug		M ³	160.800,00	*
3	X.3.2.3	Pasir Putih/Pasangan		M ³	294.800,00	*
4	X.3.2.4	Pasir halus (HRS)		M ³	109.451,20	*
	X.3.3.	Tanah				
1	X.3.3.1	Tanah Urug		M ³	80.400,00	*
2	X.3.3.2	Pasir urug		M ³	160.800,00	*
	X.3.4.	Semen				
1	X.3.4.1	Semen Abu-abu	1 zak = 50 kg	Zak	70.200,00	Tonasa*
2	X.3.4.2	Semen Abu-abu	1 zak = 50 kg	Zak	89.550,00	Tiga Roda
3	X.3.4.3	Semen Abu-abu	1 zak = 50 kg	Zak	89.550,00	Bosowa
4	X.3.4.4	Semen Abu-abu	1 zak = 50 kg	Zak	86.160,00	Conch
5	X.3.4.5	Semen Abu-abu	1 zak = 50 kg	Zak	88.480,00	Gresik
6	X.3.4.6	Semen Putih	1 zak = 40 kg	Zak	116.100,00	*
7	X.3.4.7	Semen Warna		Kg	18.360,00	AM*
8	X.3.4.8	Semen Perekat Bata Ringan	MU-3801 zak 40 Kg	Zak	130.433,00	Mortar Utama*
9	X.3.4.9	Semen Perekat Bata Ringan	1 zak 25 Kg Sika Mur 130 LB Daya Sebar ± 12,5 m ²	Zak	149.714,40	Sika
10	X.3.4.10	Semen Pasangan Bata & Plester	1 zak 25 Kg Sika Plester Mix Daya Sebar ± 1,5 m ²	Zak	99.809,60	Sika
11	X.3.4.11	Semen Acian Plesteran & Beton	1 zak 25 Kg Sika Skim Coat Daya Sebar ± 12,5 m ²	Zak	134.402,70	Sika*
12	X.3.4.12	Semen Perekat Keramik Dinding Dan Lantai	MU-4001 zak 25 Kg Granite Tile	Zak	130.433,00	Mortar Utama
13	X.3.4.13	Semen Perbaikan Permukaan Acian	MU-8401 zak 25 Kg	Zak	133.835,60	Mortar Utama*
14	X.3.4.14	Semen Perekat Beton Lama dan Baru	SikaCim-Bonding Adhesive 1 Kemasan 900 Ml Daya Sebar 8 M ²	Bh	82.381,00	Sika
15	X.3.4.15	Bahan Mempercepat Pengeras Beton	SikaCim-Concrete Additive 1 Kemasan 900 Ml untuk 3 - 4 Zak semen	Bh	45.368,00	Sika
	X.3.5.	Kayu				
1	X.3.5.1	Kayu Ulin	Ukuran 12 x 12 x 400 cm	M ³	6.780.000,00	*
2	X.3.5.2	Kayu Ulin	Ukuran 10 x 10 x 400 cm	M ³	5.512.000,00	*
3	X.3.5.3	Kayu Ulin	Ukuran 8 x 8 x 400 cm	M ³	3.840.000,00	*
4	X.3.5.4	Kayu Ulin	Ukuran 5 x 10 x 400 cm	M ³	4.680.000,00	*
5	X.3.5.5	Papan Ulin	Ukuran 2 x 20 x 200 cm	M ³	5.200.000,00	*
6	X.3.5.6	Papan Ulin	Ukuran 2 x 20 x 400 cm	M ³	6.240.000,00	*
7	X.3.5.7	Kayu Bangkirai	Ukuran 6 x 12 x 400 cm	M ³	6.240.000,00	*
8	X.3.5.8	Papan Bangkirai	Ukuran 2 x 20 x 400 cm	M ³	6.240.000,00	*
9	X.3.5.9	Kayu Meranti	Ukuran 6 x 12 x 400 cm	M ³	2.766.000,00	*

Kat:
Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
7	X.3.6.3.1.7	Besi Beton	ø10 9,4 x 11,4 berat 0,5447394 kg/m' 8,21002918 0,5447394	Btg	69.080,00	
8	X.3.6.3.1.8	Besi Beton	ø1211,4 x 11,4 berat 0,8012034 kg/m' 9,13371876 0,8012034	Btg	101.640,00	
9	X.3.6.3.1.9	Besi Beton	ø14 12 x 11,4 berat 0,88776 kg/m' 10,120484 0,88776	Btg	112.640,00	
10	X.3.6.3.1.10	Besi Beton	ø14 12,8 x 11,4 berat 1,0100736 kg/m' 11,51483904 1,0100736	Btg	128.150,00	
11	X.3.6.3.1.11	Besi Beton	ø16 13,8 x 11,4 berat 1,1740626 kg/m' 13,38431384 1,1740626	Btg	149.050,00	
17	X.3.6.3.1.12	Besi Beton	ø8 8 x 12 berat 0,22194 kg/m' 2,68328 0,22194	Btg	34.100,00	*
18	X.3.6.3.1.13	Besi Beton	ø8 8 x 12 berat 0,39456 kg/m' 4,73472 0,39456	Btg	49.500,00	*
19	X.3.6.3.1.14	Besi Beton	ø10 10 x 12 berat 0,6165 kg/m' 7,398 0,6165	Btg	71.500,00	*
20	X.3.6.3.1.15	Besi Beton	ø1212 x 12 berat 0,88776 kg/m' 10,65312 0,88776	Btg	104.500,00	*
21	X.3.6.3.1.16	Besi Beton	ø16 16 x 12 berat 1,57824 kg/m' 18,93888 1,57824	Btg	169.500,00	*
22	X.3.6.3.1.17	Besi Beton	ø16 15 x 12 berat 1,387125 kg/m' 16,8495 1,387125	Btg	185.350,00	
23	X.3.6.3.1.18	Besi Beton	ø19 18,6 x 12 berat 2,1328434 kg/m' 25,5641208 2,1328434	Btg	253.000,00	
24	X.3.6.3.1.19	Besi Beton	ø2222 x 12 berat 2,98386 kg/m' 35,80832 2,98386	Btg	302.500,00	
25	X.3.6.3.1.20	Besi Beton	ø2525 x 12 berat 3,853125 kg/m' 46,2375 3,853125	Btg	514.910,00	
26	X.3.6.3.1.21	Besi Beton	ø3232 x 12 berat 6,31296 kg/m' 75,75552 6,31296	Btg	813.020,00	
22	X.3.6.3.1.22	Besi Beton Polos		Kg	11.118,03	*
23	X.3.6.3.1.23	Besi Pelat Strip		Kg	13.800,00	*
	X.3.6.3.2.	Besi Beton Polos (Banci)				
1	X.3.6.3.2.1	Besi Beton	ø8 5,2 x 7,5 berat 0,1667016 kg/m' 1,250262 0,1667016	Btg	17.172,00	
2	X.3.6.3.2.2	Besi Beton	ø10 8,2 x 7 berat 0,2396826 kg/m' 1,8583782 0,2396826	Btg	22.790,00	
3	X.3.6.3.2.3	Besi Beton	ø128 x 7 berat 0,39456 kg/m' 2,76192 0,39456	Btg	38.054,00	
	X.3.6.3.3.	Besi Beton Ulir				
1	X.3.6.3.3.1	Besi Beton	ø10 10 x 12 berat 0,6165 kg/m' 7,398 0,6165	Kg	89.100,00	
2	X.3.6.3.3.2	Besi Beton	ø16 16 x 12 berat 1,57824 kg/m' 18,93888 1,57824	Btg	169.500,00	
3	X.3.6.3.3.3	Besi Beton	ø19 19 x 12 berat 2,22596 kg/m' 26,70678 2,22596	Btg	264.000,00	
4	X.3.6.3.3.4	Besi Beton	ø2525 x 12 berat 3,853125 kg/m' 46,2375 3,853125	Btg	533.940,00	
5	X.3.6.3.3.5	Besi Beton Ulir		Kg	12.045,83	*
	X.3.6.4.	Baut & Mur				
1	X.3.6.4.1	Baut Dan Mur		Psg	3.300,00	
2	X.3.6.4.2	Baut Dan Klam		Psg	2.970,00	
3	X.3.6.4.3	Baut	Baut 3/8 panjang 4cm	Psg	1.700,00	

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
10	X.3.5.10	Kayu Meranti	Ukuran 5 x 10 x 400 cm	M ³	2.862.000,00	
11	X.3.5.11	Kayu Meranti	Ukuran 5 x 7 x 400 cm	M ³	2.358.400,00	*
12	X.3.5.12	Kayu Meranti	Ukuran 4 x 8 x 400 cm	Btg	51.578,28	
13	X.3.5.13	Kayu Meranti	Ukuran 4 x 8 x 400 cm	Btg	61.893,94	
14	X.3.5.14	Papan Meranti	Ukuran 1,5 x 18 x 400 cm	M ³	2.251.200,00	*
15	X.3.5.15	Papan Meranti	Ukuran 2,5 x 20 x 400 cm	M ³	2.912.000,00	
16	X.3.5.16	Lisplank	Ukuran 1,7 x 17 x 400 cm	Lbr	165.000,00	*
17	X.3.5.17	Kayu List Profil	Panjang 400 cm 8,7 x 3,7 x 400 cm	Btg	38.500,00	
18	X.3.5.18	Kayu List Profil	Panjang 400 cm 8,7 x 2,7 x 400 cm	Btg	27.500,00	*
19	X.3.5.19	Papan Sungkai	Ukuran 2 x 8 x 400 cm	Btg	74.012,09	
20	X.3.5.20	Reng	Ukuran 3 x 5	M ³	1.891.780,00	*
21	X.3.5.21	Doiken K.Galam	Diameter 10 panjang 400 cm	Btg	27.500,00	*
22	X.3.5.22	Doiken K.Galam	Diameter 8 panjang 400 cm	Btg	9.648,00	*
	X.3.6.	Pipa Kotak Galvanis				
	X.3.6.1.	Hollow Galvanis				
1	X.3.6.1.1	Pipa Kotak Hollow 20 x 40	Tebal 1 mm	Btg	74.750,00	
2	X.3.6.1.2	Pipa Kotak Hollow 40 x 40	Tebal 1 mm	Btg	109.250,00	
3	X.3.6.1.3	Pipa Kotak Hollow 40 x 60	Tebal 1 mm	Btg	147.200,00	
4	X.3.6.1.4	Pipa Kotak Hollow 50 x 50	Tebal 1 mm	Btg	207.000,00	
5	X.3.6.1.5	Pipa Kotak Hollow 20 x 40 SS	Tebal 1 mm Stainless Stell	Btg	149.500,00	
6	X.3.6.1.6	Pipa Kotak Hollow 40 x 40 SS	Tebal 1 mm Stainless Stell	Btg	282.200,00	
	X.3.6.2.	Kawat				
1	X.3.6.2.1	Kawat Wiremesh M8	Panjang 8 mm x 2,1 m x 54,0 m	Roll	3.432.000,00	*
2	X.3.6.2.2	Kawat Wiremesh	Panjang 8 mm x 2,1 m x 5,4 m	lbr	589.800,00	*
3	X.3.6.2.3	Kawat Wiremesh	Panjang 10 mm x 2,1 m x 5,4 m	lbr	1.216.800,00	*
4	X.3.6.2.4	Kawat Las	Panjang 2,8 mm RB 28 @ 5 Kg	Dos	194.040,00	Esab
5	X.3.6.2.5	Kawat Las	Panjang 3,2 mm RB 28 @ 5 Kg	Dos	237.270,00	Esab
6	X.3.6.2.6	Kawat Las	Panjang 4 mm RB 28 @ 5 Kg	Dos	182.435,00	Esab
7	X.3.6.2.7	Kawat Bendrat	Bendrat 1	Kg	22.000,00	*
8	X.3.6.2.8	Kawat Bendrat	Bendrat 21,5	roll	485.430,00	
9	X.3.6.2.9	Kawat Nyamuk	Lebar 90 cm	M ²	30.690,00	
10	X.3.6.2.10	Kawat Kasa	Lebar 90 cm	M ²	43.890,00	
11	X.3.6.2.11	Kawat Duri		M ²	28.028,00	*
12	X.3.6.2.12	Kawat Bronjong	(M15)	Kg	10.948,10	*
	X.3.6.3.	Besi Beton				
	X.3.6.3.1.	Besi Beton Polos (Full)				
1	X.3.6.3.1.1	Besi Beton	ø6 5 x 11 berat 0,154125 kg/m ² 1,865375 0,154125	Kg	18.810,00	
2	X.3.6.3.1.2	Besi Beton	ø8 6,2 x 11 berat 0,2369826 kg/m ² 2,6068088 0,2369826	Btg	28.930,00	
3	X.3.6.3.1.3	Besi Beton	ø8 7 x 11,4 berat 0,302085 kg/m ² 3,443789 0,302085	Btg	38.280,00	
4	X.3.6.3.1.4	Besi Beton	ø8 7,4 x 11,4 berat 0,3375954 kg/m ² 3,84858756 0,3375954	Btg	42.790,00	
5	X.3.6.3.1.5	Besi Beton	ø8 7,8 x 11,4 berat 0,3750788 kg/m ² 4,27589604 0,3750788	Btg	47.520,00	
6	X.3.6.3.1.6	Besi Beton	ø10 8,3 x 11,4 berat 0,42470885 kg/m ² 4,84165809 0,42470885	Btg	53.900,00	

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
27	X.3.6.6.27	Paku Biasa	2"	Kg	27.121,60	*
28	X.3.6.6.28	Paku Biasa	3"	Kg	27.121,60	begisting*
29	X.3.6.6.29	Paku Biasa	3 1/2"	Kg	26.818,00	*
30	X.3.6.6.30	Paku Biasa	4"	Kg	26.818,00	*
31	X.3.6.6.31	Paku Anti Karat		Kg	87.344,00	Untuk Genteng Metal
	X.3.6.7.	Baja				
1	X.3.6.7.1	Profil Baja WF / Profil		Kg	16.028,40	*
2	X.3.6.7.2	Pintu Besi		M ²	1.082.840,00	
3	X.3.6.7.3	Rolling Door		M ²	1.299.408,00	*
4	X.3.6.7.4	Pipe Baja Gib	M(48)	Kg	21.175,00	
5	X.3.6.7.5	Baja Pra tegang	(M56)	Kg	10.285,00	
6	X.3.6.7.6	Baja Struktur	(M48)	Kg	30.620,28	
7	X.3.6.7.7	Pipe baja		Kg	28.435,00	
8	X.3.6.7.8	Baja Siku		Kg	14.310,00	
9	X.3.6.7.9	Baja Plat Tebal 2 mm	10,21 Kg	Kg	173.447,32	
10	X.3.6.7.10	Baja Plat Tebal 3 mm	15,32 Kg	Kg	260.255,91	
11	X.3.6.7.11	Baja Plat Tebal 5 mm	39,25 Kg	M ²	666.778,37	
12	X.3.6.7.12	Baja Plat Tebal 6 mm	47,1 Kg	M ²	800.134,05	
13	X.3.6.7.13	Baja Plat Tebal 8 mm	62,8 Kg	M ²	1.066.845,40	
14	X.3.6.7.14	Baja Profil CNP		Kg	15.544,00	
15	X.3.6.7.15	Baja Profil UNP		Kg	15.544,00	
16	X.3.6.7.16	Baja Profil INP		Kg	15.544,00	
	X.3.7.	Cat				
	X.3.7.1.	Peralatan Cat				
1	X.3.7.1.1	Ampelas		Lbr	5.194,00	*
2	X.3.7.1.2	Bak Cat		Bh	30.740,00	
3	X.3.7.1.3	Kuas Roll	4"	Bh	30.316,00	Imindex
4	X.3.7.1.4	Kuas Roll	7"	Bh	34.450,00	Imindex
5	X.3.7.1.5	Kuas	4"	Bh	18.338,00	*
6	X.3.7.1.6	Kuas	3"	Bh	15.294,00	
7	X.3.7.1.7	Kuas	2,5"	Bh	10.600,00	
8	X.3.7.1.8	Kuas	2"	Bh	9.116,00	*
9	X.3.7.1.9	Kuas	1,5"	Bh	7.528,00	
10	X.3.7.1.10	Kuas	1"	Bh	4.452,00	
	X.3.7.2.	Jenis Cat				
	X.3.7.2.1.	Cat Dasar				
1	X.3.7.2.1.1	Cat kayu	Plamir kayu	Kg	32.330,00	Kembang*
2	X.3.7.2.1.2	Cat kayu	Meni kayu	Kg	32.330,00	Kembang*
3	X.3.7.2.1.3	Cat Meni	Kayu	Kg	52.578,00	Ef Talite*
4	X.3.7.2.1.4	Cat Meni	Besi	Kg	66.144,00	Ef Talite*
5	X.3.7.2.1.5	Wall Filler	Décor DWF - 200, 4 Kg	Klg	128.578,00	*
6	X.3.7.2.1.6	Eco Emulsion	Emulsion EE-4003 warna standard 2,5 Liter	Klg	127.730,00	
7	X.3.7.2.1.7	Eco Emulsion	Emulsion EE-4003 warna standard 20 Liter	Klg	867.610,00	
8	X.3.7.2.1.8	Plamir	Ecoemulsion 5 liter	Kg	32.436,00	*

Kat:
Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
	X.3.8.	Multipleks				
1	X.3.8.1	Triplek	3 mm	Lbr	63.250,00	
2	X.3.8.2	Triplek	3,2 mm	Lbr	70.914,00	
3	X.3.8.3	Triplek	4 mm	Lbr	71.824,00	*
4	X.3.8.4	Triplek	6 mm	Lbr	91.120,00	*
5	X.3.8.5	Plywood	9 mm	Lbr	134.000,00	*
6	X.3.8.6	Multiplek	12 mm	Lbr	187.600,00	*
7	X.3.8.7	Multiplek	15 mm	Lbr	262.640,00	*
8	X.3.8.8	Multiplek	18 mm	Lbr	300.160,00	*
9	X.3.8.9	Melaminito		Lbr	117.920,00	
10	X.3.8.10	Teakwood	3 mm	Lbr	107.200,00	
11	X.3.8.11	Teakwood	4 mm	Lbr	107.200,00	
12	X.3.8.12	Triplek	lapis aluminium	Lbr	107.200,00	*
13	X.3.8.13	Lumbercoll	16 mm	Lbr	257.280,00	
14	X.3.8.14	Lumbercoll	18 mm	Lbr	328.353,60	
15	X.3.8.15	Multiplek	Mega sungkai 3 mm	Lbr	107.200,00	
16	X.3.8.16	Phenol Film	12 mm	Lbr	250.848,00	
17	X.3.8.17	Mega Sungkai 3 mm		Lbr	163.051,20	
18	X.3.8.18	HPL Motif / Texture	Taco Setara	Lbr	259.700,00	*
19	X.3.8.19	HPL Polos	Taco Setara	Lbr	169.600,00	*
20	X.3.8.20	Plywood tebal 4 mm Ukuran (90 x 220) cm		Lbr	83.600,00	*
21	X.3.8.21	Teakwood tebal 4 mm Ukuran (90 x 220) cm		Lbr	321.750,00	*
	X.3.9.	Bahan Pelapis Dinding				
	X.3.9.1.	Kaca				
1	X.3.9.1.1	Kaca Bening	3 mm	M ²	159.507,04	Asahimas*
2	X.3.9.1.2	Kaca Bening	5 mm	M ²	174.784,50	Asahimas*
3	X.3.9.1.3	Kaca Bening	6 mm	M ²	295.515,28	Asahimas*
4	X.3.9.1.4	Kaca Bening	8 mm	M ²	368.767,80	Asahimas*
5	X.3.9.1.5	Kaca Bening	10 mm	M ²	558.274,94	Asahimas
6	X.3.9.1.6	Kaca Bening	12 mm	M ²	717.781,88	Asahimas*
7	X.3.9.1.7	Kaca Rayband	3 mm	M ²	178.021,25	Asahimas
8	X.3.9.1.8	Kaca Rayband	10 mm	M ²	455.734,40	Asahimas
9	X.3.9.1.9	Kaca Rayband	12 mm	M ²	733.447,55	Asahimas
10	X.3.9.1.10	Kaca Grafir	5 mm	M ²	947.073,05	
11	X.3.9.1.11	Kaca Grafir	8 mm	M ²	1.184.909,44	
12	X.3.9.1.12	Kaca Buram Polos	5 mm	M ²	364.587,52	
13	X.3.9.1.13	Kaca Buram Polos	8 mm	M ²	638.028,16	
14	X.3.9.1.14	Kaca Buram Motif	5 mm	M ²	638.028,16	
15	X.3.9.1.15	Kaca Buram Motif	8 mm	M ²	638.028,16	
16	X.3.9.1.16	Kaca Patri	5 mm	M ²	200.807,97	
17	X.3.9.1.17	Kaca Flash	5 mm	M ²	820.321,92	
18	X.3.9.1.18	Kaca RD	5 mm	M ²	638.028,16	
19	X.3.9.1.19	Kaca Rayband	5 mm	M ²	245.758,00	
20	X.3.9.1.20	Kaca Tempered	9 mm	M ²	1.320.000,00	*
21	X.3.9.1.21	Kaca Tempered	10 mm	M ²	1.375.000,00	*
22	X.3.9.1.22	Kaca Tempered	12 mm	M ²	1.925.000,00	*

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
	X.3.14.5.68.	Pipa Steel Sc.40				
1	X.3.14.5.68.1	Pipa ø 2" Sc.40		M'	873.591,44	STEEL SC.40
2	X.3.14.5.68.2	Pipa ø 3" Sc.40		M'	1.890.830,25	STEEL SC.41
3	X.3.14.5.68.3	Pipa ø 4" Sc.40		M'	2.800.478,83	STEEL SC.42
4	X.3.14.5.68.4	Pipa ø 6" Sc.40		M'	3.126.045,00	STEEL SC.43
5	X.3.14.5.68.5	Pipa ø 8" Sc.40		M'	6.814.507,14	STEEL SC.44
6	X.3.14.5.68.6	Pipa ø 10" Sc.40		M'	11.122.527,93	STEEL SC.45
7	X.3.14.5.68.7	Pipa ø 12" Sc.40		M'	11.935.275,00	STEEL SC.46
8	X.3.14.5.68.8	Pipa ø 3/4" Sc.40		M'	818.107,11	STEEL SC.47
	X.3.14.5.69.	Pipa HDPE PE 100 (MRS 100) S 12,5 - SDR 26 (PN 6,3)				
1	X.3.14.5.69.1	Pipa ø 1 1/4" dia. 40 mm PE		M'	15.083,16	VINILON (HDPE)
2	X.3.14.5.69.2	Pipa ø 1 1/2" dia. 50 mm PE		M'	23.447,46	VINILON (HDPE)
3	X.3.14.5.69.3	Pipa ø 2" dia. 63 mm PE		M'	35.513,98	VINILON (HDPE)
4	X.3.14.5.69.4	Pipa ø 2 1/2" dia. 75 mm PE		M'	50.597,14	VINILON (HDPE)
5	X.3.14.5.69.5	Pipa ø 3" dia. 90 mm PE		M'	73.907,48	VINILON (HDPE)
6	X.3.14.5.69.6	Pipa ø 4" dia. 110 mm PE		M'	110.107,05	VINILON (HDPE)
7	X.3.14.5.69.7	Pipa ø 5" dia. 125 mm PE		M'	139.587,77	VINILON (HDPE)
8	X.3.14.5.69.8	Pipa ø 6" dia. 160 mm PE		M'	230.772,32	VINILON (HDPE)
9	X.3.14.5.69.9	Pipa ø 7" dia. 180 mm PE		M'	287.402,72	VINILON (HDPE)
10	X.3.14.5.69.10	Pipa ø 8" dia. 200 mm PE		M'	355.982,53	VINILON (HDPE)
11	X.3.14.5.69.11	Pipa ø 9" dia. 225 mm PE		M'	447.284,20	VINILON (HDPE)
12	X.3.14.5.69.12	Pipa ø 10" dia. 250 mm PE		M'	554.374,62	VINILON (HDPE)
13	X.3.14.5.69.13	Pipa ø 12" dia. 315 mm PE		M'	880.170,84	VINILON (HDPE)
14	X.3.14.5.69.14	Pipa ø 14" dia. 355 mm PE		M'	1.112.451,48	VINILON (HDPE)
15	X.3.14.5.69.15	Pipa ø 16" dia. 400 mm PE		M'	1.341.126,21	VINILON (HDPE)
16	X.3.14.5.69.16	Pipa ø 18" dia. 450 mm PE		M'	1.967.184,93	VINILON (HDPE)
17	X.3.14.5.69.17	Pipa ø 20" dia. 500 mm PE		M'	2.426.173,03	VINILON (HDPE)
18	X.3.14.5.69.18	Pipa ø 22" dia. 560 mm PE		M'	3.041.415,16	VINILON (HDPE)
19	X.3.14.5.69.19	Pipa ø 24" dia. 630 mm PE		M'	3.853.701,59	VINILON (HDPE)
20	X.3.14.5.69.20	Pipa ø 28" dia. 710 mm PE		M'	4.868.088,48	VINILON (HDPE)
21	X.3.14.5.69.21	Pipa ø 32" dia. 800 mm PE		M'	6.203.376,60	VINILON (HDPE)
22	X.3.14.5.69.22	Pipa ø 36" dia. 900 mm PE		M'	8.387.414,51	VINILON (HDPE)

Ket:

Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
	X.3.14.7.	Instalasi Air				
1	X.3.14.7.1	Bak Pengaman Meter Air		Bh	128.455,00	
2	X.3.14.7.2	Water Meter	1/2" Linflow	Bh	372.840,00	
3	X.3.14.7.3	Water Stop 150 mm		M'	112.500,00	*
4	X.3.14.7.4	Water Stop 200 mm		M'	143.750,00	*
5	X.3.14.7.5	Water Stop 230-320 mm		M'	181.250,00	*
	X.3.15.	Buis Beton/Gorong-gorong				
1	X.3.15.1	Bulat	Pasir Putih Samboja f 100 x 50 cm	Bh	273.440,84	Malang Indah
2	X.3.15.2	Bulat	Pasir Putih Samboja f 80 x 50 cm	Bh	270.721,77	Malang Indah
3	X.3.15.3	Bulat	Pasir Putih Samboja f 60 x 50 cm	Bh	135.425,62	Malang Indah
4	X.3.15.4	Bulat	Pasir Putih Samboja f 50 x 100 cm	Bh	168.865,92	Malang Indah
5	X.3.15.5	Bulat	Pasir Putih Samboja f 40 x 100 cm	Bh	116.005,12	Malang Indah
6	X.3.15.6	Bulat	Pasir Putih Samboja f 30 x 100 cm	Bh	99.432,98	Malang Indah
7	X.3.15.7	Bulat	Pasir Putih Samboja f 20 x 100 cm	Bh	41.430,40	Malang Indah
8	X.3.15.8	Belahan	Pasir Putih Samboja f 100 x 50 cm	Bh	136.720,32	Malang Indah
9	X.3.15.9	Belahan	Pasir Putih Samboja f 80 x 50 cm	Bh	116.005,12	Malang Indah
10	X.3.15.10	Belahan	Pasir Putih Samboja f 60 x 50 cm	Bh	58.002,58	Malang Indah
11	X.3.15.11	Belahan	Pasir Putih Samboja f 50 x 100 cm	Bh	99.432,98	Malang Indah
12	X.3.15.12	Belahan	Pasir Putih Samboja f 40 x 100 cm	Bh	58.002,58	Malang Indah
13	X.3.15.13	Belahan	Pasir Putih Samboja f 30 x 100 cm	Bh	49.716,48	Malang Indah
14	X.3.15.14	Belahan	Pasir Putih Samboja f 20 x 100 cm	Bh	20.715,20	Malang Indah
15	X.3.15.15	Bulat Cor Besi	Pasir Putih Samboja f 60 x 50 cm	Bh	248.582,40	Malang Indah
16	X.3.15.16	Bulat Cor Besi	Pasir Putih Samboja f 80 x 50 cm	Bh	465.734,40	Malang Indah
17	X.3.15.17	Bulat Cor Besi	Pasir Putih Samboja f 100 x 50 cm	Bh	580.025,60	Malang Indah
18	X.3.15.18	Belahan Cor Non Besi	Pasir Putih Samboja f 60 x 50 cm	Bh	139.827,60	Malang Indah
19	X.3.15.19	Belahan Cor Non Besi	Pasir Putih Samboja f 80 x 50 cm	Bh	331.443,20	Malang Indah
20	X.3.15.20	Belahan Cor Non Besi	Pasir Putih Samboja f 100 x 50 cm	Bh	480.592,64	Malang Indah
	X.3.16.	Aspal				
1	X.3.16.1	Aspal		Kg	14.528,57	*
2	X.3.16.2	Alat Bantu		Ls	13.905,00	
3	X.3.16.3	Filler		Kg	1.380,00	
4	X.3.16.4	Bahan Pengisi (filler tambahan)	Pakai Harga Semen	Kg	20.909,00	
5	X.3.16.5	Asbuton Halus	(M55)	Ton	466.393,00	
6	X.3.16.6	Bunker Oil	(M54)	Liter	6.798,00	
7	X.3.16.7	Aspal Emulsi	(M31)	Kg	16.698,00	
	X.3.17.	Bahan Bakar				
1	X.3.17.1	Minyak Bensin/Premium		Liter	8.340,00	*
2	X.3.17.2	Minyak Diesel/solar		Liter	8.855,00	*
3	X.3.17.3	Minyak Pelumas		Liter	45.881,60	*
4	X.3.17.4	Minyak Tanah		Liter	20.330,00	
5	X.3.17.5	Minyak Aspal/Kerosine		Liter	14.520,00	*
6	X.3.17.6	Batu bara		Kg	428,00	
7	X.3.17.7	Pertamax		Liter	10.551,81	

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
8	X.3.17.8	Pertalite		Liter	9.375,00	
9	X.3.17.9	Minyak Begeesting		Liter	6.250,00	*
	X.3.18.	Lain Lain				
1	X.3.18.1	Plastik Filter		M ²	27.842,00	
2	X.3.18.2	Pipe Porus		M ¹	27.842,00	
3	X.3.18.3	Filter, Strippe, dll		Ls	27.842,00	
4	X.3.18.4	Plastik Polihelene	Uk L= 1.00 P= 1.50 t=0.04 - 0.07	M ²	918,00	Super*
5	X.3.18.5	Bahan Modifikasi	(M87)	Kg	107.304,00	
6	X.3.18.6	Bahan Anti Pengelupasan (anti stripping agent)		Kg	77.724,00	
7	X.3.18.7	Anchorage	(M85)	Bh	709.308,00	
8	X.3.18.8	Ducting (Strand prestress)	(M71)	M ¹	71.502,00	
9	X.3.18.9	Bahan Pengawet kresot	(M83)	Liter	10.200,00	
10	X.3.18.10	Tiang Pancang Beton Pratekan	(M50)	M ²	589.860,00	
11	X.3.18.11	Expansion Joint tipe Asphaltic Plug		Kg	16.524,00	
12	X.3.18.12	Gebalan rumput		M ²	76.298,00	
13	X.3.18.13	Pohon		Bh	125.052,00	
14	X.3.18.14	Tanah humus		M ²	389.334,00	
15	X.3.18.15	Pupuk		Kg	46.224,00	
16	X.3.18.16	Rel Pengaman		M ¹	454.536,00	
17	X.3.18.17	Paku Jalan		Bh	23.540,00	
18	X.3.18.18	Kusen & Pintu PVC toilet		Bh	989.750,00	
19	X.3.18.19	Air		Liter	32,10	
20	X.3.18.20	Pintu Lipat Folding Gate		M ²	1.284.000,00	
21	X.3.18.21	Screening		Kg	1.805,00	
22	X.3.18.22	Jendela Nako + Kaca 5 mm		M ²	288.000,00	*
23	X.3.18.23	Lem Kayu		Kg	37.520,00	Rajawali*
24	X.3.18.24	Klem Stainelss Steel		Bh	14.882,11	
25	X.3.18.25	Tangki air 1200 liter		Bh	1.500.800,00	Grand
26	X.3.18.26	Tangki air 800 liter		Bh	964.800,00	Grand
27	X.3.18.27	Pelampung otomatis		Bh	85.974,40	
28	X.3.18.28	Roof Drain Metal		Bh	37.520,00	
29	X.3.18.29	Mesin Jet Pump kap.250 watt		Bh	1.089.888,00	Sanyo
30	X.3.18.30	Mesin Pompa tekan kap. 150 watt		Bh	589.800,00	SAnyo
31	X.3.18.31	Ijuk		Kg	12.864,00	*
32	X.3.18.32	Bahan Anti Raysap		Liter	53.800,00	
33	X.3.18.33	Joint Sealent		Kg	36.555,20	
34	X.3.18.34	Bentonit		Kg	9.112,00	
	X.3.19.	Beton Segar				
1	X.3.19.1	Beton Ready Mix	K 125	M3	1.394.227,12	
2	X.3.19.2	Beton Ready Mix	K 175	M3	1.482.548,20	*
3	X.3.19.3	Beton Ready Mix	K 225	M3	1.495.186,84	*
4	X.3.19.4	Beton Ready Mix	K 250	M3	1.558.253,84	*
5	X.3.19.5	Beton Ready Mix	K 300	M3	1.621.341,04	*
6	X.3.19.6	Beton Ready Mix	K 350	M3	1.687.045,88	*

Kot:

Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

NO.	KODE	NAMA BARANG	UKURAN/TIPE	SATUAN	HARGA (RP)	MERK
7	X.3.19.7	Beton Ready Mix	K 450	M3	1.804.293,92	*
8	X.3.19.8	Beton Ready Mix	K 500	M3	1.943.085,78	
9	X.3.19.9	Strotox - 100		M3	159.209,15	*
10	X.3.19.10	Sewa Concrete Pump \geq 40 m3		M3	77.280,00	
11	X.3.19.11	Sewa Concrete Pump \leq 40 m3		M3	4.080.850,00	
12	X.3.19.12	Tambahan Pipa \geq 30 Meter		M1	6.727,50	
13	X.3.19.13	Sewa Crane		Jam	287.500,00	*
14	X.3.19.14	Sewa Pipa Pendukung		Jam	57.500,00	*
15	X.3.19.15	Sewa Peralatan		Jam	172.500,00	*
16	X.3.19.16	Sewa Tripot dan Crane 2 T		Hari		*
17	X.3.19.17	Sewa Crane 30 Ton		Hari	6.180.000,00	*
18	X.3.19.18	Sewa Scaffolding		Set	94.875,00	
19	X.3.19.19	Mesin Las Listrik 18 Pk 8 Jam		Hari	209.000,00	
	X.3.20.	Pompa				
1	X.3.20.1	Pompa Sumur Dangkal Otomatis	JP Basic 3 P = 0.6Kw Q max = 40 Lpm H Max = 45 m	Unit	3.891.360,00	Grundfos
2	X.3.20.2	Pompa Sumur Dangkal Otomatis	JP Basic 4 P = 0.75Kw Q max = 50 Lpm H Max = 50 m	Unit	4.288.000,00	Grundfos
3	X.3.20.3	Pompa Sumur Dangkal Otomatis	JP Basic 5 P = 1.1Kw Q max = 70 Lpm H Max = 55 m	Unit	7.666.960,00	Grundfos
4	X.3.20.4	Pompa Sumur Dangkal Otomatis	JP Basic 7 P = 1.8Kw Q max = 100 Lpm H Max = 60 m	Unit	9.240.640,00	Grundfos
5	X.3.20.5	P. Otomatis Semi Jet Complete Set	JPC 3 P = 0.6Kw Q max = 40 Lpm H Max = 45 m	Unit	3.891.360,00	Grundfos
6	X.3.20.6	P. Otomatis Semi Jet Complete Set	JPC 4 P = 0.75Kw Q max = 50 Lpm H Max = 50 m	Unit	4.288.000,00	Grundfos
7	X.3.20.7	P. Sumur Dalam Otomatis Jet Pump	JD Basic 3 P = 0.55Kw Q max = 21 Lpm H Max = 30 m	Unit	4.673.920,00	Grundfos
8	X.3.20.8	P. Sumur Dalam Otomatis Jet Pump	JD Basic 4 P = 0.75Kw Q max = 23 Lpm H Max = 40 m	Unit	4.888.320,00	Grundfos
9	X.3.20.9	P. Sumur Dalam Otomatis Jet Pump	JD Basic 5 P = 1.1Kw Q max = 30 Lpm H Max = 50 m	Unit	7.418.240,00	Grundfos
10	X.3.20.10	P. Sumur Dalam Otomatis Jet Pump	JD Basic 6 P = 1.8Kw Q max = 35 Lpm H Max = 60 m	Unit	9.926.720,00	Grundfos
11	X.3.20.11	Pompa Celup Otomatis dan Manual	KPC 300 A P = 0.22Kw Q max = 230 Lpm H Max = 7 m	Unit	2.497.760,00	Grundfos
12	X.3.20.12	Pompa Celup Otomatis dan Manual	KPC 800 A P = 0.55Kw Q max = 280 Lpm H Max = 10 m	Unit	3.987.840,00	Grundfos
13	X.3.20.13	Pompa Celup Otomatis dan Manual	KPC 24/7 -210 P = 0.22Kw Q max = 130 Lpm H Max = 8 m	Unit	2.401.280,00	Grundfos
14	X.3.20.14	Pompa Celup Otomatis dan Manual	KPC 24/7 -270 P = 0.22Kw Q max = 230 Lpm H Max = 7 m	Unit	2.497.760,00	Grundfos
15	X.3.20.15	Pompa Transfer	NS Basic 4-23 M P = 0.37 Kw Q max = 4 m3 H Max = 23 m	Unit	2.830.080,00	Grundfos
16	X.3.20.16	Pompa Transfer	NS Basic 5-33 M P = 0.75 Kw Q max = 5 m3 H Max = 33 m	Unit	3.668.400,00	Grundfos
17	X.3.20.17	Pompa Transfer	NS Basic 13-18 M P = 0.75 Kw Q max = 13 m3 H Max = 18 m	Unit	3.730.560,00	Grundfos
18	X.3.20.18	Pompa Transfer	NS Basic 13-18 T P = 0.75 Kw Q max = 13 m3 H Max = 18 m	Unit	4.148.640,00	Grundfos
19	X.3.20.19	Pompa Transfer	NF 30 -18 M P = 1.85 Kw Q max = 30 m3 H Max = 18 m	Unit	6.935.840,00	Grundfos

Kat: Harga satuan diatas sudah termasuk pajak-pajak sesuai dengan peraturan yang berlaku

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

NO	γ sat	w sat	n	e	γ dry	k	Cv
	t/m ³	%			t/m ³	cm/s	cm ² /s
1	1.31	163.0	0.8	4.4	0.5	1.00E-09	1.00E-05
2	1.32	158.23	0.80	4.27	0.51	1.69E-09	1.69E-05
3	1.33	153.46	0.79	4.14	0.53	2.38E-09	2.38E-05
4	1.34	148.69	0.79	4.01	0.54	3.08E-09	3.08E-05
5	1.35	143.91	0.79	3.89	0.56	3.77E-09	3.77E-05
6	1.36	139.14	0.79	3.76	0.57	4.46E-09	4.46E-05
7	1.37	134.37	0.78	3.63	0.59	5.15E-09	5.15E-05
8	1.38	129.6	0.78	3.5	0.6	5.85E-09	5.85E-05
9	1.39	125.63	0.77	3.39	0.62	6.54E-09	6.54E-05
10	1.40	121.67	0.77	3.29	0.63	7.23E-09	7.23E-05
11	1.41	117.70	0.76	3.18	0.65	7.92E-09	7.92E-05
12	1.42	113.73	0.75	3.07	0.67	8.62E-09	8.62E-05
13	1.43	109.77	0.75	2.97	0.68	9.31E-09	9.31E-05
14	1.44	105.8	0.74	2.86	0.7	1.00E-08	1.00E-04
15	1.45	102.83	0.73	2.78	0.72	1.69E-08	1.17E-04
16	1.46	99.87	0.73	2.70	0.73	2.38E-08	1.33E-04
17	1.47	96.90	0.72	2.62	0.75	3.08E-08	1.50E-04
18	1.48	93.93	0.71	2.54	0.77	3.77E-08	1.67E-04
19	1.49	90.97	0.71	2.46	0.78	4.46E-08	1.83E-04
20	1.50	88	0.7	2.38	0.8	5.15E-08	2.00E-04
21	1.51	86.01	0.70	2.33	0.81	5.85E-08	2.14E-04
22	1.52	84.03	0.69	2.27	0.83	6.54E-08	2.29E-04
23	1.53	82.04	0.69	2.22	0.84	7.23E-08	2.43E-04
24	1.54	80.06	0.68	2.16	0.86	7.92E-08	2.57E-04
25	1.55	78.07	0.68	2.11	0.87	8.62E-08	2.71E-04
26	1.56	76.09	0.67	2.05	0.89	9.31E-08	2.86E-04
27	1.57	74.1	0.67	2	0.9	1.00E-07	3.00E-04
28	1.58	72.25	0.66	1.95	0.92	2.50E-07	3.3E-04
29	1.59	70.40	0.66	1.90	0.93	4.00E-07	3.7E-04
30	1.60	68.55	0.65	1.85	0.95	5.50E-07	4.00E-04
31	1.61	66.70	0.64	1.80	0.97	7.00E-07	4.3E-04
32	1.62	64.85	0.64	1.75	0.98	8.50E-07	4.7E-04
33	1.63	63	0.63	1.7	1	1.00E-06	5.00E-04
34	1.64	61.48	0.62	1.66	1.02	1.17E-06	5.17E-04
35	1.65	59.97	0.62	1.62	1.03	1.33E-06	5.33E-04
36	1.66	58.45	0.61	1.58	1.05	1.50E-06	5.50E-04
37	1.67	56.93	0.60	1.53	1.07	1.67E-06	5.67E-04
38	1.68	55.42	0.60	1.49	1.08	1.83E-06	5.83E-04
39	1.69	53.9	0.59	1.45	1.1	2.00E-06	6.00E-04
40	1.70	52.81	0.59	1.42	1.11	2.14E-06	6.14E-04
41	1.71	51.73	0.58	1.39	1.13	2.29E-06	6.29E-04
42	1.72	50.64	0.58	1.36	1.14	2.43E-06	6.43E-04
43	1.73	49.56	0.57	1.34	1.16	2.57E-06	6.57E-04
44	1.74	48.47	0.57	1.31	1.17	2.71E-06	6.71E-04
45	1.75	47.39	0.56	1.28	1.19	2.86E-06	6.86E-04
46	1.76	48.3	0.56	1.25	1.2	3.00E-06	7.00E-04
47	1.77	45.23	0.55	1.22	1.22	3.17E-06	7.17E-04
48	1.78	44.17	0.55	1.19	1.23	3.33E-06	7.33E-04
49	1.79	43.10	0.54	1.17	1.25	3.50E-06	7.50E-04
50	1.80	42.03	0.53	1.14	1.27	3.67E-06	7.67E-04
51	1.81	40.97	0.53	1.11	1.28	3.83E-06	7.83E-04

NO	γ sat	w sat	n	e	γ dry	k	Cv
	t/m ³	%			t/m ³	cm/s	cm ² /s
52	1.82	39.9	0.52	1.08	1.3	4.00E-06	8.00E-04
53	1.83	38.98	0.51	1.06	1.32	4.17E-06	8.17E-04
54	1.84	38.07	0.51	1.03	1.33	4.33E-06	8.33E-04
55	1.85	37.15	0.50	1.01	1.35	4.50E-06	8.50E-04
56	1.86	36.23	0.49	0.98	1.37	4.67E-06	8.67E-04
57	1.87	35.32	0.49	0.96	1.38	4.83E-06	8.83E-04
58	1.88	34.4	0.48	0.93	1.4	5.00E-06	9.00E-04
59	1.89	33.60	0.47	0.91	1.42	5.17E-06	9.17E-04
60	1.90	32.80	0.47	0.89	1.43	5.33E-06	9.33E-04
61	1.91	32.00	0.46	0.87	1.45	5.50E-06	9.50E-04
62	1.92	31.20	0.45	0.84	1.47	5.67E-06	9.67E-04
63	1.93	30.40	0.45	0.82	1.48	5.83E-06	9.83E-04
64	1.94	29.6	0.44	0.8	1.5	6.00E-06	1.00E-03
65	1.95	29.01	0.44	0.78	1.51	6.14E-06	1.47E-03
66	1.96	28.43	0.43	0.77	1.53	6.29E-06	1.95E-03
67	1.97	27.84	0.43	0.75	1.54	6.43E-06	2.42E-03
68	1.98	27.26	0.42	0.74	1.56	6.57E-06	2.89E-03
69	1.99	26.67	0.42	0.72	1.57	6.71E-06	3.37E-03
70	2.00	26.09	0.41	0.71	1.59	6.86E-06	3.84E-03
71	2.01	25.5	0.41	0.69	1.6	7.00E-06	4.32E-03
72	2.02	24.88	0.40	0.67	1.62	7.17E-06	4.79E-03
73	2.03	24.27	0.40	0.66	1.63	7.33E-06	5.26E-03
74	2.04	23.65	0.39	0.64	1.65	7.50E-06	5.74E-03
75	2.05	23.03	0.38	0.62	1.67	7.67E-06	6.21E-03
76	2.06	22.42	0.38	0.61	1.68	7.83E-06	6.68E-03
77	2.07	21.8	0.37	0.59	1.7	8.00E-06	7.16E-03
78	2.08	21.25	0.36	0.58	1.72	8.17E-06	7.63E-03
79	2.09	20.70	0.36	0.56	1.73	8.33E-06	8.11E-03
80	2.10	20.15	0.35	0.55	1.75	8.50E-06	8.58E-03
81	2.11	19.60	0.34	0.53	1.77	8.67E-06	9.06E-03
82	2.12	19.05	0.34	0.52	1.78	8.83E-06	9.53E-03
83	2.13	18.5	0.33	0.5	1.8	9.00E-06	1.00E-02
84	2.14	18.09	0.33	0.49	1.81	9.14E-06	1.90E-02
85	2.15	17.67	0.32	0.48	1.83	9.29E-06	2.80E-02
86	2.16	17.26	0.32	0.47	1.84	9.43E-06	3.70E-02
87	2.17	16.84	0.31	0.45	1.86	9.57E-06	4.60E-02
88	2.18	16.43	0.31	0.44	1.87	9.71E-06	5.50E-02
89	2.19	16.01	0.30	0.43	1.89	9.86E-06	6.40E-02
90	2.20	15.6	0.3	0.42	1.9	1.00E-05	7.30E-02
91	2.21	15.17	0.29	0.41	1.92	4.0E-05	8.20E-02
92	2.22	14.73	0.29	0.40	1.93	7.0E-05	9.10E-02
93	2.23	14.30	0.28	0.39	1.95	1.00E-04	1.00E-01
94	2.24	13.87	0.27	0.37	1.97	4.0E-04	
95	2.25	13.43	0.27	0.36	1.98	7.0E-04	
96	2.26	13	0.26	0.35	2	1.00E-03	
97	2.27	12.60	0.25	0.34	2.02	2.50E-03	
98	2.28	12.20	0.25	0.33	2.03	4.00E-03	
99	2.29	11.80	0.24	0.32	2.05	5.50E-03	
100	2.30	11.40	0.23	0.31	2.07	7.00E-03	
101	2.31	11.00	0.23	0.30	2.08	8.50E-03	

NO	γ sat	w sat	n	e	γ dry	k	Cv
	t/m ³	%			t/m ³		
102	2.32	10.6	0.22	0.29	2.1	1.00E-02	
103	2.33	10.29	0.22	0.28	2.11	2.29E-02	
104	2.34	9.97	0.21	0.27	2.13	3.57E-02	
105	2.35	9.66	0.21	0.26	2.14	4.86E-02	
106	2.36	9.34	0.20	0.26	2.16	6.14E-02	
107	2.37	9.03	0.20	0.25	2.17	7.43E-02	
108	2.38	8.71	0.19	0.24	2.19	8.71E-02	
109	2.39	8.4	0.19	0.23	2.2	1.00E-01	
110	2.40	8.07	0.18	0.22	2.22		
111	2.41	7.73	0.18	0.21	2.23		
112	2.42	7.40	0.17	0.20	2.25		
113	2.43	7.07	0.16	0.19	2.27		
114	2.44	6.73	0.16	0.18	2.28		
115	2.45	6.4	0.15	0.17	2.3		
116	2.46	6.11	0.14	0.16	2.32		
117	2.47	5.81	0.14	0.16	2.33		
118	2.48	5.52	0.13	0.15	2.35		
119	2.49	5.22	0.12	0.14	2.37		
120	2.50	4.93	0.12	0.14	2.38		
121	2.51	4.63	0.11	0.13	2.4		
122	2.52	4.35	0.10	0.12	2.42		
123	2.53	4.07	0.10	0.11	2.43		
124	2.54	3.80	0.09	0.11	2.45		
125	2.55	3.52	0.09	0.10	2.47		
126	2.56	3.24	0.08	0.09	2.48		
127	2.57	2.96	0.074	0.08	2.5		
128	2.58	2.74	0.07	0.07	2.51		
129	2.59	2.52	0.06	0.07	2.53		
130	2.60	2.30	0.06	0.06	2.54		
131	2.61	2.08	0.05	0.06	2.56		
132	2.62	1.86	0.05	0.05	2.57		
133	2.63	1.64	0.04	0.04	2.59		
134	2.64	1.42	0.037	0.038	2.6		
135	2.65	1.18	0.03	0.03	2.62		
136	2.66	0.95	0.02	0.03	2.63		
137	2.67	0.71	0.02	0.02	2.65		
138	2.68	0.47	0.01	0.01	2.67		
139	2.69	0.24	0.01	0.01	2.68		
140	2.70	0	0	0	2.7		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 7
GAMBAR



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
KLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
03111745000004

JUDUL GAMBAR

SKALA

LAYOUT LOKASI TITIK BORE

1 : 1000

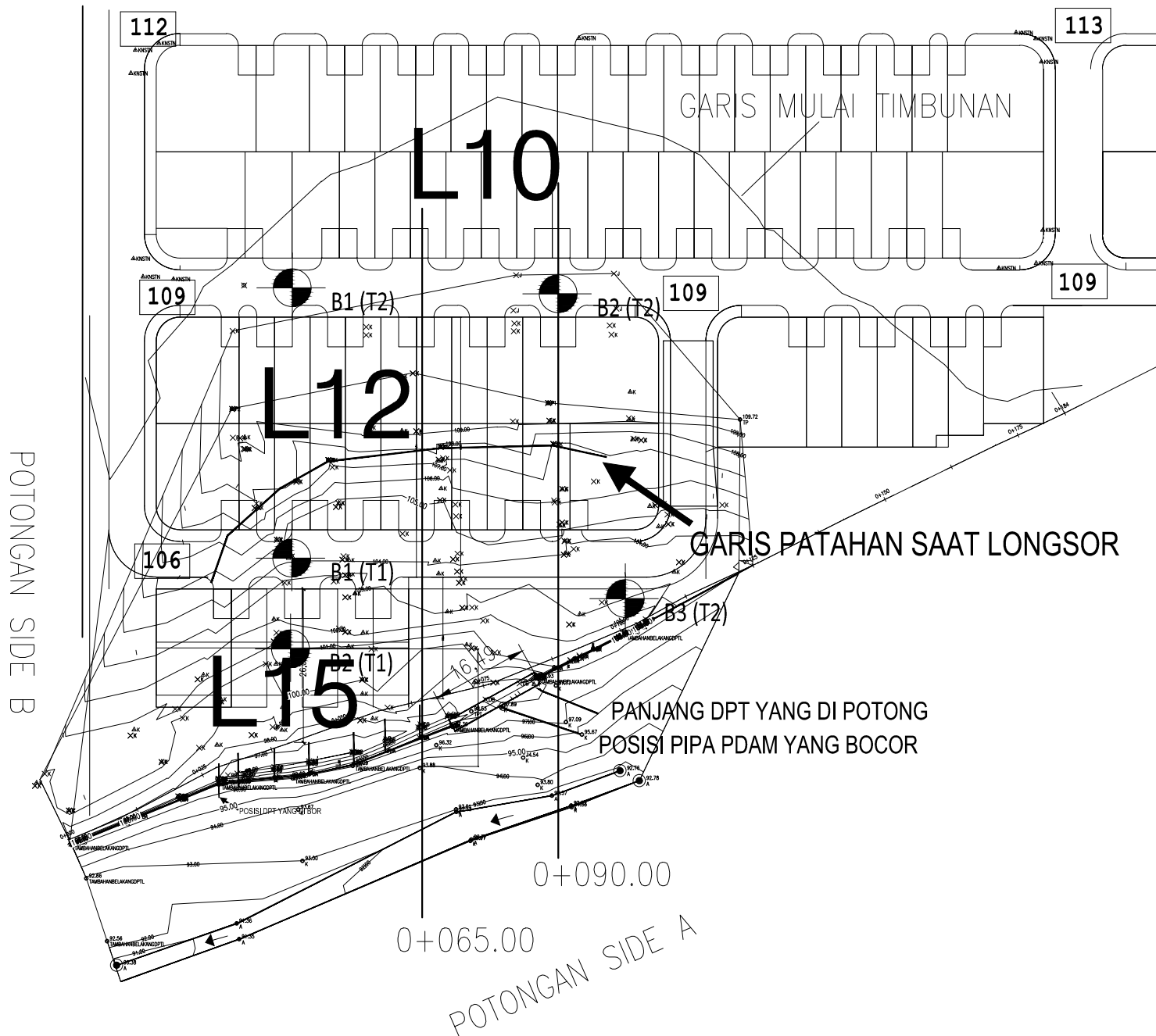
KETERANGAN

NO GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

1

11





JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
 PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
 CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN
 UTARA, KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
 NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
 NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
 03111745000004

JUDUL GAMBAR

SKALA

ALTERNATIF GEOTEXTILE
 DAN MICROPILE

1 : 500

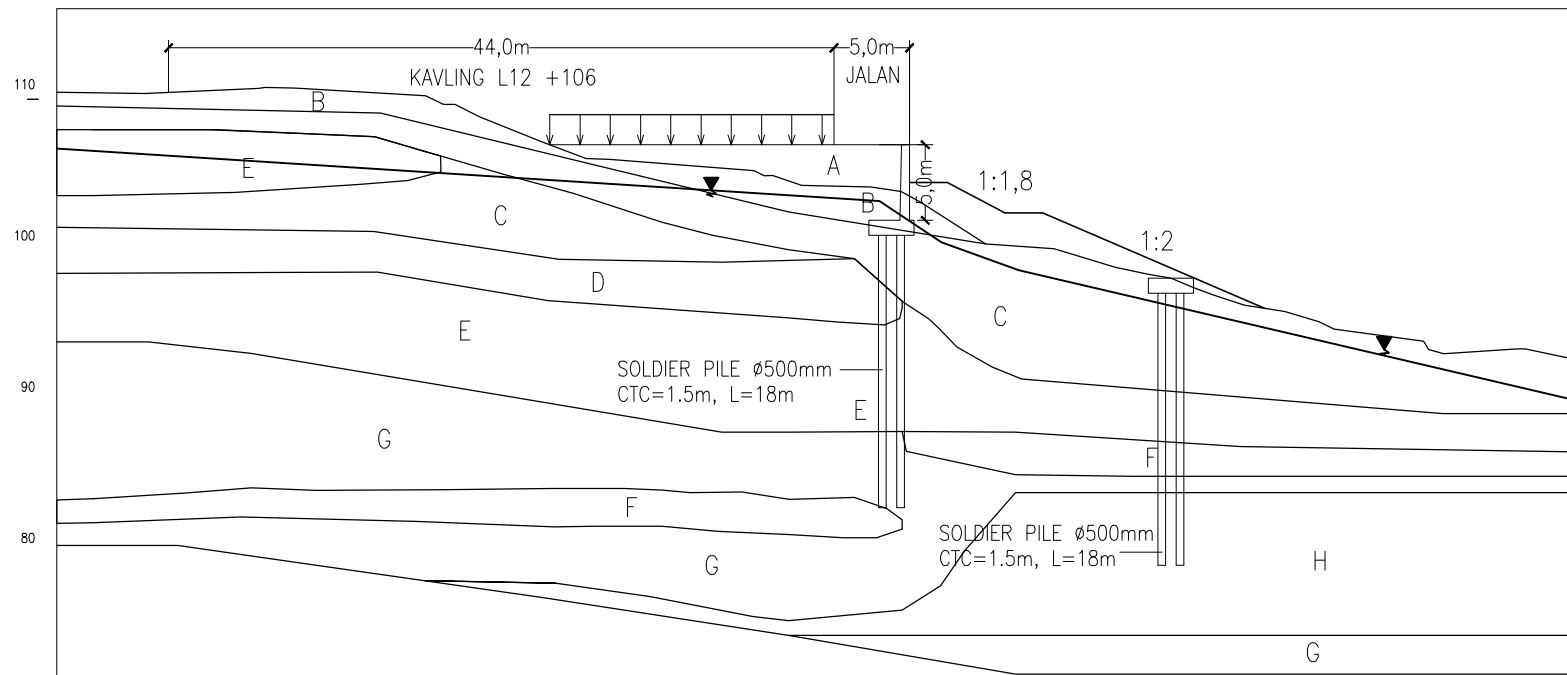
KETERANGAN

NO GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

5

11



ELV.EXISTING		108.293	107.773	107.068		106.310	106.249			106.500	105.044	103.863		100.389		106.464	106.183	105.698	102.568	95.177	95.058
ELV.RENCANA		109.500	109.500	107.500		109.500	109.500			106.500	106.230	106.000		106.000		106.464	106.183	105.698	102.269	95.177	95.058
SELISIH ELV		2.16	2.83	3.73		3.19	4.85			6.16	6.16			6.16		8.84	8.84	8.84	7.09	7.09	7.09
OFFSET			-57	-48		-39	-29			-19	-10			00		10	19	29			
JARAK		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100										



ALTERNATIF 1 (MODIFIKASI)
 SKALA 1 : 500

KETERANGAN

- A =TIMBUNAN
- B =CLAY, SOFT SPT (3)
- C =CLAY, MEDIUM SPT (14)
- D =SAND, MEDIUM SPT (16)
- E =CLAY, STIFF SPT (26)
- F =BATU BARA, HARD SPT(50)
- G =CLAY, HARD SPT (50)
- H =SAND, HARD SPT (50)



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
 PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
 CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN
 UTARA, KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
 NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
 NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
 03111745000004

JUDUL GAMBAR

SKALA

ALTERNATIF GEOTEXTILE
 DAN MICROPILE

1 : 500

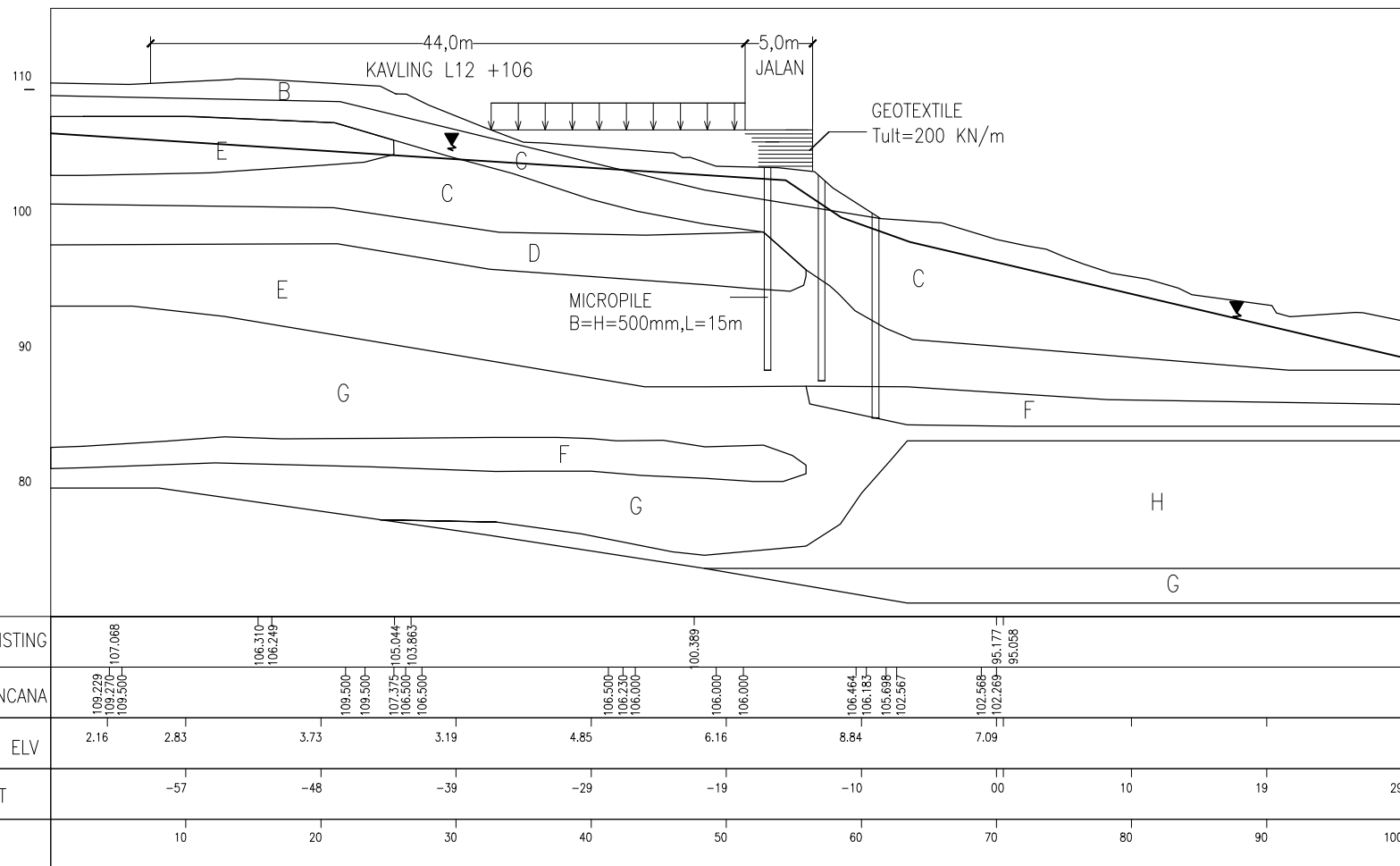
KETERANGAN

NO GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

6

11



ALTERNATIF 2 GEOTEXTILE DAN MICROPILE
 SKALA 1 : 500

KETERANGAN

- A =TIMBUNAN
- B =CLAY, SOFT SPT (3)
- C =CLAY, MEDIUM SPT (14)
- D =SAND, MEDIUM SPT (16)
- E =CLAY, STIFF SPT (26)
- F =BATU BARA, HARD SPT(50)
- G =CLAY, HARD SPT (50)
- H =SAND, HARD SPT (50)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
03111745000004

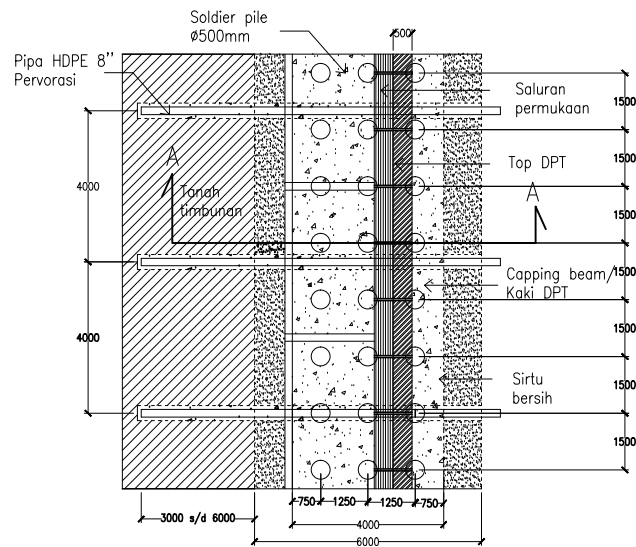
JUDUL GAMBAR	SKALA
1. PENULANGAN DPT (KAV L12)	1 : 100
2. PENULANGAN SOLDIER PILE	1 : 100
3. POTONGAN A-A	1 : 10

KETERANGAN

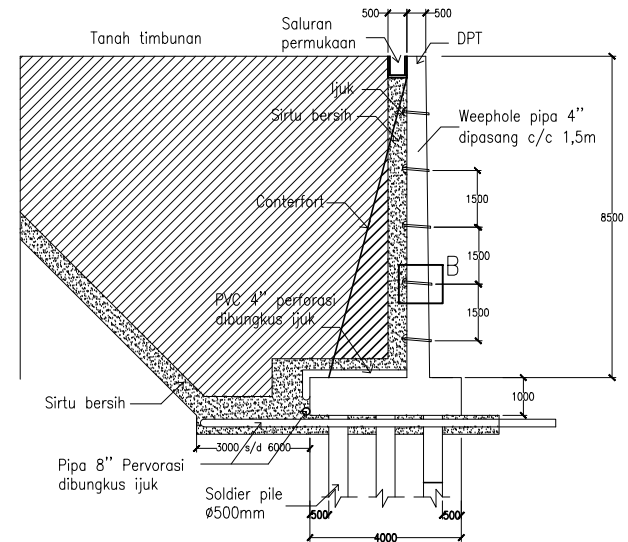
NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

7

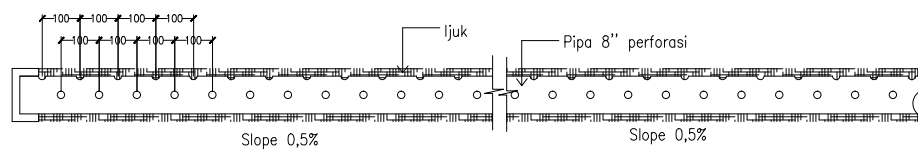
11



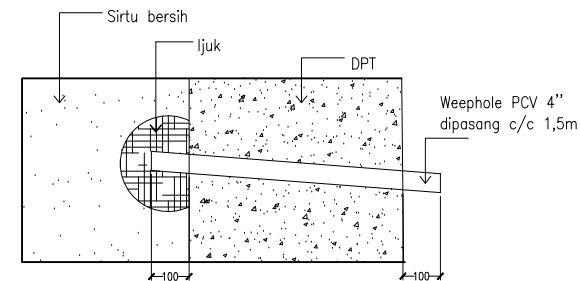
TAMPAK ATAS DPT KAVLING L15
SKALA 1 : 200



DETAIL POTONGAN A-A
SKALA 1 : 200



DETAIL PIPA PERVORASI 8\"/>



DETAIL B WEEPHOLE
SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
03111745000004

JUDUL GAMBAR

SKALA

1. PENULANGAN DPT (KAV L12)

1 : 100

2. PENULANGAN SOLDIER PILE

1 : 100

3. POTONGAN A-A

1 : 10

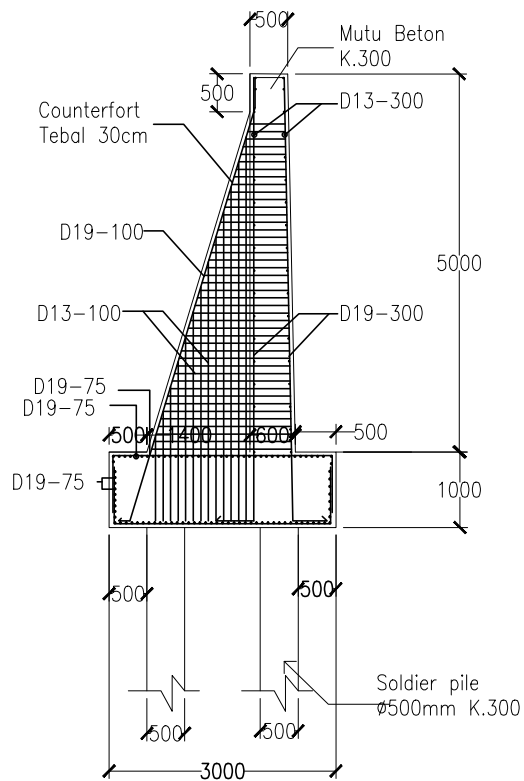
KETERANGAN

NO GAMBAR

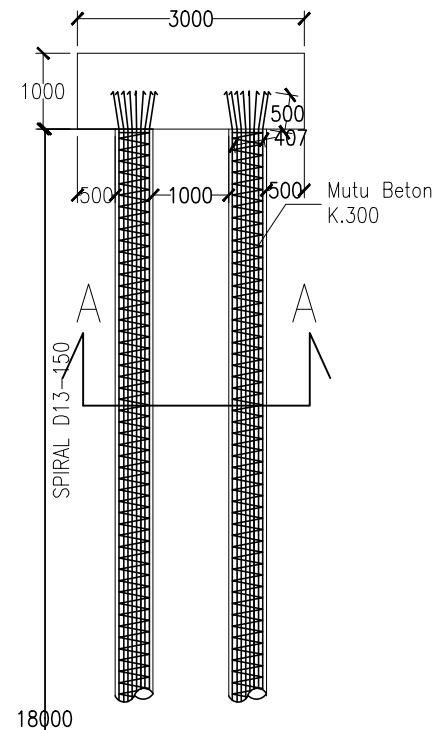
JUMLAH GAMBAR

8

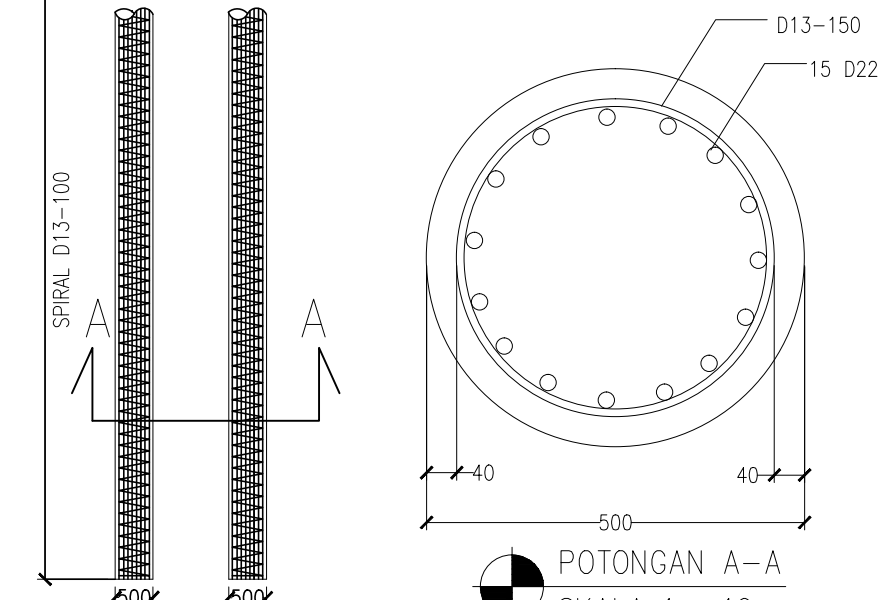
11



PENULANGAN DPT KAVLING L12
SKALA 1 : 100



PENULANGAN SOLDIER PILE
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN
ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA
PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING
L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA, KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
0311174500004

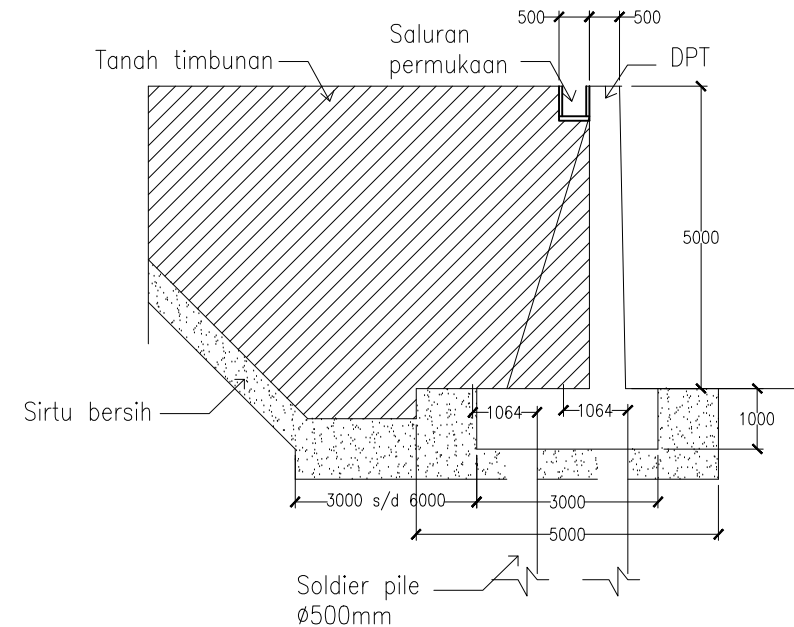
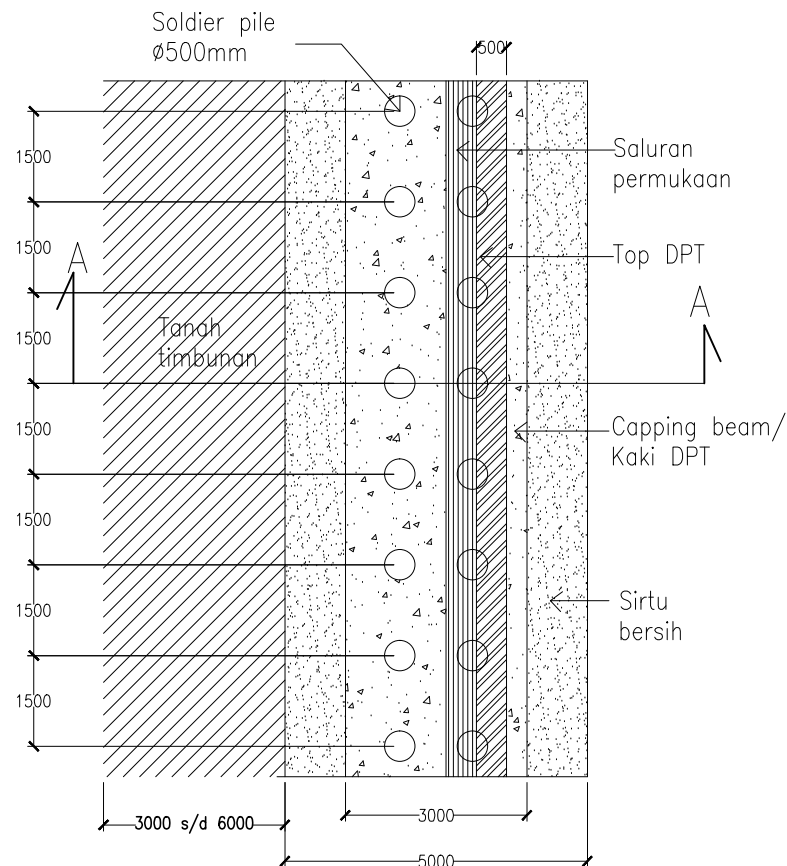
JUDUL GAMBAR	SKALA
1. TAMPAK ATAS DPT (KAV L12)	1 : 125
2. DETAIL DINDING PENAHAN	1 : 125
3. DETAIL SALURAN PERMUKAAN	1 : 125

KETERANGAN

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

9

11



DETAIL POTONGAN A-A
SKALA 1 : 125

TAMPAK ATAS DPT KAVLING L12
SKALA 1 : 125



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN ALTERNATIF
PERKUATAN TEBING PADA PERUMAHAN GRANDCITY
CLUSTER L KAVLING L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA,
KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
03111745000004

JUDUL GAMBAR

SKALA

1. PENULANGAN DPT (KAV L12)
2. PENULANGAN SOLDIER PILE
3. POTONGAN A-A

1 : 100
1 : 100
1 : 10

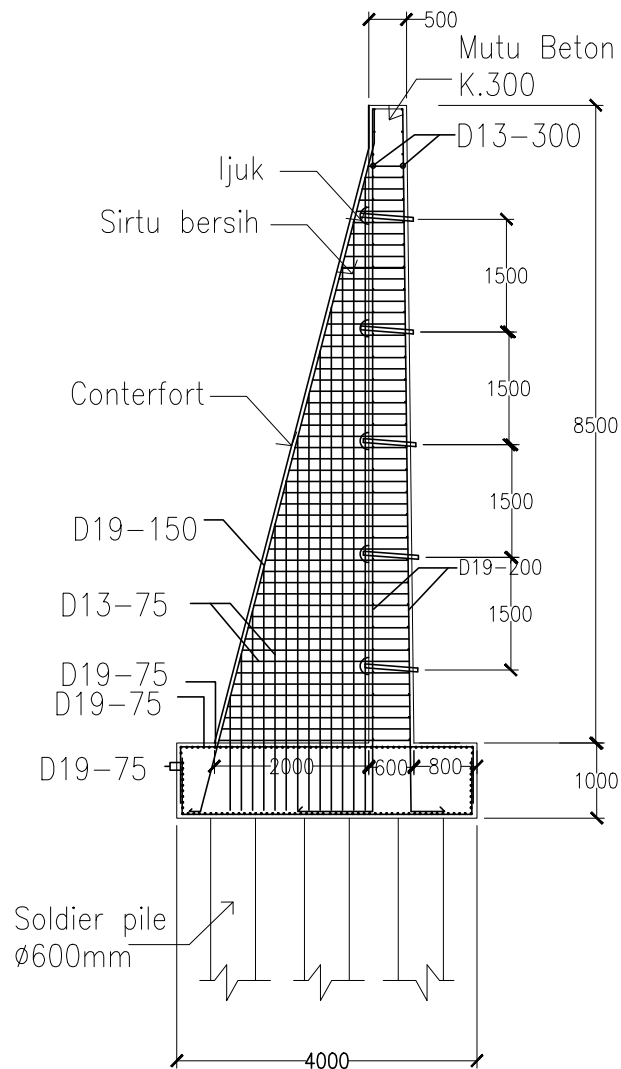
KETERANGAN

NO GAMBAR

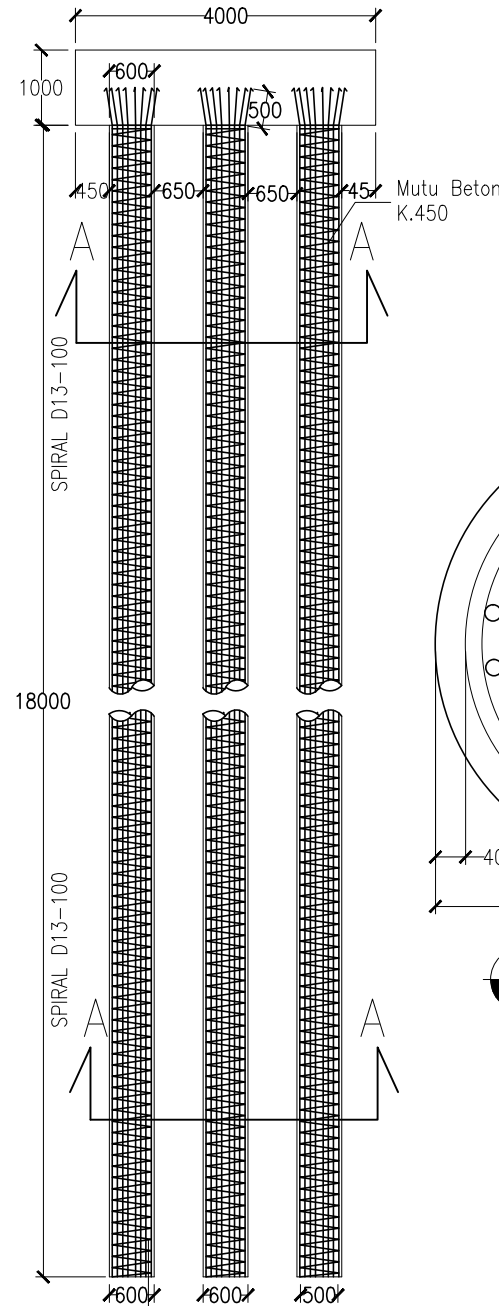
JUMLAH GAMBAR

10

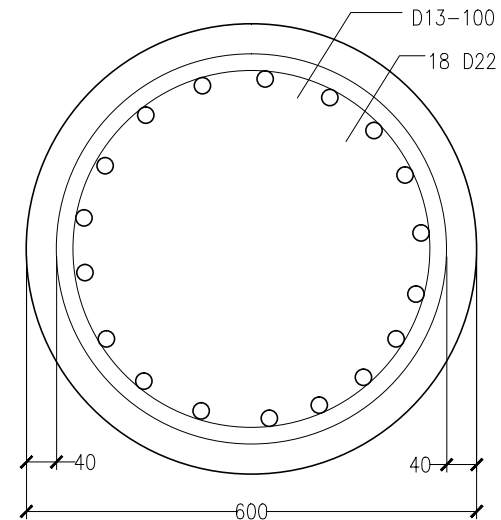
11



PENULANGAN DPT KAVLING L15
SKALA 1 : 100



PENULANGAN SOLDIER PILE
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN
ALTERNATIF PERKUATAN TEBING PADA
PERUMAHAN GRANDCITY CLUSTER L KAVLING
L12 DAN L15, BALIKPAPAN UTARA, KALIMANTAN

DOSEN PEMBIMBING

Musta'in Arif, ST., MT.
NIP. 197003272005211002

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.
NIP. 190011022014042204

MAHASISWA

Minyatul Falihah
0311174500004

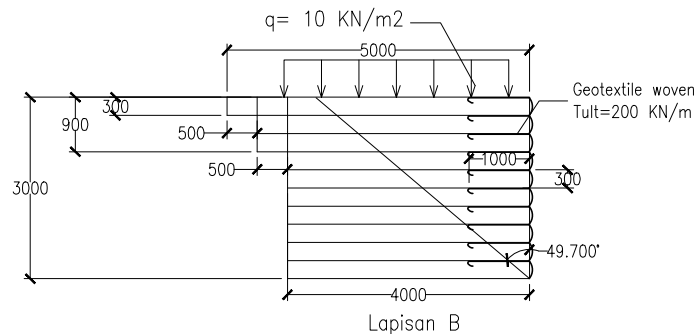
JUDUL GAMBAR	SKALA
1. TAMPAK ATAS DPT (KAV L12)	1:125
2. DETAIL DINDING PENAHAN	1:125
3. DETAIL SALURAN PERMUKAAN	1:125

KETERANGAN

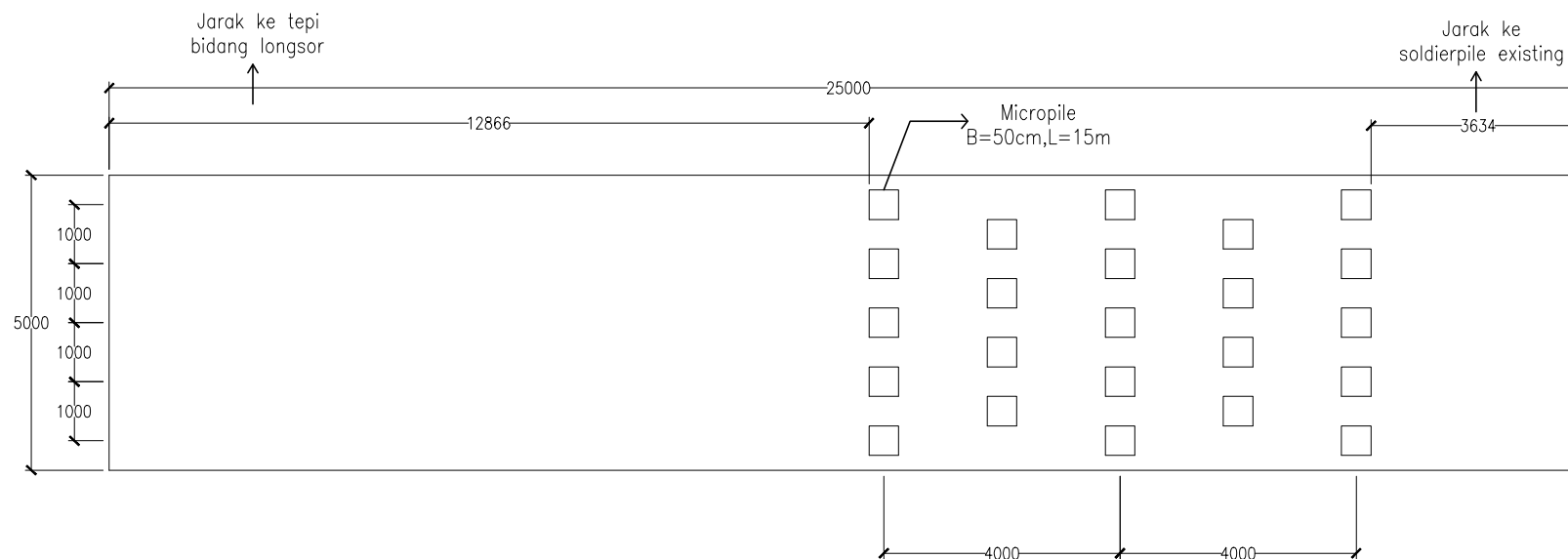
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

11

11



DETAIL POTONGAN A-A
SKALA 1 : 125



DETAIL POTONGAN A-A
SKALA 1 : 125



Form AK/TA-04
rev01

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

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

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Putu Tantri Kumala .S., ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Mulyatul Falihah
NRP	: 03111745000004
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Penyebab Kelongsoran dan Alternatif Perkuatan Tebing Pada perumahan Grandcity Cluster Kawing L12 dan L15, Balikpapan utara, Kalimantan
TANGGAL PROPOSAL	: 9 Januari 2019.
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	8/3/19	- analisa data tanah asli untuk analisa penyebab longsor - analisa dg plaxis	- menganalisa kembali dengan plaxis untuk nilai E tanah - cek / kontrol stabilitas diating dan Boredpile - Lanjutkan.	
	20/3/19	- Kontrol stabilitas DPT & Boredpile - Cek stabilitas di plaxis	- Perencanaan tumbunan alternatif - Perbaiki rerai saran	
	4/4/19	- Laporan bab 4 analisa longsor, - Bab 5 perencanaan altern perkuatan dg soldierpile & DPT Baru	- Perencanaan alternatif perkuatan dg Geotextile & micropile. - cek perkuatan (jumlah) secara internal dan overall supaya perkuatannya dapat mengcover semua kelongsoran.	
	2/4/19	- Perhitungan soldierpile sbg tiang grup - Perhitungan Geotextile	- Lanjutkan + betulkan dari hari asistensi hari ini	
	12.4.19	- Report bab 4 dan 5 Geotextile dan micropile	- perbaiki report - cek ulang perhitungan geotextile	



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

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Putu Tanti Kumala Sari, ST-MT
NAMA MAHASISWA	: Minyatul Falihah
NRP	: 03111745000004
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Penyebab Kelonggaran dan Alternatif Perkuatan Tebing Pada Perumahan Cendekity Cluster L Kavling Lia dan L15, Balikpapan Utara, Kalimantan.
TANGGAL PROPOSAL	: 9 Januari 2019.
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	29 April 2019	1. perhitungan tiang dibawah Dinding pehahan 2. Perhitungan tiang sebagai cerucuk U/ perkuatan overall 3. verifikasi dengan Plaxis	1) cek perhitungan SF kelonggaran antara ada DPT dan GW. 2) cek keseluruhan perhitungannya yg sudah ada. 3) Tambahkan sub-drains.	
	3 Mei 2019.	Sudah ok. tinggal cek report Baca jurnal / Guidelines for Horizontal sub-drains.	Report cek senin / Selasa.	
	7 Mei 2019	Pernyataan kondisi eksisting DPT dijelaskan. Counterfort direncanakan menerima gaya dari dinding.		



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

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

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Mustamin Arif, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Mingyatul falihah
NRP	: 03111745000004
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Penyebab Kelongsoran dan Alternatif Perkuatan Tebing pada Perumahan Grandcity Cluster Kavling L12 dan L15, Balikpapan Utara, Kalimantan
TANGGAL PROPOSAL	: 9 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	26/2	Menganalisa Data tanah dan pemodelan di plaxis	-Memperbaiki stratigrafi profil lapisan tanah dan analisa penyebab longsor dg modelkan lereng di plaxis	<i>Ante</i>
	4/3 19	Perbaikan pemodelan di plaxis dan perhitungan DPT existing	-Stratigrafi sudah ok -Data korelasi perbaikan, dan baca modul Plaxis -Analisa Penyebab longsor dg plaxis benar.	<i>Ante</i>
	13/3 19	perhitungan stabilitas DPT dan soldierpile hitung kembali.	- Memperbaiki data & tambah kontrol saat m.at tinggi & rendah.	<i>Ante</i>
	20/3 19	menambah cele saat m.a.t tinggi dan rendah.	Perencanaan perkuatan alternatif soldierpile, DPT baru.	<i>Ante</i>
	2/4 19	Perencanaan Alternatif baru dg DPT & soldierpile.	Perencanaan Alternatif perkuatan Geotextile & micropile -Revisi perhitungan Soldierpile sebagai pondasi dihitung tiap grup	<i>Ante</i>
	8/4 19	Soldierpile dihitung 1m panjang. Cele soldierpil 50 m panjang + perhitungan horizontal		<i>Ante</i>

u/ tau bidang longsor overall



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

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

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Musta'in Arif, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Minyatul Falihah
NRP	: 03111745000004
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Penyebab ketlongsoran dan Analisa Perkuatan Tebing Pada Perumahan Grandcity Cluster 1 Kavling L1a dan L1b, Balikpapan Utara, Kalimantan
TANGGAL PROPOSAL	: 9 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan soldier pile, sebagai pondasi - Perhitungan soldierpile sebagai cencuk - Kontrol stabilitas overall dengan plaxis 	<ul style="list-style-type: none"> - Tabelkan Gambar devormasi, Gaya, momen hasil plaxis. - Hitung Kontrol SF Momen Ultimate & crack. $SF = \frac{\text{Momen kapasitas}}{\text{momen terjadi}}$ 	7/5/19 Mta
2.		<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan kontrol Momen - Perhitungan Geotextile dan micropile - Cek stabilitas overall dg plaxis tanpa & adanya Counterweight 	<ul style="list-style-type: none"> - momen crack = $\frac{I_{fr}}{y_t}$ - alternatif soldier pile kavling L1a diperbesar D600 mm. - Cek plaxis tanpa counterweight - Perhitungan RAB alternatif 	Muz

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Minyatul Falihah dilahirkan di kota Pati, 22 Agustus 1995, merupakan anak terakhir dari 6 bersaudara dari pasangan Bapak Mukri dan Ibu Kasmilah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mardi Utomo lulus pada tahun 2001, SDN Tunggulsari lulus pada tahun 2008, SMPN 1 Tayu lulus pada tahun 2011, dan SMAN 1 Tayu, dan lulus pada tahun 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan D3 Teknik Sipil di Universitas Gadjah Mada tahun 2014-2017. Pada periode Juli 2017 penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) melalui program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 03111745000005.

Pada masa pendidikan kuliah, penulis selain aktif dalam pendidikan akademik juga aktif diluar non-akademik diantaranya mengikuti kegiatan kepanitn acara job fair expo kampus pada tahun 2015, magang pada proyek pembangunan ST.Carolus Jakarta Pusat tahun 2016, mengikuti pelatihan SIBIMA Konstruksi tahun 2019. Di jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS, penulis memilih konsentrasi bidang studi Geoteknik.

Besar harapan dari penulis kepada pembaca buku tugas akhir ini dapat memberikan masukan jika terdapat kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini.

Contact person :

E-mail : minyatulfalihah@gmail.com