



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL JEMBATAN  
SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI *SLAB  
ON PILE* (STUDI KASUS JALAN LINGKAR  
LUAR BARAT SURABAYA)**

ANUGRADIA NELA PUTRI  
NRP 0311164000074

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



---

TUGAS AKHIR - RC18-4803

**PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL JEMBATAN  
SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI *SLAB  
ON PILE* (STUDI KASUS JALAN LINGKAR  
LUAR BARAT SURABAYA)**

ANUGRADIA NELA PUTRI  
NRP 03111640000074

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



---

FINAL PROJECT - RC18-4803

**DESIGN OF EMBANKMENT AT THE  
APPROACH OF THE BRIDGE AS SLAB ON  
PILE ALTERNATIVE REPLACEMENT  
(WEST SURABAYA RING ROAD CASE  
STUDY)**

ANUGRADIA NELA PUTRI  
NRP 03111640000074

Academic Supervisor I  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Academic Supervisor II  
Musta'in Arif, ST., MT.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technoogy  
Surabaya 2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**PERENCANAAN TIMBUNAN DI BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI SLAB  
ON PILE  
(STUDI KASUS JALAN LINGKAR LUAR BARAT  
SURABAYA)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

Oleh :

**ANUGRADIA NELA PUTRI  
NRP. 03111640000074**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

- 
1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D. (Pembimbing I)
  2. Musta'in Arif, ST. MT. (Pembimbing II)

**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

**PERENCANAAN TIMBUNAN DI BELAKANG  
PANGKAL JEMBATAN SEBAGAI ALTERNATIF  
PENGANTI SLAB ON PILE  
(Studi Kasus Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya)**

**Nama Mahasiswa** : Anugradia Nela Putri  
**NRP** : 03111640000074  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSPK – ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D  
**Dosen Pembimbing II** : Musta'in Arif, ST., MT

**Abstrak**

*Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) merupakan salah satu jalan yang telah direncanakan untuk mengatasi permasalahan kemacetan di Kota Surabaya, di mana memiliki panjang 19,8 km dengan lebar 55 m yang menghubungkan Lakarsantri sampai Romokaliasri. JLLB memiliki dua konstruksi, yaitu jembatan (girder bridge) dan slab on pile. Konstruksi jembatan dibangun memotong pemukiman penduduk, jalan, dan rel kereta api; dengan kondisi yang memiliki NSPT sedang. Konstruksi slab on pile dibangun memotong persawahan; dengan kondisi tanah yang memiliki NSPT kecil. Kontruksi JLLB merupakan konstruksi yang cukup penting maka dari itu diperlukan alternatif perencanaan konstruksi lainnya agar lebih efisien dan aman terhadap perilaku tanah. Selain itu, perlu diperhatikan juga mengenai overall stability timbunan terhadap pangkal jembatan.*

*Hasil dari perencanaan diketahui bahwa tanah pada slab on pile dekat pangkal jembatan merupakan tanah lempung dengan pemampatan besar dan lama sehingga diperlukan perbaikan tanah dasar dan perkuatan karena daya dukung tanah lempung yang rendah. Alternatif timbunan tegak dengan perbaikan tanah dasar vacuum dan perkuatan freyssisol lebih ideal dan efisien dibandingkan kontruksi slab on pile dari segi biaya volume materialnya. Pada evaluasi pangkal jembatan baik*

*overall stability dan pengecekan gaya lateral terhadap tiang pancang sudah memenuhi apabila konstruksi slab on pile diganti dengan konstruksi timbunan.*

***Kata kunci: Freyssisol, Geotextile Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya (JLLB), Mikropile, Timbunan***



**DESIGN OF EMBANKMENT AT THE APPROACH OF  
THE BRIDGE AS SLAB ON PILE ALTERNATIVE  
REPLACEMENT  
(WEST SURABAYA RING ROAD CASE STUDY)**

**Name** : Anugradia Nela Putri  
**NRP** : 03111640000074  
**Department** : Civil Engineering FTSPK – ITS  
**Supervisor I** : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D  
**Supervisor II** : Musta'in Arif, ST., MT

***Abstract***

*Outer West Ring Road (OWRR) is one of many roads that designed for solving some traffic problems in Suraaya, it has 19,8 km length and 55 m width that connected Lakasantri and Romokaliasri. OWRR or JLLB has two kind of constructions, girder bridge and slab on pile. The bridge construction is built crossing the housing, roads, and even railway; the NSPT of soil is medium. Slab on pile is built crossing the rice field; the NSPT of soil is low. OWRR is most likely important, because of that the construction need some alternatives that is more efficient, ideal, dan safe from the condition of soil. Besides, the study location is the approach from bridge to girder or otherwise, the construction is need more attention for its overall stability of embankment o the abutment.*

*From the analysis, the settlement that happens at the approach of the bridge is very significant and caused differential settlement in the future. Because of that condistions, the settlement needs to be eliminated with preloading of surcharge method or vacuum combined with vertical drain. Soil capacity of clay is very low, so the reinforcement is needed too. After the preloading and reinforcement are designed, the most ideal and efficient altervative can be choosen and will be compared to slab on pile. From the material costs, non-slope embankment that designed with preloading with vacuum method and freyssiisol for the reinforcement is the most ideal and efficient than the other*

*embankment alternatives. The chosen embankment alternative is more ideal and efficient than slab on pile. For the abutment, the existing design can be used even though the slab on pile is replaced to embankment construction.*

***Keyword: Embankment, Freyssisol, Geotextile, Outer West Ring Road (OWRR), Micropile***

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis yang selalu menjadi pendukung utama, tempat berkeluh kesah, dan mendoakan sehingga penulis tetap bersemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. selaku dosen konsultasi, dosen kelas Teknik Penulisan Ilmiah dan juga dosen pembimbing Tugas Akhir saya serta sebagai orang tua kedua yang selalu memberikan ilmu dan membimbing dengan sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Musta'in Arif, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir selalu memberi ilmu-ilmu yang berbeda dan membimbing dengan sabar sehingga penulis dapat menjalankan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Ibu Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT. selaku dosen konsultasi kedua penulis yang selalu memberikan ilmu dan jalan keluar pada saat penulis kebingungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Teman-teman Geoteknik Semangat Avi, Shalva, Alma, Bagos yang selalu ada dan mengingatkan dan mendukung dari kelas TPI.
6. Team survey world bank Gama, Stepri, Wong yang sebenarnya sibuk TA dan fasttrack tetapi demi pengalaman yang tidak terlupakan dan masih aja job survey akhir Januari.
7. Teman-teman S-59, penghuni sekre baru dan pihak-pihak yang mengsponsor makanan. Terima kasih banyak. Kalian semua juga semangat.
8. Semua teman-teman anggota HMS FTSP ITS yang selalu memberi dukungan dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mohon kritik dan

saran. Semoga buku ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

**Surabaya, November 2020**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

Abstrak.....	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Tanah Lempung.....	7
2.1.1 Tanah Lempung Lunak.....	8
2.1.2 Tanah Lempung Kembang Susut.....	9
2.2 Besar dan Waktu Pemampatan Konsolidasi .....	10
2.2.1 Besar Pemampatan Konsolidasi.....	10
2.2.2 Waktu Pemampatan Konsolidasi .....	12
2.3 Teknologi Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak	12
2.3.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah dengan Sitem <i>Preloading</i> .....	13
2.3.2 Percepatan Waktu Pemampatan Akibat <i>Preloading</i> .....	16

2.3.3	Peningkatan Daya Dukung Tanah Akibat Preloading.....	21
2.3.4	Metode Perbaikan Tanah Dasar dengan Metode Lain	22
2.4	Tanah Kembang Susut dan Penanganannya .....	27
2.4.1	Perilaku Tanah Kembang Susut.....	27
2.4.2	Metode Penanganan Tanah Kembang Susut .....	28
2.5	Konstruksi Timbunan dengan Kemiringan Lereng Bervariasi untuk Jalan .....	29
2.5.1	Timbunan dengan Lereng Tegak .....	29
2.5.2	Timbunan dengan Lereng Miring .....	30
2.5.3	Sistem Perkuatan Tanah Timbunan .....	30
2.6	Jenis Pondasi dan Daya Dukungnya .....	35
2.6.1	Daya Dukung Pondasi Dangkal .....	35
2.6.2	Daya Dukung Pondasi Dalam .....	38
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>49</b>
3.1	Bagan Alir Tahapan Perencanaan .....	49
3.2	Uraian Tahapan Perencanaan .....	51
3.2.1	Pengumpulan Data dan Analisa .....	51
3.2.2	Perencanaan Konstruksi Timbunan sebagai Alternatif Konstruksi <i>Slab on Pile</i> .....	53
3.2.3	Analisis Pengambilan Keputusan .....	54
<b>BAB IV.....</b>		<b>57</b>
<b>PERILAKU TANAH DI LOKASI STUDI .....</b>		<b>57</b>
4.1	Data Tanah.....	57
4.2	Statisik Data Tanah .....	59

4.3	Data Tanah Timbunan Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah .....	63
4.4	Analisa Perilaku Tanah .....	64
BAB V .....		67
BESAR PEMAMPATAN TANAH DASAR AKIBAT TIMBUNAN DAN CARA MENGHILANGKANNYA .....		67
5.1	Besar dan Lama Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Pengganti <i>Slab on Pile</i> .....	67
5.1.1	Timbunan Sisi Miring.....	68
5.1.2	Timbunan Sisi Tegak.....	74
5.2	Metode Perbaikan Tanah Dasar .....	79
5.2.1	Metode Preloading untuk Perbaikan Tanah Dasar	79
5.2.2	Metode Preloading dengan <i>Surcharge</i> .....	123
5.2.3	Metode Preloading dengan Sistem <i>Vacuum</i> ....	136
BAB VI.....		160
PERKUATAN TIMBUNAN .....		161
6.1	Perkuatan Timbunan dengan Sisi Miring .....	161
6.1.1	Perencanaan Perkuatan Timbunan <i>Geotextile</i> . 161	
6.1.2	Perencanaan Perkuatan Tanah Mikropile.....	171
6.1.3	Perhitungan Biaya Volume Material .....	176
6.2	Perkuatan Timbunan dengan Sisi Tegak .....	178
6.2.1	Perencanaan Mikropile sebagai Perkuatan Tanah Dasar	179
6.2.2	Alternatif Perencanaan Perkuatan Timbunan <i>Geotextile Wall</i> .....	181

6.2.3	Alternatif Perencanaan <i>Freyssisol</i> sebagai Perkuatan Timbunan.....	189
6.2.6	Perhitungan Biaya Volume Material .....	194
6.3	Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjang Jembatan .....	196
6.3.1	Perhitungan Jarak Pemasangan <i>Geotextile</i> (Sv) 197	
6.3.2	Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i> .....	198
6.3.3	Kontrol External Stability .....	199
6.3.4	Kontrol terhadap <i>Overall Stability</i> .....	200
6.3.5	Kontrol Pondasi Tiang terhadap Gaya Horizontal 200	
6.4	Perbandingan Alternatif Perencanaan Timbunan dengan <i>Slab on Pile</i> .....	204
BAB VII .....		206
PENUTUP.....		207
7.1	Kesimpulan .....	207
7.2	Saran.....	208
DAFTAR PUSTAKA.....		209
LAMPIRAN .....		211
LAMPIRAN 1 DATA PERENCANAAN .....		211
LAMPIRAN 2 BROSUR PERENCANAAN .....		219
LAMPIRAN 3 ANALISA DATA TANAH .....		225
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN PEMAMPATAN ( $S_c$ ) DAN TINGGI TIMBUNAN AWAL ( $H_{INISIAL}$ ) .....		230
LAMPIRAN 5 PERENCANAAN PVD .....		257



LAMPIRAN 6 PERBAIKAN TIMBUNAN METODE <i>SURCHARGE</i> .....	272
LAMPIRAN 7 PERBAIKAN TANAH METODE <i>VACUUM</i>	288
LAMPIRAN 8 PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN MIRING .....	294
LAMPIRAN 9 PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN TEGAK.....	297
LAMPIRAN 10 PERHITUNGAN BIAYA VOLUME MATERIAL .....	301

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Geometrik Perencanaan Jalan Lingkar Surabaya.....	3
Gambar 1.2 Potongan Melintang Konstruksi Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) Surabaya .....	3
Gambar 2.1 Partikel Lempung .....	7
Gambar 2.2 Peristiwa Kapiler .....	9
Gambar 2.3 Ilustrasi Standar <i>Vacuum Consolidation Method (VCM)</i> .....	14
Gambar 2.4 Peristiwa Preloading .....	15
Gambar 2.5 Perencanaan Timbunan Bertahap.....	16
Gambar 2.6 Grafik Perubahan Tegangan Akibat Penambahan Beban .....	16
Gambar 2.7 Gambaran Perencanaan PVD .....	17
Gambar 2.8 Pola Susunan PVD .....	18
Gambar 2.9 Diameter Ekuivalen dari PVD.....	18
Gambar 2.10 Pengaruh Beban Tambahan dengan Harga Tegangan Tanah.....	21
Gambar 2.11 Reaksi <i>Micropile</i> terhadap Gaya Horizontal .....	23
Gambar 2.12 Grafik Hubungan Antara $f$ dan <i>Unconfined Compression Strength</i> .....	24
Gambar 2.13 Grafik Hubungan Antara <i>Moment Coefficient</i> FM dengan Panjang Cerucuk di Bawah Bidang Gelincir .....	26
Gambar 2.14 Grafik <i>Swelling Potential</i> .....	28
Gambar 2.15 Sistem Gaya Pada Cara <i>Fellenius</i> .....	31
Gambar 2.16 <i>Freyssisol</i> .....	33
Gambar 2.17 Pondasi Dangkal.....	36

Gambar 2.18 Desain Pondasi Dangkal .....	37
Gambar 2.19 Pondasi Tiang Group .....	44
Gambar 2.20 Ilustrasi Beban Tiap Tiang .....	45
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir .....	49
Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan Konstruksi Timbunan Sisi Miring .....	50
Gambar 3.3 Diagram Alir Perencanaan Konstruksi Timbunan Sisi Tegak .....	51
Gambar 4.1 Parameter Tanah .....	60
Gambar 5.1 Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m .....	69
Gambar 5.2 Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 3,5 m .....	69
Gambar 5.3 Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 2 m .....	70
Gambar 5.4 Potongan Melintang Timbunan Sisi Tegak Tinggi Rencana 4,3 m .....	75
Gambar 5.5 Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 3,5 m .....	75
Gambar 5.6 Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 2 m .....	75
Gambar 5.7 Hubungan $H_{i\text{inisial}}$ dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 22$ m ....	93
Gambar 5.8 Hubungan $H_{i\text{inisial}}$ dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 17$ m ....	93
Gambar 5.9 Hubungan <i>Settlement</i> dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 22$ m .....	94
Gambar 5.10 Hubungan <i>Settlement</i> dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 17$ m .....	94

Gambar 5.11 Kurva Faktor Pengaruh.....	97
Gambar 5.12 Hubungan $H_{\text{inisial}}$ dan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 22$ m .....	104
Gambar 5.13 Hubungan $H_{\text{inisial}}$ dan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 17$ m .....	104
Gambar 5.14 Hubungan <i>Settlement</i> dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 22$ m .....	105
Gambar 5.15 Hubungan <i>Settlement</i> dengan $H_{\text{final}}$ pada $H_{\text{dr}} = 17$ m .....	105
Gambar 5.16 Diameter Ekuivalen dari PVD.....	107
Gambar 5.17 Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segitiga sepanjang $H_{\text{dr}} = 22$ m .....	111
Gambar 5.18 Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segitiga sepanjang $H_{\text{dr}} = 17$ m .....	111
Gambar 5.19 Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segiempat sepanjang $H_{\text{dr}} = 22$ m .....	115
Gambar 5.20 Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segiempat sepanjang $H_{\text{dr}} = 17$ m .....	115
Gambar 5.21 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 4,3$ m .....	118
Gambar 5.22 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 3,5$ m .....	119
Gambar 5.23 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 2$ m .....	119
Gambar 5.24 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 4,3$ m .....	120

Gambar 5.25 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 3,5$ m .....	120
Gambar 5.26 Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 2$ m.....	121
Gambar 5.27 Analisa $H_{\text{cr}}$ menggunakan XSTABL .....	125
Gambar 5.28 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (3/4Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 4,3$ m)	129
Gambar 5.29 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 3,5$ m)	129
Gambar 5.30 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring $H_{\text{final}} = 2$ m) ...	130
Gambar 5.31 Analisa $H_{\text{cr}}$ menggunakan XSTABL .....	131
Gambar 5.32 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (3/4Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 4,3$ m) .	135
Gambar 5.33 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 3,5$ m) .	135
Gambar 5.34 <i>Settlement</i> Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak $H_{\text{final}} = 2$ m) ....	136
Gambar 6.1 Koordinat Bidang Longsor Hasil XSTABL .....	172
Gambar 6.2 Gaya dan Momen yang Bekerja pada Tinggi Rencana Timbunan 4,3 m .....	186
Gambar 6.3 Sketsa Dinding dan Pondasi Dangkal .....	188
Gambar 6.4 Desain Beton <i>Precast</i> untuk <i>Freyssisol</i> .....	191
Gambar 6.5 Analisa <i>Overall Stability</i> pada Timbunan <i>Approach</i> Jembatan.....	200
Gambar 6.6 Koefisien variasi (f) untuk tiang pancang yang menerima beban lateral.....	202

Gambar 6.7 Koefisien-koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II .....	203
Gambar 6.8 Potongan Melintang <i>Slab on Pile</i> pada <i>Approach</i> Jembatan .....	205

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung).....	8
Tabel 2.2 Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....	25
Tabel 2.3 Faktor Empiris $F_b$ dan $F_s$ .....	26
Tabel 4.1 Data Tanah STA 0+400 .....	58
Tabel 4.2 Data Tanah 0+750 .....	58
Tabel 4.3 Data Tanah 1+000 .....	58
Tabel 4.4 Data Tanah STA 2+300 .....	59
Tabel 4.5 Tipe Tanah dan Konsistensi Tanah.....	59
Tabel 4.6 Rekapitulasi Statistik Parameter Tanah .....	61
Tabel 4.7 Rekapitulasi Statistik $C_v$ , $C_c$ , $C_u$ .....	62
Tabel 4.8 Aktivitas <i>Swelling</i> Tanah.....	65
Tabel 5.1 Rekapitulasi Distribusi Pembebanan Akibat Timbunan Sisi Miring 4,3 m .....	70
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Timbuan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m .....	72
Tabel 5.3 Rekapitulasi Distribusi Tegangan Akibat Beban Timbunan Sisi Tegak 4,3 m .....	76
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Timbuan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m .....	77
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Tegangan <i>Overburden</i> ( $\sigma'_o$ ) untuk Setiap Kedalaman pada $H_{dr} = 22$ m .....	81
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Tegangan <i>Overburden</i> ( $\sigma'_o$ ) untuk Setiap Kedalaman pada $H_{dr} = 17$ m .....	82

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan $H_{dr} = 22$ m .....	84
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan $H_{dr} = 17$ m .....	85
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 22$ m.....	87
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 22$ m (Lanjutan) .....	88
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 17$ m.....	88
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban <i>Pavement</i> pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 22$ m.....	89
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban <i>Pavement</i> pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 22$ m (Lanjutan) .....	90
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban <i>Pavement</i> pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 17$ m.....	90
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban <i>Pavement</i> pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 17$ m.....	91
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ Akibat Beban Timbunan pada $H_{dr} = 22$ m.....	92
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ Akibat Beban Timbunan pada $H_{dr} = 17$ m.....	92
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan $H_{dr} = 22$ m .....	97
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Distribusi tegangan Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 17$ m.....	99
Tabel 5.17 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 22$ m.....	101

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar $H_{dr} = 17$ m.....	102
Tabel 5.19 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ Akibat Beban Timbunan pada $H_{dr} = 22$ m.....	103
Tabel 5.20 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ Akibat Beban Timbunan pada $H_{dr} = 17$ m.....	103
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Fungsi Hambatan Pola Segitiga .....	109
Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Fungsi Hambatan Pola Segitiga .....	113
Tabel 5.23 <i>Settlement</i> di bawah PVD dengan Pemasangan PVD $3/4H_{dr}$ pada Waktu Rencana Jalan .....	117
Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-10 (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 4,3$ m).....	126
Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-8 (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 3,5$ m) .....	127
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-5 (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 2$ m) .....	128
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-10 (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 4,3$ m) .....	132
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-8 (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 3,5$ m) .....	133
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-5 (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 2$ m) .....	134
Tabel 5.30 <i>Settlement</i> Setiap Lapisan Akibat Beban <i>Vacuum</i> .....	137
Tabel 5.31 Penurunan Akibat Beban <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 4,3$ m) .....	140
Tabel 5.32 Penurunan Akibat <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 3,5$ m) .....	142

Tabel 5.33 Penurunan Akibat <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 2$ m) .....	144
Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 4,3$ m) .....	145
Tabel 5.35 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 3$ m).....	147
Tabel 5.36 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Miring $H_{final} = 2$ m).....	148
Tabel 5.37 Penurunan Akibat <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 4,3$ m) .....	150
<b>Tabel 5.38</b> Penurunan Akibat <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 3,5$ m) .....	152
<b>Tabel 5.39</b> Penurunan Akibat <i>Vacuum Preloading</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 2$ m) .....	154
Tabel 5.40 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 4,3$ m).....	155
Tabel 5.41 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 3,5$ m).....	157
Tabel 5.42 Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat <i>Vacuum</i> (Timbunan Sisi Tegak $H_{final} = 2$ m).....	158
Tabel 6.1 Rekapitulasi Data Bidang Longsor XSTABL.....	162
Tabel 6.2 Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh <i>Geotextile</i> dan Panjang <i>Geotextile</i> di Belakang Bidang Longsor .....	165
Tabel 6.3 Hasil Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i> di Depan Bidang Longsor.....	167
Tabel 6.4 Panjang Total <i>Geotextile</i> .....	168
Tabel 6.5 Rekapitulasi Perencanaan <i>Geotextile</i> Metode <i>Surcharge</i> .....	170

Tabel 6.6 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Mikropile .....	175
Tabel 6.7 Rekapitulasi Perencanaan Mikropile Timbunan Sisi Miring Metode <i>Surcharge</i> .....	176
Tabel 6.8 List Harga Material Perencanaan .....	177
Tabel 6.9 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode <i>Surcharge</i> ).....	177
Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode <i>Surcharge</i> ).....	178
Tabel 6.11 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material (Metode <i>Vacuum</i> ).....	178
Tabel 6.12 Hasil Analisa <i>Overall Stability</i> dengan XSTABL	179
Tabel 6.13 Rekapitulasi Perencanaan Mikropile Timbunan Sisi Tegak Metode <i>Surcharge</i> .....	180
Tabel 6.14 Rekapitulasi Nilai Sv untuk $H_{final} = 4,3$ m.....	182
Tabel 6.15 Rekapitulasi Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Metode <i>Surcharge</i> .....	184
Tabel 6.16 Rekapitulasi Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Metode <i>Vacuum</i> .....	184
Tabel 6.17 Perhitungan Momen Penahan untuk Timbunan dengan $H_{final} = 4,3$ m.....	186
Tabel 6.18 Perhitungan Momen Pendorong untuk Timbunan dengan $H_{final} = 4,3$ m.....	186
Tabel 6.19 Rekapitulasi Perhitungan SF Guling.....	187
Tabel 6.20 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol terhadap Geser	187
Tabel 6.21 Rekapitulasi Nilai $T_{ult}$ dan $T_{allow}$ yang Direncanakan .....	190
Tabel 6.22 Kebutuhan Jumlah <i>Paraweb Staps</i> .....	192

Tabel 6.23 Rekapitulasi Perencanaan <i>Freyssisol</i> Metode <i>Surcharge</i> .....	192
Tabel 6.24 Rekapitulasi Perencanaan <i>Freyssisol</i> Metode <i>Vacuum</i> .....	193
Tabel 6.25 Rekapitulasi Perhitungan SF Guling.....	194
Tabel 6.26 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol terhadap Geser	194
Tabel 6.27 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode <i>Surcharge</i> ).....	195
Tabel 6.28 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode <i>Surcharge</i> ).....	195
Tabel 6.29 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode <i>Vacuum</i> ).....	196
Tabel 6.30 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode <i>Vacuum</i> ).....	196
Tabel 6.31 Rekapitulasi Sv <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjang .....	197
Tabel 6.32 Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> pada Pangkal Jembatan .....	198
Tabel 6.33 Perhitungan Momen Penahan untuk Timbunan pada <i>approach</i> Jembatan .....	199
Tabel 6.34 Perhitungan Momen Pendorong untuk Timbunan pada <i>approach</i> Jembatan .....	199
Tabel 6.35 Tabel Kombinasi Pembebanan Abutment (SNI 1725:2016).....	201
Tabel 6.36 Hasil Perhitungan Biaya Volume Material <i>Slab on Pile</i> .....	205

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan kota-kota di Indonesia terutama kota-kota besar sangat diperhatikan terutama pada segi tata ruangnya. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) kota direncanakan sedemikian rupa untuk menjadi solusi dari permasalahan-permasalahan kota tersebut. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah permasalahan transportasi, di mana pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus meningkat dari tahun ke tahun rata-rata di atas 3%, sedangkan pembangunan infrastruktur atau penambahan jumlah dan lebar jalan kurang dari 1% per tahunnya. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan jumlah kendaraan dan pembangunan infrastruktur tersebut yang menjadi alasan utama kemacetan di suatu kota.

Salah satu cara untuk mengurangi kemacetan lalu lintas di suatu kota yang umum dilakukan selama ini yaitu penambahan infrastruktur transportasi yang berupa penambahan jaringan jalan dan peningkatan kualitas transportasi umum. Pola jaringan jalan di dalam kota yang dapat diterapkan, yaitu kisi-kisi, *radial* dan *ring radial*. Sedang, peningkatan kualitas infrastruktur transportasi umum suatu kota dapat berupa peningkatan kualitas layanan dari transportasi umum yang sudah ada, peremajaan transportasi umum, dan penambahan jumlah bis kota beserta rutenya atupun pembangunan *Mass Rapid Transit* (MRT).

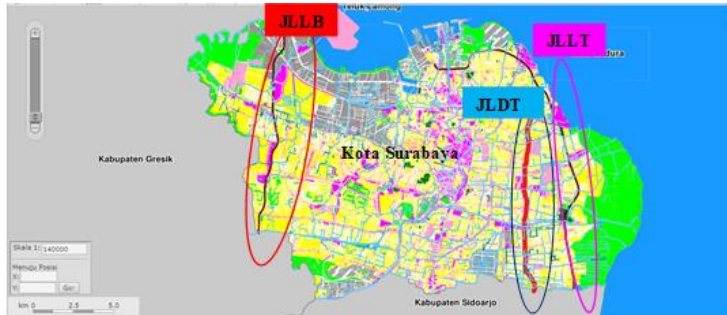
Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia juga menghadapi permasalahan yang sama tentang kemacetan. Salah satu solusi yang dilakukan adalah penambahan jaringan jalan berupa jalan lingkar yang dinamakan Jalan Lingkar Dalam Timur (JLDT), Jalan Lingkar Luar Timur (JLLT), dan Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) (**Gambar 1.1**). Dari tiga jalan lingkar tersebut, satu yang sudah terbangun yaitu Jalan Lingkar Dalam Timur (JLDT) yang menghubungkan Jalan Tol Waru-Juanda dengan jaringan jalan arteri menuju Jembatan Suramadu. Sedangkan yang belum selesai terbangun, yaitu JLLB direncanakan

sepanjang 19,8 km dengan lebar 51 m yang akan menghubungkan kawasan Lakarsantri sampai Romokalisari; JLLT akan dibangun sepanjang 16 kilometer dengan lebar 40-60 m yang akan menghubungkan Suramadu dan Gunung Anyar.

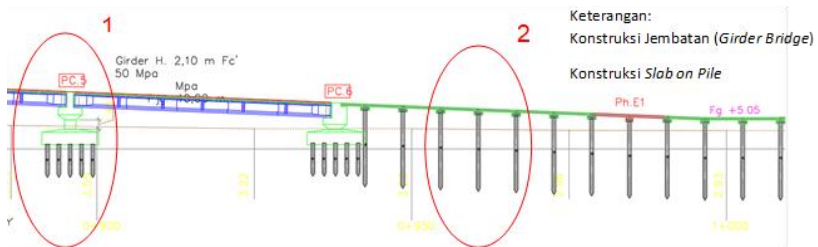
Salah satu jalan lingkar yang dalam tahap pembangunan, yaitu JLLB direncanakan memotong pemukiman penduduk, jalan, saluran air, rel kereta api, dan persawahan. Oleh karena itu, direncanakan dua konstruksi pada JLLB, yaitu jembatan (*girder bridge*) dan *slab on pile* dapat dilihat pada **Gambar 1.2**. Konstruksi jembatan direncanakan di atas daerah-daerah yang sulit dibebaskan, yaitu pemukiman penduduk, jalan, saluran air, dan rel kereta api, perencanaan konstruksi jembatan. Sementara itu, *slab on pile* direncanakan di atas persawahan. Gambar perencanaan pada dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Kondisi tanah di bawah konstruksi JLLB tersebut berbeda-beda. Jembatan dibangun pada STA 0+400 sampai STA 0+950 di atas daerah dengan NSPT relatif sedang, sedangkan *slab on pile* dibangun pada STA 0+950 sampai 2+300 di atas daerah dengan NSPT rendah atau *soft*. Data perencanaan dan data hasil uji tanah dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Surabaya memiliki potensi tanah *swelling*. *Swelling soil* merupakan tanah yang memiliki sifat kembang-susut. Hal tersebut terjadi karena perubahan kadar air pada tanah lempung yang membuat tanah dapat mengembang saat terendam air di musim penghujan, sehingga terjadi gaya *uplift* yang dapat membuat konstruksi di atasnya terangkat. Untuk *swelling soil* yang terendam air perilaku kembang susut sudah tidak terjadi dan memiliki nilai NSPT kurang dari 10, sehingga tanah tersebut dapat dikategorikan menjadi *soft soil*. Tanah tersebut memiliki pemampatan yang besar dan lama sehingga membuat konstruksi di atasnya beresiko mengalami penurunan dan menjadi tidak stabil.





**Gambar 1.1** Geometrik Perencanaan Jalan Lingkar Surabaya  
(Sumber: C-Maps Kota Surabaya Tahun 2016)



**Gambar 1.2** Potongan Melintang Konstruksi Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) Surabaya  
(Sumber: Perencana Jalan Ligkar Luar Barat Surabaya)

Dalam perencanaan jembatan dan *slab on pile* perlu diketahui seberapa besar pengaruh dari perilaku baik *soft soil* maupun *swelling soil*. Di samping itu, perencanaan konstruksi proyek JLLB harus efisien, maka diperlukan alternatif yaitu dengan mengganti konstruksi *slab on pile* dengan konstruksi timbunan. Pada perencanaan alternatif tersebut akan direncanakan dua macam timbunan, yaitu timbunan dengan lereng tegak dan timbunan dengan lereng miring. Selanjutnya, pada timbunan perlu diketahui besar dan lama pemampatan yang terjadi, apabila memiliki pemampatan yang besar dan lama maka

diperlukan perbaikan tanah dasar yaitu dengan metode *surcharge* dan *vacuum*. Selain itu, diperlukan perencanaan perkuatan tanah dasar dan tanah timbunan jika daya dukung tanah belum terpenuhi. Perencanaan timbunan yang dilakukan memiliki beberapa alternatif dari perbaikan tanah dan perkuatan tanahnya yang kemudian dapat dibandingkan dengan konstruksi *slab on pile* dari segi biaya volume materialnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari latar belakang Tugas Akhir ini adalah

1. Bagaimana perilaku tanah di wilayah studi?
2. Apabila konstruksi *slab on pile* diganti dengan konstruksi timbunan, berapa besar dan lama *settlement* yang akan terjadi?
3. Berapa besar beban preloading yang harus diberikan apabila berupa *surcharge* dan apabila berupa *vacuum*?
4. Apa jenis perkuatan yang tepat apabila timbunan tegak dan apabila timbunan miring?
5. Apakah alternatif timbunan untuk menggantikan konstruksi *slab on pile* lebih efisien?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang dituliskan atau tidak dituliskan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah

1. Data tanah dan data perencanaan jalan dan jembatan adalah data sekunder yang digunakan data hasil tes lapangan dari *Standart Penetration Test (SPT)* dan seluruh data-data hasil tes laboratorium.
2. Perencanaan hanya pada timbunan saja.
3. Evaluasi jembatan hanya pada *overall stability* timbunan terhadap pangkal jembatannya saja.
4. Perhitungan biaya material didasarkan pada volume material.
5. Metode pelaksanaan konstruksi tidak termasuk dalam tugas akhir.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah

1. Tingkat aktifitas tanah *swelling* pada wilayah studi dapat diketahui.
2. Konstruksi timbunan yang dibangun di atas tanah lunak (*soft soil*) tidak terpengaruh oleh pemampatan konsolidasi dan stabil.
3. Merencanakan konstruksi timbunan jalan dengan sisi miring dan sisi tegak beserta metode perbaikan tanah dasarnya sebagai ganti dari konstruksi *slab on pile*.
4. Perbandingan efisiensi dari biaya volume material antara konstruksi *slab on pile* dan konstruksi timbunan dapat diketahui.
5. Kontrol *overall stability* akibat timbunan pada pangkal jembatan eksisting diketahui.

#### **1.5 Manfaat**

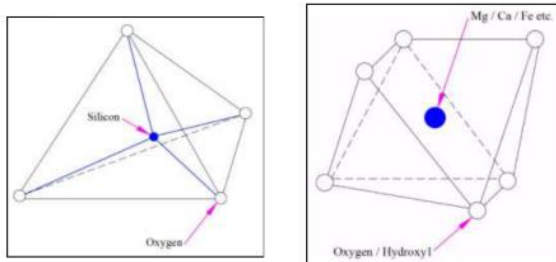
Manfaat yang bisa diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat menambahkan ilmu pengetahuan lebih mengenai perhitungan aktifitas tanah dan mendapatkan ilmu yang lebih dalam perencanaan timbunan di atas tanah lunak dan perbandingan biaya material konstruksi timbunan terhadap konstruksi *slab on pile* yang ada.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung terbentuk atas partikel *micro-crystalline* yang merupakan mineral lempung. Mineral-mineral lempung merupakan struktur kimia yang terdiri dari *hydrous alumina-silicates* dan *metal ions* yang berbentuk tetrahedral dan oktahedral seperti pada **Gambar 2.1**. Ada berbagai macam mineral lempung yang terbentuk, yaitu *kaolinite*, *montmorillonite*, *illite*, *nontronite*, dan lain-lain.



**Gambar 2.1** Partikel Lempung

(Sumber: Firoozi, Firoozi and Baghini, 2017)

Tanah lempung adalah tanah yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 0,002 mm (2 mikron). Tetapi, terdapat juga butiran yang berukuran antara 0,002-0,005 mm yang dikategorikan sebagai partikel lempung. Partikel yang sangat kecil ini membuat berat partikel lempung sangat kecil pula yang menyebabkan gaya tarik menarik antar partikel besar. Selain itu, tanah lempung memiliki pori-pori tanah yang kecil menyebabkan koefisien rembesan air semakin kecil. Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu silika tetrahedra dan aluminium oktahedra mengelilingi satu atom silicon. Mineral lempung merupakan salah satu faktor pembentuk sifat-sifat plastis tanah.

### 2.1.1 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak merupakan bagian dari tanah lunak yang memiliki karakteristik jenuh dengan air dan nilai NSPT dari hasil tes tanah tersebut. Hal itu ditunjukkan pada **Tabel 2.1** di mana kita dapat mengkorelasikan nilai NSPT di lapangan dengan konsistensi tanahnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah lempung memiliki sifat lunak apabila nilai NSPT 0 sampai 10. Berkaitan dengan nilai NSPT dan tanah jenuh dengan air maka tanah lempung lunak apabila diberi pembebanan maka akan mengalami pemampatan yang lebih besar dan lama dibandingkan partikel tanah lain. Hal tersebut dikarenakan rembesan pada tanah lempung relatif kecil akibat pori-pori yang kecil. Selain itu, tanah lunak memiliki gaya gesekan antar partikel yang relatif besar karena berat partikel yang kecil dan nilai NSPT yang kecil. Resiko yang dapat terjadi jika konstruksi dibangun di atasnya tanpa memperhatikan sifat-sifat tanah lempung lunak tersebut maka dapat terjadi *differential settlement*, ataupun ambles.

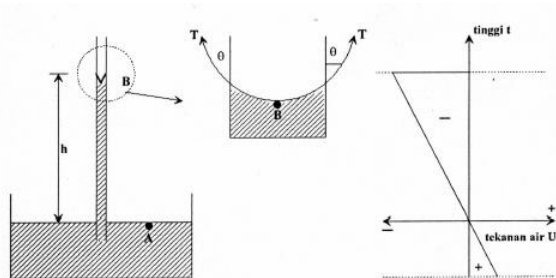
**Tabel 2.1** Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000–2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20 – 40	2000 –4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

(Sumber: Mochtar, 2006)

### 2.1.2 Tanah Lempung Kembang Susut

Tanah kembang susut adalah tanah yang mengembang pada saat jenuh dengan air (musim penghujan) dan menyusut apabila tidak ada air (musim kemarau). Sifat kembang susut tidak hanya ada pada tanah lempung tetapi juga tanah lanau tetapi tidak begitu berarti. Tanah lempung dapat dikatakan tanah kembang susut karena karakteristik partikel lempung yang memiliki gaya tarik-menarik/tolak menolak yang besar dan memiliki zona kapiler. Peristiwa kapiler pada tanah lempung terjadi pada saat tanah lempung tidak jenuh (tegangan air pori negatif) sehingga nilai tegangan efektif membesar melebihi tegangan efektif mula-mula, akibatnya terjadi penyusutan volume tanah dan tanah menjadi retak (**Gambar 2.2**). Sementara itu, pada musim penghujan tanah menjadi jenuh kembali dan tegangan air kembali seperti semula, sehingga tegangan tanah menjadi kecil dan terjadi pengembangan (*swelling*). Selain tanah kembali ke volume semula juga dapat melebihinya dikarenakan proses fisika-kimia. Tidak semua tanah lempung memiliki kembang susut yang besar, bergantung pada susunan mineral lempungnya. Salah satu susunan mineral lempung yang mengakibatkan sifat kembang susut yang besar adalah *Monmorillinite*.



**Gambar 2.2** Peristiwa Kapiler  
(Sumber: Mochtar, I.B., 2000)

Peristiwa kembang susut pada tanah lempung dapat beresiko terhadap konstruksi di atasnya apabila terjadi *differential movement* di mana terdapat perbedaan pergerakan kembang susut

tanah. Resiko yang terjadi bila dibangun konstruksi di atas tanah lempung kembang susut adalah terangkatnya konstruksi, lantai bangunan yang retak-retak, dan lain-lain.

## **2.2 Besar dan Waktu Pemampatan Konsolidasi**

Pemampatan merupakan proses penurunan muka tanah karena adanya beban di atasnya yang menyebabkan deformasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan lain sebagainya. Secara umum pemampatan dibagi menjadi 3, yaitu pemampatan segera, pemampatan primer, dan pemampatan sekunder. Pemampatan segera disebabkan oleh deformasi tanah kering, basah, dan jenuh terhadap air tanpa ada perubahan kadar air. Pemampatan primer atau biasa disebut pemampatan konsolidasi terjadi diakibatkan perubahan volume tanah jenuh air dikarenakan keluarnya air dari pori-pori tanah. Pemampatan sekunder terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya yang disebabkan oleh penyusutan yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Pemampatan yang biasanya menjadi perhatian dalam perencanaan konstruksi adalah pemampatan konsolidasi yang biasa terjadi pada tanah lempung. Pemampatan yang terjadi pada tanah lempung lunak atau jenuh air biasanya terjadi lebih lama dan besar karena koefisien rembesan lempung yang sangat kecil. Selain itu, tanah lempung lunak dapat mengalami *differential settlement*; perbedaan besar dan waktu pemampatan pada satu tempat; sehingga konstruksi di atasnya menjadi tidak stabil dan dapat terjadi kegagalan konstruksi. Selain itu, daya dukung yang rendah dari tanah lempung lunak juga membuat konstruksi di atasnya menjadi tidak stabil.

### **2.2.1 Besar Pemampatan Konsolidasi**

Tanah yang mengalami pemampatan konsolidasi menurut nilai tegangan *overburden* dapat dibagi menjadi dua, yaitu tanah *normal consolidated* (NC Soil) dan tanah *over consolidated* (OC Soil). NC Soil merupakan tanah pada kondisi saat ini menerima tekanan maksimum yang pernah dialami,



sedangkan OC Soil merupakan tanah yang pernah mengalami tekanan overburden di masa lalu yang disebut tekanan prakonsolidasi. Kondisi-kondisi tersebut dapat ditentukan dengan harga *Over Consolidated Ratio* (OCR) dengan rumus sebagai berikut:

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \quad [2.1]$$

Di mana:

$\sigma'_c$  = tegangan prakonsolidasi (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_o$  = tegangan efektif tanah (kN/m<sup>2</sup>)

OCR = 1, Tanah *Normal Consolidated* (NC Soil)

OCR > 1, Tanah *Over Consolidated* (OC Soil)

Tanah lempung lunak memiliki pemampatan yang lebih besar dan lebih lama. Perhitungan yang digunakan untuk mencari besar pemampatan konsolidasi ( $S_c$ ) yang telah dikembangkan oleh Terzaghi (1942) sebagai berikut:

- Tanah *Normally Consolidated* (NC Soil)

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_{o}} \right) \right] \quad [2.2]$$

- Tanah *Over Consolidated* (OC Soil)

Bila  $(\sigma'_o + \Delta\sigma) \leq \sigma_c$

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_{o}} \right) \right] \quad [2.3]$$

Bila  $(\sigma'_o + \Delta\sigma) > \sigma_c$

$$S_c = \left[ \frac{H}{1+e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{o}} \right] + \left[ \frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_{o}} \right] \quad [2.4]$$

Di mana:

$S_c$  = besar pemampatan konsolidasi (m)

$H$  = tebal lapisan tanah yang mengalami pemampatan (m)

$e_o$  = angka pori awal tanah (%)

$C_s$  = *Swelling index*

$C_c$  = *compression index*

$\Delta\sigma$  = penambahan tegangan vertikal akibat beban luar (kN/m<sup>2</sup>)

### 2.2.2 Waktu Pemampatan Konsolidasi

Pemampatan menyebabkan keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous. Ada dua macam perpindahan air tersebut, yaitu *single drainage* dan *double drainage*. Pada *single drainage* air pori bergerak ke atas atau ke bawah saja, sedangkan pada *double drainage* air pori bergerak ke atas dan ke bawah. Perhitungan waktu pemampatan konsolidasi merupakan waktu pergerakan air pori yang dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{T(H_{dr})^2}{C_v} \quad [2.5]$$

Di mana:

$t$  = waktu konsolidasi (tahun)

$T$  = *time factor* (tahun/m<sup>2</sup>)

$H_{dr}$  = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar (m)

$C_v$  = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal  
Selanjutnya, perhitungan untuk tanah berlapis-lapis dengan ketebalan yang berbeda dapat menggunakan formula  $C_v$  gabungan sebagai berikut:

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(H_1+H_2+\dots+H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right]^2} \quad [2.6]$$

### 2.3 Teknologi Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak

Keterbatasan lahan membuat infrastruktur dibangun di atas tanah yang relatif jelek yang biasanya berupa tanah lempung lunak. Karakteristik tanah lempung lunak yang jenuh dengan air memicu terjadinya penurunan jika diberi beban di atasnya, di mana penurunan tersebut dapat berbeda-beda pada satu tempat (*differential settlement*). Selain itu, tanah lempung memiliki daya dukung yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya perbaikan tanah untuk menghilangkan pemampatan dan menaikkan daya dukung tanah. Ada berbagai macam teknologi dalam peningkatan daya dukung tanah lempung lunak, salah satunya adalah sistem *preloading*.

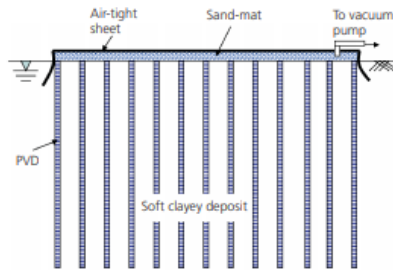
### 2.3.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah dengan Sitem *Preloading*

Sistem *preloading* atau pembebanan awal merupakan salah satu metode peningkatan daya dukung tanah dengan pemampatan tanah. Memampatnya tanah lempung lunak menyebabkan tanah memiliki struktur susunan partikel yang lebih rapat dan lebih kokoh. Perencanaan sistem *preloading* memiliki beberapa macam teknik, yaitu pemberian beban awal eksternal menggunakan metode *surchage* dan beban awal internal menggunakan metode *vacuum*.

Sistem *preloading* baik metode *surchage* maupun metode *vacuum* pada prinsipnya sama, yaitu memampatkan tanah dengan cara menaikkan tegangan efektif dari tanah. Perbedaan dari metode *surchage* dan metode *vacuum* adalah metode *surchage* dilakukan dengan meletakkan beban seperti timbunan di atas tanah asli, sedangkan metode *vacuum* menurut Holz dan Wager (1975) dan Pilot (1977) dilakukan dengan melakukan pemompaan *vacuum* dari lapisan tanah bawah lapisan tipis membran yang kedap air sehingga tegangan pori di dalam tanah dapat dibuat negatif. Pemilihan metode *surchage* dikarenakan sudah biasa diterapkan pada proyek-proyek terutama proyek jalan. Disamping itu, metode *vacuum* dapat menjadi pertimbangan juga karena pada metode tersebut tidak ditemukan masalah stabilitas talud timbunan dan tidak memerlukan timbunan yang sangat banyak. Tetapi, kelemahan metode *vacuum* adalah lebih kompleks dibandingkan cara *surchage*.

Prinsip sistem *preloading* metode *vacuum* atau biasa disebut *Vacuum Consolidation Method* (VCM) pertama kali dikenalkan oleh Kjellman (1952), metode ini berdasar dari pengaplikasian *vacuum* pada tanah yang sudah terisolasi untuk mengurangi tekanan atmosfer di dalamnya seperti ilustrasi pada **Gambar 2.3**. Akibat pengaplikasian VCM ini maka terbentuk tegangan air negatif yang berarti tegangan efektif meningkat. Faktor yang mempengaruhi saat dilakukannya *vacuum* adalah terisolasinya area yang akan dilakukan *vacuum* dan pemasangan

dari *vertical drain* dan *horizontal drain*. Biasanya dalam pemakaian metode *vacuum* masih dikombinasikan dengan metode *surcharge*. Tekanan atmosfer dari *vacuum* yang biasa digunakan sebesar 80 kPa, apabila kebutuhan beban timbunan lebih dari 80 kPa, maka diperlukan tambahan berupa timbunan di atas tanah tersebut. Sisa tinggi timbunan yang perlu ditambahkan dapat diketahui dengan mencari tinggi timbunan yang sudah terpenuhi oleh *vacuum* yaitu dengan membagi tekanan *vacuum* dengan berat volume dari tanah timbunan.



**Gambar 2.3** Ilustrasi Standar *Vacuum Consolidation Method* (VCM)

(Sumber: Carter, 2014)

Perencanaan sistem *preloading* metode *surcharge* pada timbunan akan selalu dipengaruhi oleh beban timbunan di atasnya, begitu pula dengan metode *vacuum*. Tanah di bawah konstruksi timbunan akan memampat dan mengalami penurunan sehingga membuat sebagian tanah timbunan tenggelam di bawah muka tanah asli seperti ilustrasi **Gambar 2.4**. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan tinggi timbunan awal-akhir atau inisial-final sebagai berikut:

- Kondisi awal

$$q_{awal} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} \quad [2.7]$$

- Setelah mengalami konsolidasi  $S_c$

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_c$$

$$Q_{akhir} = H_{akhir} \times \gamma_{timb} + S_c(\gamma_{sat.timb} - \gamma_w)$$

$$q_{akhir} = q = (H_{awal} - S_c) \times \gamma_{timb} + S_c(\gamma_{sat.timb} - \gamma_w)$$

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{timb} - S_c \cdot \gamma_{timb} + S_c \cdot \gamma'_{timb}$$

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{timb} - S_c(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})$$

- Untuk kondisi  $\gamma_{timb} \neq \gamma_{sat}$  maka

$$H_{awal(i)} = \frac{q(i) - S_c(i)(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}} \quad [2.8]$$

- Untuk kondisi  $\gamma_{timb} = \gamma_{sat}$  maka

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{timb} - S_c \cdot \gamma_w$$

$$H_{awal(i)} = \frac{q(i) - S_c(i) \cdot \gamma_w}{\gamma_{timb}} \quad [2.9]$$

- Hubungan antara tinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir

$$H_{akhir(i)} = H_{awal(i)} - S_c(i) \quad [2.10]$$

Pelaksanaan timbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis dengan kecepatan yang telah direncanakan seperti pada **Gambar 2.5**. Oleh sebab itu, perhitungan besar pemampatan konsolidasi perlu disesuaikan dengan besar beban setiap tahapan ( $\Delta\sigma$ ) dan pemakaian harga  $C_c$  dan  $C_s$  sebagai berikut:

1. Apabila  $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 \leq \sigma_c$  maka

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1}{\sigma'_o} \right) \right] \quad [2.11]$$

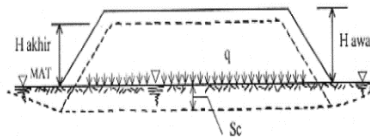
2. Apabila  $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 > \sigma_c$  maka

$$S_c = \left[ \frac{H}{1+e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o + \Delta\sigma_1} \right] + \left[ \frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2}{\sigma'_c} \right] \quad [2.12]$$

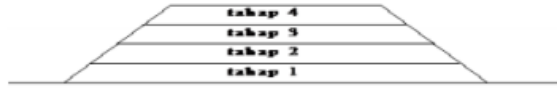
3. Apabila  $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_1 \leq \sigma_c$  maka

$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_o} \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3}{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2} \right) \quad [2.13]$$

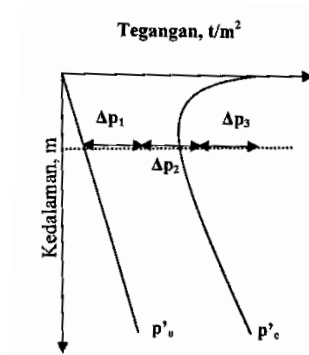
Lebih lanjut perubahan tegangan akibat penambahan beban bertahap digambarkan pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.4** Peristiwa Preloading  
(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))



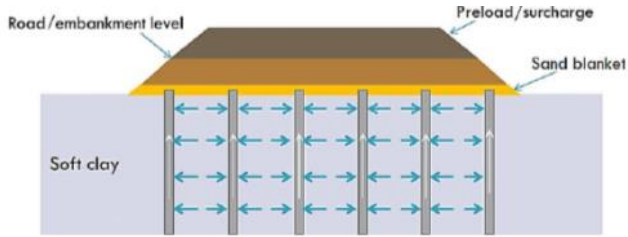
**Gambar 2.5** Perencanaan Timbunan Bertahap  
(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))



**Gambar 2.6** Grafik Perubahan Tegangan Akibat Penambahan Beban  
(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))

### 2.3.2 Percepatan Waktu Pemampatan Akibat *Preloading*

Diketahui bahwa pemampatan konsolidasi pada tanah lunak yang berupa tanah lempung jenuh air terjadi sangat lama dan lambat laun dapat terjadi *differential settlement*. Berkaitan dengan itu sistem *preloading* yang dilakukan pada tanah lempung lunak akan membutuhkan waktu yang sangat lama (lebih dari satu tahun). Sementara itu, proyek tidak dapat menunggu waktu selama itu, sehingga diperlukan percepatan pemampatan salah satunya menggunakan *vertical drain*. Adanya *vertical drain* maka air tidak hanya bergerak vertikal tetapi juga horizontal seperti ilustrasi **Gambar 2.7**. Teknologi *vertical drain* ada bermacam-macam, salah satunya adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang terbuat dari bahan *geosynthetics* dan mengalirkan air dengan baik.



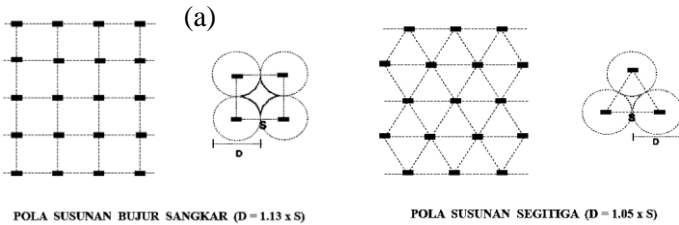
**Gambar 2.7** Gambaran Perencanaan PVD  
(Sumber: Dhar, Siddique and Ameen, 2011)

Perhitungan pemasangan PVD menggunakan teori Barron (1948) mengenai teori aliran pasir vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori Barron menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antar drain, koefisien konsolidasi, dan rata-rata derajat konsolidasi. Perhitungan waktu konsolidasi sebagai berikut:

$$t = \left( \frac{D^2}{8.ch} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left( \frac{1}{1-\bar{U}h} \right) \quad [2.14]$$

Di mana:

- $t$  = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $\bar{U}h$
- $D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*  
 =  $1,13 \times S$ , untuk pola bujursangkar, **Gambar 2.8 (a)**  
 =  $1,05 \times S$ , untuk pola segitiga, **Gambar 2.8 (b)**
- $ch$  = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air dari arah radial
- $F(n)$  = hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD
- $\bar{U}h$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial



**Gambar 2.8** Pola Susunan PVD  
(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))

Teori Barron tersebut dikembangkan lagi oleh Hansbo (1979) untuk PVD. Teori Hansbo menyederhanakan dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik PVD. Persamaan hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD oleh Hansbo sebagai berikut:

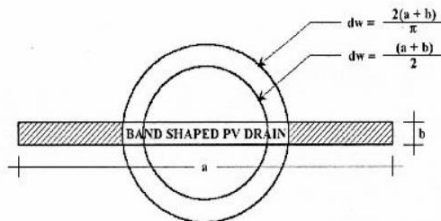
$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \left( \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad [2.15]$$

Di mana:

$n = D/dw$

$dw$  = diameter ekuivalen dari *vertical drain* (ekivalen terhadap bentuk lingkaran, **Gambar 2.9**)



**Gambar 2.9** Diameter Ekuivalen dari PVD  
(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))



Pada umumnya  $n > 20$  sehingga dapat di anggap  $\frac{1}{n} = 0$  dan  $\left(\frac{n^2}{(n^2-1)}\right) \approx 1$ , sehingga:

$$F(n) = \ln(D/dw) - 3/4 \quad [2.16]$$

Jadi penentuan waktu konsolidasi menurut Hansbo (1979) sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8.ch}\right) \cdot (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\bar{U}h}\right) \quad [2.17]$$

Di mana:

- $t$  = waktu yang diperkukan untuk mencapai  $\bar{U}h$
  - $D$  = diameter ekivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*  
=  $1,13 \times S$ , untuk pola bujursangkar  
=  $1,05 \times S$ , untuk pola segitiga
  - $Ch$  = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air dari arah radial  
=  $(kh/kv)C_v$
  - $kh/kv$  = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah radial dan vertikal  
= 2 sampai 5 (tanah lempung jenuh air)
  - $F(n)$  = hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD
  - $F_s$  = faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbed*)
  - $F_r$  = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri
  - $\bar{U}h$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial
- Faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Fr = \pi z(L - z) \left(\frac{kh}{qw}\right) \quad [2.18]$$

Di mana:

- $z$  = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah
- $L$  = panjang aliran
- $kh$  = koefisien permeabilitas arah horisontral dalam tanah yang tidak terganggu
- $qw$  = *discharge capacity* dari drain (tergantung jenis PVD)

Sementara itu, faktor hambatan tanah yang terganggu akibat pemancangan PVD sebagai berikut:

$$F_s = \left( \frac{kh}{k_s} - 1 \right) \ln \left( \frac{ds}{dw} \right) \quad [2.19]$$

Persamaan faktor-faktor hambatan tersebut akan memperlambat pemampatan. Hasil penyelidikan di lapangan harga  $F_s/F(n)$  dapat berkisar antara 1 sampai 3, maka untuk mempermudah perencanaan dapat diasumsika  $F_s = F(n)$ . Sementara itu, pengaruh hambatan aliran umumnya lebih kecil dan tidak penting maka nilai  $F_r$  dianggap nol. Dari asumsi-asumsi di atas maka dihasilkan perhitungan waktu konsolidasi PVD sebagai berikut:

$$t = \left( \frac{D^2}{8.C_h} \right) \cdot (2F(n)) \cdot \ln \left( \frac{1}{1-\bar{U}h} \right) \quad [2.20]$$

Dengan memasukkan waktu pemampatan tertentu maka dapat dicari nilai  $\bar{U}h$  pada bagian tanah yang dipasang PVD.

Selain konsolidasi akibat akir pori arah horizontal, juga dicari derajat konsolidasi akibat aliran air arah vertikal  $\bar{U}v$ , dengan rumus sebagai berikut:

$$Tv = \frac{t.C_v}{(H_{dr})^2} \quad [2.21]$$

Harga  $\bar{U}v$  dicari dengan rumus sebagai berikut:

Untuk  $\bar{U}v$  antara 0 s/d 60%

$$\bar{U}v = \left( 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right) \times 100\% \quad [2.22]$$

Untuk  $\bar{U}v > 60\%$

$$\bar{U}v = (100 - 10^2)\% \quad [2.23]$$

Di mana:

$$\bar{a} = \frac{1,781 - Tv}{0,933} \quad [2.24]$$

Sedangkan untuk  $\bar{U}h$  dapat diperhitungkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{U}v = \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \times 100\% \quad [2.25]$$

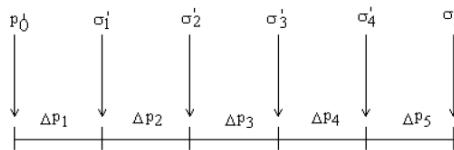
Derajat konsolidasi rata rata  $\bar{U}$  dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h)(1 - \bar{U}v)] \times 100\% \quad [2.26]$$

Selain itu, dalam perencanaan tersebut perlu diperhatikan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh SNI 8460:2017 mengenai Persyaratan Perencanaan Geoteknik, yaitu penurunan pasca konstruksi harus kurang dari 2,5 cm per tahun dan dalam proses percepatan konsolidasi harus mencapai derajat konsolidasi minimum 90%.

### 2.3.3 Peningkatan Daya Dukung Tanah Akibat Preloading

Adanya pemampatan konsolidasi lapisan tanah membuat tanah tersebut menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah meningkat sebagai akibat kenaikan harga  $C_u$  (*undrained shear strenght*). Apabila peletakan timbunan dilakukan secara bertahap maka peningkatan daya dukung juga bertahap. Misalka tinggi timbunan  $h_1, h_2, \dots, h_n$ ; umur masing-masing tahapan  $t_1, t_2, \dots, t_n$ ; dan derajat konsolidasi yang dicapai oleh masing masing tahapan  $U_1, U_2, \dots, U_n$ ; maka penambahan (kenaikan) tegangan pada lapisan tanah yang ditinjau akibat masing-masing tahapan timbunan  $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2, \dots, \Delta\sigma_n$  seperti yang digambarkan pada **Gambar 2.10**. Cara menghitung besar  $\Delta\sigma$  sebagai berikut:



(Harga  $p'_0, \sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3, \dots$  dst berbeda-beda untuk setiap kedalaman tanah yang ditinjau).

**Gambar 2.10** Pengaruh Beban Tambahan dengan Harga Tegangan Tanah

(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))

$$\Delta\sigma_{1-U1} = \left(\frac{\sigma'_1}{p'_o}\right)^{U1} p'_o - p'_o \quad [2.27]$$

$$\Delta\sigma_{2-U2} = \left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}\right)^{U2} \sigma'_1 - \sigma'_1 \quad [2.28]$$

⋮

$$\Delta\sigma_{n-Un} = \left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}}\right)^{Un} \sigma'_{n-1} - \sigma'_{n-1} \quad [2.29]$$

Di mana:

$\Delta\sigma_{n-Un}$  = Penambahan kenaikan tegangan pada timbunan ke-n

$\sigma'_n$  = Tegangan *overburden* tanah akibat tahapan timbunan ke-n

$\sigma'_{n-1}$  = Tegangan *overburden* tanah akibat tahapan timbunan ke-(n-1)

$Un$  = Derajat konsolidasi akibat tahapan ke-n

Jadi tegangan tanah di lapisan yang ditinjau menjadi:

$$\sigma'_{(H=h_n)} = p'_1 + \left[\left(\frac{\sigma'_1}{p'_o}\right)^{U_1} p'_o - p'_o\right] + \left[\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}\right)^{U_2} \sigma'_1 - \sigma'_1\right] + \dots + \left[\left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}}\right)^{U_n} \sigma'_{n-1} - \sigma'_{n-1}\right] \quad [2.30]$$

Harga  $C_u$  tanah saat tercapainya tinggi  $H = h_n$  adalah:

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI) < 120%

$$C_u(kc/cm^2) = [0,0737 + (0,1899 - 0,0016)PI]\sigma'_{H=h_n} \quad [2.31]$$

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI)  $\geq$  120%

$$C_u(kc/cm^2) = [0,0737 + (0,0454 - 0,00004)PI]\sigma'_{H=h_n} \quad [2.32]$$

### 2.3.4 Metode Perbaikan Tanah Dasar dengan Metode Lain

Metode perbaikan tanah selain peningkatan daya dukung tanah adalah dengan pemberian perkuatan (*reinforcement*) salah satu metodenya adalah *micropile*. Metode *micropile* pertama kali dikenalkan oleh Dr. Lizzi pada tahun 1952. *Micropile* adalah tiang pancang kecil berdiameter 7,5 – 25 cm dan dapat juga menggunakan sampai diameter 30 cm, yang umumnya ada penulangan beton di tengah-tengah. Selain itu, *micropile* juga biasa disebut dengan sistem cerucuk di mana tiang yang digunakan merupakan tiang-tiang kayu atau bambu. Tiang-tiang *micropile* dipadang sebagai grup tiang atau tiang satu-satu secara

vertical dan miring. Diperlukan pemasangan cerucuk apabila pada tidak terpenuhinya *external stability* timbunan.

Peningkatan kekuatan geser tanah yang meningkat akibat pemasangan cerucuk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

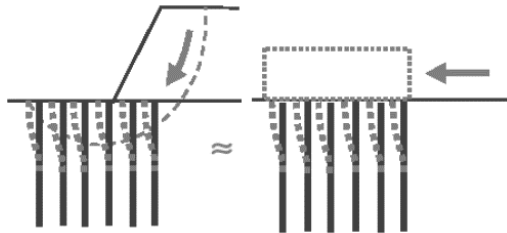
$$F_1 = c_u \times A \quad \text{menjadi} \quad F_2 = (c_u \times A) + P \quad [2.33]$$

Di mana:

- $c_u$  = Kohesi tanah
- $A$  = Luasan bidang geser
- $P$  = Kekuatan cerucuk/*micropile*

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

1. Kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan “*rigid cap*” di muka tanah yang menerima gaya horizontal.
2. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi sepanjang bidang gelincir seperti pada **Gambar 2.11**.



**Gambar 2.11** Reaksi *Micropile* terhadap Gaya Horizontal  
(Sumber: Mochtar, I.B., 2000)

Untuk menentukan kebutuhan cerucuk/*micropile* diperlukan kekuatan satu tiang dari cerucuk/*micropile* untuk menahan gaya horisontal. Setelah itu, diperlukan perbandingan perbandingan dari besar momen penggerak dengan momen penahan yang dibutuhkan untuk menentukan jumlah cerucuk/*micropile* yang diperlukan. Syarat kestabilan lereng untuk cerucuk/*micropile* memiliki angka keamanan minimal 1,10

dengan kondisi beban sementara dan 1,50 untuk kondisi hanya beban timbunan saja.

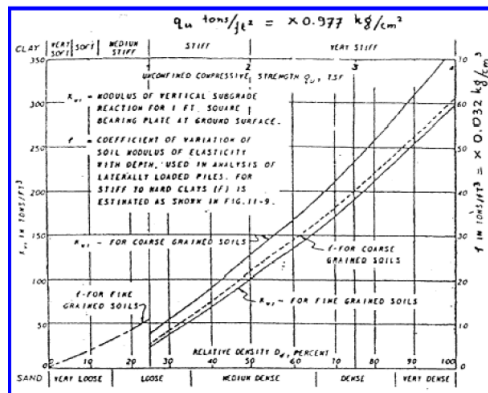
Perhitungan kekuatan satu cerucuk/*micropile*, pertama-tama diperlukan perhitungan kekuatan relative (T) seperti yang dijelaskan pada NAVFAC DM-7 (1971) sebagai berikut:

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} \quad [2.34]$$

Di mana:

- T = Faktor kekuatan relative (cm)
- E = Modulus elastisitas tiang (cerucuk/*micropile*) (kg/cm<sup>2</sup>)
- I = Momen inersia tiang (cerucuk/*micropile*) (cm<sup>4</sup>)
- f = Koefisien dari variasi modulus tanah (cm)

Selain itu, untuk menentukan kekuatan relative dapat menggunakan bantuan grafik pada Gambar 2.12 hubungan antara f dan *unconfined compression strength*,  $q_u = 2 C_u$ .



**Gambar 2.12** Grafik Hubungan Antara f dan *Unconfined Compression Strength*

(Sumber: Naval Facilities Engineering Command, 1971)

Setelah menemukan koefisien relative maka dilakukan perhitungan gaya horisontal (P) yang mampu ditahan oleh satu tiang sebagai berikut:

$$P = \frac{M_p}{F_M \times T} \quad [2.35]$$

Di mana:

- $P$  = Gaya horisontal yang diterima 1 tiang (kg)
- $M_p$  = Momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban  $P$  (kg.cm)
- $F_M$  = Koefisien momen akibat beban lateral  $P$
- $T$  = Faktor kekuatan relative (cm)

Nilai  $F_M$  dapat ditentukan menggunakan grafik dari NAVFAC DM-7 (1971) pada **Gambar 2.13** dengan menentukan panjang cerucuk yang tertahan di bawah bidang gelincir terlebih dahulu.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan momen maksimum lentur cerucuk ( $M_p$ ) sebagai berikut:

$$M_{Pmaks-1\ cerucuk} = \frac{\sigma_{maks-bahan} \times I_n}{D/2} \quad [2.36]$$

Di mana:

- $\sigma_{maks-bahan}$  = Tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk
- $I_n$  = Momen inersia penampang cerucuk/*micropile* terhadap garis netral penampang
- $D$  = Diameter cerucuk/*micropile*

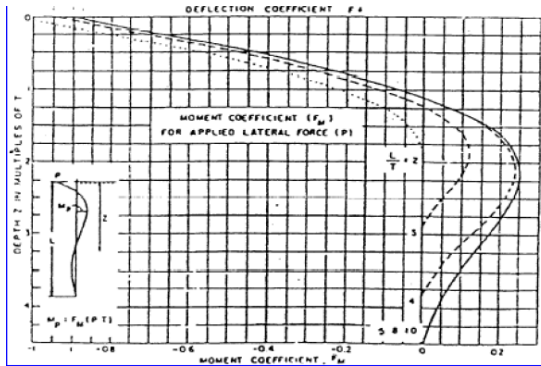
Harga  $M_p$  digunakan untuk menghitung gaya maksimum cerucuk/*micropile* ( $P_{max}$ ) yang dapat ditahan oleh satu cerucuk/*micropile* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$P_{max\ 1cerucuk} = \frac{M_{Pmaks-1cerucuk}}{F_M \times T} Fk \quad [2.37]$$

Di mana menurut Mochtar & Arya (2002),

$$Fk = 2,643 \left[ \frac{0,89 + 0,12 \left( \frac{L}{D} \right)}{2,69} \right] \left[ \frac{0,855 C_u^{-0,392}}{2,865} \right] \quad [2.38]$$

- $L$  = Panjang cerucuk/*micropile* di bawah bidang gelincir
- $D$  = Diameter cerucuk/*micropile*



**Gambar 2.13** Grafik Hubungan Antara *Moment Coefficient* FM dengan Panjang Cerucuk di Bawah Bidang Gelincir  
(Sumber: *Naval Facilities Engineering Command, 1971*)

Penentuan jumlah cerucuk dapat dilakukan apabila sudah ditentukan gaya horisontal tambahan pada bidang gelincir ( $P_t$ ) untuk menambah kuat geser tanah. Oleh karena itu, diperlukan pula perhitungan momen dorong akibat beban timbunan dan beban lain. Perhitungan momen dorong menggunakan data angka keamanan minimum ( $S_f$ ), Momen penahan ( $M_R$ ), titik pusat bidang longsor, dan jari-jari kelongsoran yang diperoleh dari program bantu, sehingga di dapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$M_D = \left[ \frac{M_R}{S_{f_{min}}} \right] \quad [2.39]$$

Setelah  $M_D$  diketahui maka diperlukan perhitungan momen tambahan untuk meningkatkan angka keamanan sebagai berikut:

$$\Delta M_R = (S_{f_{rencana}} - S_{f_{min}}) \times M_D \quad [2.40]$$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan gaya horizontal tambahan pada bidang gelincir, yaitu:

$$P_t = \left[ \frac{\Delta M_R}{R} \right] \quad [2.41]$$

Maka dari itu jumlah cerucuk yang harus dipasang per satuan panjang dengan perhitungan sebagai berikut:

$$n = \left[ \frac{P_t}{P_{maks-1cerucuk}} \right] = \left[ \frac{\Delta M_R}{\{R \times P_{maks-1cerucuk}\}} \right] \quad [2.42]$$



## 2.4 Tanah Kembang Susut dan Penanganannya

Tanah kembang susut dapat ditemui pada tanah lanau dan tanah lempung. Tetapi, perilaku kembang susut pada tanah lanau tidak terlalu berpengaruh sehingga diabaikan. Sementara, itu, tanah lempung memiliki sifat kembang susut yang berbeda-beda tergantung pada susunan mineral lempungnya. Susunan mineral lempung *Kaolinite* pada tanah lempung memiliki sifat kembang susut yang relatif kecil dibandingkan dengan tanah lempung yang memiliki susunan mineral lempung *Montmorillinite*.

### 2.4.1 Perilaku Tanah Kembang Susut

Menurut Komornik dan David (1969) pengembangan tanah disebabkan oleh dua hal, yaitu:

#### 1. Sebab Mekanis

Pengembangan tanah sebab mekanis adalah dengan adanya peristiwa kapiler. Apabila kadar air dalam tanah naik dan tanah menjadi jenuh maka tegangan kapiler mengecil dan tegangan air pori sama dengan tegangan hidrostatik, sehingga tanah mengembang dengan volume tanah kembali seperti semula.

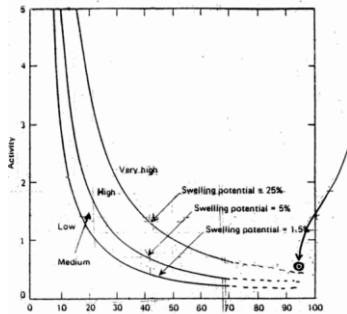
#### 2. Sebab Fisika-Kimia

Pengembangan tanah yang disebabkan fisika-kimia adalah sifat dari susunan mineral lempung sendiri. Jenis mineral lempung *Monmorillinite* akan menyebabkan mengembangnya jarak antara unit lapisan struktur dasar saat kadar air dalam tanah naik.

Ada beberapa cara untuk mengetahui besar-kecilnya sifat kembang-susut pada tanah. Salah satu cara diantaranya adalah mencari angka aktivitas (*A*) dari tanah tersebut dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{\text{Plasticity Index}}{(\% \text{ dari tanah yang } < 2\mu) - 5} \quad [2.43]$$

$$A = \frac{\text{atau PI}}{\% \text{clay sizes} - 5} \quad [2.44]$$



**Gambar 2.14** Grafik *Swelling Potential*  
(Sumber: Seed, 1962)

Selanjutnya, dicari *swelling potential* dengan mempertemukan angka aktivitas dan persentase dari tanah lempung pada grafik oleh Seed (1962) yang ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.

#### 2.4.2 Metode Penanganan Tanah Kembang Susut

Dalam rangka menangani tanah kembang susut agar tidak memengaruhi konstruksi di atasnya maka dilakukan pendekatan sebagai berikut:

- a) Memperbaiki sifat yang rusak dari tanah dasar
- b) Pemberian beban perlawanan
- c) Pendekatan struktur

Metode penanganan dengan memperbaiki sifat tanah dasar dapat berupa stabilisasi kimia dan stabilisasi mekanis. Salah satu contoh stabilisasi kimia yaitu dengan menggunakan kapur, pencampuran kapur dengan tanah kembang susut dapat menetralkan sifat kembang susut tanah. Penanganan dengan stabilisasi mekanis adalah pencampuran dengan tanah baik, tetapi metode ini tidak cocok untuk tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar.

Metode penanganan dengan pemberian beban perlawanan dilakukan dengan memberikan timbunan yang tebal di atas tanah

yang kemudian baru didirikan konstruksi di atas timbunan tersebut. Hal tersebut dilakukan untuk menahan naiknya muka tanah asli. Tetapi, metode ini tidak efektif untuk tanah yang memiliki sifat kembang susut besar.

Metode penanganan dengan pendekatan struktur dapat dilakukan dengan banyak hal, yaitu dengan pemberian pondasi setempat pada rumah agar lantai tidak langsung bersentuhan dengan tanah kembang susut, menjaga muka air tanah di sekitar bangunan, penanaman pohon minimal berjarak 6 meter dari bangunan, dan lain-lain

## **2.5 Konstruksi Timbunan dengan Kemiringan Lereng Bervariasi untuk Jalan**

Timbunan merupakan urugan tanah yang biasanya digunakan untuk meninggikan muka tanah agar mencapai elevasi tertentu. Timbunan banyak ditemui di jalan-jalan tol. Material timbunan biasanya berupa tanah pasir yang termasuk tanah baik. Untuk mencapai suatu ketinggian tertentu timbunan akan memiliki lereng atau kemiringan. Timbunan dapat dibagi menjadi dua berdasarkan bentuk kemiringan lerengnya, yaitu timbunan dengan lereng tegak dan timbunan dengan lereng miring.

### **2.5.1 Timbunan dengan Lereng Tegak**

Timbunan yang memiliki lereng tegak jarang ditemui karena timbunan ini memiliki stabilitas lereng yang paling rendah. Tetapi, timbunan ini memiliki keuntungan tersendiri seperti dapat digunakan dengan lahan yang terbatas dan apabila pada suatu kondisi harga tanah timbunan sedang mahal maka timbunan lereng tegak memiliki volume tanah yang lebih sedikit dibandingkan timbunan lereng miring. Efisiensi dari segi pengadaan lahan dan pekerjaan timbunan lereng tegak memiliki keunggulan. Sementara itu, dalam perencanaannya timbunan lereng tegak cenderung sulit karena rawan longsor pada lerengnya. Diperlukan perkuatan-perkuatan tertentu untuk mencapai timbunan lereng tegak yang stabil terutama perkuatan seperti dinding penahan tanah. Selain perkuatan dari timbunan

sendiri, perlu diperhatikan juga stabilitas eksternal dari timbunan terhadap tanah dasar. Apabila belum stabil maka diperlukan perkuatan seperti cerucuk dan lain sebagainya.

### 2.5.2 Timbunan dengan Lereng Miring

Timbunan yang paling konvensional adalah timbunan dengan lereng miring. Alasan timbunan ini sering dipakai karena perencanaannya yang mudah dan cenderung lebih stabil karena miringnya lereng timbunan. Tetapi, timbunan lereng miring memerlukan lahan yang luas karena lerengnya yang biasa direncanakan 1:1,5 atau 1:2 di mana lebar lereng akan memakan tempat. Selain itu, semakin tinggi timbunan ini maka semakin banyak kebutuhan untuk perencanaannya dari segi biaya dan volume. Pada perencanaan timbunan dengan lereng miring perlu diperhatikan baik stabilitas timbunan sendiri maupun terhadap tanah dasarnya. Ada tiga hal yang perlu dikontrol, yaitu *foundation stability*, *overall stability*, dan *internal stability*.

### 2.5.3 Sistem Perkuatan Tanah Timbunan

Timbunan yang hanya sebagai urugan tanah tidak diketahui secara pasti kekuatan tanahnya dan stabilitasnya. Kebutuhan akan timbunan dengan ketinggian yang relatif tinggi semakin membuat stabilitas lereng timbunan tersebut dipertanyakan. Oleh karena itu, diperlukan analisis stabilitas lereng timbunan sehingga diketahui tinggi kritis dari timbunan tersebut. Stabilitas lereng timbunan secara umum dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$Fk = \frac{\text{Faktor penahan}}{\text{Faktor penggerak}} \quad [2.45]$$

Sementara itu, ada beberapa metode mengenai perhitungan stabilitas lereng salah satunya adalah metode *Fellenius* sebagai berikut:

Perhitungan besar gaya P:

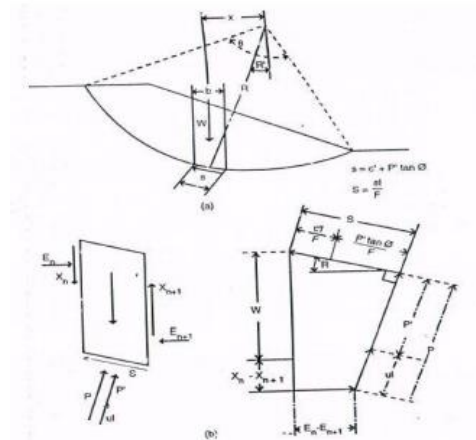
$$P = W \cos \alpha \quad [2.46]$$

Analisis tegangan efektif harga factor keamanan sebagai berikut:

$$F_k = \frac{\sum_i [c' + (P - u_i) \tan \phi']}{W \sin \alpha} \quad [2.47]$$

Dengan memasukkan harga P maka persamaan menjadi:

$$F_k = \frac{\sum_i [c' L + (W \cos \alpha - u \cdot 1) \tan \phi]}{W \sin \alpha} \quad [2.48]$$



**Gambar 2.15** Sistem Gaya Pada Cara *Fellenius*  
(Sumber: *Fellenius, 1972*)

Selain analisis secara manual, dapat juga menggunakan software seperti *Slope Stability* pada *Geo5*, *XSTABEL*, *Plaxis*, dan lain lain.

Analisa stabilitas lereng tersebut dapat juga tidak memenuhi, sehingga diperlukan perkuatan timbunan. Perkuatan timbunan dimaksudkan untuk meminimalisir terjadinya kelongsoran dengan memberikan perkuatan agak *safety factor* atau factor keamanan tanah naik dan stabil. Ada bermacam-macam perkuatan timbunan, yaitu *geotextile*, *freyssisol*, dan lain sebagainya. Pemilihan perkuatan tersebut disesuaikan dengan kondisi timbunan seperti kemiringannya sebagai berikut:

1. Perkuatan Timbunan dengan Lereng Miring

Perkuatan *geotextile* merupakan perkuatan timbunan yang paling umum digunakan. *Geotextile* merupakan produk geoteknik yang terbuat dari *polypropylene* atau *polyester* yang umumnya

lolos air. Kebutuhan *geotextile* dapat dihitung dengan rumus-  
rumus sebagai berikut:

- Mencari Momen Dorong:

$$SF = \frac{M_{Rmin}}{M_{dorong}} \quad [2.49]$$

- Mencari Momen Rencana dari SF rencana:

$$M_{rencana} = M_{dorong} \times SF_{rencana} \quad [2.50]$$

- Mencari nilai tambahan momen penahan

$$\Delta M_R = M_{Rrencana} - M_{Rmin} \quad [2.51]$$

- Menghitung Tallow

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{ib} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{hd}} \quad [2.52]$$

- Menghitung panjang *geotextile* di belakang bidang longsor

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad [2.53]$$

- Menghitung kebutuhan *geotextile*

$$M_{geotextile} = T_{allow} \times T_i \quad [2.54]$$

## 2. Perkuatan Timbunan dengan Lereng Tegak

### a) *Freyssisol*

*Freyssisol* merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang juga dapat digunakan untuk perkuatan timbunan (Gambar 2.16). Struktur dari *freyssisol* menggunakan beton-beton *precast* yang kemudian disusun menyesuaikan bentuk dinding atau lereng dari tanah. Keuntungan dari pemakaian *freyssisol*, yaitu untuk mengurangi daya tekan dari struktur atas, pemakaian perkuatan komposit sehingga anti karat, dan pelaksanaan cepat dan disesuaikan bentuk.

Perhitungan kebutuhan *freyssisol* sebagai berikut:

- Menentukan tegangan horizontal

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \quad [2.55]$$

$$\sigma_{hs} = K_a \times \gamma_t \times z \quad [2.56]$$

$$\sigma_{hq} = K_a \times q \quad [2.57]$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad [2.58]$$

Di mana:

$\sigma_h$  = Tegangan horizontal yang diterima dinding

$\sigma_{hs}$  = Tegangan horizontal akibat tanah di belakang dinding

$\sigma_{hq}$  = Tegangan horizontal akibat beban di atas

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

$\gamma_t$  = Berat volume tanah

$z$  = Kedalaman tanah yang ditinjau

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

- Menentukan  $T_{allowable}$

$$T_{allow} = \frac{T_{cr}}{f_n \cdot f_{m11} \cdot f_{m121} \cdot f_{m122} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}} \quad [2.59]$$

$$T_{cr} = 60\% \times T_{ult} \quad [2.60]$$

- Menentukan Gaya Dorong dan Gaya Tarik untuk Menghitung Kebutuhan *Freyssisol*

$$F_{dorong} < F_{tarik} \quad [2.61]$$

$$F_{dorong} = 0,5 \times \sigma_h \times b_{dinding} \times h_{dinding} \quad [2.62]$$

$$F_{tarik} = n \times T_{allow} \quad [2.63]$$



**Gambar 2.16** *Freyssisol*

b) *Geotextile Wall*

*Geotextile* sebagai sistem perkuatan pada timbunan pada lereng tegak juga berperan sebagai dinding penahan tanah, maka juga disebut *Geotextile Wall*. Berikut adalah perhitungan kebutuhan *geotextile wall*:

- Perhitungan Tekanan Horizontal

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad [2.64]$$

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} + \sigma_{hi} \quad [2.65]$$

- Perhitungan Kuat Tarik Izin

$$T_{allow} = \frac{T_{ult}}{FS_{ib} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad [2.66]$$

- Perhitungan Spasi

$$S_v = \frac{T_{allow}}{\sigma_h \times FS} \quad [2.67]$$

- Perhitungan Panjang *Geotextile*

$$L = L_e + L_r + L_o \quad [2.68]$$

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_v(\tan \delta)]} \quad [2.69]$$

$$L_r = (H - Z) \times \tan \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad [2.70]$$

$$L_o = \frac{L_e}{2} \quad [2.71]$$

Setelah dilakukan perencanaan perkuatan timbunan, maka dipelukan pengecekan antara timbunan dan tanah dasarnya. Timbunan lereng miring diperlukan pengecekan *foundation stability* dan *overall stability*. Sementara itu, timbunan lereng tegak diperlukan pengecekan terhadap *external stability* meliputi kontrol terhadap guling, kontrol terhadap geser, kontrol terhadap daya dukung tanah, dan kontrol terhadap *overall stability*. Berikut adalah cara perhitungan-perhitungan stabilitas:

a) *Foundation Stability*

$$SF \leq \frac{P_p + 2S_u \times L}{P_{a2}} \quad [2.70]$$

$$SF_{min} = 2,0, S_u = c_u$$

Di mana:

$$q = w_o + (H - h_w)\gamma_w + h_w(\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad [2.71]$$

$$P_{a2} = \left[ \frac{1}{2} (\gamma_{sat2} - \gamma_w) h^2 K_a - 2S_u h \sqrt{K_a} \right] + qK_a h \quad [2.72]$$

$$P_p = \frac{1}{2} (\gamma_{sat2} - \gamma_w) h^2 K_a + 2S_u h \sqrt{K_p} \quad [2.73]$$

b) Kontrol terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Dorong}} \geq 3 \quad [2.74]$$



$$\text{Gaya Penahan} = \left[ c + \left( \frac{w_1 + w_2 + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] \quad [2.75]$$

$$\text{Gaya Dorong} = P_a \cos \delta \quad [2.76]$$

c) Kontrol terhadap Geser

$$SF = \frac{\Sigma \text{Momen Penahan}}{\Sigma \text{Momen Dorong}} \geq 3 \quad [2.77]$$

$$\text{Momen Penahan} = w_1 x_1 + w_2 x_2 + P_a \sin \delta (L) \quad [2.78]$$

$$\text{Momen Dorong} = P_a \cos \delta \left( \frac{1}{3h} \right) \quad [2.79]$$

d) Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah

$$SF = \frac{P_{ultimate}}{P_{action}} \geq 3 \quad [2.80]$$

$$P_{ultimate} = cN_c + qN_q + 0,5\gamma BN_\gamma \quad [2.81]$$

$$P_{action} = (\gamma_{timb} \cdot h_{timb}) + q \quad [2.82]$$

e) Overall Stability

Perhitungan *overall stability* menggunakan metode Irisan *Fellenius* dengan cara mencoba-coba. Biasanya untuk pengecekan *overall stability* langsung menggunakan program bantu seperti GEO5.

$$SF \leq \frac{\text{Momen Penggerak}}{\text{Momen Pendorong}}, SF_{min} = 1,25 \quad [2.83]$$

## 2.6 Jenis Pondasi dan Daya Dukungnya

Pondasi merupakan bagian paling bawah dan juga paling pertama dari suatu konstruksi. Fungsi dari pondasi adalah meneruskan beban-beban suatu konstruksi ke lapisan tanah di bawah pondasi. Perencanaan pondasi harus stabil antara beban yang diteruskan dengan kekuatan tanah di bawahnya, jika beban melebihi kekuatan tanah maka dapat terjadi kegagalan konstruksi. Ada dua macam jenis pondasi secara umum, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Perbedaan dari kedua jenis pondasi tersebut adalah pondasi dalam digunakan untuk konstruksi yang memiliki beban lebih berat sehingga diperlukan pondasi yang lebih dalam.

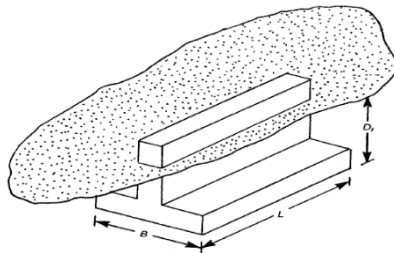
### 2.6.1 Daya Dukung Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalam dan lebar sekitar kurang dari empat.

Ada berbagai macam pondasi dangkal, beberapa di antaranya adalah pondasi tapak dan pondasi tika, salah satu ilustrasi dari pondasi dangkal seperti **Gambar 2.17**. Perencanaan pondasi dapat dikatakan ideal apabila penurunan tanah di bawah pondasi masih di dalam batas yang diperbolehkan dan tidak terjadi keruntuhan geser tanah di sekitar pondasi.

Permodelan pondasi dangkal diasumsikan sebagai berikut:

- Tanah di bawah pondasi merupakan tanah homogen
- $D_f < B$
- Permukaan pondasi kasar



**Gambar 2.17** Pondasi Dangkal  
(Sumber: Das, 1999)

Perhitungan daya dukung pondasi dangkal menurut Terzaghi (1943) sebagai berikut:

1. *General Failure*

- *Strip Foundation*

$$q_{ult} = cN_c + qN_q + 0,5\gamma BN_\gamma$$

- *Square Foundation*

$$q_{ult} = 1,3N_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

- *Circular Foundation*

$$q_{ult} = 1,3N_c + qN_q + 0,3\gamma BN_\gamma$$

2. *Local Failure*

- *Strip Foundation*

$$q_{ult} = \frac{2}{3}cN_c' + qN_q' + 0,5\gamma BN_\gamma'$$

- *Square Foundation*

$$q_{ult} = 0,867cN_c' + qN_q' + 0,4\gamma BN_\gamma'$$

- *Circular Foundation*

$$q_{ult} = 0,867cN_c' + qN_q' + 0,3\gamma BN_\gamma'$$

Di mana:

$q_{ult}$  = daya dukung pondasi

$c$  = nilai kohesi tanah

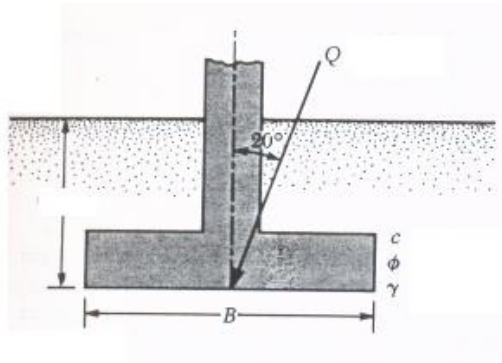
$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor daya dukung pondasi

$q$  =  $\gamma \times D_f$

$\gamma$  = berat jenis tanah

$B$  = lebar pondasi

Perhitungan daya dukung pondasi dangkal secara umum dapat menggunakan teori Meyerhof seperti ilustrasi **Gambar 2.18** sebagai berikut:



**Gambar 2.18** Desain Pondasi Dangkal

(Sumber: Meyerhof, 1963)

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + (0,5) \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

Di mana:

$c$  = kohesi

$q$  = tegangan efektif di bawah pondasi

$\gamma$  = berat jenis tanah

$B$  = lebar pondasi = diameter bila pondasi bulat

- $N_c, N_q, N_\gamma$  = shape factors  
 $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = depth factors  
 $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = load inclination factors  
 $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = bearing capacity factors

### 2.6.2 Daya Dukung Pondasi Dalam

Ada dua macam pondasi dalam yang umum diketahui, yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor (*bore pile*). Secara umum, suatu pondasi dapat disebut sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasi berkisar lebih dari sepuluh. Dalam perencanaan pondasi tiang pancang diperlukan perhitungan kapasitas daya dukung tiang berdasarkan hasil tes-tes lapangan yang sudah dilakukan seperti hasil *Cone Penetration Test* (CPT) dan *Standart Penetration Test* (SPT). Perhitungan dengan data CPT atau sondir dapat menggunakan beberapa rumusan, yaitu:

#### 1. Metode Van Der Ween

$$Q_u = (Q_p)_a + (Q_s)_a$$

- Unsur perlawanan tanah di ujung tiang

$$(Q_p)_a = \frac{(q_c)_m}{3\alpha} A_p$$

$$(q_c)_m = \frac{1}{4,5B} \int_{nB}^{3,5B} q_c(z) dz$$

- Unsurlekatan (*friction*)

$$(Q_s)_a = \frac{1}{2} p \int_{\text{pangkal tiang}}^{\text{dasar tiang}} q_s dz$$

Di mana:

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung aksial ultimate pondasi tiang

$(Q_p)_a$  = Kapasitas tahanan di ujung tiang

$(Q_s)_a$  = Kapasitas tahanan kulit

$q_s$  =  $q_c / \beta$

$p$  = Keliling tiang

$\beta$  = Koefisien (lihat Tabel 2.2)

**Tabel 2.2** Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$

Jenis Tanah	$q_c$ (kPa)	$\alpha$ untuk $D/B \geq 5$		$\beta$
		Tiang Pancang	Tiang Bor	
Very soft s/d Medium clay	0 @ 5000	1,5	1,7	40
Stiff s/d hard clay	5000	1,1	1,25	100
Silt & loose sand	0 @ 2500	0,6	0,6	10 @ 20
Medium sand	2500 @ 10000	1,15	1,3	100
Dense s/d very dense sand	10000	1,1	1,4	300

2. Metode Schertmann (1975)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

- Unsur ujung tiang

$$Q_p = Q_{ujung} = \overline{C_n} \text{rata - rata ujung} \times A \text{ ujung tiang}$$

$$\overline{C_n} \text{rata - rata ujung} = \frac{1/2 (\overline{C_{n1}} + \overline{C_{n2}} + \overline{C_{n3}})}{2}$$

Di mana:

$\overline{C_{n1}}$  = harga conus rata-rata dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

$\overline{C_{n2}}$  = harga rata-rata dari conus minimum dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

$\overline{C_{n3}}$  = harga rata-rata dari conus minimum dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8D ke atas

- Unsur lekatan

Untuk tanah lempung:

$$Q_s = \left\{ \sum_{li=0}^{li=8D} K_c \left( \left( \frac{li}{8D} \right) H_{pi} O_i \right) + \sum_{li=8D}^{li=L} K_c (H_{pi} O_i) \right\}$$

Untuk tanah pasir:

$$Q_s = \left\{ \sum_{li=0}^{li=8D} K_s \left( \left( \frac{li}{8D} \right) H_{pi} O_i \right) + \sum_{li=8D}^{li=L} K_s (H_{pi} O_i) \right\}$$

Di mana:

$Q_s$  = daya dukung ultimate tiang pancang akibat hambatan lekatan

$K_c$  = Faktor koreksi untuk *clay*

$K_s$  = Faktor koreksi untuk pasir

- $li$  = Kedalaman ruas yang ditinjau
- $H_{pi}$  = Hambatan pelekat untuk ruas pada kedalaman  $li$
- $O_i$  = Keliling tiang untuk ruas kedalaman  $li$

3. Metode Aoki dan De Alencar

$$Q_u = q_b A_b + f A_s$$

Di mana:

$q_b$  = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas

$A_b$  = Luas di ujung tiang

$f$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang

Menurut Aoki dan De Alencar perhitungan kapasitas daya dukung tiang persatuan luas sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b}$$

Di mana:

$q_{ca} = (base)$  = Perlawanan konus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang, 1,2D di bawah ujung tiang

$F_b$  = Faktor empiris tahanan tiang tergantung pada tipe tiang

Sementara itu, perhitungan kulit persatuan luas sebagai berikut:

$$f = q_c(side) \frac{\alpha_s}{F_s}$$

Di mana:

$f$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas  
(Dam, Sandanbata and Kimura, 2006)

$q_c(side)$  = Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang

$F_s$  = Faktor empiris tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

$F_b$  = Faktor empiris tahan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang

$\alpha_s$  = 1,4 % (pasir); 3,0 % (lanau); 1,4 % (lanau)

**Tabel 2.3** Faktor Empiris Fb dan Fs

Tipe Tiang Pancang	Fb	Fs
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

(Sumber : Titi & Farsakh, 1999)

#### 4. Metode Langsung

Berdasarkan metode langsung, perhitungan daya dukung tiang dengan faktor koreksi Meyerhoff sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JLH \times K_t$$

Di mana:

- $Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang pancang
- $q_c$  = Tahanan ujung Sondir (Perlawanan penetrasi konus pada kedalaman yang ditinjau)
- $q_{c1}$  = Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 8D di atas ujung tiang
- $q_{c2}$  = Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 4D di bawah ujung tiang
- $JLH$  = Jumlah hambatan lekat
- $K_t$  = Keliling tiang
- $A_p$  = Luas penampang tiang

Selain itu diperlukan perhitungan daya dukung izin pondasi tiang sebagai berikut:

$$Q_{u(ijin)} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JLH \times K_t}{5}$$

Di mana:

- $Q_{u(ijin)}$  = Kapasitas daya dukung izin tiang

Diperlukan koreksi terhadap tahanan ujung sondir dikarenakan hasil tahanan ujung sondir berbeda setiap kedalamannya. Koreksi menggunakan rumus dari Meyerhoff sebagai berikut:

$$q_p = q_c \quad \rightarrow \text{Untuk keperluan praktis}$$

$$q_p = \left(\frac{2}{3} - \frac{3}{2}\right) q_c$$

Di mana:

$$q_p = \text{Tahanan ujung ultimate}$$

$q_c$  = Harga rata-rata tahanan ujung konus dalam daerah 2D di bawah ujung tiang

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang dari hasil SPT dapat menggunakan beberapa metode, yaitu:

1.) Metode Meyerhof

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Metode Meyerhof dibagi berdasarkan tanah kohesif dan tanah non-kohesif sebagai berikut:

a. Tanah Non-kohesif

- Daya dukung ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = A_p \cdot 0,4 \cdot P_a \cdot N_{60} \frac{L}{D} \leq A_p \cdot 4 \cdot p_a \cdot N_{60}$$

Di mana:

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang pancang

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang

$N_{60}$  = N-SPT rata-rata dari 10D di atas tiang sampai 4D di bawah ujung tiang

$p_a$  = Tekanan atmosfer =  $100 \frac{kN}{m^2}$

$L$  = Kedalaman pondasi tiang

- Daya dukung selimut pondasi tiang (*ski friction*)

$$Q_s = \sum 0,02 \cdot p_a \cdot N_{60} \cdot p \cdot \Delta L$$

Di mana:

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung selimut pondasi tiang

$p$  = Keliling pondasi

$\Delta L$  = Tebal lapisan tanah

b. Tanah Kohesif

- Daya dukung ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = A_p \times q_p$$

$$q_p = N_c^* \times C_u$$

$$C_u = N - SPT \times \frac{2}{3} \times 10$$

Di mana:

$C_u$  = *Undrained cohesion*



$q_p$  = Tahanan ujung persatuan luas

$N_c$  = Faktor daya dukung (untuk  $\emptyset = 0, N_c = 9$ )

- Daya dukung selimut pondasi tiang (*ski friction*)

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot L_b$$

Di mana:

$\alpha$  = Faktor adhesi empiris

2.) Metode Luciano De Court

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p A_p = (N_p \cdot K) A_p$$

Di mana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT disekitas 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B=diameter pondasi)

$$= \sum_{i=1}^n N_i / n$$

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

$$= 12 \text{ t/m}^2 = 117,7 \text{ kPa, untuk lempung}$$

$$= 20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa, lanau berlempung}$$

$$= 25 \text{ t/m}^2 = 245 \text{ kPa, lanau berpasir}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2 = 392 \text{ kPa, pasir}$$

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan diujung tiang

$$Q_s = q_s A_p = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

Di mana:

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral ( $t/m^2$ )

$N_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan  $3 \leq N \leq 50$

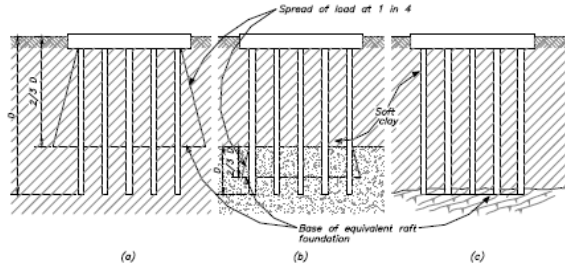
$A_s$  = Keliling  $\times$  panjang tiang yang terbenam

Pondasi tiang yang dipasang pada abutmen atau pilar suatu jembatan biasanya berkelompok (**Gambar 2.19**). Oleh karena itu daya dukung kelompok tiang perlu dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi, sebagai berikut:

$$Q_{(group)} = Q_{(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

Di mana:

$n$  = jumlah tiang dalam grup  
 $C_e$  = koefisien efisiensi



**Gambar 2.19** Pondasi Tiang Group

Perhitungan koefisien efisiensi memiliki beberapa rumus sebagai berikut:

1) Rumus koefisien efisiensi Converse-Labarre

$$C_e = \frac{1 - \tanh^{-1}(\phi S)}{90^\circ} \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Di mana:

$C_e$  = koefisien efisiensi  
 $\phi$  = diameter sebuah tiang pondasi  
 $S$  = jarak as ke as antar tiang dalam grup  
 $m$  = jumlah baris tiang dalam grup  
 $n$  = jumlah kolom dalam grup

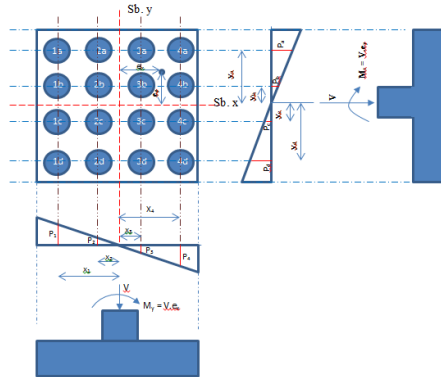
2) Rumus koefisien efisiensi Los Angeles

$$C_e = 1 - \frac{B}{L} \times \frac{1}{\pi \times m \times n} \left[ m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right]$$

Di mana:

$B$  = lebar group tiang  
 $L$  = panjang group tiang

Perhitungan besar beban yang harus diterima oleh tiap-tiap tiang berupa beban vertikal yang eksentris (**Gambar 2.20**) sehingga perhitungannya sebagai berikut:



**Gambar 2.20** Ilustrasi Beban Tiap Tiang

a) Akibat Momen Luar  $M_x$

$$P_a = \frac{M_x y_a}{\sum_{n=1}^4 y_d^2}$$

b) Akibat Momen Luar  $M_y$

$$P_1 = \frac{M_y x_1}{\sum_{n=1}^4 x_1^2}$$

c) Akibat Beban  $V$

Karena  $V$  adalah sentris maka tiap tiang menerima beban sebesar:

$$\frac{V}{m} \rightarrow m = \text{jumlah tiang.}$$

Sehingga beban masing-masing dari tiang akibat  $V$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  sebagai berikut: (sebagai contoh tiang 1a)

$$P_{1a} = \frac{V}{m} - \frac{M_y x_1}{\sum_{n=1}^4 x_n^2} + \frac{M_x y_a}{\sum_{n=1}^4 y_d^2}$$

Beban yang diterima oleh setiap tiang harus dicek dengan kekuatan daya dukung dari setiap pondasi tiang dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{FS}$$

Jika beban yang diterima tiang lebih besar dari  $Q_{izin}$  tiang maka diperlukan penambahan jumlah tiang atau panjang tiang.

Pondasi tiang tarik terjadi apabila pondasi menerima gaya tarik ke atas atau gaya tekan ke atas akibat adanya *lateral force* pada tiang miring atau *uplift force* dari tanah *swelling* di bawah konstruksi tersebut. Dengan adanya kasus tersebut maka besarnya daya dukung tanah yang bekerja untuk menahan agar tiang pondasi tidak tertarik atau terangkat adalah:

$$Q_b = Q_p + Q_s \text{ dengan } Q_p = 0, \text{ maka } Q_b = Q_s$$

Ada beberapa cara untuk menghitung gaya *uplift*, yaitu

a. *Cohesive soil* ( $C_u, \emptyset_u = 0$ )

$$Q_u = (2LH + 2BH)C_u + W, \text{ untuk pile group}$$

Di mana:

$Q_u$  = Total uplift resistance of the pile group

$L$  = Panjang kelompok/group

$B$  = Lebar kelompok

$H$  = Kedalaman *block of soil* dibawah pilecap

$C_u$  = Kohesi rata-rata tanah disekeliling kelompok tiang

$W$  = Kombinasi antara berat kelompok tiang, pile cap dan berat tanah di celah tiang-tiang pondasi

b. *Pile with base enlargements* ( $C_u, \emptyset$  dan  $C = 0$ )

$$Q_u = \pi C B H + S \times \frac{1}{2} \pi \times \gamma \times B(2D - H)HK_u \tan \emptyset + W$$

Di mana:

$Q_u$  = Total uplift resistance of the pile

$B$  = Diameter dasar pondasi yang diperbesar

$H$  = Ketinggian atau kedalaman dari block tanah yang akan terangkat oleh tiang pondasi

$D$  = Kedalaman plate atau pembesaran dimendi pondasi tiang

$C$  = Kohesi

$\emptyset$  = Sudut geser dalam

$\gamma$  = Berat volume tanah

$K_u$  = Koefisien yang tergantung dari sudut geser dalam

$\emptyset = 0,$	$K_u = 0,64$
$\emptyset = 25^\circ,$	$K_u = 0,90$
$\emptyset = 10^\circ,$	$K_u = 0,75$
$\emptyset = 30^\circ,$	$K_u = 0,94$
$\emptyset = 15^\circ,$	$K_u = 0,80$
$\emptyset = 35^\circ,$	$K_u = 0,95$
$\emptyset = 20^\circ,$	$K_u = 0,84$
$\emptyset = 40^\circ,$	$K_u = 0,96$

$S$  = *Shape factor* yang tergantung dari sudut geser dalam

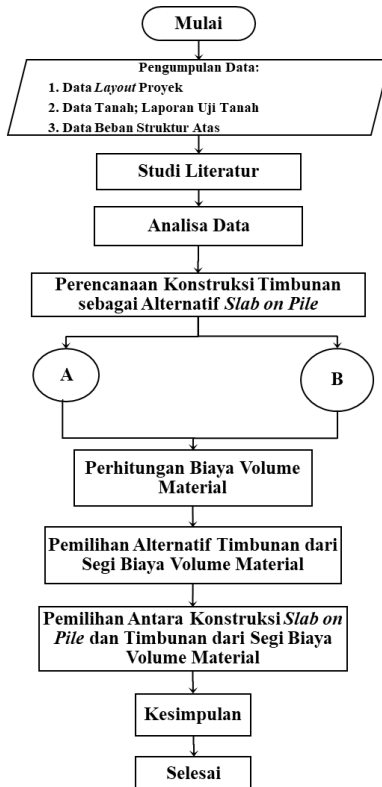
$\emptyset = 20^\circ,$	$S = 1,12$
$\emptyset = 40^\circ,$	$S = 3,45$
$\emptyset = 25^\circ,$	$S = 1,30$
$\emptyset = 45^\circ,$	$S = 5,50$
$\emptyset = 30^\circ,$	$S = 1,60$
$\emptyset = 48^\circ,$	$S = 7,60$
$\emptyset = 35^\circ,$	$S = 2,25$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

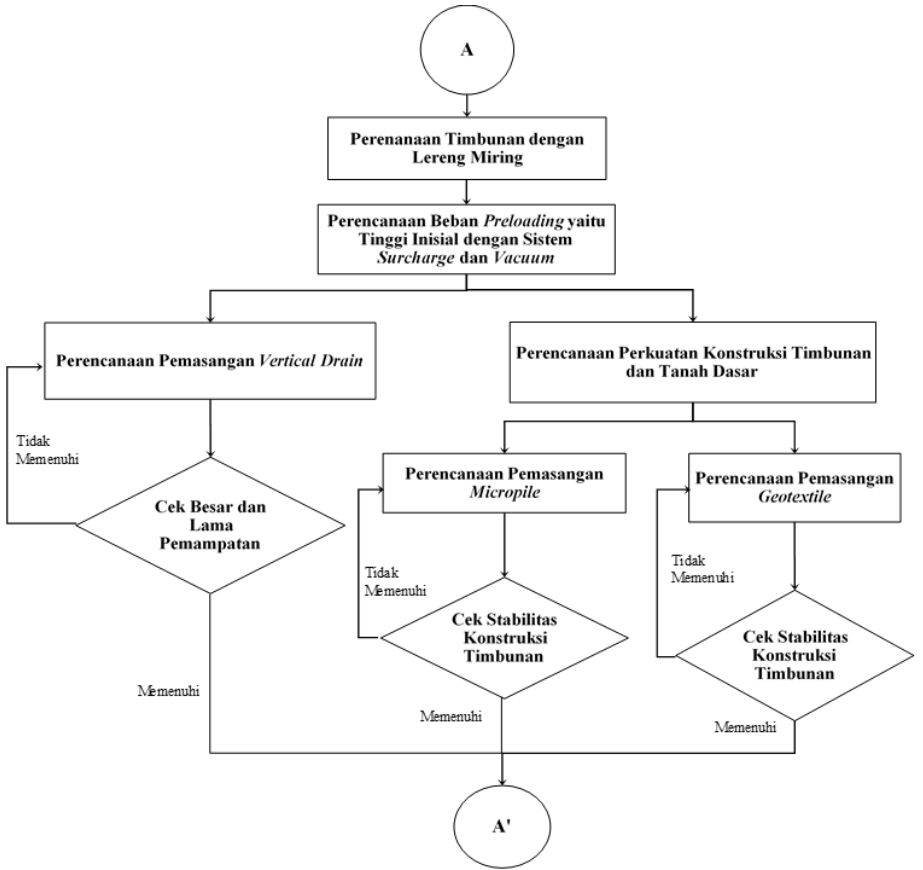
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Tahapan Perencanaan

Pada bab metodologi ini akan menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini. Berikut ini adalah diagram alir pengerjaan tugas akhir yang akan dibagi menjadi 3, yaitu Diagram Alir Tugas Akhir (**Gambar 3.1**), Diagram Alir Perencanaan Timbunan Sisi Miring (**Gambar 3.2**), dan Diagram Alir Perencanaan Timbunan Sisi Tegak (**Gambar 3.3**).

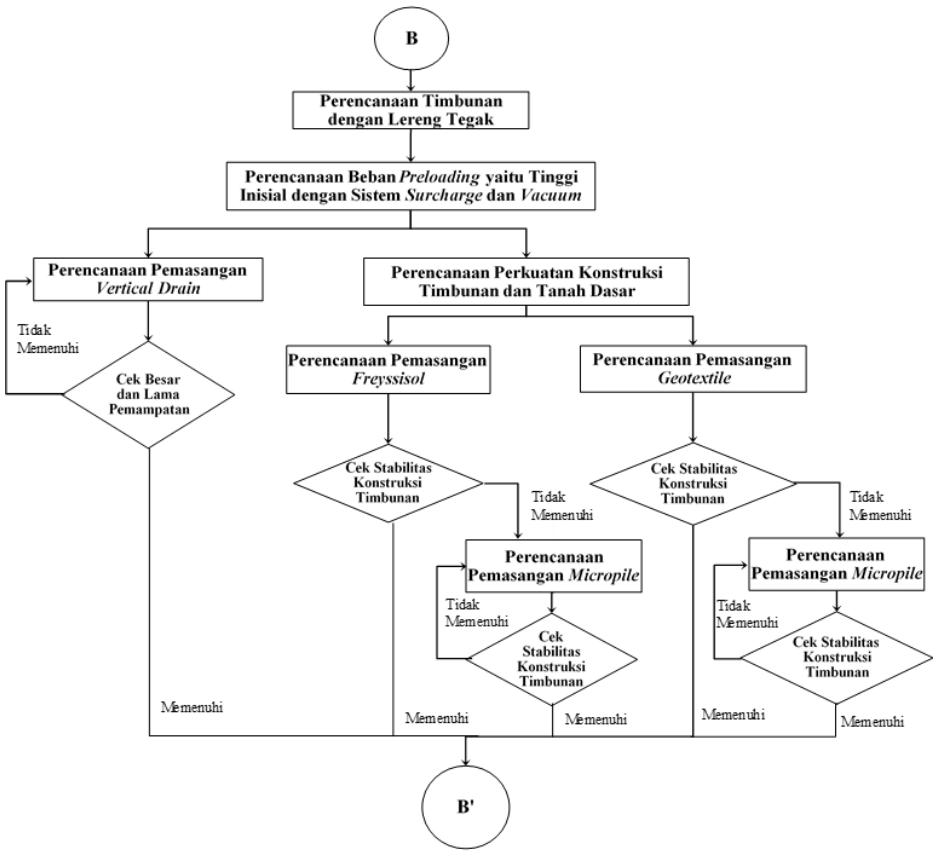


**Gambar 3.1** Diagram Alir Tugas Akhir



**Gambar 3.2** Diagram Alir Perencanaan Konstruksi Timbunan Sisi Miring





**Gambar 3.3** Diagram Alir Perencanaan Konstruksi Timbunan Sisi Tegak

### 3.2 Uraian Tahapan Perencanaan

#### 3.2.1 Pengumpulan Data dan Analisa

##### A. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data tugas akhir yang dipakai menggunakan data sekunder dari perencana dan instansi terkait terlampir pada **Lampiran 1**. Data yang diperlukan untuk pengolahan tugas akhir dan perhitungan, yaitu:

1. Data *Layout* Proyek
2. Data Tanah; Laporan Pengujian Tanah
3. Data Beban Struktur Atas
4. Data *Slab on Pile*

#### B. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk menjadi dasar pengerjaan tugas akhir di mana membantu memberikan pengertian dan gambaran secara utuh dari suatu topik. Sumber studi literatur, yaitu buku, diktat kuliah, jurnal, tugas akhir, thesis dan SNI sebagai acuan dalam perencanaan. Berikut ini adalah topik yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan:

1. Tanah lempung
2. Besar dan waktu pemampatan konsolidasi
3. Teknologi peningkatan daya dukung tanah lempung lunak
4. Tanah kembang susut (*swelling soil*) dan penanganannya
5. Konstruksi timbunan dengan kemiringan lereng bervariasi untuk jalan
6. Jenis pondasi dan daya dukungnya

#### C. Pengolahan Data Tanah

Data tanah yang sudah diambil akan diolah kembali untuk mengetahui sifat dan perilaku tanah di wilayah studi sehingga perencanaan geoteknik efektif dan efisien. Diketahui bahwa kontur tanah pada daerah Surabaya Barat naik turun disebabkan kondisi tanah yang merupakan *swelling soil*. Oleh karena itu, diperlukan penyelidikan tanah dan pemahaman lebih lanjut untuk tanah lempung baik dengan sifat lunak maupun kembang susut yang telah dijelaskan pada **Subbab 2.1** dan **Subbab 2.2**. Maka, tanah yang di bawah konstruksi jembatan; area pemukiman, rel, dan jalan; dilakukan perhitungan tingkat *swelling* tanah. Sementara itu, tanah pada persawahan yang berupa *soft soil* hanya akan dilihat kembali tinggi muka air tanah, nilai N-SPT, dan kedalaman tanah lunaknya. Pada titik-titik yang tidak dilakukan tes

penyelidikan tanah akan dicari dengan membuat statigrafi hasil tes bor tanah.

### 3.2.2 Perencanaan Konstruksi Timbunan sebagai Alternatif Konstruksi *Slab on Pile*

Terdapat dua macam konstruksi timbunan yang direncanakan, yaitu konstruksi timbunan dengan lereng tegak dan lereng miring. Kedua alternatif perencanaan tersebut memiliki awal perhitungan yang sama yaitu menentukan tinggi timbunan yang dibutuhkan. Tinggi awal timbunan disesuaikan dengan tinggi perencanaan *slab on pile*. Selanjutnya, tinggi awal tersebut dicari tinggi timbunan dengan sistem *preloading*. Kondisi tanah di bawah timbunan merupakan tanah lunak yang mana dapat terjadi pemampatan konsolidasi. Oleh karena itu, perlu diperhitungkan besar pemampatan dan waktu pemampatan dengan perhitungan yang sudah dituliskan di dalam **Subbab 2.2**. Setelah di temukan tinggi beban *preloading*, besar pemampatan, dan waktu pemampatan, pengerjaan selanjutnya akan bergantung pada jenis timbunan, dan perkuatan yang direncanakan.

Perencanaan konstruksi timbunan menggunakan beban *preloading* sistem *vacuum* sebagai salah satu upaya peningkatan daya dukung tanah dasar. Perencanaan menggunakan tekanan atmosfer *vacuum* sebesar 80 kPa, apabila beban timbunan yang direncanakan lebih dari 80 kPa maka akan ditambahkan sisa timbunan di atas lokasi. Sementara itu, beban *preloading* metode *surcharge*, di mana menggunakan tanah timbunan langsung dalam pengerjaannya. Perencanaan timbunan lereng miring menggunakan Dikarenakan timbunan memiliki tinggi kritis, maka diperlukan perencanaan timbunan bertahap pula seperti pada **Subbab 2.3.1**. Selanjutnya, direncanakan pemasangan *vertical drain* untuk mempercepat proses pemampatan konsolidasi yang terlampir pada **Subbab 2.3.2**, di mana setelah direncanakan perlu dilakukan kontrol terhadap besar dan lama pemampatan.

Perkuatan timbunan direncanakan berbeda antara timbunan dengan lereng tegak dan timbunan dengan lereng

miring. Timbunan dengan lereng tegak direncanakan dengan perkuatan *freyssisol* dan *geotextile* (**Subbab 2.5.3**), lalu dilakukan pengecekan terhadap stabilitas konstruksi timbunan yang mana jika *external stability* dan *overall stability* (**Subbab 2.5.3**). Sementara itu, timbunan dengan lereng miring *geotextile* (**Subbab 2.5.3**). Selanjutnya, dilakukan pengecekan terhadap stabilitas konstruksi timbunan, yaitu *foundation stability* dan *overall stability*. Apabila *overall stability* baik timbunan dengan lereng tegak maupun timbunan dengan lereng miring belum memenuhi *safety factor* maka diperlukan perencanaan *micropile* atau cerucuk. Dikarenakan pangkal jembatan sebelumnya direncanakan dengan kondisi tidak ada konstruksi timbunan, maka diperlukan kontrol perencanaan eksisting pondasi tiang dan pangkal jembatan terhadap adanya timbunan. Pada pondasi tiang diperlukan pengecekan terhadap gaya lateral yang diterima. Selain itu, dilakukan kontrol terhadap *overall stability* akibat adanya timbunan.

### **3.2.3 Analisis Pengambilan Keputusan**

#### **A. Perhitungan Biaya Material Konstruksi**

Perhitungan biaya material konstruksi hanya dilakukan untuk konstruksi *slab on pile* dan konstruksi timbunan. Biaya material konstruksi *slab on pile* diperhitungkan dari struktur atasnya sampai ke pondasi, di mana pondasi yang berupa pondasi tiang memiliki diameter 60 centimeter dan mencapai panjang 22 meter. Di sisi lain, perhitungan biaya material konstruksi timbunan mencakup biaya tanah, *vertical drain*, dan perkuatan-perkuatan yang direncanakan.

#### **B. Pemilihan Antara Konstruksi *Slab on Pile* dan Timbunan dari Segi Biaya Material**

Pemilihan ini diawali dengan pemilihan konstruksi timbunan yang memiliki berbagai metode perkuatan dan jenis dari perencanaan timbunan itu sendiri. Setelah diketahui pemilihan antara timbunan dengan lereng tegak atau lereng miring dari segi biaya materialnya maka akan dibandingkan dengan konstruksi *slab on pile*. Hasil dari pemilihan ini akan

menunjukkan konstruksi *slab on pile* atau konstruksi timbunan yang paling efisien dalam perbandingan biaya volume material.

C. Analisa Akhir

Dari hasil-hasil tersebut diharapkan konstruksi kedepannya direncanakan sesuai dengan kondisi tanah dan dapat mempertimbangkan pemilihan konstruksi yang lebih efisien dalam pembangunan jalan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

### PERILAKU TANAH DI LOKASI STUDI

Perencanaan timbunan pengganti *slab on pile* pada Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan data sebagai berikut:

1. Data tanah STA 0+750 KM sampai STA 2+300 KM digunakan untuk perencanaan timbunan pengganti *slab on pile*.
2. *Layout* rencana awal jembatan (potongan memanjang, potongan melintang, dan tampak atas).
3. *Layout slab on pile* (potongan memanjang, potongan melintang, dan tampak atas).
4. Data spesifikasi jenis alat *vacuum*, *vertical drain* dan *horizontal drain* untuk perbaikan tanah dasar, *geotextile* dan *freysisol* untuk perkuatan timbunan serta mikropile sebagai perkuatan timbunan dan tanah dasar.

#### 4.1 Data Tanah

Pada Tugas Akhir ini, data tanah yang digunakan merupakan data dari hasil penyelidikan tanah oleh Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS dan Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Infrastruktur Fakultas Vokasi ITS. Data tanah tersebut berada pada STA 0+400, STA 0+750, STA 1+000, dan STA 2+300 di mana akan digunakan untuk perencanaan pondasi bawah jembatan dan perencanaan timbunan yang dilampirkan pada **Lampiran 1**.

##### A. Data Tanah STA 0+400

Pada STA tersebut diketahui dari hasil data uji laboratorium berupa  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_t$ ,  $G_s$ ,  $W_c$ ,  $e$ ,  $LL$ ,  $PL$ ,  $IP$ ,  $\phi$ ,  $C_c$ , dan  $C_u$ . Hasil rekapitulasi data tanah hasil uji laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Data Tanah STA 0+400

Kedalaman (m)	NSPT	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	Gs	LL %	PL %	IP %	Cc	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	15	1,696	38,43	1,163	2,650	79,88	28,52	51,36	0,458	0,331
10	25	1,613	44,40	1,388	2,667	86,93	30,51	56,42	0,457	0,712
15	35	1,730	40,42	1,149	2,648	114,23	31,05	83,18	-	1,304
20	31	1,706	41,44	1,197	2,650	98,30	22,22	76,08	-	1,192
25	37	1,789	43,70	1,110	2,637	101,32	33,80	67,52	-	1,229
30	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nilai Cc hanya dilakukan pengujian sampai pada kedalaman 10 meter. Pada kedalaman 25-30 meter tidak dilakukan pengujian laboratorium.

#### B. Data Tanah STA 0+750 KM

Pada STA tersebut diketahui data tanah dasar dari hasil uji laboratorium, yaitu  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_t$ , Gs, Wc, e, LL, PL, IP,  $\phi$ , dan Cu. Hasil rekapitulasi data tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Data Tanah 0+750

Kedalaman (m)	NSPT	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	Gs	LL %	PL %	IP %	$\phi$	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	5	1,678	53,80	1,422	2,643	66,39	31,67	34,72	0	0,367
10	15	1,643	54,41	1,375	2,527	64,41	32,93	31,48	0	0,625
15	18	1,622	55,22	1,365	2,472	64,64	33,34	31,30	0	0,801
20	36	1,693	50,94	1,332	2,615	61,81	34,35	27,46	0	1,225
25	40	1,68	50,04	1,275	2,548	62,43	31,35	31,08	0	1,725
30	43	1,738	44,29	1,144	2,586	61,46	32,54	28,92	0	2,093

#### C. Data Tanah STA 1+000 KM

Pada STA tersebut diketahui data tanah dasar dari hasil uji laboratorium, yaitu  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_t$ , Gs, Wc, e, LL, PL, IP,  $\phi$ , dan Cu. Hasil rekapitulasi data tanah pada titik tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Data Tanah 1+000

Kedalaman (m)	NSPT	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	Gs	LL %	PL %	IP %	$\phi$	Cv cm <sup>2</sup> /dtk	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	2	1,59	63,68	1,622	2,547	73,88	33,67	40,21	0	0,00076	0,050
10	3	1,591	62,53	1,577	2,522	73,53	34,45	39,08	0	0,00078	0,110
15	6	1,651	57,24	1,521	2,641	74,41	34,45	39,96	0	0,00079	0,311
20	8	1,677	54,24	1,438	2,651	72,61	32,28	40,33	0	0,00110	0,350
25	16	1,619	57,03	1,470	2,502	73,62	33,86	39,76	0	-	0,596
30	26	1,648	53,03	1,332	2,512	72,61	32,28	40,33	0	-	1,220



#### D. Data Tanah STA 2+300 KM

Pada STA tersebut diketahui data tanah dasar dari hasil uji laboratorium, yaitu  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_t$ , Gs, Wc, e, LL, PL, IP,  $\phi$ , Cc, dan Cu. Hasil rekapitulasi data tanah pada titik tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4.4** Data Tanah STA 2+300

Kedalaman (m)	NSPT	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	Gs	LL %	PL %	IP %	$\phi$	Cc	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	<1	1,517	74,42	1,978	2,539	94,58	25,68	68,90	-	0,709	0,043
10	3	1,465	87,28	2,284	2,527	106,30	33,46	72,84	1,50	0,930	0,078
15	17	1,621	55,54	1,486	2,543	83,86	32,41	51,45	6,00	-	0,739
20	9	1,758	42,53	1,216	2,681	105,67	25,34	80,33	7,00	-	0,452
25	17	1,776	42,43	1,194	2,704	93,35	28,28	65,07	7,20	-	0,745
30	26	1,731	57,49	1,302	2,682	115,68	32,63	83,05	5,6	-	1,040

#### 4.2 Statistik Data Tanah

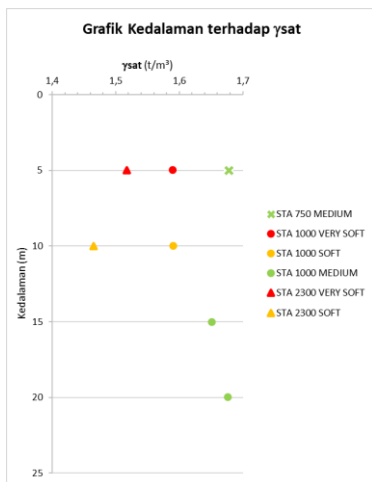
Statistik data tanah dimulai dengan membuat statigrafi data tanah yang terlampir pada **Lampiran 1**. Dari hasil statigrafi didapatkan tipe tanah dan konsistensi tanah tertera pada **Tabel 4.5**.

**Tabel 4.5** Tipe Tanah dan Konsistensi Tanah

STA 1+000				STA 2+300			
Kedalaman (m)	NSPT	Type of Soil	Konsistensi Tanah	Kedalaman (m)	NSPT	Type of Soil	Konsistensi Tanah
5	2	Clay	Very Soft	5	<1	Silty Clay	Very Soft
10	3	Clay	Soft	10	3	Silty Clay	Soft
15	6	Clay	Medium	15	17	Silty Clay	Stiff
20	8	Clay	Medium	20	9	Silty Sandy Clay	Stiff
25	16	Clay	Stiff	25	17	Silty Clay	Stiff
30	26	Clay	Stiff	30	26	Silty Clay	Stiff
STA 0+400				STA 0+750			
Kedalaman (m)	NSPT	Type of Soil	Konsistensi Tanah	Kedalaman (m)	NSPT	Type of Soil	Konsistensi Tanah
5	15	Sandy Silt	Stiff	5	5	Clay	Medium
10	25	Sandy Silt	Stiff	10	15	Clay	Stiff
15	35	Silty Clay	Stiff	15	18	Clay	Stiff
20	31	Silty Clay	Stiff	20	36	Silty Clay	Stiff
25	37	Silty Clay	Stiff	25	40	Silty Clay	Stiff
30	47	Silty Clay	Stiff	30	43	Silty Clay	Stiff

Dari **Tabel 4.5**, parameter-parameter tanah dapat dikelompokkan sesuai pada tipe tanah dan konsistensinya yang selanjutnya dapat dilakukan metode statistika distribusi untuk

memperoleh satu data dari banyak data tersebut pada setiap kedalaman. Setiap parameter tanah  $\gamma_{sat}$ , Gs, Wc, e, LL, PL, IP, dan Cu pada semua titik tes akan digabungkan pada satu grafik. Tidak semua parameter tanah akan dilakukan metode statistika distribusi, hanya tanah dengan konsistensi *very soft* sampai *medium*.



**Gambar 4.1** Parameter Tanah

Salah satu grafik parameter tanah yang ditunjukkan pada **Gambar 4.1** lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 3** akan dilakukan penggabungan data dengan metode statistika distribusi dengan derajat keyakinan 90%. Salah satu perhitungan  $\gamma_{sat}$  pada kedalaman 0,00 sampai 5,00 sebagai berikut:

- Jumlah data (n) = 2
- v =  $n - 1 = 2 - 1 = 1$
- Derajat kepercayaan = 90%
- $\alpha$  = 10%
- Derajat kebebasan = 0,010158 (Tabel Chi-Square)
- Mean ( $\bar{x}$ ) =  $\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1.487 + 1.59}{2} = 1,5385 \text{ t/m}^3$

- Standar Deviasi (s) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$   
 $= \sqrt{\frac{(1.487 - 1.5385)^2 + (1.59 - 1.5385)^2}{2}}$   
 $= 0,0515$
- Batas Atas =  $\bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \times \alpha$   
 $= 1,5385 + \frac{0,0515}{\sqrt{2}} \times 0,010158$   
 $= 1,554 \text{ t/m}^3$
- Batas Bawah =  $\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \times \alpha$   
 $= 1,5385 - \frac{0,0515}{\sqrt{2}} \times 0,010158$   
 $= 1,553 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = \text{Batas bawah} + \alpha (\text{Batas atas} - \text{Batas bawah})$   
 $= 1,553 + 10\% (1,554 - 1,553)$   
 $= 1,553 \text{ t/m}^3$

Dari perhitungan menggunakan metode statistika distribusi didapatkan parameter-parameter tanah pada setiap kedalaman yang dapat dilihat pada **Tabel 4.6**. Data tersebut akan digunakan untuk perencanaan timbunan pada STA 0+950 sampai STA 2+000. Tanah lunak diketahui mencapai kedalaman 22 meter pada bagian *approach* jembatan dan menjadi 17 meter semakin jauh dari jembatan.

**Tabel 4.6** Rekapitulasi Statistik Parameter Tanah

Parameter	Depth (m)		
	5	10	15
$\gamma_{\text{sat}}$ (t/m <sup>3</sup> )	1,55	1,53	1,67
Gs	2,54	2,52	2,62
Wc (%)	69,02	74,83	50,06
LL (%)	84,17	89,82	75,07
IP (%)	54,47	56,03	43,04
e <sub>o</sub>	1,80	1,93	1,48

Selain parameter-parameter tersebut dalam perencanaan timbunan diperlukan nilai dari indeks pemampatan ( $C_c$ ). Indeks mengembang ( $C_s$ ), dan nilai koefisien konsolidasi horizontal ( $C_h$ ). Nilai  $C_v$ ,  $C_s$ , dan  $C_c$  didapatkan dengan menggunakan statistik dari data hasil uji laboratorium dengan hasil dapat dilihat pada **Tabel 4.7**. Sementara itu, nilai  $C_h$  sebesar 2-5 dari nilai  $C_v$ . Hasil statistik dari indeks pemampatan tidak sesuai dengan konsistensi tanah yang semakin dalam semakin *stiff*. Oleh karena itu, pada kedalaman 10 m dan 15 m digunakan korelasi Terzaghi and Peck (1967) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_c = 0,0009(LL - 10)$$

Maka, perhitungan korelasi nilai  $C_c$  sebagai berikut:

- Untuk kedalaman 10 m
  - $LL = 89,82\%$
  - $C_c = 0,0009(89,82 - 10)$
  - $= 0,718$
- Untuk kedalaman 15 m
  - $LL = 75,07\%$
  - $C_c = 0,0009(75,07 - 10)$
  - $= 0,586$

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Statistik  $C_v$ ,  $C_c$ ,  $C_u$

Parameter	Depth (m)		
	5	10	15
$C_v$	0,00073	0,00054	0,00082
$C_c$	0,966	0,718	0,586
$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,046	0,094	0,34

Hasil rekapitulasi data parameter-parameter tanah hasil gabungan dan korelasi dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

### 4.3 Data Tanah Timbunan Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah

Tanah timbunan yang digunakan dalam perencanaan timbunan pada Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya memiliki parameter tanah sebagai berikut:

- $\gamma_{\text{timbunan}} = 18,5 \text{ kN/m}^3$
- $\phi_{\text{timbunan}} = 30^\circ$
- $C = 0$

Pada Tugas Akhir ini akan direncanakan timbunan tegak dan timbunan miring dengan ketinggian rencana timbunan 4,3 m; 3,5 m; dan 2 m. Timbunan dengan ketinggian 4,3 m berada pada *approach* jembatan JLLB dengan tanah *compressible* mencapai 22 m, begitu pula dengan timbunan tinggi perencanaan 3,5 m. Semakin jauh dari jembatan elevasi rencana jalan hanya mencapai 2 m dengan kondisi tanah *compressible* sedalam 17 m.

Material yang digunakan untuk perbaikan timbunan dalam Tugas Akhir ini adalah *Vertical Drain* dan *Horizontal Drain*. Alat yang digunakan sebagai *alternative preloading* adalah alat *vacuum* untuk VCM (*Vacuum Consolidation Method*). Sementara itu, untuk perkuatan tanah dalam Tugas Akhir ini baik timbunan maupun tanah dasar menggunakan *Geotextile*, *Freyssisol*, dan Cerucuk/Micropile.

#### A. Alat *vacuum*

*Vacuum pump* yang digunakan untuk *Vacuum Consolidation Method* (VCM) adalah YMSA-3.0. Brosur yang digunakan merupakan produk dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL yang ditampilkan pada **Lampiran 2**.

#### B. *Vertical Drain*

*Vertical drain* yang digunakan adalah *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeeau-Drain CT-SD100-20. Brosur yang digunakan merupakan produk dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL yang ditampilkan pada **Lampiran 2**.

- C. *Horizontal Drain*  
*Horizontal drain* yang digunakan adalah *Prefabricated Horizontal Drain* merk CeTeau-Drain CT-SD100-20. Brosur yang digunakan merupakan produk dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL yang ditampilkan pada **Lampiran 2**.
- D. *Geotextile*  
*Geotextile* pada timbunan oprit tegak dan timbunan oprit miring direncanakan menggunakan UnggulTex UW-250. Brosur yang digunakan merupakan produk dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL yang ditampilkan pada **Lampiran 2**.
- E. *Freyssisol*  
*Freyssisol* pada timbunan oprit tegak direncanakan menggunakan produk BBA (*British Beard of Agreement*). Brosur ditampilkan pada **Lampiran 2**.
- F. Mikropile  
Mikropile yang digunakan untuk perkuatan tanah pada timbunan oprit tegak dan timbunan oprit miring direncanakan menggunakan *spunpile* diameter 30 cm. Brosur yang digunakan merupakan produk dari PT. WIKA BETON yang ditampilkan pada **Lampiran 2**.

#### 4.4 Analisa Perilaku Tanah

Analisa perilaku tanah perlu diketahui untuk meminimalisasi potensi terjadinya kegagalan konstruksi yang ada di atasnya. Surabaya merupakan wilayah yang memiliki tanah beragam, seperti tanah *swelling* dan tanah *soft*. Tanah *swelling* tersebut dapat menyebabkan konstruksi di atasnya naik karena naiknya bertambahnya volume tanah saat terisi air (musim hujan) dan turun saat tanah menyusut pada musim kemarau, apabila terdapat *differential* saat naik dan turun maka konstruksi yang tidak dapat menahan bisa mengalami kerusakan. Untuk membuktikan tanah pada wilayah studi dapat mengalami *swelling* diperlukan perhitungan angka aktivitas tanah (A) seperti pada **Subbab 2.5.1** sebagai berikut:

Untuk STA 1+1000, kedalaman 5 m:

$$PI = 40,21 \%$$

$$\text{Prosentase tanah } (<2\mu) = 67,22\%$$

$$A = \frac{\text{Plasticity Index}}{(\% \text{ dari tanah yang } <2\mu) - 5}$$

$$= \frac{40,21}{(67,22) - 5}$$

$$= 0,646$$

Dari angka aktivitas tersebut akan dimasukkan ke dalam kurva *Swelling Potential* pada **Gambar 2.14** oleh Seed, 1962, sehingga diperoleh bahwa pada lapisan tersebut memiliki aktifitas *swelling* medium atau *swelling potential* = 1,5%. Peninjauan aktivitas tanah dilakukan pada tanah di bawah konstruksi jembatan dan *slab on pile* dengan STA 0+750 dan STA 1+000. Hasil perhitungan aktivitas *swelling* tanah di bawah jembatan dan *slab on pile* dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Aktivitas *Swelling* Tanah

Kedalaman m	STA 0+750				STA 1+000			
	PI (%)	% tanah <2 $\mu$	A	Swelling Potential	PI (%)	% tanah <2 $\mu$	A	Swelling Potential
5	34,72	69,94	0,53	Low	40,21	67,22	0,65	Medium
10	31,48	66,35	0,51	Low	39,08	66,74	0,63	Medium
15	31,30	70,15	0,48	Low	39,96	68,16	0,63	Medium
20	27,46	47,4	0,65	Low	40,33	67,6	0,64	Medium
25	31,08	56,16	0,61	Low	39,76	65,88	0,65	Medium
30	28,92	43,7	0,75	Low	40,33	65,79	0,66	Medium

Dari data tersebut diketahui bahwa tanah pada daerah *slab on pile* atau yang akan direncanakan timbunan memiliki aktivitas *swelling* medium dengan *swelling potential* mencapai 1,5%. Tetapi, *swelling* tersebut dianggap tidak terjadi karena adanya timbunan dan akan tertutup dengan *pavement* sehingga tidak ada perubahan kadar air di dalam tanah. Selain dari aktivitas

*swelling* diketahui dari hasil uji bor lapangan bahwa tanah merupakan tanah lempung jenuh yang memiliki NSPT kecil sehingga tanah dapat mengalami pemampatan konsolidasi yang besar serta kekuatan tanah dasar yang kecil. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran sehingga diperlukan adanya perbaikan tanah.



## BAB V

### BESAR PEMAMPATAN TANAH DASAR AKIBAT TIMBUNAN DAN CARA MENGHILANGKANNYA

Pada Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) direncanakan konstruksi *slab on pile* pada STA 0+950 sampai STA 2+300. *Slab on pile* tersebut direncanakan 2 bagian yaitu jalur kiri dan jalur kanan. Total lebar *slab on pile* dari ujung ke ujung 51 m, tinggi 4,3 m pada *approach* jembatan dan kemudian turun dan konstan menjadi 2 m. Pada Tugas Akhir ini akan direncanakan alternatif timbunan pengganti *slab on pile* dengan 3 ketinggian, yaitu 4,3 m; 3,5 m; dan 2 m. Dari hasil analisa **BAB VI** diketahui bahwa tanah di bawah timbunan merupakan tanah lempung lunak yang dapat terjadi pemampatan apabila diberikan konstruksi di atasnya.

Pemampatan yang terjadi pada tanah lempung lunak atau jenuh air biasanya terjadi lebih lama dan besar karena koefisien rembesan lempung yang sangat kecil. Oleh karena itu diperlukan perhitungan besar dan lama pemampatan pada lokasi tersebut. Biasanya pemampatan konsolidasi pada tanah lempung terjadi sangat lama sehingga juga diperlukan percepatan pemampatan dengan menggunakan *vertical drain* dan dilanjutkan dengan penggunaan *horizontal drain*. Selain itu, daya dukung yang rendah dari tanah lempung lunak juga membuat konstruksi di atasnya menjadi tidak stabil sehingga diperlukan metode perbaikan tanah dengan cara menghilangkan pemampatan yang ada menggunakan sistem *preloading* baik *surcharge* maupun *vacuum preloading*.

#### 5.1 Besar dan Lama Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Pengganti *Slab on Pile*

Ada dua macam alternatif timbunan yang direncanakan pada Tugas Akhir ini, yaitu Timbunan Sisi Miring dan Timbunan Sisi Tegak. Kedua alternatif timbunan tersebut direncanakan pada tanah lempung lunak yang memiliki lapisan tanah *compressible* yang berbeda-beda. Pada bagian *approach* jembatan dengan ketinggian timbunan 4,3 dan 3,5 memiliki tanah *compressible*

sedalam 22 m; sedangkan pada timbunan dengan tinggi rencana 2 m memiliki kedalaman tanah *compressible* 17 m. Adanya tanah *compressible* tersebut maka perlu diketahui besar dan lama pemampatan konsolidasi yang terjadi. Apabila pemampatan yang terjadi terlalu besar dan terlalu lama sehingga dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran pada timbunan maka diperlukan adanya perbaikan tanah.

### 5.1.1 Timbunan Sisi Miring

Timbunan sisi miring direncanakan memiliki kemiringan lereng 1 : 1,5 dan memiliki tinggi rencana 4,3 m; 3,5 m; dan 2 m gambar perencanaan dapat dihat pada **Gambar 5.1**, **Gambar 5.2**, dan **Gambar 5.3**. Diketahui bahwa tanah di bawah konstruksi timbunan dapat mengalami pemampatan konsolidasi (*settlement*). Perhitungan besar pemampatan dimulai dengan perhitungan distribusi tegangan timbunan dengan ketinggian 4,3 m sebagai berikut:

$$H_{timbunan} = 4,3 \text{ m}$$

$$q_{timbunan} = H \times \gamma = 4,3 \times 1,85 = 7,955 \text{ t/m}^2$$

- Kedalaman 0-1 m

$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(B_1+B_2)}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right]$$

$$z = 0,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 25,5 \text{ m}$$

$$B_2 = H \times 1,5 = 4,3 \times 1,5 = 6,45 \text{ m}$$

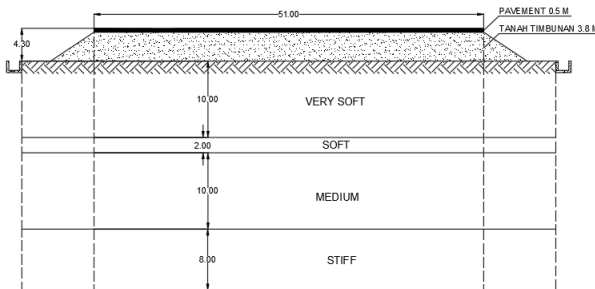
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{(B_1+B_2)}{z} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{z} \right\} \\ &= \tan^{-1} \left\{ \frac{(25,5+6,45)}{0,5} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{0,5} \right\} \\ &= 0,004 \text{ radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{z} \right\} \\ &= \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{0,5} \right\} \\ &= 1,551 \text{ radian} \end{aligned}$$

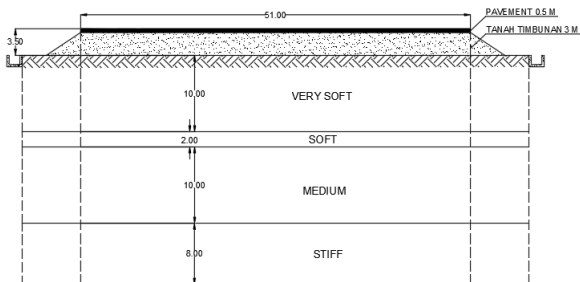
$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(B_1+B_2)}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(25,5+6,45)}{6,45} \right\} (0,004 + 1,551) - \right. \\
 &\left. \frac{25,5}{6,45} (1,551) \right] \\
 2\Delta P &= 3,977 \text{ ton/m}^2 \\
 &= 7,955 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

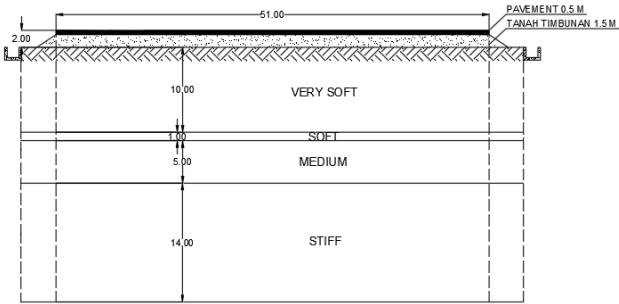
Hasil rekapitulasi distribusi pembebanan akibat tinggi rencana 4,3 m pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.



**Gambar 5.1** Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m



**Gambar 5.2** Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 3,5 m



**Gambar 5.3** Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 2 m

**Tabel 5.1** Rekapitulasi Distribusi Pembebanan Akibat Timbunan Sisi Miring 4,3 m

Tebal Lapisan m	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>
1	7,955
2	7,955
3	7,953
4	7,949
5	7,942
6	7,932
7	7,917
8	7,898
9	7,874
10	7,845
11	7,810
12	7,770
13	7,725
14	7,675
15	7,619

**Tabel 5.1** Rekapitulasi Distribusi Pembebanan Akibat Timbunan Sisi Miring 4,3 m (Lanjutan)

Tebal Lapisan m	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>
16	7,559
17	7,495
18	7,427
19	7,355
20	7,279
21	7,202
22	7,121

Setelah perhitungan distribusi tegangan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan *settlement* yang terjadi akibat beban timbunan. Perhitungan *settlement* sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m :

$$e_o = 1,8$$

$$Cc = 0,968$$

$$Cs = 0,194$$

$$\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi}$$

$$H_{fluktuasi} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,277 + 2 \times 1 \\ &= 2,277 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,277}{0,277} = 8,227 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned} \sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,277 + 7,955 \\ &= 8,232 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

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

$$S_c = \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,277}{0,277} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{8,232}{0,277} \right]$$

$$S_c = 0,2562 \text{ m}$$

Hasil perhitungan *settlement* pada setiap lapisan tanah akibat timbunan sisi miring tinggi rencana 4,3 m dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

**Tabel 5.2** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Timbuan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m

Tebal Lapisan m	Sc m
1	0,2562
2	0,2069
3	0,1792
4	0,1595
5	0,1442
6	0,1319
7	0,1215
8	0,1127
9	0,1051
10	0,0984
11	0,0657
12	0,0620
13	0,0561
14	0,0525
15	0,0493
16	0,0464
17	0,0437
18	0,0413
19	0,0390
20	0,0369

**Tabel 5.2** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m (Lanjutan)

Tebal Lapisan m	Sc m
21	0,0350
22	0,0332

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa *settlement* total tanah akibat adanya beban timbunan 4,3 m sebesar 2,0765 m. *Settlement* total akibat ketinggian timbunan sisi miring lainnya untuk tinggi timbunan 3,5 m yaitu 1,736 m; dan tinggi timbunan 2 m sebesar 0,8672 m. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Pemampatan yang terjadi pada tanah lempung biasanya terjadi sangat lama dan lambat laun dapat terjadi *differential settlement*. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan lama pemampatan yang terjadi. Terdapat dua perhitungan waktu yang dibutuhkan agar derajat konsolidasi yang terjadi mencapai 90% sebagai berikut:

- $H_{dr} = 22$  m

$$\begin{aligned}
 U_{90\%} &= 0,848 \\
 C_v(gab) &= \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[ \frac{H_1}{\sqrt{c_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{c_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{c_{vn}}} \right]^2} \\
 &= 0,00075 \text{ cm}^2/\text{detik} \\
 &= 2,367 \text{ m}^2/\text{tahun} \\
 t_{90} &= \frac{U_{90\%}(H_{dr})^2}{C_v} \\
 &= \frac{0,848(22)^2}{2,367} \\
 &= 173,42 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

- $H_{dr} = 17$  m

$$U_{90\%} = 0,848$$

$$\begin{aligned}
C_v(\text{gab}) &= \frac{(H_1+H_2+\dots+H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{c_{v1}}}+\frac{H_2}{\sqrt{c_{v2}}}+\dots+\frac{H_n}{\sqrt{c_{vn}}}\right]^2} \\
&= 0,00075 \text{ cm}^2/\text{detik} \\
&= 2,365 \text{ m}^2/\text{tahun} \\
t_{90} &= \frac{U_{90\%}(H_{dr})^2}{C_v} \\
&= \frac{0,848(17)^2}{2,365} \\
&= 103,63 \text{ tahun}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan lama pemampatan konsolidasi didapatkan pada timbunan 4,3 m dan 3,5 m membutuhkan waktu 173,42 tahun; untuk timbunan dengan tinggi 2 m membutuhkan waktu 103,63 tahun agar derajat konsolidasi dari pemampatan mencapai 90%.

### 5.1.2 Timbunan Sisi Tegak

Timbunan dikatakan sisi tegak karena memiliki kemiringan 1:1. Distribusi tegangan pada timbunan tegak menggunakan Kurva Distribusi Pembebanan I. Gambar perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 5.4**, **5.5**, dan **5.6**. Perhitungan distribusi tegangan timbunan sisi tegak dengan ketinggian 4,3 m sebagai berikut:

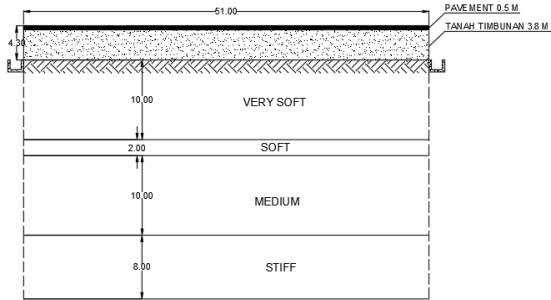
$$\begin{aligned}
H_{\text{timbunan}} &= 4,3 \text{ m} \\
q_{\text{timbunan}} &= H \times \gamma = 4,3 \times 1,85 = 7,955 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

- Kedalaman 0-1 m

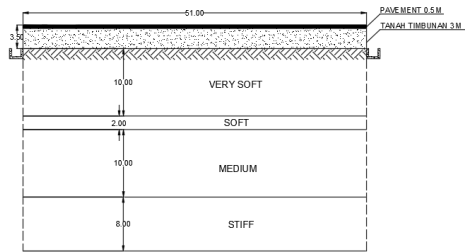
$$\begin{aligned}
z &= 0,5 \text{ m} \\
x &= 25,5 \text{ m} \\
y &= \infty \text{ (tak hingga)} \\
m &= \frac{x}{z} = \frac{25,5}{0,5} = 51 \\
n &= \frac{y}{z} = \frac{\infty}{0,5} = \infty \\
I &= 0,25 \text{ (Dari Grafik)} \\
\Delta\sigma &= 4 \times I \times q \\
&= 4 \times 0,25 \times 7,955 \\
&= 7,955 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$



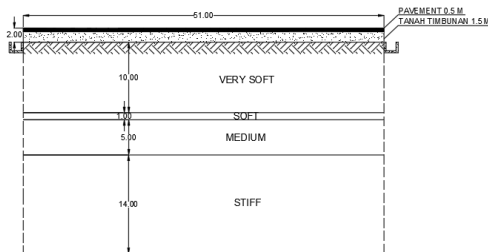
Distribusi pembebanan tiap lapisan tanah akibat tinggi rencana 4,3 m pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.



**Gambar 5.4** Potongan Melintang Timbunan Sisi Tegak Tinggi Rencana 4,3 m



**Gambar 5.5** Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 3,5 m



**Gambar 5.6** Potongan Melintang Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 2 m

**Tabel 5.3** Rekapitulasi Distribusi Tegangan Akibat Beban Timbunan Sisi Tegak 4,3 m

Tebal Lapisan m	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>
1	7,955
2	7,955
3	7,955
4	7,955
5	7,955
6	7,92318
7	7,89136
8	7,85954
9	7,85954
10	7,7959
11	7,73226
12	7,70044
13	7,6368
14	7,54134
15	7,4777
16	7,41406
17	7,3186
18	7,22314
19	7,1595
20	7,06404
21	6,8413
22	6,8413

Setelah perhitungan distribusi tegangan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan *settlement* yang terjadi akibat beban timbunan. Perhitungan *settlement* sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m :

$$e_o = 1,8$$

$$C_c = 0,968$$

$$C_s = 0,194$$

$$\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi}$$

$$H_{fluktuasi} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,277 + 2 \times 1 \\ &= 2,277 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,277}{0,277} = 8,227 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned} \sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,277 + 7,955 \\ &= 8,232 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

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

$$S_c = \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,277}{0,277} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{8,232}{0,277} \right]$$

$$S_c = 0,2562 \text{ m}$$

Hasil perhitungan *settlement* pada setiap lapisan tanah akibat timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

**Tabel 5.4** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m

Tebal Lapisan m	$S_c$ m
1	0,256207
2	0,206858
3	0,179243

**Tabel 5.4** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Timbuan Sisi Miring Tinggi Rencana 4,3 m (Lanjutan)

Tebal Lapisan m	Sc m
4	0,15959
5	0,144421
6	0,131754
7	0,121211
8	0,112257
9	0,104915
10	0,097791
11	0,065048
12	0,061443
13	0,055465
14	0,051603
15	0,048361
16	0,045452
17	0,042632
18	0,040067
19	0,037904
20	0,035749
21	0,033081
22	0,031762

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa *settlement* total akibat adanya beban timbunan 4,3 m sebesar 2,0628 m. *Settlement* total akibat ketinggian timbunan sisi tegak lainnya untuk tinggi timbunan 3,5 m yaitu 1,726 m; dan tinggi timbunan 2

m sebesar 0,8443 m. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Hasil perhitungan lama pemampatan konsolidasi sama karena terjadi pada lapisan tanah yang sama dan tidak dipengaruhi oleh bentuk timbunan yang berada di atasnya. Lama pemampatan didapatkan pada timbunan 4,3 m dan 3,5 m membutuhkan waktu 173,42 tahun; untuk timbunan dengan tinggi 2 m membutuhkan waktu 103,63 tahun agar derajat konsolidasi dari pemampatan mencapai 90%.

Besar pemampatan akibat adanya timbunan baik sisi miring maupun sisi tegak secara umum cukup besar dan waktu pemampatan yang dibutuhkan cukup lama. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya *differential settlement* sehingga pemampatan perlu dihilangkan dan dipercepat.

## **5.2 Metode Perbaikan Tanah Dasar**

Data tanah pada lokasi studi merupakan tanah lempung memiliki daya dukung yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya perbaikan tanah untuk menghilangkan pemampatan dan menaikkan daya dukung tanah. Ada berbagai macam teknologi dalam peningkatan daya dukung tanah lempung lunak, salah satunya adalah sistem *preloading*.

### **5.2.1 Metode Preloading untuk Perbaikan Tanah Dasar**

Pada Tugas Akhir ini digunakan sistem *preloading* atau pembebanan awal merupakan salah satu metode peningkatan daya dukung tanah dengan pemampatan tanah. Ada dua alternatif perencanaan sistem *preloading* yang digunakan, yaitu pemberian beban awal eksternal menggunakan metode *surcharge* dan beban awal internal menggunakan metode *vacuum*.

#### **5.2.1.1 Perhitungan Tinggi Awal Timbunan**

Perencanaan sistem *preloading* pada timbunan akan selalu dipengaruhi oleh beban timbunan di atasnya. Tanah di bawah konstruksi timbunan akan memampat dan mengalami penurunan sehingga membuat sebagian tanah timbunan tenggelam di bawah muka tanah asli. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan tinggi

timbunan awal-akhir atau inisial-final. Perhitungan tinggi awal timbunan akan dibedakan antara timbunan sisi miring dan sisi tegak. Hal tersebut dikarenakan perbedaan distribusi tegangan yang diberikan pada masing-masing timbunan.

#### A. Perhitungan Tinggi Awal Timbunan Sisi Miring

Langkah awal perhitungan tinggi awal timbunan adalah mencari *settlement* yang terjadi oleh tanah dasar. Perhitungan tersebut tidak langsung menggunakan tinggi rencana tetapi menggunakan beberapa beban timbunan ( $q$ ) yang berbeda-beda. Beban timbunan ( $q$ ) yang diberikan, yaitu  $5 \text{ ton/m}^2$ ,  $7 \text{ ton/m}^2$ ,  $10 \text{ ton/m}^2$ ,  $12 \text{ ton/m}^2$ ,  $15 \text{ ton/m}^2$ , dan  $17 \text{ ton/m}^2$ . Ada dua hasil perhitungan yang diberikan karena perbedaan parameter dan kondisi tanah pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3 dan 3,5 yaitu memiliki tanah *compressible* 22 m dengan timbunan tinggi rencana 2 m yang tanah *compressible*-nya 17 m. Berikut adalah perhitungan tegangan *overburden* setiap lapisan tanah:

- Kedalaman 0-1 m

$$\begin{aligned}\gamma_{sat} &= 1,55 \text{ t/m}^3 \\ z &= 0,5 \text{ m} \\ \sigma'_o &= (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times z \\ &= (1,55 - 1) \times 0,5 \\ &= 0,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m

$$\begin{aligned}\gamma_{sat} &= 1,55 \text{ t/m}^3 \\ z &= 1,5 \text{ m} \\ \sigma'_o &= (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times z \\ &= (1,55 - 1) \times 1,5 \\ &= 0,8303 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* dapat dilihat pada **Tabel 5.5** dan **Tabel 5.6**.

**Tabel 5.5** Hasil Perhitungan Tegangan *Overburden* ( $\sigma'_o$ ) untuk Setiap Kedalaman pada  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman m	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>
1	0,277
2	0,830
3	1,384
4	1,937
5	2,491
6	3,044
7	3,598
8	4,151
9	4,705
10	5,258
11	5,799
12	6,327
13	6,925
14	7,594
15	8,262
16	8,931
17	9,600
18	10,268
19	10,937
20	11,605
21	12,274
22	12,943

**Tabel 5.6** Hasil Perhitungan Tegangan *Overburden* ( $\sigma'_o$ ) untuk Setiap Kedalaman pada  $H_{dr} = 17$  m

Kedalaman m	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>
1	0,277
2	0,830
3	1,384
4	1,937
5	2,491
6	3,044
7	3,598
8	4,151
9	4,705
10	5,258
11	5,799
12	6,397
13	7,066
14	7,734
15	8,403
16	9,072
17	9,740

Setelah dilakukan perhitungan tegangan *overburden* dilanjutkan dengan perhitungan distribusi tegangan timbunan setiap lapisan. Besar tegangan akibat beban timbunan ( $\Delta\sigma$ ) untuk q sebesar 5 ton/m<sup>2</sup> sebagai berikut:

$$q_{\text{timbunan}} = 5 \text{ ton/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = \frac{q_{\text{timbunan}}}{\gamma_{\text{timbunan}}} = \frac{5}{1,85} = 2,7027 \text{ m}^2$$

- Kedalaman 0-1 m



$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(B_1+B_2)}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right]$$

$$z = 0,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 25,5 \text{ m}$$

$$B_2 = H \times 1,5 = 2,7 \times 1,3 = 4,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{(B_1+B_2)}{z} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{z} \right\} \\ &= \tan^{-1} \left\{ \frac{(25,5+4,05)}{0,5} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{0,5} \right\} \\ &= 0,003 \text{ radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{z} \right\} \\ &= \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{0,5} \right\} \\ &= 1,551 \text{ radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{5}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(25,5+4,05)}{4,05} \right\} (0,003 + 1,551) - \frac{25,5}{4,05} (1,551) \right] \\ &= 2,5 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$2\Delta P = 5 \text{ ton/m}^2$$

- Kedalaman 1-2 m

$$z = 1,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 25,5 \text{ m}$$

$$B_2 = H \times 1,5 = 2,7 \times 1,3 = 4,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{(25,5+4,05)}{1,5} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{1,5} \right\} \\ &= 0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \tan^{-1} \left\{ \frac{25,5}{1,5} \right\} \\ &= 1,512 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{5}{\pi} \left[ \left\{ \frac{(25,5+4,05)}{4,05} \right\} (0,008 + 1,512) - \frac{25,5}{4,05} (1,512) \right] \\ &= 2,5 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$2\Delta P = 5 \text{ ton/m}^2$$

Hasil perhitungan besar distribusi tegangan akibat timbunan ( $q$ ) pada masing-masing data tanah *compressible* dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dan **Taeb1 5.8**.

**Tabel 5.7** Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat  
Timbunan  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman m	$\Delta\sigma$					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	5,000	7,000	10,000	12,000	15,000	17,000
1-2	5,000	7,000	9,999	11,999	14,999	16,999
2-3	4,998	6,998	9,997	11,997	14,997	16,996
3-4	4,996	6,994	9,993	11,992	14,991	16,990
4-5	4,991	6,988	9,985	11,983	14,981	16,979
5-6	4,984	6,979	9,973	11,969	14,965	16,963
6-7	4,974	6,966	9,956	11,950	14,943	16,939
7-8	4,960	6,948	9,933	11,925	14,915	16,909
8-9	4,943	6,926	9,905	11,893	14,878	16,869
9-10	4,923	6,900	9,871	11,854	14,833	16,822
10-11	4,899	6,868	9,830	11,808	14,781	16,765
11-12	4,872	6,832	9,783	11,755	14,719	16,699
12-13	4,840	6,791	9,729	11,694	14,649	16,623
13-14	4,806	6,746	9,669	11,626	14,571	16,539
14-15	4,768	6,695	9,604	11,551	14,484	16,445
15-16	4,727	6,641	9,532	11,470	14,390	16,344
16-17	4,683	6,583	9,456	11,383	14,288	16,233
17-18	4,636	6,522	9,374	11,289	14,179	16,116
18-19	4,588	6,457	9,288	11,191	14,064	15,991
19-20	4,537	6,389	9,198	11,087	13,943	15,859
20-21	4,485	6,319	9,104	10,980	13,817	15,722
21-22	4,431	6,247	9,007	10,868	13,686	15,579

**Tabel 5.8** Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Kedalaman m	$\Delta\sigma$					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	5,000	7,000	10,000	12,000	15,000	17,000
1-2	5,000	7,000	9,999	11,999	14,999	16,999
2-3	4,998	6,998	9,997	11,997	14,997	16,996
3-4	4,996	6,994	9,993	11,992	14,991	16,990
4-5	4,991	6,988	9,985	11,983	14,981	16,979
5-6	4,984	6,979	9,973	11,969	14,965	16,963
6-7	4,974	6,966	9,956	11,950	14,943	16,939
7-8	4,960	6,948	9,933	11,925	14,915	16,909
8-9	4,943	6,926	9,905	11,893	14,878	16,869
9-10	4,923	6,900	9,871	11,854	14,833	16,822
10-11	4,899	6,868	9,830	11,808	14,781	16,765
11-12	4,872	6,832	9,783	11,755	14,719	16,699
12-13	4,840	6,791	9,729	11,694	14,649	16,623
13-14	4,806	6,746	9,669	11,626	14,571	16,539
14-15	4,768	6,695	9,604	11,551	14,484	16,445
15-16	4,727	6,641	9,532	11,470	14,390	16,344
16-17	4,683	6,583	9,456	11,383	14,288	16,233

Perhitungan *settlement* yang terjadi akibat beban timbunan menggunakan **Perumusan 2.2**; **Perumusan 2.3**; atau **Perumusan 2.4**. Berikut perhitungan *settlement* pada tanah dasar akibat beban timbunan  $q = 5 \text{ ton/m}^2$  sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m :
 
$$e_o = 1,8$$

$$Cc = 0,968$$

$$Cs = 0,194$$

$$\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi}$$

$$H_{fluktuasi} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,277 + 2 \times 1 \\ &= 2,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,277}{0,277} = 8,227 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,277 + 5 \\ &= 5,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

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

$$S_c = \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,277}{0,277} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{5,277}{0,277} \right]$$

$$S_c = 0,1895 \text{ m}$$

- Kedalaman 1-2 m :

$$e_o = 1,8$$

$$C_c = 0,968$$

$$C_s = 0,1936$$

$$\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi}$$

$$H_{fluktuasi} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,277 + 2 \times 1 \\ &= 2,8303 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,8303}{0,277} = 10,217 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,277 + 5 \\ &= 5,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

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

$$S_c = \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,8303}{0,277} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{5,277}{0,277} \right]$$

$$S_c = 0,1453 \text{ m}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan *settlement* tiap lapisan akibat masing-masing beban timbunan yang diberikan. Hasil perhitungan *settlement* akibat variasi  $q$  pada setiap lapisan tanah untuk  $H_{dr} = 22$  m dan  $H_{dr} = 17$  m dapat dilihat pada **Tabel 5.9** dan **Tabel 5.10**.

**Tabel 5.9** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman m	Sc (m)					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	0,189	0,238	0,290	0,316	0,349	0,367
1-2	0,145	0,190	0,238	0,264	0,295	0,313
2-3	0,122	0,163	0,209	0,233	0,264	0,281
3-4	0,106	0,144	0,188	0,211	0,240	0,257
4-5	0,094	0,130	0,171	0,193	0,222	0,238
5-6	0,085	0,118	0,157	0,179	0,206	0,222
6-7	0,077	0,109	0,146	0,167	0,193	0,208
7-8	0,071	0,100	0,136	0,156	0,182	0,197
8-9	0,065	0,093	0,128	0,147	0,172	0,186
9-10	0,060	0,087	0,120	0,138	0,163	0,177
10-11	0,040	0,058	0,080	0,093	0,110	0,120
11-12	0,037	0,055	0,076	0,089	0,105	0,114
12-13	0,034	0,049	0,069	0,081	0,096	0,105
13-14	0,031	0,046	0,065	0,076	0,091	0,099
14-15	0,029	0,043	0,061	0,072	0,086	0,095
15-16	0,027	0,040	0,058	0,068	0,082	0,090
16-17	0,025	0,038	0,055	0,065	0,078	0,086
17-18	0,024	0,036	0,052	0,062	0,074	0,082
18-19	0,022	0,034	0,049	0,059	0,071	0,079

**Tabel 5.10** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 22$  m (Lanjutan)

Kedalaman m	Sc (m)					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
19-20	0,021	0,032	0,047	0,056	0,068	0,075
20-21	0,020	0,030	0,045	0,053	0,065	0,072
21-22	0,018	0,029	0,042	0,051	0,062	0,069

**Tabel 5.11** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17$  m

Kedalaman m	Sc					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	0,189	0,238	0,290	0,316	0,349	0,367
1-2	0,145	0,190	0,238	0,264	0,295	0,313
2-3	0,122	0,163	0,209	0,233	0,264	0,281
3-4	0,106	0,144	0,188	0,211	0,240	0,257
4-5	0,094	0,130	0,171	0,193	0,222	0,238
5-6	0,085	0,118	0,157	0,179	0,206	0,222
6-7	0,077	0,109	0,146	0,167	0,193	0,208
7-8	0,071	0,100	0,136	0,156	0,182	0,197
8-9	0,065	0,093	0,128	0,147	0,172	0,186
9-10	0,060	0,087	0,120	0,138	0,163	0,177
10-11	0,040	0,058	0,080	0,093	0,110	0,120
11-12	0,037	0,054	0,076	0,088	0,104	0,114
12-13	0,033	0,049	0,068	0,080	0,095	0,104
13-14	0,031	0,045	0,064	0,075	0,090	0,099
14-15	0,029	0,043	0,061	0,071	0,085	0,094

**Tabel 5.10** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17$  m (Lanjutan)

Kedalaman m	Sc					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
15-16	0,027	0,040	0,057	0,068	0,081	0,089
16-17	0,025	0,038	0,054	0,064	0,077	0,085

Selain beban dari timbunan, tanah dasar juga menerima beban *pavement* setinggi 0,5 m. Beban akibat *pavement* juga perlu diperhitungkan untuk menganalisa tinggi awal timbunan. Perhitungan distribusi tegangan yang diberikan menggunakan Kurva Faktor Pengaruh oleh NAVFAC DM-7, 1970; dilanjutkan dengan perhitungan *settlement* yang sama dengan akibat beban timbunan. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4** dan hasil *settlement* per lapisan akibat beban *pavement* dapat dilihat pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**.

**Tabel 5.12** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban *Pavement* pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman m	Sc m
0-1	0,0482
1-2	0,0253
2-3	0,0176
3-4	0,0135
4-5	0,0110
5-6	0,0092
6-7	0,0080
7-8	0,0070
8-9	0,0063
9-10	0,0056

**Tabel 5.13** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban *Pavement* pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 22$  m (Lanjutan)

Kedalaman m	Sc m
10-11	0,0036
11-12	0,0033
12-13	0,0029
13-14	0,0027
14-15	0,0024
15-16	0,0022
16-17	0,0021
17-18	0,0019
18-19	0,0017
19-20	0,0016
20-21	0,0015
21-22	0,0014

**Tabel 5.14** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban *Pavement* pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17$  m

Kedalaman m	Sc m
0-1	0,0482
1-2	0,0253
2-3	0,0176
3-4	0,0135
4-5	0,0110
5-6	0,0092
6-7	0,0080



**Tabel 5.15** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban *Pavement* pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Kedalaman m	Sc m
7-8	0,0070
8-9	0,0063
9-10	0,0056
10-11	0,0036
11-12	0,0033
12-13	0,0029
13-14	0,0027
14-15	0,0025
15-16	0,0023
16-17	0,0021

Dari hasil *settlement* tersebut dapat dihitung dan  $H_{final}$ . Perhitungan  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$  sebagai berikut:

- Untuk  $q = 5 \text{ ton/m}^2$

$$H_{inisial} = \frac{q(i) - S_c(i)(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{inisial} = \frac{5 - (1,344 + 0,1791)(1,85 - 1,85)}{1,85}$$

$$H_{inisial} = 3,526 \text{ m}$$

$$H_{final} = H_{inisial} - S_c(timb) - S_c(pvmnt) + H_{pvmnt}$$

$$H_{final} = 3,526 - 1,344 - 0,1791 + 0,5$$

$$H_{final} = 2,503 \text{ m}$$

- Untuk  $q = 7 \text{ ton/m}^2$

$$H_{inisial} = \frac{q(i) - S_c(i)(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{inisial} = \frac{7 - (1,86 + 0,1791)(1,85 - 1,85)}{1,85}$$

$$H_{inisial} = 4,89 \text{ m}$$

$$H_{final} = H_{inisial} - S_{c(timb)} - S_{c(pvmnt)} + H_{pvmnt}$$

$$H_{final} = 4,89 - 1,86 - 0,1791 + 0,5$$

$$H_{final} = 3,346 \text{ m}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$  pada setiap variasi beban timbunan  $q$  dapat dilihat pada **Tabel 5.13** dan **Tabel 5.14**.

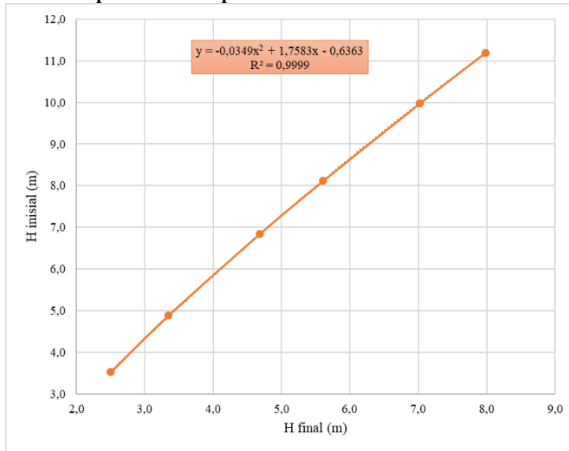
**Tabel 5.16** Hasil Perhitungan  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$  Akibat Beban Timbunan pada  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

q rencana ton/m <sup>2</sup>	H rencana m	Sc akibat timbunan m	Sc akibat pavement m	H initial m	Tebal Pavement m	H final m
5	2,703	1,344	0,179	3,526	0,5	2,503
7	3,784	1,862	0,179	4,887	0,5	3,346
10	5,405	2,483	0,179	6,844	0,5	4,682
12	6,486	2,827	0,179	8,112	0,5	5,605
15	8,108	3,273	0,179	9,974	0,5	7,022
17	9,189	3,533	0,179	11,196	0,5	7,984

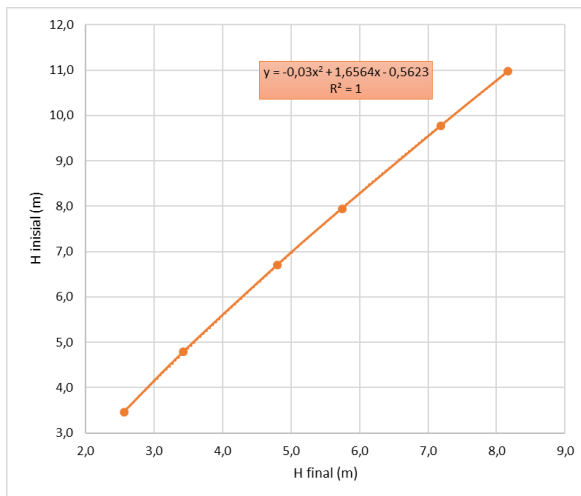
**Tabel 5.17** Hasil Perhitungan  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$  Akibat Beban Timbunan pada  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

q rencana ton/m <sup>2</sup>	H rencana m	Sc akibat timbunan m	Sc akibat pavement m	H initial m	Tebal Pavement m	H final m
5	2,703	1,237	0,167	3,462	0,5	2,558
7	3,784	1,699	0,167	4,792	0,5	3,427
10	5,405	2,244	0,167	6,708	0,5	4,798
12	6,486	2,543	0,167	7,951	0,5	5,741
15	8,108	2,927	0,167	9,780	0,5	7,187
17	9,189	3,150	0,167	10,982	0,5	8,165

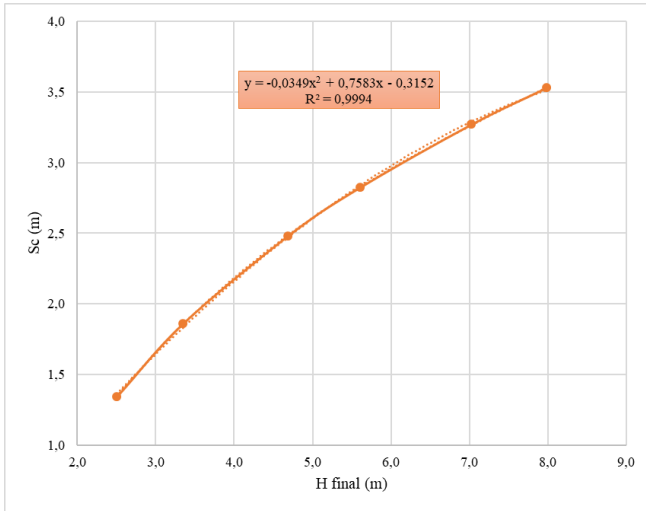
Dari kedua tabel di atas dapat ditampilkan dalam hubungan antara  $H_{\text{inisial}}$  dengan  $H_{\text{final}}$  dapat dilihat pada **Gambar 5.7** dan **5.8** dan hubungan antara  $H_{\text{final}}$  dengan pemampatan akibat timbunan dapat dilihat pada **Gambar 5.9** dan **Gambar 5.10**.



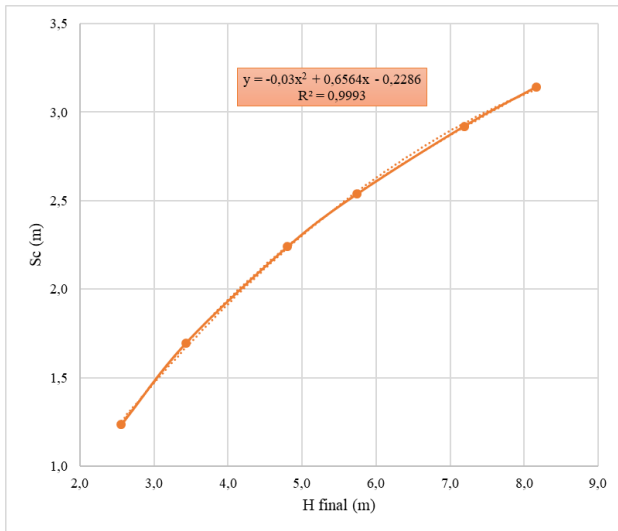
**Gambar 5.7** Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 22$  m



**Gambar 5.8** Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 17$  m



**Gambar 5.9** Hubungan *Settlement* dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 22$  m



**Gambar 5.10** Hubungan *Settlement* dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 17$  m

Dari grafik-grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tinggi rencana ( $H_{\text{final}}$ ) baik dengan tinggi pelaksanaan/awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) maupun *settlement* berbanding lurus. Semakin tinggi timbunan direncanakan maka tinggi pelaksanaan/awal yang dibutuhkan akan semakin tinggi dikarenakan semakin besar *settlement* yang terjadi. Adanya grafik-grafik tersebut juga digunakan untuk menentukan tinggi awal dan besar *settlement* yang terjadi untuk tinggi rencana timbunan. Hasil perhitungan  $H_{\text{inisial}}$  dan besar *settlement* rencana sebagai berikut:

- $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0349x^2 + 1,759x - 0,6363$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0349(4,3^2) + 1,759(4,3) - 0,6363$   
 $H_{\text{inisial}} = 6,28 \text{ m} \approx 6,3 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0349x^2 + 0,759x - 0,3154$   
 $S_c = -0,0349(4,3^2) + 0,759(4,3) - 0,3154$   
 $S_c = 2,303 \text{ m}$
- $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0349x^2 + 1,759x - 0,6363$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0349(3,5^2) + 1,759(3,5) - 0,6363$   
 $H_{\text{inisial}} = 5,09 \text{ m} \approx 5,1 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0349x^2 + 0,759x - 0,3154$   
 $S_c = -0,0349(3,5^2) + 0,759(3,5) - 0,3154$   
 $S_c = 1,91 \text{ m}$
- $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0301x^2 + 1,6582x - 0,5629$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0301(2^2) + 1,6582(2) - 0,5629$   
 $H_{\text{inisial}} = 2,633 \text{ m} \approx 2,7 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0301x^2 + 0,6582x - 0,2295$   
 $S_c = -0,0301(2^2) + 0,6582(2) - 0,2295$   
 $S_c = 0,9665 \text{ m}$

## B. Perhitungan Tinggi Awal Timbunan Sisi Tegak

Perhitungan tinggi awal timbunan sisi tegak secara umum hampir sama seperti pada timbunan dengan sisi miring. Perbedaan terdapat pada perhitungan distribusi tegangan akibat beban timbunan yang menggunakan Kurva Faktor Pengaruh dapat dilihat pada **Gambar 5.11**. Perhitungan menggunakan beban timbunan ( $q$ ) bervariasi, yaitu  $5 \text{ ton/m}^2$ ,  $7 \text{ ton/m}^2$ ,  $10 \text{ ton/m}^2$ ,  $12 \text{ ton/m}^2$ ,  $15 \text{ ton/m}^2$ , dan  $17 \text{ ton/m}^2$ . Besar tegangan akibat beban timbunan ( $\Delta\sigma$ ) untuk  $q$  sebesar  $5 \text{ ton/m}^2$  sebagai berikut:

$$q_{\text{timbunan}} = 5 \text{ ton/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = \frac{q_{\text{timbunan}}}{\gamma_{\text{timbunan}}} = \frac{5}{1,85} = 2,7027 \text{ m}^2$$

- Kedalaman 0-1 m

$$z = 0,5 \text{ m}$$

$$x = 25,5 \text{ m}$$

$$y = \infty \text{ (tak hingga)}$$

$$m = \frac{x}{z} = \frac{25,5}{0,5} = 51$$

$$n = \frac{y}{z} = \frac{\infty}{0,5} = \infty$$

$$I = 0,25 \text{ (Dari Grafik)}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= 4 \times I \times q \\ &= 4 \times 0,25 \times 5 \\ &= 5 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m

$$z = 0,5 \text{ m}$$

$$x = 25,5 \text{ m}$$

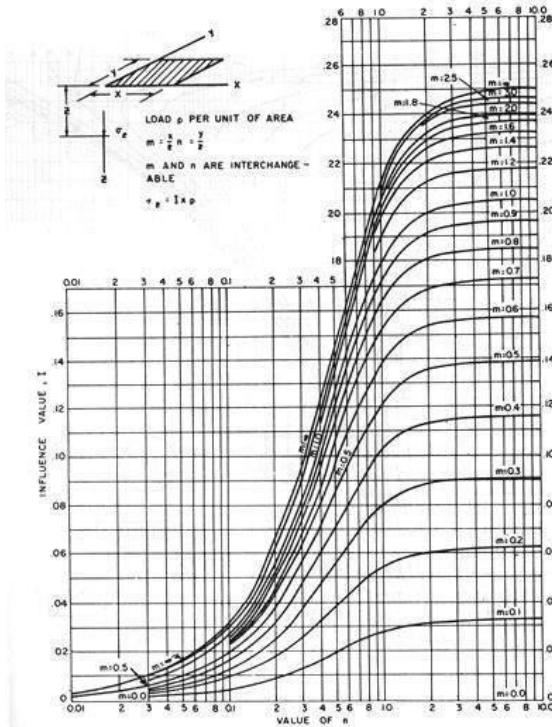
$$y = \infty \text{ (tak hingga)}$$

$$m = \frac{x}{z} = \frac{25,5}{1,5} = 17$$

$$n = \frac{y}{z} = \frac{\infty}{0,5} = \infty$$

$$I = 0,25 \text{ (Dari Grafik)}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= 4 \times I \times q \\ &= 4 \times 0,25 \times 5 \\ &= 5 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$



**Gambar 5.11** Kurva Faktor Pengaruh  
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1970)

Hasil perhitungan besar tegangan akibat timbunan ( $q$ ) pada setiap lapisan dapat dilihat pada **Tabel 5.15** dan **Tabel 5.16**.

**Tabel 5.18** Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman $m$	$\Delta\sigma$					
	$q = 5$ ton/m <sup>2</sup>	$q = 7$ ton/m <sup>2</sup>	$q = 10$ ton/m <sup>2</sup>	$q = 12$ ton/m <sup>2</sup>	$q = 15$ ton/m <sup>2</sup>	$q = 17$ ton/m <sup>2</sup>
0-1	5	7	10	12	15	17
1-2	5	7	10	12	15	17

**Tabel 5.15** Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan  $H_{dr} = 22$  m (Lanjutan)

Kedalaman m	$\Delta\sigma$					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
2-3	5	7	10	12	15	17
3-4	5	7	10	12	15	17
4-5	5	7	10	12	15	17
5-6	4,98	6,972	9,96	11,952	14,94	16,932
6-7	4,96	6,944	9,92	11,904	14,88	16,864
7-8	4,94	6,916	9,88	11,856	14,82	16,796
8-9	4,94	6,916	9,88	11,856	14,82	16,796
9-10	4,9	6,86	9,8	11,76	14,7	16,66
10-11	4,86	6,804	9,72	11,664	14,58	16,524
11-12	4,84	6,776	9,68	11,616	14,52	16,456
12-13	4,8	6,72	9,6	11,52	14,4	16,32
13-14	4,74	6,636	9,48	11,376	14,22	16,116
14-15	4,7	6,58	9,4	11,28	14,1	15,98
15-16	4,66	6,524	9,32	11,184	13,98	15,844
16-17	4,6	6,44	9,2	11,04	13,8	15,64
17-18	4,54	6,356	9,08	10,896	13,62	15,436
18-19	4,5	6,3	9	10,8	13,5	15,3
19-20	4,44	6,216	8,88	10,656	13,32	15,096
20-21	4,3	6,02	8,6	10,32	12,9	14,62
21-22	4,3	6,02	8,6	10,32	12,9	14,62



**Tabel 5.19** Hasil Perhitungan Distribusi tegangan Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17$  m

Kedalaman m	$\Delta\sigma$					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	5	7	10	12	15	17
1-2	5	7	10	12	15	17
2-3	5	7	10	12	15	17
3-4	5	7	10	12	15	17
4-5	5	7	10	12	15	17
5-6	4,98	6,972	9,96	11,952	14,94	16,932
6-7	4,96	6,944	9,92	11,904	14,88	16,864
7-8	4,94	6,916	9,88	11,856	14,82	16,796
8-9	4,94	6,916	9,88	11,856	14,82	16,796
9-10	4,9	6,86	9,8	11,76	14,7	16,66
10-11	4,86	6,804	9,72	11,664	14,58	16,524
11-12	4,84	6,776	9,68	11,616	14,52	16,456
12-13	4,8	6,72	9,6	11,52	14,4	16,32
13-14	4,74	6,636	9,48	11,376	14,22	16,116
14-15	4,7	6,58	9,4	11,28	14,1	15,98
15-16	4,66	6,524	9,32	11,184	13,98	15,844
16-17	4,6	6,44	9,2	11,04	13,8	15,64

Dilanjutkan dengan perhitungan *settlement* pada tanah dasar akibat beban timbunan  $q = 5$  ton/m<sup>2</sup> sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m:  
 $e_o = 1,8$   
 $Cc = 0,968$   
 $Cs = 0,1936$   
 $\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi}$

$$H_{fluktuasi} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,277 + 2 \times 1 \\ &= 2,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,277}{0,277} = 8,227 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,277 + 5 \\ &= 5,277 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

$$\begin{aligned}S_c &= \left[ \frac{H}{1+e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[ \frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right] \\ S_c &= \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,277}{0,277} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{5,277}{0,277} \right] \\ S_c &= 0,1895 \text{ m}\end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m :

$$\begin{aligned}e_o &= 1,8 \\ C_c &= 0,968 \\ C_s &= 0,1936\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_c &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ \sigma_{fluktuasi} &= 2 \text{ t/m}^2 \\ \sigma'_c 1 &= \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \\ &= 0,8303 + 2 \times 1 \\ &= 2,8303 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} = \frac{2,8303}{0,8303} = 3,409 > 1 \text{ (OC Soil)}$$

Selanjutnya  $\sigma'_o + \Delta\sigma$  dibandingkan dengan  $\sigma_c$

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \Delta\sigma &= 0,8303 + 5 \\ &= 5,8303 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma_c$ , sehingga perhitungan  $S_c$ :

$$\begin{aligned}S_c &= \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,194 \log \frac{2,8303}{0,8303} \right] + \left[ \frac{1}{1+1,8} 0,968 \log \frac{5,8303}{0,8303} \right] \\ S_c &= 0,1453 \text{ m}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan *settlement* akibat variasi  $q$  pada setiap kedalaman untuk  $H_{dr} = 22 \text{ m}$  dan  $H_{dr} = 17 \text{ m}$  dapat dilihat pada

**Tabel 5.17** dan **5.18**.

**Tabel 5.20** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 22$  m

Kedalaman m	Sc (m)					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	0,189	0,238	0,290	0,316	0,349	0,367
1-2	0,145	0,190	0,238	0,264	0,295	0,313
2-3	0,122	0,163	0,209	0,233	0,264	0,281
3-4	0,106	0,144	0,188	0,211	0,240	0,257
4-5	0,095	0,130	0,171	0,194	0,222	0,238
5-6	0,085	0,118	0,157	0,179	0,206	0,222
6-7	0,077	0,108	0,146	0,166	0,193	0,208
7-8	0,070	0,100	0,136	0,155	0,181	0,196
8-9	0,065	0,093	0,127	0,146	0,171	0,186
9-10	0,060	0,087	0,119	0,138	0,162	0,176
10-11	0,040	0,057	0,080	0,092	0,109	0,118
11-12	0,037	0,054	0,076	0,088	0,104	0,113
12-13	0,033	0,049	0,068	0,080	0,095	0,103
13-14	0,031	0,045	0,064	0,075	0,089	0,098
14-15	0,028	0,042	0,060	0,071	0,084	0,093
15-16	0,027	0,040	0,057	0,067	0,080	0,088
16-17	0,025	0,037	0,053	0,063	0,076	0,084
17-18	0,023	0,035	0,050	0,060	0,072	0,080
18-19	0,022	0,033	0,048	0,057	0,069	0,076
19-20	0,020	0,031	0,045	0,054	0,065	0,072
20-21	0,018	0,029	0,042	0,050	0,061	0,068
21-22	0,018	0,027	0,041	0,048	0,059	0,066

**Tabel 5.21** Hasil Perhitungan *Settlement* Akibat Beban Timbunan pada Setiap Lapisan Tanah Dasar  $H_{dr} = 17$  m

Kedalaman m	$S_c$					
	q = 5 ton/m <sup>2</sup>	q = 7 ton/m <sup>2</sup>	q = 10 ton/m <sup>2</sup>	q = 12 ton/m <sup>2</sup>	q = 15 ton/m <sup>2</sup>	q = 17 ton/m <sup>2</sup>
0-1	0,189	0,238	0,290	0,316	0,349	0,367
1-2	0,145	0,190	0,238	0,264	0,295	0,313
2-3	0,122	0,163	0,209	0,233	0,264	0,281
3-4	0,106	0,144	0,188	0,211	0,240	0,257
4-5	0,095	0,130	0,171	0,194	0,222	0,238
5-6	0,085	0,118	0,157	0,179	0,206	0,222
6-7	0,077	0,108	0,146	0,166	0,193	0,208
7-8	0,070	0,100	0,136	0,155	0,181	0,196
8-9	0,065	0,093	0,127	0,146	0,171	0,186
9-10	0,060	0,087	0,119	0,138	0,162	0,176
10-11	0,040	0,057	0,080	0,092	0,109	0,118
11-12	0,035	0,052	0,072	0,084	0,099	0,108
12-13	0,033	0,048	0,068	0,079	0,094	0,102
13-14	0,030	0,045	0,063	0,074	0,088	0,097
14-15	0,028	0,042	0,060	0,070	0,084	0,092
15-16	0,026	0,039	0,056	0,066	0,079	0,087
16-17	0,024	0,037	0,053	0,062	0,075	0,083

Seperti halnya timbunan sisi miring, timbunan sisi tegak juga menerima beban dari *pavement*. Dikarenakan tebal *pavement* dan lebar jalan sama maka hasil *settlement* akibat *pavement* sama. Setelah, besar *settlement* didapatkan maka dilanjutkan dengan perhitungan tinggi awal dan tinggi final timbunan dengan cara yang sama seperti pada timbunan sisi miring. Hasil perhitungan  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$  pada setiap variasi beban timbunan q dapat dilihat pada **Tabel 5.19** dan **Tabel 5.20**.

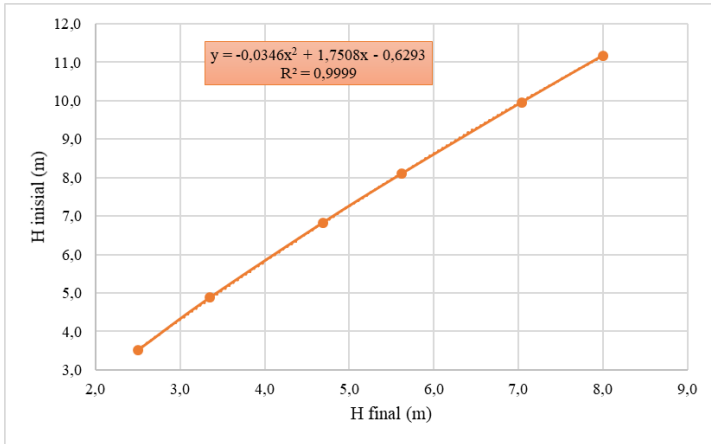
**Tabel 5.22** Hasil Perhitungan  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$  Akibat Beban Timbunan pada  $H_{\text{dr}} = 22 \text{ m}$

q rencana ton/m <sup>2</sup>	H rencana m	Sc akibat timbunan m	Sc akibat pavement m	H inisial m	Tebal Pavement m	H final m
5	2,703	1,336	0,179	3,522	0,5	2,506
7	3,784	1,851	0,179	4,881	0,5	3,351
10	5,405	2,465	0,179	6,835	0,5	4,691
12	6,486	2,806	0,179	8,100	0,5	5,615
15	8,108	3,245	0,179	9,959	0,5	7,035
17	9,189	3,502	0,179	11,179	0,5	7,998

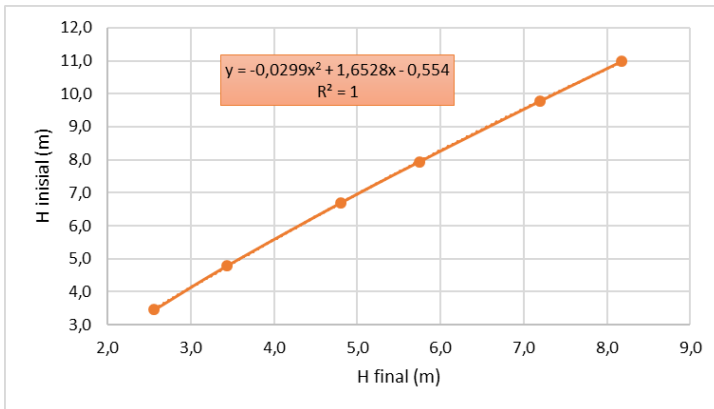
**Tabel 5.23** Hasil Perhitungan  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$  Akibat Beban Timbunan pada  $H_{\text{dr}} = 17 \text{ m}$

q rencana ton/m <sup>2</sup>	H rencana m	Sc akibat timbunan m	Sc akibat pavement m	H inisial m	Tebal Pavement m	H final m
5	2,703	1,232	0,170	3,461	0,5	2,558
7	3,784	1,691	0,170	4,790	0,5	3,429
10	5,405	2,232	0,170	6,704	0,5	4,801
12	6,486	2,529	0,170	7,946	0,5	5,746
15	8,108	2,910	0,170	9,773	0,5	7,193
17	9,189	3,131	0,170	10,974	0,5	8,172

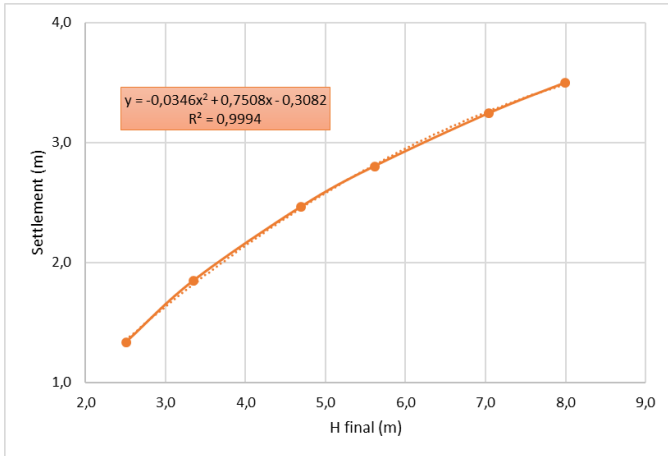
Selanjutnya dihasilkan grafik hubungan antara  $H_{\text{inisial}}$  dengan  $H_{\text{final}}$  dapat dilihat pada **Gambar 5.12** dan **Gambar 5.13** dan grafik hubungan antara  $H_{\text{final}}$  dengan pemampatan akibat timbunan dapat dilihat pada **Gambar 5.14** dan **Gambar 5.15**.



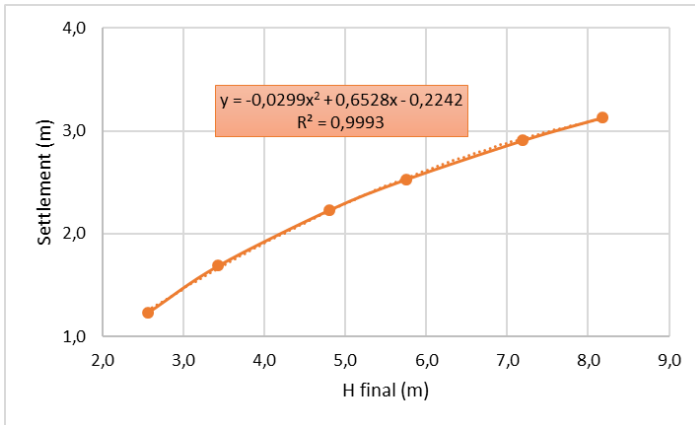
**Gambar 5.12** Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 22$  m



**Gambar 5.13** Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 17$  m



**Gambar 5.14** Hubungan *Settlement* dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 22$  m



**Gambar 5.15** Hubungan *Settlement* dengan  $H_{\text{final}}$  pada  $H_{\text{dr}} = 17$  m

Grafik-grafik yang dihasilkan sama seperti grafik pada timbunan sisi miring, di mana semakin tinggi rencana timbunan maka semakin tinggi pula tinggi awal timbunan dikarenakan semakin besar *settlement* yang terjadi.

Selanjutnya dari grafik tersebut dapat dihasilkan  $H_{\text{inisial}}$  dan besar *settlement* rencana dengan perhitungan sebagai berikut:

- $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0346x^2 + 1,7516x - 0,6294$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0346(4,3^2) + 1,7516(4,3) - 0,6294$   
 $H_{\text{inisial}} = 6,26 \text{ m} \approx 6,3 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0346x^2 + 0,7516x - 0,3084$   
 $S_c = -0,0346(4,3^2) + 0,7516(4,3) - 0,3084$   
 $S_c = 2,284 \text{ m}$
- $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0346x^2 + 1,7516x - 0,6294$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0346(3,5^2) + 1,7516(3,5) - 0,6294$   
 $H_{\text{inisial}} = 5,08 \text{ m} \approx 5,1 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0346x^2 + 0,7516x - 0,3084$   
 $S_c = -0,0346(3,5^2) + 0,7516(3,5) - 0,3084$   
 $S_c = 1,898 \text{ m}$
- $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0299x^2 + 1,6534x - 0,554$   
 $H_{\text{inisial}} = -0,0299(2^2) + 1,6534(2) - 0,554$   
 $H_{\text{inisial}} = 2,63 \text{ m} \approx 2,7 \text{ m}$   
 $S_c = -0,0299x^2 + 0,6534x - 0,2244$   
 $S_c = -0,0299(2^2) + 0,6534(2) - 0,2244$   
 $S_c = 0,9628 \text{ m}$

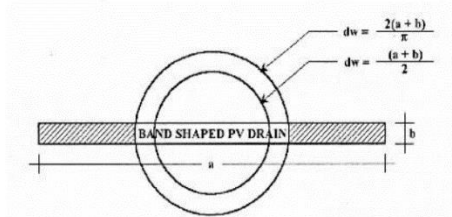
### 5.2.1.2 Percepatan Waktu Pemampatan Akibat *Preloading*

Pemampatan konsolidasi pada tanah lunak yang berupa tanah lempung jenuh air terjadi sangat lama dan lambat laun dapat terjadi *differential settlement*. Hasil perhitungan lama pemampatan yang terjadi dari **Subbab 5.1** yaitu 159,61 tahun untuk  $H_{\text{dr}} = 22 \text{ m}$  dan 97,49 tahun untuk  $H_{\text{dr}} = 17 \text{ m}$ . Berkaitan dengan itu sistem *preloading* yang dilakukan pada tanah lempung lunak akan membutuhkan waktu yang sangat lama (lebih dari satu tahun). Pada Tugas Akhir ini proyek hanya memiliki waktu pelaksanaan



konstruksi 6 bulan atau 24 minggu, sehingga diperlukan percepatan pemampatan salah satunya menggunakan *vertical drain*.

*Vertical drain* yang digunakan merupakan *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeau-Drain CT-SD100-20 dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL. Ada beberapa alternatif pemasangan PVD, yaitu menggunakan pola segitiga dan segiempat dengan jarak antar PVD 0,8; 1; 1,2; 1,5; dan 1,8 meter. PVD yang direncanakan memiliki variasi kedalaman, yaitu sedalam tanah lunak,  $\frac{3}{4}$  kedalaman tanah lunak,  $\frac{2}{3}$  kedalaman tanah lunak, dan  $\frac{1}{2}$  kedalaman tanah lunak. Pemilihan pola dan jarak antar PVD ini tidak dipengaruhi oleh jenis timbunan di atasnya, hanya saja pada pemilihan kedalaman pemasangan PVD akan dipengaruhi dengan tinggi dari timbunan yang berada di atasnya. Dari beberapa variasi perencanaan akan ditentukan alternatif paling optimum.



**Gambar 5.16** Diameter Ekuivalen dari PVD

(Sumber: Mochtar, N.E. (2012))

$$\begin{aligned}
 a &= 100 \text{ mm} \\
 b &= 5 \text{ mm} \\
 dw &= \frac{2(a+b)}{\pi} = 66,845 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### A. Perencanaan PVD dengan Pola Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segitiga panjang PVD sedalam tanah lunak  $H_{dr} = 22 \text{ m}$  dan  $H_{dr} = 17 \text{ m}$ :

- Perhitungan Fungsi Hambatan PVD ( $F(n)$ )

Perhitungan fungsi hambatan menggunakan Teori Hansbo menyederhanakan dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik PVD sebagai berikut:

Untuk  $S = 0,8$  m

$D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*

$$= 1,05 \times S, \text{ untuk pola segitiga}$$

$$= 1,05 \times 0,8 \times 1000$$

$$= 840 \text{ mm}$$

$n = D/dw$

$$= 840/66,845$$

$$= 12,5664$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{12,57^2}{12,57^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(12,57) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4(12,57)^2} \right) \right]$$

$$= 1,791$$

Untuk  $S = 1,0$  m

$D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*

$$= 1,05 \times S, \text{ untuk pola segitiga}$$

$$= 1,05 \times 1 \times 1000$$

$$= 1050 \text{ mm}$$

$n = D/dw$

$$= 1050/66,845$$

$$= 15,708$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{15,71^2}{15,71^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(15,71) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4(15,71)^2} \right) \right]$$

$$= 2,011$$

Hasil perhitungan fungsi hambatan untuk setiap alternatif jarak PVD dapat dilihat pada **Tabel 5.21**.

**Tabel 5.24** Rekapitulasi Perhitungan Fungsi Hambatan Pola Segitiga

Jarak PVD (S)	D	a	b	Dw	n	F(n)
m	mm	mm	mm	mm		
0,8	840	100	5	66,845	12,566	1,791
1	1050	100	5	66,845	15,708	2,011
1,2	1260	100	5	66,845	18,850	2,192
1,5	1575	100	5	66,845	23,562	2,410
1,8	1890	100	5	66,845	28,274	2,592

- Perhitungan Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD

Untuk  $S = 0,8$  m,  $t = 1$  minggu, dan  $H_{dr} = 22$  m:

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0454 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(22)^2}$$

$$= 0,000094$$

$U_v$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air vertikal

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{0,000094}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 1,09\%$$

$$k_h/k_v = 3$$

$$C_h = k_h/k_v \times C_v$$

$$= 3 \times 0,0454$$

$$= 0,136 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$U_h$  = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
&= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,136}{0,84^2 \times 2 \times 1,791} \right)}} \right) \right] \times 100\% \\
&= 30,84\% \\
\bar{U} &= [1 - (1 - \bar{U}h)(1 - \bar{U}v)] \times 100\% \\
&= [1 - (1 - 0,3084)(1 - 0,01093)] \times 100\% \\
&= 35,72\%
\end{aligned}$$

Untuk  $S = 1,0$  m,  $t = 1$  minggu, dan  $H_{dr} = 22$  m:

$$\begin{aligned}
T_v &= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} \\
&= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0454 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(22)^2} \\
&= 0,000094
\end{aligned}$$

$U_v$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air vertikal

$$\begin{aligned}
&= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \\
&= \left( 2 \sqrt{\frac{0,000094}{\pi}} \right) \times 100\% \\
&= 1,09\%
\end{aligned}$$

$$k_h/k_v = 3$$

$$\begin{aligned}
C_h &= k_h/k_v \times C_v \\
&= 3 \times 0,0454 \\
&= 0,136 \text{ m}^2/\text{minggu}
\end{aligned}$$

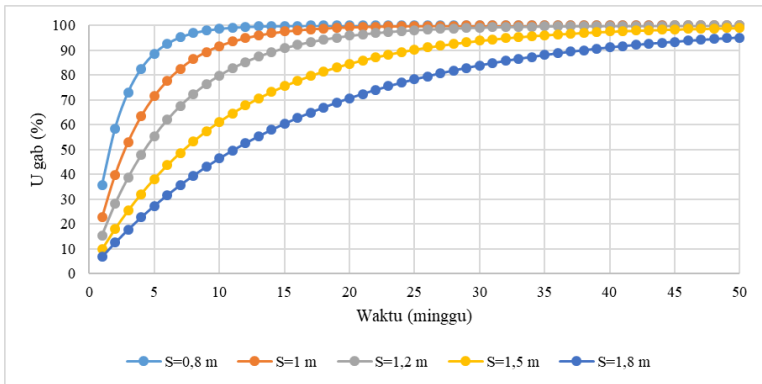
$U_h$  = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$\begin{aligned}
&= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \times 100\% \\
&= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,136}{1,05^2 \times 2 \times 2,011} \right)}} \right) \right] \times 100\% \\
&= 22,63\%
\end{aligned}$$

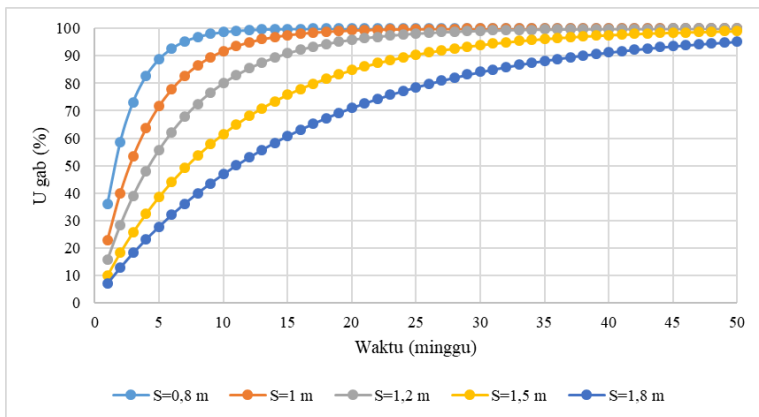
$$\begin{aligned}
\bar{U} &= [1 - (1 - \bar{U}h)(1 - \bar{U}v)] \times 100\% \\
&= [1 - (1 - 0,2342)(1 - 0,01139)] \times 100\% \\
&= 24,296\%
\end{aligned}$$

Perhitungan derajat konsolidasi dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan untuk setiap kedalaman PVD pada

$H_{dr} = 22$  m dan  $H_{dr} = 17$  m dapat dilihat dalam **Lampiran 5**. Gambar-gambar berikut adalah grafik hubungan antara waktu dan derajat konsolidasi pada PVD dengan pola segitiga baik pada  $H_{dr} = 22$  m maupun  $H_{dr} = 17$  m.



**Gambar 5.17** Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segitiga sepanjang  $H_{dr} = 22$  m



**Gambar 5.18** Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segitiga sepanjang  $H_{dr} = 17$  m

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada perencanaan PVD pola segitiga derajat konsolidasi yang mencapai lebih dari 90% pada waktu pelaksanaan timbunan 24 minggu, yaitu jarak PVD 0,8 m; 1 m; dan 1,2 m.

## B. Perencanaan PVD dengan Pola Segiempat

Dengan cara yang sama seperti pada pola segitiga perhitungan perencanaan PVD pola segiempat atau bujursangkar dengan panjang PVD sedalam tanah lunak  $H_{dr} = 22$  m dan  $H_{dr} = 17$  m:

- Perhitungan Fungsi Hambatan PVD ( $F(n)$ )

Untuk  $S = 0,8$  m

$D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*

$$= 1,13 \times S, \text{ untuk pola segitiga}$$

$$= 1,13 \times 0,8 \times 1000$$

$$= 904 \text{ mm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 904/66,845$$

$$= 13,524$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{13,524^2}{13,524^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(13,524) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4(13,524)^2} \right) \right]$$

$$= 1,863$$

Untuk  $S = 1,0$  m

$D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah dipengaruhi *vertical drain*

$$= 1,13 \times S, \text{ untuk pola segitiga}$$

$$= 1130 \text{ mm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 1130/66,845$$

$$= 16,905$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{16,905^2}{16,905^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(16,905) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4(16,905)^2} \right) \right]$$

$$= 2,084$$

Hasil perhitungan fungsi hambatan untuk setiap alternatif jarak PVD dapat dilihat pada **Tabel 5.22**.

**Tabel 5.25** Rekapitulasi Perhitungan Fungsi Hambatan Pola Segitiga

Jarak PVD (S) m	D mm	a mm	b mm	Dw mm	n	F(n)
0,8	904	100	5	66,845	13,524	1,863
1	1130	100	5	66,845	16,905	2,084
1,2	1356	100	5	66,845	20,286	2,260
1,5	1695	100	5	66,845	25,357	2,483
1,8	2034	100	5	66,845	30,429	2,665

- Perhitungan Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD  
Untuk  $S = 0,8$  m,  $t = 1$  minggu, dan  $H_{dr} = 22$  m:

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0454 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(22)^2}$$

$$= 0,000094$$

$U_v$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air vertikal

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{0,000094}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 1,09\%$$

$$k_h/k_v = 3$$

$$C_h = k_h/k_v \times C_v$$

$$= 3 \times 0,0454$$

$$= 0,136 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$U_h$  = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,136}{0,84^2 \times 2 \times 1,863} \right)}} \right) \right] \times 100\%$$
$$= 30,07\%$$

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h)(1 - \bar{U}v)] \times 100\%$$
$$= [1 - (1 - 0,3007)(1 - 0,01093)] \times 100\%$$
$$= 30,84\%$$

Untuk  $S = 1,0$  m,  $t = 1$  minggu, dan  $H_{dr} = 22$  m:

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$
$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0454 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(22)^2}$$
$$= 0,000094$$

$U_v$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air vertikal

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$
$$= \left( 2 \sqrt{\frac{0,000094}{\pi}} \right) \times 100\%$$
$$= 1,09\%$$

$$k_h/k_v = 3$$

$$C_h = k_h/k_v \times C_v$$
$$= 3 \times 0,0454$$
$$= 0,136 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

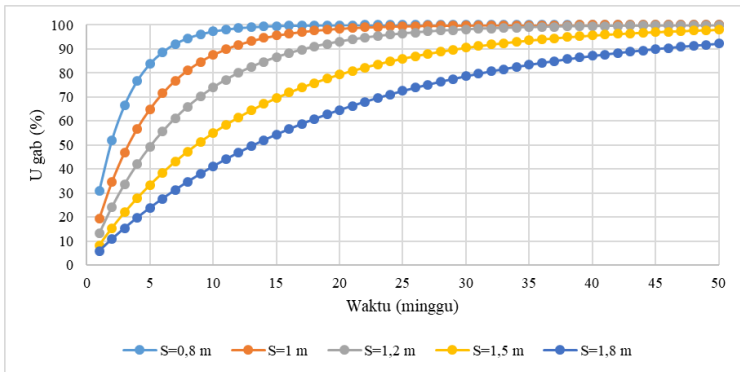
$U_h$  = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \times 100\%$$
$$= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,136}{1,05^2 \times 2 \times 2,084} \right)}} \right) \right] \times 100\%$$
$$= 18,51\%$$

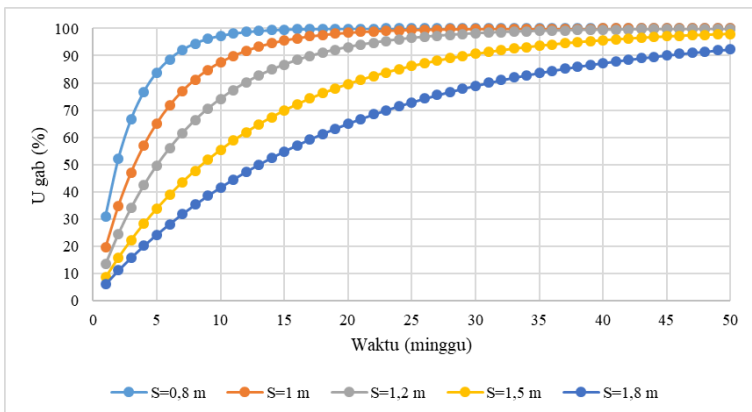
$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h)(1 - \bar{U}v)] \times 100\%$$
$$= [1 - (1 - 0,1851)(1 - 0,0109)] \times 100\%$$
$$= 19,4\%$$



Perhitungan derajat konsolidasi dilakukan untuk seluruh jarak PVD ( $S$ ). Hasil perhitungan untuk setiap kedalaman PVD pada  $H_{dr} = 22$  m dan  $H_{dr} = 17$  m dapat dilihat dalam **Lampiran 5**. Gambar-gambar berikut adalah grafik hubungan antara waktu dan derajat konsolidasi pada PVD dengan pola segiempat baik pada  $H_{dr} = 22$  m maupun  $H_{dr} = 17$  m.



**Gambar 5.19** Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segiempat sepanjang  $H_{dr} = 22$  m



**Gambar 5.20** Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan Menggunakan PVD Pola Segiempat sepanjang  $H_{dr} = 17$  m

Grafik yang dihasilkan oleh pemasangan PVD pola segiempat sama seperti pemasangan PVD pola segitiga, di mana jarak antar PVD yang mencapai derajat konsolidasi lebih dari 90% pada waktu pelaksanaan timbunan adalah 0,8 m; 1 m; dan 1,2 m. Perbedaan dari pola segitiga dan pola segiempat adalah derajat konsolidasi yang dihasilkan oleh pola segitiga lebih besar dibandingkan pola segiempat pada waktu yang sama.

### C. Penentuan Pola Pemasangan PVD

Ada dua pola pemasangan PVD yang direncanakan dengan variasi jarak antar PVD. Pada Tugas Akhir ini digunakan pola segiempat dengan jarak antar PVD 1,2 meter. Pada timbunan dengan tinggi 4,3 m; 3,5 m; dan 2 m pemilihan pola pemasangan dan jarak spasi PVD dipilih alternatif paling efektif dengan batasan waktu konsolidasi yang diizinkan adalah 6 bulan. Alasan dipilihnya pola PVD dengan jarak tersebut adalah:

- Pola pemasangan PVD segiempat lebih mudah dilaksanakan di lapangan dibandingkan dengan pola segitiga.
- Jarak spasi PVD 1,2 m pola segiempat pada kedua  $H_{dr}$  memiliki derajat konsolidasi gabungan lebih dari 90% pada minggu ke-24, sedangkan pada jarak spasi PVD 1,5 m pada derajat konsolidasi gabungan minggu ke-24 masih belum mencapai 90%. Oleh karena itu, dipilih jarak spasi PVD 1,2 m.

### D. Perhitungan Rate of Settlement

*Rate of Settlement* adalah nilai pemampatan per tahun. *Settlement* izin per tahun adalah 2,5 cm. Perhitungan *rate of settlement* digunakan untuk mencari kedalaman optimum dari PVD sehingga tidak terlalu boros dan efisien. Pada Tugas Akhir ini PVD direncanakan sedalam  $H_{dr}$ ,  $3/4H_{dr}$ ,  $2/3H_{dr}$ , dan  $1/2H_{dr}$ . Waktu rencana jalan adalah 20 tahun sehingga perhitungan *rate of settlement* selama 20 tahun. Berikut adalah

contoh perhitungan *rate of settlement* untuk timbunan sisi miring  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$  dengan kedalaman PVD  $3/4H_{\text{dr}}$ :

$$\begin{aligned} H_{\text{final}} &= 4,3 \text{ m} \\ H_{\text{inisial}} &= 6,3 \text{ m} \\ S_{c(\text{total})}(H_{\text{dr}}) &= 2,48 \text{ m} \\ S_{c(\text{total})}(3/4H_{\text{dr}}) &= 2,18 \text{ m} \\ S_{c(\text{sisa})} &= S_{c(\text{total})}(H_{\text{dr}}) - S_{c(\text{total})}(3/4H_{\text{dr}}) \\ &= 2,48 - 2,18 \\ &= 0,301 \text{ m} \end{aligned}$$

Penurunan pada tahun pertama sisa *settlement*:

$$\begin{aligned} U_{v1} &= 7,89\% \\ S_{c \text{ tahun pertama}} &= U_{v1} \times S_{c(\text{sisa})} \\ &= 7,89\% \times 0,301 \\ &= 0,0238 \text{ m} \\ &= 2,38 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

*Settlement* setiap tahun dapat dilihat pada **Tabel 5.23**.

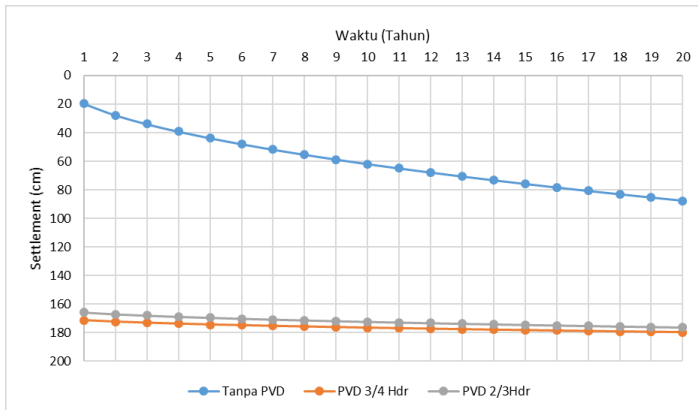
**Tabel 5.26** *Settlement* di bawah PVD dengan Pemasangan PVD  $3/4H_{\text{dr}}$  pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,005	7,890	2,377
2	0,010	11,159	3,362
3	0,015	13,667	4,117
4	0,020	15,781	4,754
5	0,024	17,643	5,316
6	0,029	19,327	5,823
7	0,034	20,876	6,290
8	0,039	22,317	6,724
9	0,044	23,671	7,132
10	0,049	24,952	7,517
11	0,054	26,169	7,884
12	0,059	27,333	8,235

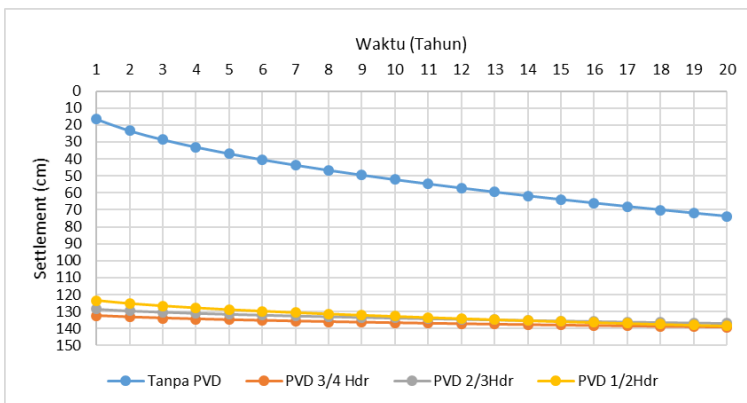
**Tabel 5.23** *Settlement* di bawah PVD dengan Pemasangan PVD  $3/4H_{dr}$  pada Waktu Rencana Jalan (Lanjutan)

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
13	0,064	28,449	8,571
14	0,068	29,523	8,895
15	0,073	30,559	9,207
16	0,078	31,562	9,509
17	0,083	32,533	9,801
18	0,088	33,476	10,086
19	0,093	34,393	10,362
20	0,098	35,287	10,631

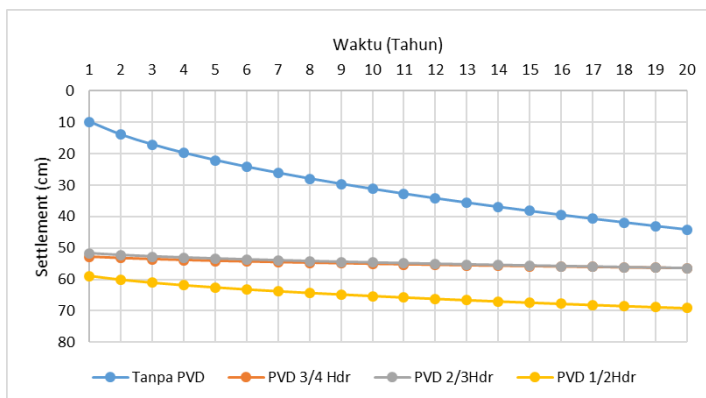
Perhitungan sisa *settlement* per tahun diperhitungkan juga pada pemasangan PVD  $2/3H_{dr}$  dan  $1/2H_{dr}$  dengan cara yang sama. Begitu pula untuk ketinggian timbunan lainnya dan pada timbunan sisi tegak. Beberapa hasil sisa *settlement* per tahun akan dijadikan grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 5.21** sampai **Gambar 5.26**.



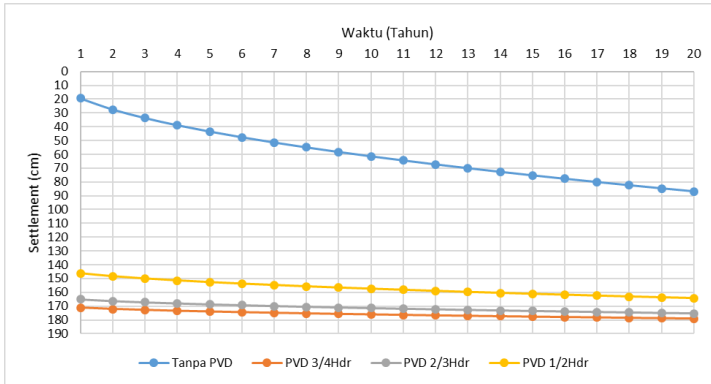
**Gambar 5.21** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m



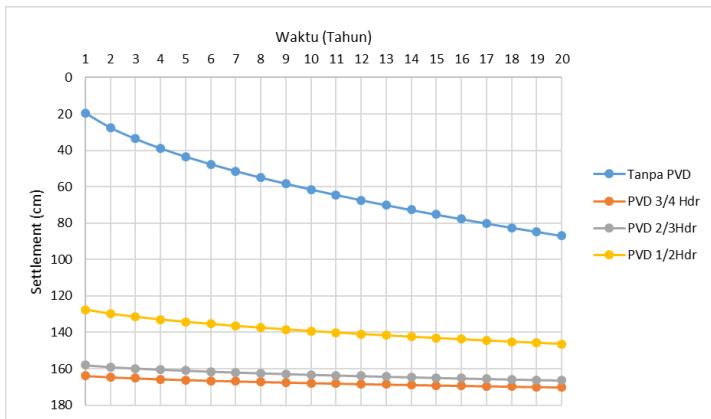
**Gambar 5.22** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5$  m



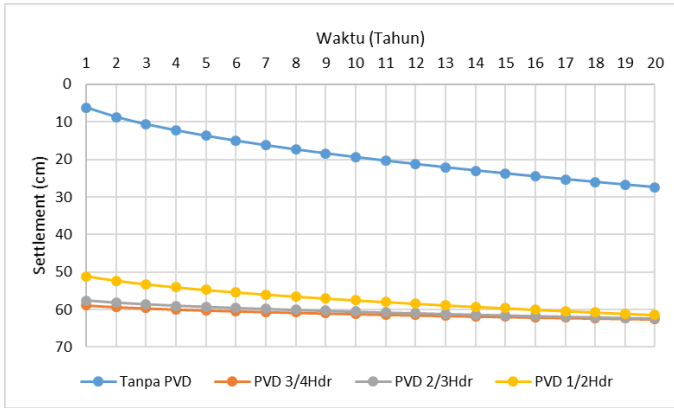
**Gambar 5.23** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 2$  m



**Gambar 5.24** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 4,3$  m



**Gambar 5.25** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 3,5$  m



**Gambar 5.26** Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 2$  m

Dari grafik-grafik tersebut dapat diketahui *rate of settlement* tanpa PVD, PVD  $3/4H_{dr}$ , PVD  $2/3H_{dr}$ , dan PVD  $1/2H_{dr}$ . Persyaratan *rate of settlement* dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 Dirjen Bina Marga Kementerian PU adalah 10 cm per 10 tahun. Hasil *rate of settlement* dapat dilihat pada **Lampiran 4**. *Rate of settlement* kumulatif pada 10 tahun pertama setelah jalan selesai dibangun kurang dari 10 cm, sehingga sudah memenuhi. Pemakaian PVD sesuai dari persyaratan *rate of settlement* adalah untuk timbunan dengan tinggi rencana 4,3 m menggunakan PVD  $3/4H_{dr}$ , sedangkan untuk tinggi rencana 3,5 m dan 2 m menggunakan PVD  $2/3H_{dr}$ . Pemasangan PVD yang tidak mencapai tanah *compressible* membuat tinggi awal timbunan berubah karena besar pemampatan yang dihilangkan hanya sedalam PVD dipasang. Hasil perhitungan tinggi awal timbunan akibat adanya PVD pada timbunan sisi miring, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,6 m. Pada timbunan sisi tegak, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,5 m.

## E. Perencanaan Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

*Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) digunakan untuk menyalurkan air dari PVD ke saluran pembuangan atau drainase di samping kanan dan kiri timbunan. Pada Tugas Akhir ini, material PHD menggunakan produk dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL. Spesifikasi PHD dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Berikut adalah perhitungan keamanan pemasangan PHD terhadap PVD dan kebutuhan jumlah PHD pada timbunan sisi miring tinggi rencana 4,3 m:

1) Koreksi debit air vertikal per m<sup>2</sup> tanah

$$H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$$

$$H_{\text{inisial}} = 6 \text{ m}$$

$$S_{c(\text{akibat PVD})} = 2,181 \text{ m}$$

Waktu konsolidasi 24 minggu, PVD segiempat S = 1,2 m

$$\bar{U} = 96\%$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Debit } (\bar{U} = 96\%) &= \frac{\text{Vol. aliran air}}{\text{Waktu pengaliran}} \\ &= \frac{2,181 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2}{24 \times 7 \times 24 \times 3600} \\ &= 1,44 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } S_c \text{ pada } \bar{U} = 75\% &= S_{c(\text{akibat PVD})} \times \frac{75\%}{96\%} \\ &= 2,093 \times \frac{75\%}{96\%} \\ &= 1,64 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Debit } (\bar{U} = 75\%) &= \frac{\text{Vol. aliran air}}{\text{Waktu pengaliran}} \\ &= \frac{1,64 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2}{11 \times 7 \times 24 \times 3600} \\ &= 2,46 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

2) Estimasi debit air per 1 titik PVD

• Luas air yang dialirkan 1 PVD

$$\begin{aligned} A_e &= \frac{\pi}{4} \times (1,13 \times 1,2)^2 \\ &= 1,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• Debit air rata-rata vertikal 1 PVD



$$\begin{aligned}
&= A_e \times Q_{U=75\%} \\
&= 1,44 \times 2,46 \times 10^{-7} \\
&= 3,55 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$

3) Jumlah maksimum titik ujung PVD pada 1 lajur PHD

- Panjang maksimal lajur PHD

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} \times L_{\text{timbunan}} \\
&= \frac{1}{2} \times 51 \text{ m} \\
&= 25,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

- Jarak titik-titik ujung PVD = 1,2 m
- Jumlah ujung PVD pada 1 lajur PHD = 22 titik

Maka sketsa pemasangan PHD dan PVD dapat dilihat pada **Lampiran Gambar**. Dengan spesifikasi PHD yang telah dipilih maka dilakukan pengecekan faktor keamanan material sebagai berikut:

- Estimasi debit maksimum
 
$$\begin{aligned}
&= \text{Jumlah PVD 1 lajur PHD} \times \text{Debit rata - rata} \\
&= 22 \times 2,46 \times 10^{-7} \\
&= 5,41 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$
- Kapasitas pengaliran =  $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Faktor Keamanan
 
$$= \frac{\text{Estimasi debit maks}}{\text{Kapasitas pengaliran}} = \frac{5,41 \times 10^{-6}}{2,4 \times 10^{-5}} = 4,43 > 1,3 \text{ OK}$$

Hasil perhitungan faktor keamanan didapatkan 4,43 sehingga dengan spesifikasi PHD di atas dapat digunakan. Dari perhitungan ini juga dapat disimpulkan bahwa PHD dapat digunakan pada timbunan sisi tegak pada semua tinggi rencana.

### 5.2.2 Metode Preloading dengan *Surcharge*

Metode *surcharge* dilakukan dengan meletakkan beban seperti timbunan di atas tanah asli. Pemilihan metode *surcharge* dikarenakan sudah biasa diterapkan pada proyek-proyek terutama proyek jalan. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan metode

*preloading* dengan *surcharge* dilakukan perhitungan timbunan bertahap yang diikuti dengan kenaikan nilai  $C_u$ .

### 5.2.2.1 Metode *Surcharge* pada Timbunan Sisi Miring

Pelaksanaan konstruksi timbunan miring di lapangan dilakukan secara bertahap sesuai kecepatan timbunan yang direncanakan. Pada Tugas Akhir ini, direncanakan timbunan bertahap dengan kecepatan penimbunan 60 cm per minggu untuk semua tinggi rencana. Sementara itu dengan tinggi awal timbunan dan kecepatan penimbunan dapat diperhitungkan jumlah tahapan penimbunan sebagai berikut:

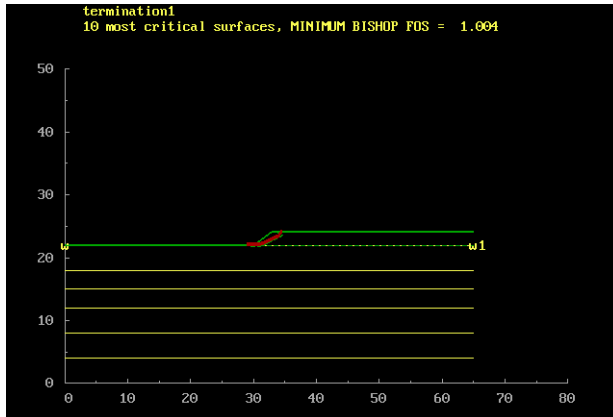
$$\begin{aligned} H_{\text{final}} &= 4,3 \text{ m} \\ H_{\text{inisial}} &= 6 \text{ m} \\ \text{Kecepatan pentahapan} &= 60 \text{ cm/minggu} \\ \text{Jumlah tahapan timbunan} &= 6 \text{ m} / 0,6 \text{ m/minggu} \\ &= 10 \text{ tahap} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, pentahapan timbunan dilakukan sebanyak 10 tahap, yaitu 10 minggu. Pada 10 tahap pertama pentahapan timbunan setinggi 60 cm.

Untuk menentukan pentahapan timbunan diperlukan  $H_{cr}$  timbunan terlebih dahulu.  $H_{cr}$  merupakan tinggi kritis timbunan di mana diperlukan untuk melihat tinggi timbunan yang dapat diterima tanah dasar. Dengan menggunakan XSTABL pada **Gambar 5.27** didapatkan  $H_{cr}$  untuk  $SF = 1$  adalah 1,2 meter. Sementara itu, dilakukan juga perhitungan  $H_{kritis}$  sebagai berikut:

$$SF = \frac{C_u \times N_c}{\gamma \times H}$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan SF} &: 1 \\ C_u \text{ tanah dasar} &: 0,46 \text{ t/m}^2 \\ N_c &: 5,14 \\ \gamma \text{ timbunan} &: 1,85 \text{ t/m}^3 \\ H_{kritis} = \frac{C_u \times N_c}{\gamma \times SF} &= \frac{0,46 \times 5,14}{1,85 \times 1} = 1,28 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 5.27** Analisa  $H_{cr}$  menggunakan XSTABL

$H_{cr}$  merupakan penentu penjadwalan pentahapan, dengan tinggi kritis 1,2 meter maka tahap 1 sampai 2 dapat dilakukan secara menerus. Timbunan yang dilaksanakan secara menerus dengan tinggi 1,2 m digunakan sebagai lantai kerja. Setelah lantai kerja selesai maka akan dilaksanakan pemasangan PVD, PHD dan perkuatan-perkuatan tanah lainnya.

Seperti yang telah diketahui bahwa tinggi kritis timbunan hanya sampai pada 1,2 m, pada pentahapan 1,2 m tidak ada kenaikan daya dukung tanah yang signifikan karena belum terpasangnya PVD. Setelah pemasangan PVD perlu dilakukan penundaan sampai tanah dasar mampu menerima tahapan timbunan selanjutnya. Terbatasnya waktu pelaksanaan konstruksi timbunan membuat penundaan kurang efektif, sehingga perlu direncanakannya perkuatan tanah seperti *geotextile* dan mikropile. Perencanaan perencanaan perkuatan tanah akan menggunakan program bantu XSTABL, dengan kondisi nilai  $C_u$  yang sudah berubah. Perhitungan perubahan nilai  $C_u$  dimulai dari PVD sudah dipasang, yaitu pada tahap ke-2. Hasil perhitungan perubahan nilai  $C_u$  akibat pentahapan timbunan sisi miring dapat dilihat pada **Tabel 5.24** sampai **Tabel 5.26**.

**Tabel 5.27** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-10 (Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu transisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,55	0,046	0,107	0,168
1-2	54,55	0,046	0,115	0,183
2-3	54,55	0,046	0,121	0,195
3-4	54,55	0,046	0,127	0,207
4-5	54,55	0,046	0,132	0,218
5-6	54,55	0,046	0,138	0,229
6-7	54,55	0,046	0,143	0,239
7-8	54,55	0,046	0,148	0,250
8-9	54,55	0,046	0,153	0,260
9-10	54,55	0,046	0,159	0,271
10-11	56,12	0,094	0,187	0,281
11-12	56,12	0,094	0,192	0,290
12-13	43,08	0,343	0,322	0,301
13-14	43,08	0,343	0,328	0,314
14-15	43,08	0,343	0,334	0,326
15-16	43,08	0,343	0,340	0,338
16-17	43,08	0,343	0,346	0,350
17-18	43,08	0,343	0,343	0,343
18-19	43,08	0,343	0,343	0,343
19-20	43,08	0,343	0,343	0,343
20-21	43,08	0,343	0,343	0,343
21-22	43,08	0,343	0,343	0,343

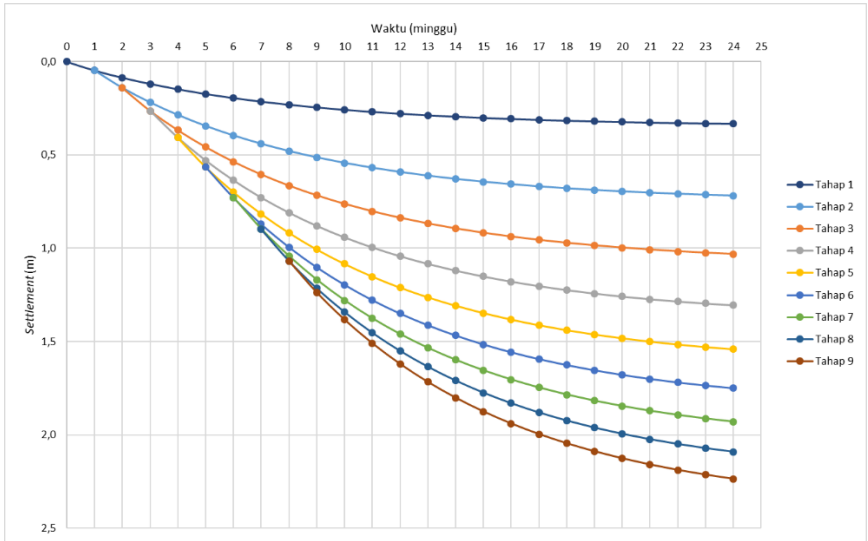
**Tabel 5.28** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-8 (Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu tansisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,55	0,046	0,092	0,137
1-2	54,55	0,046	0,100	0,153
2-3	54,55	0,046	0,106	0,165
3-4	54,55	0,046	0,112	0,177
4-5	54,55	0,046	0,117	0,188
5-6	54,55	0,046	0,123	0,199
6-7	54,55	0,046	0,128	0,209
7-8	54,55	0,046	0,133	0,220
8-9	54,55	0,046	0,139	0,231
9-10	54,55	0,046	0,144	0,241
10-11	56,12	0,094	0,173	0,251
11-12	56,12	0,094	0,177	0,261
12-13	43,08	0,343	0,307	0,272
13-14	43,08	0,343	0,314	0,285
14-15	43,08	0,343	0,320	0,297
15-16	43,08	0,343	0,343	0,343
16-17	43,08	0,343	0,343	0,343
17-18	43,08	0,343	0,343	0,343
18-19	43,08	0,343	0,343	0,343
19-20	43,08	0,343	0,343	0,343
20-21	43,08	0,343	0,343	0,343
21-22	43,08	0,343	0,343	0,343

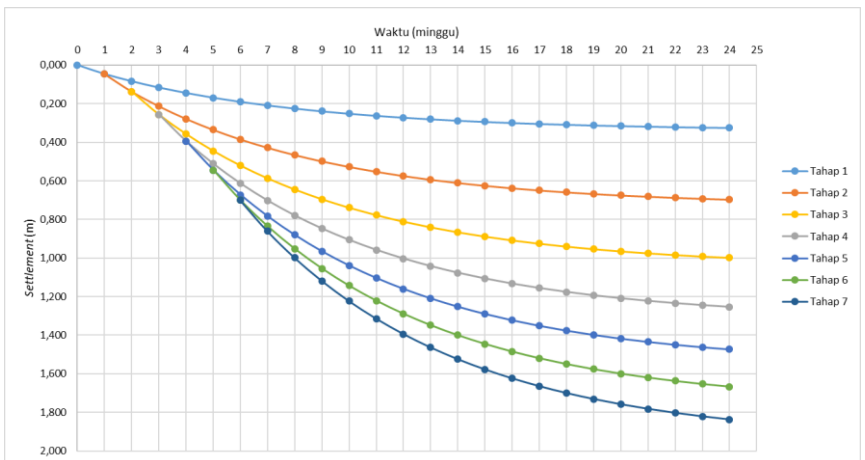
**Tabel 5.29** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-5 (Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 2$  m)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu transisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,55	0,046	0,074	0,101
1-2	54,55	0,046	0,081	0,115
2-3	54,55	0,046	0,087	0,127
3-4	54,55	0,046	0,093	0,139
4-5	54,55	0,046	0,098	0,150
5-6	54,55	0,046	0,104	0,161
6-7	54,55	0,046	0,109	0,172
7-8	54,55	0,046	0,115	0,183
8-9	54,55	0,046	0,120	0,193
9-10	54,55	0,046	0,125	0,204
10-11	56,12	0,094	0,154	0,214
11-12	56,12	0,343	0,284	0,225
12-13	43,08	0,343	0,343	0,343
13-14	43,08	0,343	0,343	0,343
14-15	43,08	0,343	0,343	0,343
15-16	43,08	0,343	0,343	0,343
16-17	43,08	0,343	0,343	0,343

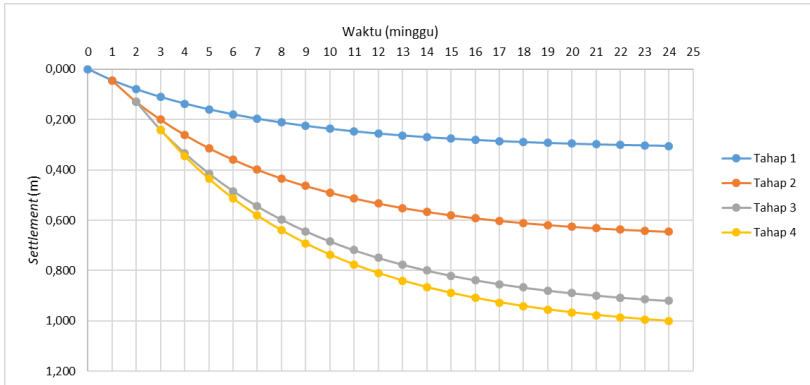
Pada setiap pentahapan juga terjadi *settlement* pada tanah dasar. Grafik *settlement* yang terjadi di tanah dasar pada kedalaman PVD dipasang yaitu  $3/4H_{\text{dr}}$  akibat pentahapan timbunan pada timbunan sisi miring tinggi rencana 4,3 m selama 24 minggu dapat dilihat pada **Gambar 5.28**. Grafik *settlement* pada tinggi rencana lainnya dapat dilihat pada **Gambar 5.29** dan **Gambar 5.30**.



**Gambar 5.28** *Settlement* Tanah Dasar (3/4Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m)



**Gambar 5.29** *Settlement* Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5$  m)



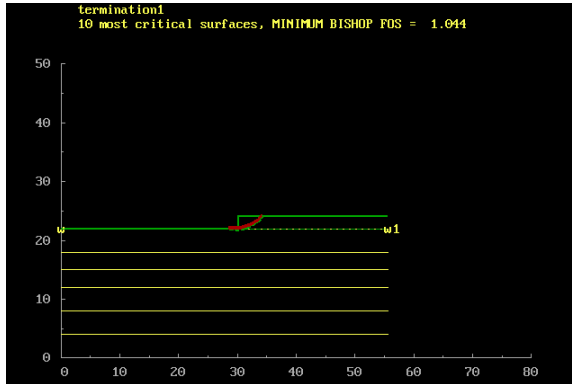
**Gambar 5.30** *Settlement* Tanah Dasar (2/3H<sub>dr</sub>) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Miring H<sub>final</sub> = 2 m)

Dari grafik-grafik tersebut dapat dilihat penurunan per minggu akibat beban timbunan masing-masing tinggi rencana pada kedalaman PVD masing-masing. *Settlement* dan kenaikan nilai  $C_u$  di bawah PVD tidak ditinjau karena *settlement* yang terjadi sangat kecil dan kenaikan nilai  $C_u$  pun kecil. Hal tersebut disebabkan karena derajat konsolidasi yang terjadi di bawah PVD sangat kecil.

### 5.2.2.2 Metode *Surchage* pada Timbunan Sisi Tegak

Perencanaan perbaikan tanah tanah sistem *preloading* metode *surchage* pada timbunan sisi tegak memiliki langkah-langkah dan perhitungan yang sama seperti perbaikan tanah dasar timbunan sisi miring. Tinggi awal timbunan sisi miring dan sisi tegak juga sama sehingga dengan kecepatan tahapan timbunan yang sama di dapatkan waktu tahapan yang sama pula. Perbedaan perhitungan ada pada tahap mencari tinggi kritis karena bentuk dari timbunan yang berbeda sehingga perlu dimodelkan kembali pada *software* XSTABL. Hasil tinggi kritis dapat dicari menggunakan XSTABL pada **Gambar 5.32** didapatkan  $H_{cr}$  untuk SF = 1 adalah 1,2 meter.





**Gambar 5.31** Analisa  $H_{cr}$  menggunakan XSTABL

Seperti pada timbunan sisi miring, dari tinggi kritis tersebut direncanakan lantai kerja setinggi 1,2 m. Timbunan yang dilaksanakan secara menerus sampai ketinggian 1,2 m yang kemudian akan dilaksanakan pemasangan PVD, PHD dan perkuatan-perkuatan tanah lainnya. Setelah pemasangan PVD perlu dilakukan penundaan sampai tanah dasar mampu menerima tahapan timbunan selanjutnya. Terbatasnya waktu pelaksanaan konstruksi timbunan membuat penundaan kurang efektif, sehingga perlu direncanakannya perkuatan tanah seperti mikropile. Selain itu, karena timbunan sisi tegak memiliki stabilitas internal yang rendah maka diperlukan perkuatan timbunan sebagai dinding penahan tanah. Perencanaan perkuatan tanah akan menggunakan program bantu XSTABL, dengan kondisi nilai  $C_u$  yang sudah berubah. Perhitungan perubahan nilai  $C_u$  dimulai dari PVD sudah dipasang, yaitu pada tahap ke-2. Kenaikan nilai  $C_u$  tetap diperhitungkan sampai tahapan terakhir timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m dengan hasil dapat dilihat pada **Tabel 5.27**. Hasil kenaikan nilai  $C_u$  pada timbunan dengan tinggi rencana lainnya dapat dilihat pada **Tabel 5.28** dan **Tabel 5.29**.

**Tabel 5.30** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-10 (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 4,3$  m)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,168
1-2	54,554	0,046	0,183
2-3	54,554	0,046	0,195
3-4	54,554	0,046	0,206
4-5	54,554	0,046	0,217
5-6	54,554	0,046	0,228
6-7	54,554	0,046	0,239
7-8	54,554	0,046	0,249
8-9	54,554	0,046	0,259
9-10	54,554	0,046	0,269
10-11	56,124	0,094	0,279
11-12	56,124	0,094	0,288
12-13	43,084	0,343	0,299
13-14	43,084	0,343	0,311
14-15	43,084	0,343	0,323
15-16	43,084	0,343	0,334
16-17	43,084	0,343	0,346
17-18	43,084	0,343	0,340
18-19	43,084	0,343	0,340
19-20	43,084	0,343	0,340
20-21	43,084	0,343	0,340
21-22	43,084	0,343	0,340

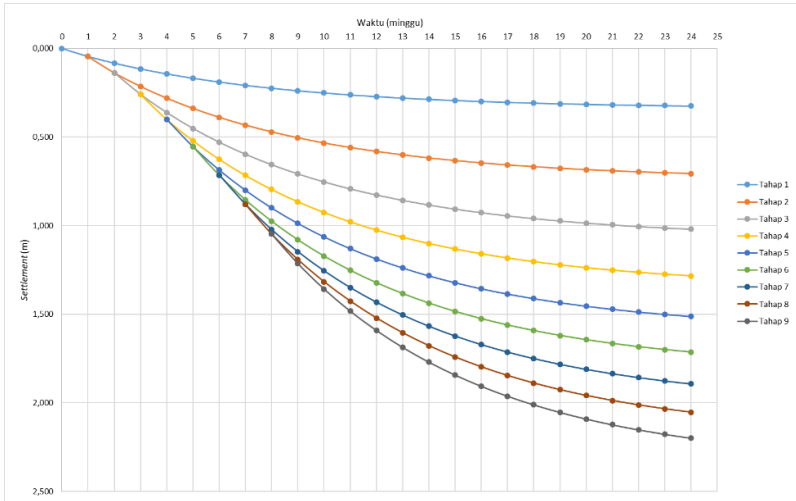
**Tabel 5.31** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-8 (Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5$  m)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,137
1-2	54,554	0,046	0,153
2-3	54,554	0,046	0,165
3-4	54,554	0,046	0,176
4-5	54,554	0,046	0,187
5-6	54,554	0,046	0,198
6-7	54,554	0,046	0,209
7-8	54,554	0,046	0,220
8-9	54,554	0,046	0,230
9-10	54,554	0,046	0,240
10-11	56,124	0,094	0,250
11-12	56,124	0,094	0,260
12-13	43,084	0,343	0,271
13-14	43,084	0,343	0,283
14-15	43,084	0,343	0,295
15-16	43,084	0,343	0,340
16-17	43,084	0,343	0,340
17-18	43,084	0,343	0,340
18-19	43,084	0,343	0,340
19-20	43,084	0,343	0,340
20-21	43,084	0,343	0,340
21-22	43,084	0,343	0,340

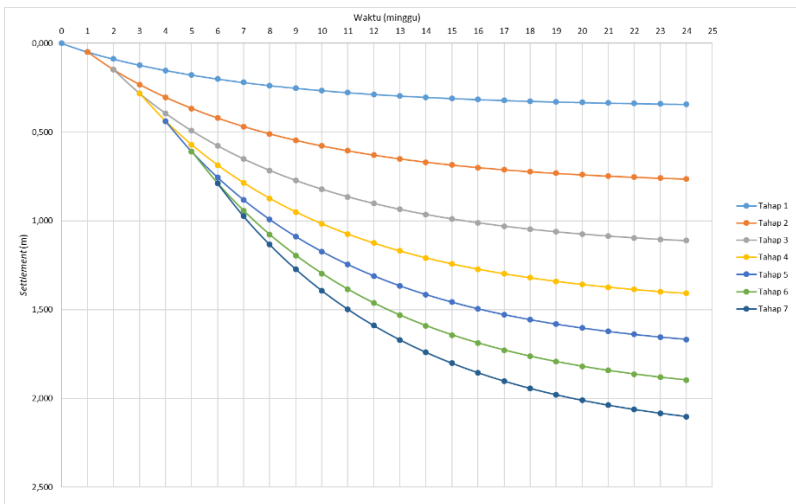
**Tabel 5.32** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu pada Minggu ke-5 (Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,55	0,046	0,099
1-2	54,55	0,046	0,113
2-3	54,55	0,046	0,125
3-4	54,55	0,046	0,137
4-5	54,55	0,046	0,148
5-6	54,55	0,046	0,159
6-7	54,55	0,046	0,170
7-8	54,55	0,046	0,180
8-9	54,55	0,046	0,191
9-10	54,55	0,046	0,201
10-11	56,12	0,094	0,211
11-12	43,08	0,343	0,223
12-13	43,08	0,343	0,209
13-14	43,08	0,343	0,222
14-15	43,08	0,343	0,235
15-16	43,08	0,343	0,247
16-17	43,08	0,343	0,260

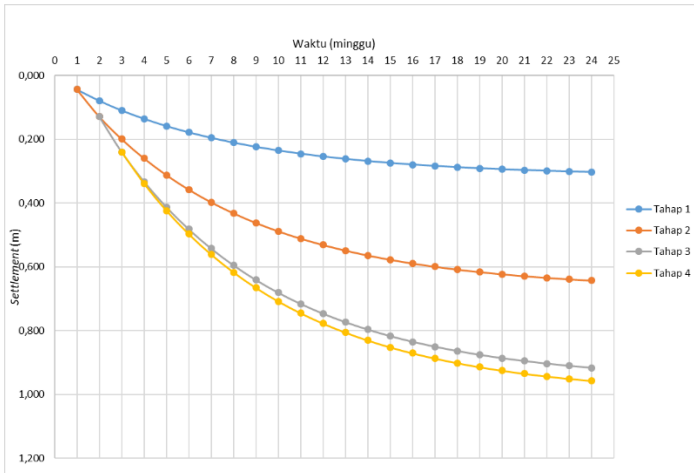
Seperti pada timbunan sisi miring pada setiap pentahapan juga terjadi *settlement* pada tanah dasar. Grafik *settlement* yang terjadi di tanah dasar pada kedalaman PVD dipasang yaitu  $3/4H_{\text{dr}}$  akibat penimbunan bertahap pada timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m dapat dilihat pada **Gambar 5.32**. Grafik *settlement* pada tinggi rencana lainnya dapat dilihat pada **Gambar 5.33** dan **Gambar 5.34**.



**Gambar 5.32** *Settlement* Tanah Dasar (3/4Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 4,3$  m)



**Gambar 5.33** *Settlement* Tanah Dasar (2/3Hdr) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 3,5$  m)



**Gambar 5.34** *Settlement* Tanah Dasar ( $2/3H_{dr}$ ) Akibat Penimbunan Bertahap (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 2\text{ m}$ )

Dari grafik-grafik dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi pada timbunan tegak hampir sama. Begitu pula kenaikan nilai  $C_u$  yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi karena walaupun bentuk konstruksi timbunan berbeda tetapi distribusi tegangan akibat beban timbunan hampir sama. Selain itu, dari kedua macam timbunan pada tinggi rencana yang sama memiliki hasil perencanaan dari tinggi awal sampai PVD yang sama.

### 5.2.3 Metode Preloading dengan Sistem Vacuum

Metode *vacuum preloading* merupakan alternatif metode *preloading* yang biasanya menggunakan beban timbunan digantikan dengan pompa *vacuum*. Akibat pengaplikasian ini maka terbentuk tegangan air negatif yang berarti tegangan efektif meningkat. Faktor yang mempengaruhi saat dilakukannya *vacuum* adalah terisolasinya area yang akan dilakukan *vacuum* dan pemasangan dari *vertical drain* dan *horizontal drain*. Perhitungan perencanaan alternatif *preloading* dengan *vacuum* berikut merupakan perencanaan pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3

m. Pompa *vacuum* yang digunakan adalah milik PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL Model YMSA-3.0.

### 5.2.3.1 Metode *Vacuum Preloading* Pada Timbunan Sisi Miring

#### A. Perhitungan Beban Akibat Pompa *Vacuum*

Tegangan dari pompa *vacuum* secara umum sama yaitu 1 atm pada permukaan air laut (+0,00 DPL). Dikarenakan tegangan pompa *vacuum* dipengaruhi oleh ketinggian terhadap muka air laut, maka semakin tinggi lokasi proyek maka kerja pompa *vacuum* akan semakin kecil. Pada Tugas Akhir, lokasi proyek berada pada +5 DPL. Berikut adalah perhitungan beban akibat pompa *vacuum* pada wilayah studi:

$$H = +5 \text{ DPL}$$

$$P = 76 - \frac{5}{100} = 75,95 \text{ cmHg} = 101,01 \text{ kPa}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 80\%$$

$$P_{\text{vacuum}} = 101,01 \times 80\%$$

$$= 80,81 \text{ kPa}$$

$$= 8,08 \text{ t/m}^2$$

#### B. Perhitungan *Settlement* Akibat Pompa *Vacuum*

*Settlement* yang terjadi akibat adanya *vacuum* berbeda dengan akibat adanya timbunan. Distribusi pembebanan akibat *vacuum* sama pada setiap kedalaman tanah, sedangkan distribusi tegangan akibat timbunan semakin dalam tanah maka akan semakin mengecil. Hasil perhitungan *settlement* akibat *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 5.30**.

**Tabel 5.33** *Settlement* Setiap Lapisan Akibat Beban *Vacuum*

Tebal Lapisan m	Sc m
1	0,2585
2	0,2090
3	0,1813
4	0,1615

**Tabel 5.30** *Settlement* Setiap Lapisan Akibat Beban *Vacuum* (Lanjutan)

Tebal Lapisan m	Sc m
5	0,1462
6	0,1339
7	0,1237
8	0,1150
9	0,1075
10	0,1010
11	0,0678
12	0,0643
13	0,0586
14	0,0552
15	0,0522
16	0,0496
17	0,0472
18	0,0450
19	0,0430
20	0,0412
21	0,0395
22	0,0380

**C. Perhitungan Waktu Konsolidasi dengan PVD**

Perencanaan PVD dan PHD disesuaikan dengan perhitungan pada **Subbab 5.21**. Waktu perencanaan timbunan adalah 24 minggu. Pentahapan timbunan sisi miring dengan tinggi rencana 4,3 m adalah 10 tahap dengan kecepatan penimbunan 60 cm/minggu. Pada perencanaan *vacuum preloading* timbunan dilaksanakan mencapai ketinggian kritis yaitu 1,2 m



yang kemudian dilakukan pemasangan PVD, PHD dan alat *vacuum*.

Pada timbunan tersebut diketahui bahwa PVD dipasang sedalam  $3/4H_{dr}$  dengan *settlement* total pada kedalaman tersebut yaitu 2,18 m. Perhitungan *settlement* setiap minggu dimulai setelah dilakukan penimbunan 1,2 m dan pemasangan alat *vacuum* sehingga pentahapan hanya dilakukan 9 tahap untuk mencapai tinggi rencana timbunan. Hasil perhitungan *settlement* per minggu dapat dilihat pada **Tabel 5.31**. Pada timbunan sisi miring dengan tinggi rencana lainnya juga diperhitungkan lama pemasangan alat *vacuum* dengan cara perhitungan yang sama. Hasil perhitungan untuk timbunan sisi miring tinggi rencana 3,5 m dan 2 m dapat dilihat pada **Tabel 5.32** dan **Tabel 5.33**.

Dari tabel-tabel tersebut dapat dilihat pada timbunan sisi miring tinggi rencana 4,3 m alat *vacuum* dimatikan setelah minggu ke-7 karena telah mencapai *settlement* total pada kedalaman PVD yang direncanakan. Sementara itu, pada timbunan dengan tinggi rencana 3,5 m pompa *vacuum* dimatikan pada minggu ke-6, dan timbunan tinggi rencana 2 m pada minggu ke-4. Setelah pompa *vacuum* dimatikan maka pentahapan timbunan dilanjutkan kembali sampai mencapai tinggi rencana masing-masing timbunan.

**Tabel 5.34** Penurunan Akibat Beban *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Total Settlement m
Total Penurunan		2,256	0,403	0,332	0,291	0,254	0,226	0,197	0,180	0,164	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu									
1	13,562	0,306									0,306
2	24,645	0,556	0,055								0,611
3	34,214	0,772	0,099	0,045							0,916
4	42,527	0,959	0,138	0,082	0,039						1,218
5	49,766	1,122	0,172	0,113	0,072	0,034					1,514
6	56,078	1,265	0,201	0,141	0,100	0,063	0,031				1,799
7	61,588	1,389	0,226	0,165	0,124	0,087	0,056	0,027			2,073
8	66,400	1,498	0,248	0,186	0,145	0,108	0,077	0,049	0,024		2,335
9	70,604	1,593	0,268	0,204	0,163	0,126	0,096	0,068	0,044	0,022	2,562
10	74,279	1,675	0,285	0,220	0,179	0,142	0,112	0,084	0,062	0,040	2,760
11	77,492	1,748	0,300	0,234	0,193	0,156	0,127	0,098	0,077	0,056	2,932
12	80,302	1,811	0,313	0,246	0,205	0,168	0,139	0,111	0,090	0,070	3,083

**Tabel 5.31** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m)  
(Lanjutan)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Total Settlement m
Total Penurunan		2,256	0,403	0,332	0,291	0,254	0,226	0,197	0,180	0,164	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu									
13	82,759	1,867	0,324	0,257	0,216	0,179	0,150	0,122	0,101	0,082	3,215
14	84,909	1,915	0,334	0,266	0,225	0,188	0,159	0,131	0,111	0,092	3,330
15	86,789	1,958	0,342	0,274	0,234	0,197	0,168	0,139	0,120	0,101	3,431
16	88,435	1,995	0,350	0,281	0,241	0,204	0,175	0,147	0,127	0,109	3,519
17	89,875	2,027	0,357	0,288	0,247	0,210	0,181	0,153	0,134	0,116	3,597
18	91,135	2,056	0,363	0,293	0,252	0,215	0,187	0,159	0,140	0,122	3,664
19	92,238	2,080	0,368	0,298	0,257	0,220	0,192	0,163	0,145	0,127	3,723
20	93,204	2,102	0,372	0,302	0,261	0,224	0,196	0,168	0,149	0,132	3,775
21	94,049	2,121	0,376	0,306	0,265	0,228	0,200	0,171	0,153	0,136	3,820
22	94,789	2,138	0,379	0,309	0,268	0,231	0,203	0,175	0,156	0,139	3,860
23	95,436	2,153	0,382	0,312	0,271	0,234	0,206	0,177	0,159	0,142	3,894
24	96,003	2,165	0,385	0,314	0,274	0,236	0,208	0,180	0,162	0,145	3,925

**Tabel 5.35** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5$  m)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Total Settlement m
Total Penurunan		2,174	0,389	0,319	0,271	0,236	0,209	0,188	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu							
1	13,690	0,298							0,298
2	24,804	0,539	0,053						0,592
3	34,385	0,747	0,097	0,044					0,888
4	42,699	0,928	0,134	0,079	0,037				1,178
5	49,935	1,085	0,166	0,110	0,067	0,032			1,461
6	56,241	1,223	0,194	0,136	0,093	0,059	0,029		1,733
7	61,742	1,342	0,219	0,159	0,116	0,081	0,052	0,026	1,969
8	66,544	1,446	0,240	0,179	0,135	0,101	0,072	0,047	2,174
9	70,739	1,538	0,259	0,197	0,152	0,118	0,089	0,065	2,353
10	74,403	1,617	0,275	0,212	0,167	0,133	0,104	0,080	2,509
11	77,606	1,687	0,290	0,225	0,180	0,146	0,118	0,094	2,646
12	80,406	1,748	0,302	0,237	0,192	0,157	0,129	0,106	2,765
13	82,855	1,801	0,313	0,247	0,202	0,167	0,139	0,116	2,869

**Tabel 5.32** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 3,5$  m) (Lanjutan)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Total Settlement m
Total Penurunan		2,174	0,389	0,319	0,271	0,236	0,209	0,188	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu							
14	84,996	1,848	0,322	0,256	0,210	0,176	0,148	0,125	2,960
15	86,868	1,888	0,331	0,264	0,218	0,183	0,156	0,133	3,040
16	88,506	1,924	0,338	0,271	0,224	0,190	0,162	0,140	3,109
17	89,940	1,955	0,344	0,277	0,230	0,196	0,168	0,146	3,170
18	91,194	1,982	0,350	0,282	0,235	0,201	0,173	0,151	3,224
19	92,291	2,006	0,355	0,287	0,240	0,205	0,178	0,156	3,270
20	93,251	2,027	0,359	0,291	0,244	0,209	0,182	0,160	3,311
21	94,091	2,045	0,363	0,294	0,247	0,212	0,185	0,163	3,347
22	94,827	2,061	0,366	0,297	0,250	0,215	0,188	0,166	3,378
23	95,471	2,075	0,369	0,300	0,253	0,218	0,191	0,169	3,405
24	96,034	2,088	0,372	0,302	0,255	0,220	0,193	0,171	3,429

**Tabel 5.36** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 2$  m)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Total Settlement m
Total Penurunan		1,987	0,356	0,289	0,086	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu				
1	14,033	0,279				0,279
2	25,225	0,501	0,050			0,551
3	34,834	0,692	0,090	0,041		0,822
4	43,152	0,857	0,124	0,073	0,012	1,054
5	50,376	1,001	0,154	0,101	0,022	1,255
6	56,663	1,126	0,180	0,125	0,030	1,430
7	62,140	1,234	0,202	0,146	0,037	1,582
8	66,916	1,329	0,221	0,164	0,043	1,715
9	71,083	1,412	0,238	0,180	0,048	1,830
10	74,721	1,484	0,253	0,193	0,053	1,931
11	77,898	1,547	0,266	0,205	0,057	2,019
12	80,672	1,603	0,278	0,216	0,061	2,096
13	83,097	1,651	0,288	0,225	0,064	2,163
14	85,215	1,693	0,296	0,233	0,067	2,222
15	87,067	1,730	0,304	0,240	0,069	2,273
16	88,686	1,762	0,310	0,246	0,071	2,318
17	90,102	1,790	0,316	0,252	0,073	2,358
18	91,339	1,815	0,321	0,256	0,074	2,392
19	92,422	1,836	0,326	0,260	0,076	2,422
20	93,369	1,855	0,329	0,264	0,077	2,448
21	94,197	1,871	0,333	0,267	0,078	2,471
22	94,921	1,886	0,336	0,270	0,079	2,491

**Tabel 5.33** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 2$  m)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Total Settlement m
Total Penurunan		1,987	0,356	0,289	0,086	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu				
23	95,555	1,898	0,338	0,272	0,080	2,509
24	96,110	1,909	0,341	0,274	0,081	2,524

**D. Peningkatan Daya Dukung Akibat *Vacuum Preloading***

Perhitungan peningkatan daya dukung tanah akibat *vacuum preloading* sama seperti akibat timbunan bertahap pada **Subbab 5.2.3**. Perbedaan ada pada pentahapan yang dilakukan sejumlah 9 tahap di mana pada tahap pertama merupakan timbunan awal 1,8 m dan alat *vacuum*. Pada perhitungan peningkatan daya dukung ini ditinjau pada minggu *vacuum* dimatikan dan kedalaman tanah dasar yang mengalami kenaikan hanya sedalam PVD dipasang yaitu  $3/4H_{dr}$ . Hasil peningkatan nilai  $C_u$  akibat *vacuum* dapat pada timbunan sisi miring tinggi rencana 4,3 m dilihat pada **Tabel 5.34**. Perhitungan juga dilakukan pada timbunan dengan tinggi rencana 3,5 m dan 2 m, hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.35** dan **Tabel 5.36**. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

**Tabel 5.37** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai  $C_u$  Akibat *Vacuum* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m)

Kedalaman m	PI %	$C_u$ lama kg/cm <sup>2</sup>	$C_u$ transisi kg/cm <sup>2</sup>	$C_u$ baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,124	0,201
1-2	54,554	0,046	0,139	0,231

**Tabel 5.34** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum* (Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m) (Lanjutan)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu transisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
2-3	54,554	0,046	0,148	0,250
3-4	54,554	0,046	0,157	0,267
4-5	54,554	0,046	0,164	0,282
5-6	54,554	0,046	0,171	0,296
6-7	54,554	0,046	0,178	0,309
7-8	54,554	0,046	0,184	0,322
8-9	54,554	0,046	0,190	0,334
9-10	54,554	0,046	0,196	0,346
10-11	56,124	0,094	0,225	0,357
11-12	56,124	0,094	0,231	0,368
12-13	43,084	0,343	0,361	0,380
13-14	43,084	0,343	0,368	0,393
14-15	43,084	0,343	0,375	0,407
15-16	43,084	0,343	0,381	0,420
16-17	43,084	0,343	0,387	0,432
17-18	43,084	0,343	0,343	0,343
18-19	43,084	0,343	0,343	0,343
19-20	43,084	0,343	0,343	0,343
20-21	43,084	0,343	0,343	0,343
21-22	43,084	0,343	0,343	0,343



**Tabel 5.38** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum*  
(Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 3 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu transisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,106	0,166	0,106
1-2	54,554	0,120	0,194	0,120
2-3	54,554	0,130	0,214	0,130
3-4	54,554	0,139	0,231	0,139
4-5	54,554	0,146	0,246	0,146
5-6	54,554	0,153	0,259	0,153
6-7	54,554	0,160	0,273	0,160
7-8	54,554	0,166	0,285	0,166
8-9	54,554	0,172	0,298	0,172
9-10	54,554	0,178	0,310	0,178
10-11	56,124	0,208	0,321	0,208
11-12	56,124	0,213	0,332	0,213
12-13	43,084	0,344	0,345	0,344
13-14	43,084	0,350	0,358	0,350
14-15	43,084	0,357	0,371	0,357
15-16	43,084	0,343	0,343	0,343
16-17	43,084	0,343	0,343	0,343
17-18	43,084	0,343	0,343	0,343
18-19	43,084	0,343	0,343	0,343
19-20	43,084	0,343	0,343	0,343
20-21	43,084	0,343	0,343	0,343
21-22	43,084	0,343	0,343	0,343

**Tabel 5.39** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum* (Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu transisi kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,079	0,111
1-2	54,554	0,046	0,090	0,134
2-3	54,554	0,046	0,099	0,152
3-4	54,554	0,046	0,107	0,167
4-5	54,554	0,046	0,114	0,181
5-6	54,554	0,046	0,121	0,195
6-7	54,554	0,046	0,127	0,208
7-8	54,554	0,046	0,133	0,220
8-9	54,554	0,046	0,139	0,232
9-10	54,554	0,046	0,145	0,244
10-11	56,124	0,094	0,175	0,256
11-12	56,124	0,343	0,305	0,268
12-13	43,084	0,343	0,343	0,343
13-14	43,084	0,343	0,343	0,343
14-15	43,084	0,343	0,343	0,343
15-16	43,084	0,343	0,343	0,343
16-17	43,084	0,343	0,343	0,343

Dari hasil perhitungan perubahan nilai Cu akibat *vacuum preloading* dapat disimpulkan bahwa ada kenaikan dari lapisan tanah pertama sampai kedalaman PVD direncanakan. Setelah terjadi kenaikan tersebut, maka dapat dilihat stabilitas *overall stability* akibat adanya timbunan dengan parameter nilai Cu yang sudah berubah. Apabila *overall stability* masih tidak memenuhi maka akan dipasang perkuatan timbunan berupa *geotextile* atau mikropile.

### **5.2.3.2 Metode *Vacuum Preloading* Pada Timbunan Sisi Tegak**

#### **A. Perhitungan Beban Akibat Pompa *Vacuum***

Perhitungan beban akibat pompa *vacuum* sama seperti perhitungan pada **Subbab 5.2.3.1** karena menggunakan alat pompa *vacuum* yang sama. Tegangan yang dihasilkan oleh pompa *vacuum* yaitu sebesar  $8,08 \text{ t/m}^2$ .

#### **B. Perhitungan *Settlement* Akibat Pompa *Vacuum***

Tegangan dari pompa *vacuum* yang sama seperti pada **Subbab 5.2.3.1** maka dihasilkan *settlement* yang sama. Hasil perhitungan *settlement* akibat *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 5.30**.

#### **C. Perhitungan Waktu Konsolidasi dengan PVD**

Perencanaan PVD dan PHD disesuaikan dengan perhitungan pada **Subbab 5.21**. Waktu pelaksanaan konstruksi timbunan adalah 24 minggu dengan percepatan pentahapan dan jumlah tahapan yang sama seperti pada timbunan sisi miring. Pada perhitungan ini akan didapatkan lama waktu pompa *vacuum* dihidupkan dengan langkah-langkah perhitungan waktu konsolidasi yang sama seperti pada **Subbab 5.2.3.1**. Perbedaan terdapat dari besar pemampatan yang diakibatkan oleh timbunan, di mana distribusi tegangan akibat timbunan sisi tegak berbeda dengan timbunan sisi miring. Hasil perhitungan *settlement* per minggu akibat pompa *vacuum* untuk timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m; 3,5 m; dan 2 m dapat dilihat pada **Tabel 5.37**, **Tabel 5.38** dan **Tabel 5.39**.

**Tabel 5.40** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 4,3$  m)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Total Settlement m
Total Penurunan		2,245	0,401	0,329	0,281	0,246	0,218	0,197	0,179	0,164	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu									
1	13,556	0,304									0,304
2	24,635	0,553	0,054								0,607
3	34,201	0,768	0,099	0,045							0,911
4	42,512	0,954	0,137	0,081	0,038						1,211
5	49,749	1,117	0,170	0,113	0,069	0,033					1,503
6	56,061	1,259	0,200	0,140	0,096	0,060	0,030				1,784
7	61,570	1,382	0,225	0,164	0,119	0,084	0,054	0,027			2,055
8	66,382	1,490	0,247	0,185	0,140	0,104	0,075	0,048	0,024		2,313
9	70,587	1,585	0,266	0,203	0,157	0,122	0,093	0,067	0,044	0,024	2,538
10	74,262	1,667	0,283	0,219	0,173	0,138	0,109	0,084	0,061	0,044	2,733
11	77,476	1,739	0,298	0,233	0,186	0,151	0,122	0,098	0,076	0,061	2,904
12	80,286	1,802	0,311	0,245	0,198	0,163	0,134	0,110	0,089	0,076	3,053
13	82,744	1,858	0,322	0,255	0,209	0,173	0,145	0,121	0,100	0,089	3,183

**Tabel 5.37** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3$  m) (Lanjutan)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Total Settlement m
Total Penurunan		2,245	0,401	0,329	0,281	0,246	0,218	0,197	0,179	0,164	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu									
14	84,895	1,906	0,332	0,264	0,218	0,182	0,154	0,131	0,110	0,100	3,297
15	86,776	1,948	0,340	0,273	0,226	0,190	0,162	0,139	0,119	0,110	3,397
16	88,423	1,985	0,348	0,280	0,232	0,197	0,169	0,146	0,126	0,119	3,484
17	89,864	2,017	0,355	0,286	0,238	0,203	0,175	0,152	0,133	0,126	3,560
18	91,125	2,046	0,360	0,291	0,244	0,208	0,181	0,158	0,139	0,133	3,627
19	92,229	2,071	0,365	0,296	0,248	0,213	0,185	0,163	0,144	0,139	3,685
20	93,195	2,092	0,370	0,300	0,252	0,217	0,190	0,167	0,148	0,144	3,736
21	94,041	2,111	0,374	0,304	0,256	0,221	0,193	0,171	0,152	0,148	3,781
22	94,781	2,128	0,377	0,307	0,259	0,224	0,196	0,174	0,155	0,152	3,820
23	95,430	2,142	0,380	0,310	0,262	0,226	0,199	0,177	0,158	0,155	3,854
24	95,997	2,155	0,383	0,312	0,264	0,229	0,201	0,179	0,161	0,158	3,884

**Tabel 5.41** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$ )

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Total Settlement m
Total Penurunan		2,191	0,441	0,366	0,315	0,278	0,249	0,225	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu							
1	13,684	0,300							0,300
2	24,793	0,543	0,060						0,604
3	34,372	0,753	0,109	0,050					0,913
4	42,684	0,935	0,152	0,091	0,043				1,221
5	49,918	1,094	0,188	0,126	0,078	0,038			1,524
6	56,224	1,232	0,220	0,156	0,108	0,069	0,034		1,820
7	61,724	1,353	0,248	0,183	0,135	0,095	0,062	0,031	2,075
8	66,527	1,458	0,272	0,206	0,157	0,119	0,085	0,056	2,297
9	70,721	1,550	0,293	0,226	0,177	0,139	0,106	0,077	2,491
10	74,387	1,630	0,312	0,244	0,195	0,156	0,124	0,096	2,660
11	77,590	1,700	0,328	0,259	0,210	0,171	0,140	0,112	2,808
12	80,391	1,762	0,342	0,273	0,223	0,185	0,153	0,127	2,937
13	82,840	1,815	0,355	0,284	0,235	0,196	0,165	0,139	3,050

**Tabel 5.38** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 3,5$  m) (Lanjutan)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Total Settlement m
Total Penurunan		2,191	0,441	0,366	0,315	0,278	0,249	0,225	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu							
14	84,982	1,862	0,365	0,295	0,245	0,207	0,176	0,150	3,149
15	86,855	1,903	0,375	0,303	0,253	0,215	0,185	0,159	3,235
16	88,494	1,939	0,383	0,311	0,261	0,223	0,193	0,167	3,311
17	89,928	1,971	0,390	0,318	0,268	0,230	0,200	0,175	3,377
18	91,183	1,998	0,397	0,324	0,274	0,236	0,206	0,181	3,435
19	92,281	2,022	0,402	0,329	0,279	0,241	0,211	0,186	3,485
20	93,242	2,043	0,407	0,334	0,283	0,246	0,216	0,191	3,529
21	94,083	2,062	0,411	0,338	0,287	0,250	0,220	0,195	3,568
22	94,819	2,078	0,415	0,342	0,291	0,253	0,224	0,199	3,602
23	95,464	2,092	0,418	0,345	0,294	0,256	0,227	0,202	3,632
24	96,028	2,104	0,421	0,347	0,297	0,259	0,229	0,205	3,657

**Tabel 5.42** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 2 \text{ m}$ )

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Total Settlement m
Total Penurunan		1,984	0,355	0,288	0,043	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu				
1	14,033	0,278				0,278
2	25,225	0,501	0,050			0,550
3	34,834	0,691	0,090	0,040		0,821
4	43,152	0,856	0,124	0,073	0,006	1,053
5	50,376	1,000	0,153	0,100	0,011	1,253
6	56,663	1,124	0,179	0,124	0,015	1,428
7	62,140	1,233	0,201	0,145	0,019	1,580
8	66,916	1,328	0,221	0,163	0,022	1,712
9	71,083	1,411	0,238	0,179	0,024	1,827
10	74,721	1,483	0,253	0,193	0,027	1,928
11	77,898	1,546	0,266	0,205	0,029	2,016
12	80,672	1,601	0,277	0,215	0,031	2,093
13	83,097	1,649	0,287	0,224	0,032	2,160
14	85,215	1,691	0,295	0,232	0,034	2,219
15	87,067	1,728	0,303	0,239	0,035	2,270
16	88,686	1,760	0,309	0,246	0,036	2,315
17	90,102	1,788	0,315	0,251	0,037	2,354
18	91,339	1,813	0,320	0,256	0,038	2,388
19	92,422	1,834	0,325	0,260	0,038	2,418
20	93,369	1,853	0,328	0,263	0,039	2,444
21	94,197	1,869	0,332	0,266	0,039	2,467
22	94,921	1,884	0,335	0,269	0,040	2,487
23	95,555	1,896	0,337	0,271	0,040	2,505



**Tabel 5.39** Penurunan Akibat *Vacuum Preloading* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 2$  m) (Lanjutan)

Tahap		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Total Settlement m
Total Penurunan		1,984	0,355	0,288	0,043	
Minggu ke-	U gab (%)	Penurunan Tiap Minggu				
24	96,110	1,907	0,340	0,273	0,041	2,520

Dari tabel-tabel hasil perhitungan pemampatan per minggu akibat *vacuum preloading* dapat disimpulkan bahwa lama pompa yang dibutuhkan untuk mencapai *settlement* total pada setiap tinggi timbunan sisi tegak sama seperti pada timbunan sisi miring. Pada timbunan sisi tegak didapatkan lama *vacuum* dinyalakan pada tinggi rencana 4,3 m yaitu 7 minggu, tinggi rencana 3,5 m yaitu 6 minggu, dan tinggi rencana 2 m yaitu 4 minggu.

**D. Peningkatan Daya Dukung Akibat *Vacuum Preloading***

Perhitungan peningkatan daya dukung tanah dan kondisi akibat *vacuum preloading* sama seperti pada timbunan sisi miring **Subbab 5.2.3.1**. Hasil peningkatan nilai  $C_u$  akibat *vacuum* dapat pada timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m dilihat pada **Tabel 5.40**. Perhitungan juga dilakukan pada timbunan dengan tinggi rencana 3,5 m dan 2 m, hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.41** dan **Tabel 5.42**. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

**Tabel 5.43** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai  $C_u$  Akibat *Vacuum* (Timbunan Sisi Tegak  $H_{final} = 4,3$  m)

Kedalaman m	PI %	Cu lama $kg/cm^2$	Cu baru $kg/cm^2$
0-1	54,554	0,046	0,201
1-2	54,554	0,046	0,231
2-3	54,554	0,046	0,250

**Tabel 5.40** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum*  
(Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3$  m) (Lanjutan)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
3-4	54,554	0,046	0,267
4-5	54,554	0,046	0,282
5-6	54,554	0,046	0,295
6-7	54,554	0,046	0,308
7-8	54,554	0,046	0,321
8-9	54,554	0,046	0,333
9-10	54,554	0,046	0,344
10-11	56,124	0,094	0,355
11-12	56,124	0,094	0,366
12-13	43,084	0,343	0,378
13-14	43,084	0,343	0,391
14-15	43,084	0,343	0,404
15-16	43,084	0,343	0,416
16-17	43,084	0,343	0,429
17-18	43,084	0,343	0,343
18-19	43,084	0,343	0,343
19-20	43,084	0,343	0,343
20-21	43,084	0,343	0,343
21-22	43,084	0,343	0,343

**Tabel 5.44** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum*  
(Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5$  m)

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,157
1-2	54,554	0,046	0,184
2-3	54,554	0,046	0,203
3-4	54,554	0,046	0,219
4-5	54,554	0,046	0,234
5-6	54,554	0,046	0,248
6-7	54,554	0,046	0,261
7-8	54,554	0,046	0,274
8-9	54,554	0,046	0,286
9-10	54,554	0,046	0,298
10-11	56,124	0,094	0,309
11-12	56,124	0,094	0,320
12-13	43,084	0,343	0,332
13-14	43,084	0,343	0,346
14-15	43,084	0,343	0,359
15-16	43,084	0,343	0,343
16-17	43,084	0,343	0,343
17-18	43,084	0,343	0,343
18-19	43,084	0,343	0,343
19-20	43,084	0,343	0,343
20-21	43,084	0,343	0,343
21-22	43,084	0,343	0,343

**Tabel 5.45** Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Akibat *Vacuum*  
(Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$ )

Kedalaman m	PI %	Cu lama kg/cm <sup>2</sup>	Cu baru kg/cm <sup>2</sup>
0-1	54,554	0,046	0,111
1-2	54,554	0,046	0,134
2-3	54,554	0,046	0,152
3-4	54,554	0,046	0,167
4-5	54,554	0,046	0,181
5-6	54,554	0,046	0,195
6-7	54,554	0,046	0,208
7-8	54,554	0,046	0,220
8-9	54,554	0,046	0,232
9-10	54,554	0,046	0,244
10-11	56,124	0,094	0,256
11-12	56,124	0,343	0,268
12-13	43,084	0,343	0,343
13-14	43,084	0,343	0,343
14-15	43,084	0,343	0,343
15-16	43,084	0,343	0,343
16-17	43,084	0,343	0,343

Timbunan tegak memerlukan perkuatan karena lerengnya yang mudah longsor. Pada Tugas Akhir ini akan direncanakan perkuatan timbunan tegak sebagai dinding penahan tanah berupa *freyssisol* dan *geotextile wall*.

Dari metode perbaikan tanah dasar yang dilakukan dapat dilihat bahwa kenaikan nilai Cu dengan metode *surchage* jauh lebih kecil dibandingkan metode *vacuum*. Hal tersebut dikarenakan metode *vacuum* ada penambahan beban pompa

*vacuum* dan pemampatan yang terjadi hilang sepenuhnya pada saat pentahapan timbunan terakhir selesai, sedangkan metode *surcharge* perlu 24 minggu agar derajat konsolidasi mencapai lebih dari 90% dan pemampatan selesai.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB VI

### PERKUATAN TIMBUNAN

#### 6.1 Perkuatan Timbunan dengan Sisi Miring

##### 6.1.1 Perencanaan Perkuatan Timbunan *Geotextile*

*Geotextile* digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah timbunan. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan *geotextile wall* menggunakan jenis *polypropylene woven geotextiles* dan tipe UW-250 yang memiliki kekuatan tarik sebesar 52 kN/m. Pemasangan *geotextile* disesuaikan dengan pelaksanaan di lapangan di mana dimulai dari lantai kerja yaitu 1,2 m.

Faktor keamanan perencanaan:

- SF Rencana : 1,5
- Faktor keamanan instalasi : 1,5
- Faktor keamanan rangkai : 2
- Faktor keamanan kimiawi : 1,3
- Faktor keamanan biologi : 1,2

Jarak vertikal *geotextile* ( $S_v$ ) : 0,3 m

- Kemiringan timbunan : 1 : 1,5
- $\gamma_{\text{timb}}$  : 18,5 kN/m<sup>3</sup>
- $\phi$  : 30°
- C : 0

Perhitungan perencanaan *geotextile* pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3 m sebagai berikut:

- Data Geometri Timbunan dan Bidang Longsor

Lebar Timbunan (B) = 51 m

$H_{\text{inisial}}$  = 6 m

Settlement ( $3/4H_{\text{dr}}$ ) = 2,18 m

Tinggi pemasangan = 6 - 1,2 = 4,8 m

Koordinat hasil program XSTABL (**Gambar 6.1**) sebagai berikut:

$X_z$  = 30

$Y_z$  = 22

$$\begin{aligned}
 X_O &= 31,32 \\
 Y_O &= 37,51 \\
 X_A &= 15,33 \\
 Y_A &= 22 \\
 X_B &= 47,54 \\
 Y_B &= 22 \\
 Y_C &= 15,25 \\
 SF_{\min} &= 0,971 \\
 R_{(\text{jari-jari})} &= 22,27 \text{ m} \\
 M_{R\min} &= 12730 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Didapatkan 5 bidang longsor pada tinggi rencana 4,3 yang hasil data bidang longsor dapat dilihat pada **Tabel 6.1**.

**Tabel 6.1** Rekapitulasi Data Bidang Longsor XSTABL

Percobaan	FOS	Xo	Yo	R m	Xa	Xb	Mres kNm
1	0,971	31,32	37,51	22,27	15,33	47,54	12730
2	0,948	30,69	38,11	23,12	14,11	47,51	13400
3	0,994	33,05	40,5	26,47	14,11	52,31	18330
4	0,979	32,54	41	27,17	13,11	52,31	18940
5	0,991	29,27	49,13	38,86	1,44	60,35	37230

- Mencari nilai Momen Dorong

$$SF = \frac{M_{R\min}}{M_{\text{dorong}}}$$

$$M_{\text{dorong}} = \frac{M_{R\min}}{SF} = \frac{12730}{0,971} = 13110,196 \text{ kNm}$$

- Mencari nilai Momen Rencana

$$SF_{\text{rencana}} = 1,5$$

$$M_{R\text{rencana}} = M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}}$$

$$= 13110,196 \times 1,5$$

$$= 19665,29 \text{ kNm}$$

- Mencari nilai Tambahan Momen

$$\Delta M_R = M_{R\text{rencana}} - M_{R\min}$$



$$= 19665,29 - 12730$$

$$= 7001,5 \text{ kNm}$$

- Mencari Kekuatan *Geotextile* yang Diizinkan

$$T_{allow} = \frac{T_{ult}}{FS_{ib} \times FS_{ct} \times FS_{cd} \times FS_{bd}}$$

$$= \frac{7001,5}{52}$$

$$= \frac{7001,5}{1,2 \times 2 \times 1,2 \times 1,2}$$

$$= 15,05 \text{ kN/m}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor Pada Ketinggian Timbunan 1,2 m

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E}$$

$$T_{allow} = 15,05 \text{ kN/m}$$

$$\tau_1 = C_{u1} + \sigma_v \tan \phi_1$$

$$= 0 + 18,5 \times 4,8 \times \tan 30^\circ$$

$$= 51,27 \text{ kPa}$$

$$\tau_2 = \tau_1$$

$$= 51,27 \text{ kPa}$$

$$E = 0,8$$

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E}$$

$$= \frac{15,05 \times 1,5}{(51,27 + 51,27) \times 0,8}$$

$$= 0,3 \approx 1 \text{ m}$$

- Menghitung Kebutuhan *Geotextile*

Perhitungan banyak kebutuhan *geotextile* didasarkan pada besar Momen Penahan *Geotextile* harus lebih besar dari Momen Dorong akibat timbunan. Mencari Momen *geotextile* sebagai berikut:

$$M_{geotextile} = T_{allow} \times T_i$$

Pada ketinggian timbunan 1,2 m:

$$T_i = y_o - y_z$$

$$= 37,51 - (22 - 1)$$

$$= 16,51 \text{ m}$$

$$M_{geotextile} = T_{allow} \times T_i$$

$$= 15,05 \times 16,51$$

$$= 496,83 \text{ kNm}$$

Dari perhitungan **Tabel 6.2** didapatkan kebutuhan *geotextile* agar tidak ada penundaan pada timbunan berahap adalah sebanyak, sehingga perbandingan momen penahan dan momen dorong sebagai berikut:

$$\sum \text{Momen} > \Delta M_R$$

$$M_{geotextile} + M_{geotextile} + \dots + M_{geotextile} > \Delta M_R$$

$$7258,78 \text{ kNm} > 70001,5 \text{ kNm (OK)}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor  
Perhitungan panjang bidang longsor dihitung dengan bantuan output program XSTABL dengan cara sebagai berikut:

$L_D$  = koordinat-X pada bidang longsor - koordinat tepi timbunan

Hasil perhitungan panjang *geotextile* pada setiap kedalaman dapat dilihat pada **Tabel 6.3**.

- Menghitung Panjang Total *Geotextile*  
Perhitungan Panjang Total *Geotextile* pada satu sisi timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.4** dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_{total} &= L_e + L_D \\ &= 1 + 16,39 \\ &= 17,4 \text{ m} \approx 18 \text{ m} \end{aligned}$$

Apabila panjang L total melebihi ½ lebar timbunan maka dipakai selebar timbunan. Diketahui bahwa pada perencanaan timbunan terdapat beberapa bidang longsor.

**Tabel 6.2** Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh *Geotextile* dan Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor

Jumlah Layer n	H <sub>i</sub> m	T <sub>i</sub> m	$\tau_1$ kN/m <sup>2</sup>	$\tau_2$ kN/m <sup>2</sup>	M <sub>geotextile</sub> kNm	$\Sigma$ M <sub>geotextile</sub> kNm	Le m
2	4,8	16,51	51,27	51,27	496,83	496,83	0,30
2	4,6	16,31	49,13	49,13	490,81	987,64	0,29
2	4,4	16,11	47,00	47,00	484,79	1472,43	0,30
2	4,2	15,91	44,86	44,86	478,77	1951,20	0,31
2	4	15,71	42,72	42,72	472,75	2423,96	0,33
2	3,8	15,51	40,59	40,59	466,74	2890,69	0,35
2	3,6	15,31	38,45	38,45	460,72	3351,41	0,37
2	3,4	15,11	36,32	36,32	454,70	3806,11	0,39
2	3,2	14,91	34,18	34,18	448,68	4254,79	0,41
1	3	14,71	32,04	32,04	221,33	4476,12	0,44
1	2,8	14,51	29,91	29,91	218,32	4694,44	0,47
1	2,6	14,31	27,77	27,77	215,31	4909,76	0,51
1	2,4	14,11	25,63	25,63	212,30	5122,06	0,55
1	2,2	13,91	23,50	23,50	209,29	5331,35	0,60

**Tabel 6.2** Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh *Geotextile* dan Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor (Lanjutan)

Jumlah Layer n	H <sub>i</sub> m	T <sub>i</sub> m	$\tau_1$ kN/m <sup>2</sup>	$\tau_2$ kN/m <sup>2</sup>	M <sub>geotextile</sub> kNm	$\Sigma$ M <sub>geotextile</sub> kNm	L <sub>e</sub> m
1	2	13,71	21,36	21,36	206,28	5537,64	0,66
1	1,8	13,51	19,23	19,23	203,28	5740,91	0,73
1	1,6	13,31	17,09	17,09	200,27	5941,18	0,83
1	1,4	13,11	14,95	14,95	197,26	6138,44	0,94
1	1,2	12,91	12,82	12,82	194,25	6332,69	1,10
1	1	12,71	10,68	10,68	191,24	6523,92	1,32
1	0,8	12,51	8,54	8,54	188,23	6712,15	1,65
1	0,6	12,31	6,41	6,41	185,22	6897,37	2,20
1	0,4	12,11	4,27	4,27	182,21	7079,58	3,30
1	0,2	11,91	2,14	2,14	179,20	7258,78	6,60

**Tabel 6.3** Hasil Perhitungan Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor

Jumlah n	Koordinat Y geotextile	Koordinat pakai		Koordinat X tepi timb	Ld m
		X	Y		
2	21	46,39	21	30	16,39
2	21,2	46,61	21,2	30	16,61
2	21,4	46,82	21,4	30	16,82
2	21,6	47,03	21,6	30	17,03
2	21,8	47,23	21,8	30	17,23
2	22	47,54	22	30,3	17,24
2	22,2	47,59	22,2	30,6	16,99
2	22,4	47,76	22,4	30,9	16,86
2	22,6	47,94	22,6	31,2	16,74
1	22,8	48,11	22,8	31,5	16,61
1	23	48,28	23	31,8	16,48
1	23,2	48,44	23,2	32,1	16,34
1	23,4	48,61	23,4	32,4	16,21
1	23,6	48,75	23,6	32,7	16,05
1	23,8	48,91	23,8	33	15,91
1	24	49,07	24	33,3	15,77
1	24,2	49,22	24,2	33,6	15,62
1	24,4	49,36	24,4	33,9	15,46
1	24,6	49,5	24,6	34,2	15,3
1	24,8	49,64	24,8	34,5	15,14
1	25	49,78	25	34,8	14,98
1	25,2	49,91	25,2	35,1	14,81
1	25,4	50,04	25,4	35,4	14,64
1	25,6	50,16	25,6	35,7	14,46

**Tabel 6.4** Panjang Total *Geotextile*

Jumlah n	1 sisi				1/2 Lebar timb m	Lo m	Lo pakai m	Sv m	L pakai m
	Le m	Lr m	Ltotal m	Ltotal pakai m					
2	1,00	16,39	17,4	18	28,2	0,5	1	0,2	19,2
2	1,00	16,61	17,7	18	28,2	0,5	1	0,2	19,2
2	1,00	16,82	17,9	18	28,2	0,5	1	0,2	19,2
2	1,00	17,03	18,1	19	27,9	0,5	1	0,2	20,2
2	1,00	17,23	18,3	19	27,6	0,5	1	0,2	20,2
2	1,00	17,24	18,3	19	27,3	0,5	1	0,2	20,2
2	1,00	16,99	18	18	27	0,5	1	0,2	19,2
2	1,00	16,86	17,9	18	26,7	0,5	1	0,2	19,2
2	1,00	16,74	17,8	18	26,4	0,5	1	0,2	19,2
1	1,00	16,61	17,7	18	26,1	0,5	1	0,2	19,2
1	1,00	16,48	17,5	18	25,8	0,5	1	0,2	19,2
1	1,00	16,34	17,4	18	25,5	0,5	1	0,2	19,2
1	1,00	16,21	17,3	18	25,2	0,5	1	0,2	19,2
1	1,00	16,05	17,1	18	24,9	0,5	1	0,2	19,2

**Tabel 6.4** Panjang Total *Geotextile* (Lanjutan)

Jumlah n	1 sisi				1/2 Lebar timb m	Lo m	Lo pakai m	Sv m	L pakai m
	Le m	Lr m	Ltotal m	Ltotal pakai m					
1	1,00	15,91	17	17	24,6	0,5	1	0,2	18,2
1	1,00	15,77	16,8	17	24,3	0,5	1	0,2	18,2
1	1,00	15,62	16,7	17	24	0,5	1	0,2	18,2
1	1,00	15,46	16,5	17	23,7	0,5	1	0,2	18,2
1	2,00	15,3	17,3	18	23,4	1	1	0,2	19,2
1	2,00	15,14	17,2	18	23,1	1	1	0,2	19,2
1	2,00	14,98	17	17	22,8	1	1	0,2	18,2
1	3,00	14,81	17,9	18	22,5	1,5	1	0,2	19,2
1	4,00	14,64	18,7	19	22,2	2	1	0,2	20,2
1	7,00	14,46	21,5	22	21,9	3,5	1	0,2	23,2

Perhitungan *geotextile* tersebut dilakukan pada setiap bidang longsor baik pada metode *surcharge* dan *vacuum* pada setiap ketinggiannya. Perencanaan perkuatan *geotextile* ini juga disesuaikan dengan pelaksanaan di lapangan, di mana jumlah dan panjang antar *geotextile* disesuaikan pada setiap ketinggian karena pelaksanaan *geotextile* dilakukan secara menerus. Hasil rekapitulasi perencanaan *geotextile* pada setiap tinggi rencana metode *surcharge* dapat dilihat pada **Tabel 6.5**.

**Tabel 6.5** Rekapitulasi Perencanaan *Geotextile* Metode *Surcharge*

Ketinggian (m)	Jumlah <i>Geotextile</i>	L total <i>Geotextile</i>		
		H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
1,2	2	28	22	22
1,4	2	28	23	22
1,6	2	28	23	22
1,8	2	28	23	21
2	2	28	23	21
2,2	2	28	23	21
2,4	2	28	23	20
2,6	2	28	23	
2,8	2	27	23	
3	2	27	23	
3,2	2	27	23	
3,4	2	27	23	
3,6	2	26	23	
3,8	2	26	23	
4	2	26	23	
4,2	2	25	23	
4,4	2	25	23	



**Tabel 6.5** Rekapitulasi Perencanaan *Geotextile* Metode *Surcharge* (Lanjutan)

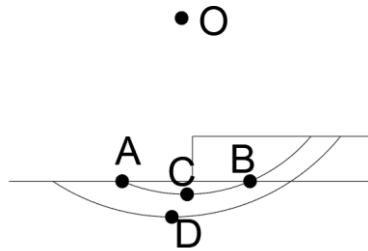
Ketinggian (m)	Jumlah <i>Geotextile</i>	L total <i>Geotextile</i>		
		H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
4,6	2	25	23	
4,8	2	24		
5	2	24		
5,2	2	24		
5,4	2	24		
5,6	2	23		
5,8	2	23		

Di lapangan panjang total *geotextile* yang digunakan akan sama pada setiap ketinggian di mana digunakan hasil perhitungan kebutuhan *geotextile* terpanjang, yaitu 29 m. Pada timbunan dengan metode *vacuum* tidak diperlukan adanya perkuatan baik *geotextile* maupun mikropile karena bidang longsor yang dihasilkan dari program bantu XSTABL memiliki SF lebih dari 1.

### 6.1.2 Perencanaan Perkuatan Tanah Mikropile

Mikropile adalah salah satu perkuatan tanah yang juga sebagai peningkatan daya dukung tanah. Bidang longsor yang digunakan sama seperti bidang longsor pada **Tabel 6.1**. Berikut perhitungan *micropile* untuk perkuatan tanah pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3 m:

- Data Geometri Timbunan dan Bidang Longsor
  - Lebar Timbunan (B) = 51 m
  - $H_{\text{inisial}}$  = 6 m



**Gambar 6.1** Koordinat Bidang Longsor Hasil XSTABL

Koordinat hasil program XSTABL  $SF_{\text{minimum}}$  (**Gambar 6.1**) sebagai berikut:

$X_Z$	= 30
$Y_Z$	= 22
$X_O$	= 31,32
$Y_O$	= 37,51
$X_A$	= 15,33
$Y_A$	= 22
$X_B$	= 47,54
$Y_B$	= 22
$Y_C$	= 15,33
$SF_{\text{min}}$	= 0,971
$R_{\text{(jari-jari)}}$	= 22,27 m
$M_{R\text{min}}$	= 12730 kNm

Koordinat hasil program XSTABL  $SF_{\text{rencana}}$  (**Gambar 6.1**) sebagai berikut:

$Y_D$	= 10,02
$SF_{\text{rencana}}$	= 1,21
$R_{\text{(jari-jari)}}$	= 56,14 m
$M_{R1,2}$	= 71890 kNm

- Data Perencanaan Mikropile

Dimensi:

Jenis Mikropile = *Circle Spun Pile*

Tipe Mikropile = D-300 Kelas C

Produksi = PT. Wika Beton

$$\begin{aligned}
 D &= 300 \text{ mm} \\
 R &= 150 \text{ mm} \\
 f'_c &= 52 \text{ MPa} \\
 t &= 60 \text{ mm} \\
 M_{cr} &= 4 \text{ ton.m} \\
 M_u &= 8 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Diameter dalam mikropile  $d_1$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= D - (2 \times t) \\
 &= 300 - (2 \times 60) \\
 &= 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang (I)

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{64} (D^4 - d_1^4) \\
 &= \frac{1}{64} (30^4 - 18^4) \\
 &= 34607,78 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E)

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{52} \\
 &= 338921,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Panjang Mikropile

$$\begin{aligned}
 L_a \text{ di atas bidang longsor} &= \text{Koordinat } (Y_Z - Y_C) \\
 &= (22 - 15,24) \\
 &= 6,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_b \text{ di bawah bidang longsor} &= \text{Koordinat } (Y_C - Y_D) \\
 &= (15,24 - 10,02) \\
 &= 5,22 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{total} &= L_a + L_b \\
 &= 6,76 + 5,22 \\
 &= 11,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan *spunpile* dengan panjang 12 m.

- Faktor Kekuatan Relatif (T)

Faktor kekuatan relative (T) dihitung berdasarkan harga  $f$  yang didapatkan menggunakan grafik pada **Gambar 2.12**. Pada kasis ini konsistensi tanah di mana tiang ditanam yaitu pada tanah *soft*,

sehingga didapatkan nilai  $f$  dan perhitungan faktor kekuatan relative sebagai berikut:

(Lihat grafik NAVDAC, DM-7, 1971)

$$C_u = 0,0465 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times C_u \\ &= 2 \times 0,0465 \\ &= 0,93 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 3 \text{ ton/ft}^3 \\ &= 3 \times 0,032 \\ &= 0,096 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \left( \frac{EI}{f} \right)^{1/5} \\ &= \left( \frac{338921,8 \times 34607,78}{0,0096} \right)^{1/5} \\ &= 164,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Gaya Horizontal yang Dipikul 1 Mikropile  
Koefisien Momen Akibat Gaya Lateral  
(dari **Gambar 2.13** NAVFAC, DM-7, 1971)

$$\frac{L_b}{T} = \frac{5,22}{1,65} = 3,165$$

$$z = 0 \text{ m}$$

$$Fm = 1$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{M_u}{(Fm \times t)} \quad (M_u \text{ menggunakan } M_{crack}) \\ &= \frac{4}{1 \times 1,65} \\ &= 2,42 \text{ ton} \\ &= 24,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Jumlah Mikropile yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} M_{dorong} &= \frac{M_{Rmin}}{SF_{min}} \\ &= \frac{12730}{0,971} \\ &= 13110,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta M_R &= (M_{dorong})SF - M_{Rmin} \\ &= (13110,2)1,21 - 12730 \\ &= 3133,337 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_k &= 2,634 \left[ \frac{(0,89+0,12L/D)}{2,69} \right] \left[ \frac{(0,855c_u^{-0,392})}{2,865} \right] \\
 &= 2,634 \left[ \frac{(0,89+0,12 \times 11,9/0,3)}{2,69} \right] \left[ \frac{(0,855 \times 0,465^{-0,392})}{2,865} \right] \\
 &= 2,25 \\
 P_{max} &= P \times F_k \\
 &= 24,35 \times 2,25 \\
 &= 54,55 \text{ kN} \\
 n &= \frac{\Delta M_R}{P \times R_{\text{jari-jari}}} \\
 &= \frac{3133,34}{54,55 \times 22,27} \\
 &= 2,58 \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Jarak Antar Mikropile

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\text{panjang bidang longsor}}{n+2} \\
 &= \frac{3}{7} \\
 &= 2,17 \text{ m} \approx 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Terdapat beberapa bidang longsor pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3 m. Hasil rekapitulasi dipilih mikropile dengan jumlah terbanyak yaitu 3 buah dapat dilihat pada **Tabel 6.6**.

**Tabel 6.6** Hasil Rekapitulasi Perhitungan Mikropile

Bidang Longsor	Jumlah n	Jarak m	Panjang m
XSTABL1	3	2	12
XSTABL2	4	1,6	12
XSTABL3	3	2	12
XSTABL4	4	1	12
XSTABL5	5	1	12

Pada perencanaan mikropile ini panjangnya tidak mencapai total tanah *compressible* sedangkan pada saat pemakaian perkuatan mikropile pada tanah sedalam mikropile

dipasang tidak akan terjadi pemampatan. Hal tersebut menyebabkan perubahan tinggi awal timbunan pada sisi-sisi timbunan yang dipasang mikropile. Perhitungan tinggi awal ini adalah penambahan tinggi rencana timbunan ditambahkan *settlement* di bawah mikropile sampai sedalam PVD dipasang. Rekapitulasi perencanaan mikropile dan perubahan tinggi awal timbunan pada timbunan sisi miring dengan metode *surcharge* dan *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 6.7**.

**Tabel 6.7** Rekapitulasi Perencanaan Mikropile Timbunan Sisi Miring Metode *Surcharge*

H final (m)	Jumlah	Jarak (m)	Panjang (m)	Sc (m)	H inisial (m)
4,3	5	1	12	0,3	4,1
3,5	4	1	12	0,1	3,1
2	3	2	10	0,1	1,6

Seperti yang sudah dibahas pada subbab sebelumnya, timbunan dengan perbaikan tanah metode *vacuum* tidak memerlukan perkuatan mikropile karena bidang longsor yang terjadi memiliki angka keamanan lebih dari 1.

### 6.1.3 Perhitungan Biaya Volume Material

Setelah perhitungan perkuatan selesai maka didapatkan volume material yang dibutuhkan untuk perhitungan biaya volume material. Biaya material pada Tugas Akhir ini adalah biaya material terbaru pada Desember 2019. Pada **Tabel 6.8** dapat dilihat list harga yang digunakan. Pengadaan material selain berasal dari lokal juga dari internasional. Material yang import adalah *freyssisol*.

**Tabel 6.8** List Harga Material Perencanaan

No	Material	Satuan	Harga
1	Urugan Timbunan	m <sup>3</sup>	Rp168.800
2	<i>Vacuum pump</i>	m <sup>2</sup>	Rp275.000
2	PVD	m'	Rp3.150
3	PHD	m'	Rp19.850
4	<i>Geotextile</i>	m <sup>2</sup>	Rp18.000
5	<i>Freyssisol</i>	kg	Rp68.422
6	<i>Dinding Precast</i>	m <sup>3</sup>	Rp198.000
7	<i>Cerucuk/micropile</i>	unit	Rp3.000.000
8	<i>Slab</i>	m <sup>3</sup>	Rp4.997.961
9	Balok	m <sup>3</sup>	Rp5.900.688
10	Tiang Pancang	unit	Rp6.700.000

Alternatif timbunan sisi miring menurut perkuatannya ada 2, yaitu *geotextile* dan mikropile. Selain itu, dari metode perbaikan tanah dibagi juga menjadi 2, yaitu metode *surcharge* dan *vacuum*. Perhitungan lengkap alternatif dapat dilihat pada **Lampiran**. Hasil perhitungan timbunan dengan metode *surcharge* dapat dilihat pada **Tabel 6.9** dan **Tabel 6.10**, sedangkan metode *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 6.11**.

**Tabel 6.9** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode *Surcharge*)

Alternatif 1	Total
Material Timbunan	Rp2.772.388.080
PVD	Rp141.012.900
PHD	Rp63.242.100
<i>Geotextile</i>	Rp2.033.640.000
	Rp5.010.283.080

**Tabel 6.10** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode *Surcharge*)

Alternatif 2	Total
Material Timbunan	Rp2.772.388.080
PVD	Rp141.012.900
PHD	Rp63.242.100
Mikropile	Rp3.024.000.000
	Rp6.000.643.080

**Tabel 6.11** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material (Metode *Vacuum*)

Alternatif 1	Total
Material Timbunan	Rp2.772.388.080
<i>Vacuum</i>	Rp1.115.730.000
PVD	Rp141.012.900
PHD	Rp63.242.100
	Rp4.092.373.080

Pada metode *vacuum* hanya terdapat satu perhitungan biaya volume material karena tidak diperlukannya perkuatan timbunan dan tanah dasar. Dari hasil perhitungan biaya volume material pada alternatif-alternatif timbunan sisi miring didapatkan Alternatif perbaikan tanah *vacuum* dengan biaya volume material Rp 4.092.373.080,00 adalah yang paling ideal dan efisien dari segi biaya volume material.

## 6.2 Perkuatan Timbunan dengan Sisi Tegak

Pada timbunan sisi tegak ada beberapa stabilitas yang perlu diperhatikan, yaitu stabilitas internal, stabilitas eksternal, dan *overall stability*. Perencanaan perkuatan pada Tugas Akhir ini akan dilakukan kontrol terhadap *overall stability* terlebih dahulu, di mana apabila tidak memenuhi akan direncanakan perkuatan mikropile. *Overall stability* perlu direncanakan terlebih dahulu



karena mempengaruhi *settlement* yang terjadi pada tanah dasar sehingga mengakibatkan perubahan tinggi awal pada sisi samping timbunan tegak. Perubahan tinggi awal pada sisi-sisi tegak timbunan mempengaruhi perencanaan perkuatan sebagai dinding penahan tanah yang akan direncanakan, yaitu *geotextile wall* dan *freyssisol*.

### 6.2.1 Perencanaan Mikropile sebagai Perkuatan Tanah Dasar

Perencanaan mikropile pada timbunan sisi tegak memiliki langkah-langkah perhitungan yang sama seperti pada perencanaan mikropile timbunan sisi miring (**Subbab 6.1.2**). Hasil kontrol terhadap *overall stability* pada timbunan sisi tegak tinggi rencana 4,3 m dihasilkan lima bidang longsor yang dapat dilihat pada **Tabel 6.12**. Data Perencanaan Mikropile sebagai berikut:

Jenis Mikropile	= Circle Spun Pile
Tipe Mikropile	= D-300 Kelas C
Produksi	= PT. Wika Beton
$D$	= 300 mm
$R$	= 150 mm
$f_c'$	= 52 MPa
$t$	= 60 mm
$M_{cr}$	= 4 ton.m
$M_u$	= 8 ton.m

**Tabel 6.12** Hasil Analisa *Overall Stability* dengan XSTABL

FOS	Xo	Yo	R m	Xa	Xb	Mres kNm
0,997	0,968	29,08	38,51	23,68	12,11	49,06
0,999	0,945	28,06	39,51	25,08	10,11	49,06
0,993	0,919	26,86	41,71	28,38	6,44	50,35
0,948	0,919	26,82	44,67	32,56	3,44	53,35
0,802	0,968	26,48	49,19	36,89	1,56	55

Selain analisa bidang longsor yang memiliki angka keamanan kurang dari 1, juga dicari bidang longsor dengan angka keamanan 1,2 untuk menentukan panjang mikropile yang dibutuhkan. Koordinat hasil program XSTABL  $SF_{rencana}$  (**Gambar 6.1**) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y_D &= 9,95 \\ SF_{rencana} &= 1,204 \\ R_{(jari-jari)} &= 47,91 \text{ m} \\ M_{R1,2} &= 5820 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Setelah beberapa analisa tersebut maka dapat diperhitungkan kebutuhan mikropile. Selain kebutuhan mikropile juga dilakukan perhitungan tinggi awal ini akibat adanya mikropile. Rekapitulasi perencanaan mikropile dan perubahan tinggi awal timbunan pada timbunan sisi miring dengan metode *surcharge* dan *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 6.13**.

**Tabel 6.13** Rekapitulasi Perencanaan Mikropile Timbunan Sisi Tegak Metode *Surcharge*

H final (m)	Jumlah	Jarak (m)	Panjang (m)	Sc (m)	H inisial (m)
4,3	5	1	13	0,3	4,1
3,5	3	2	12	0,2	3,2
2	2	2	10	0,2	1,7

Dari hasil analisa dan perhitungan perencanaan mikropile dihasilkan mikropile hanya diperlukan pada timbunan sisi tegak inggi rencana 4,3 m dan 3,5 m. Selain itu, dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa metode *surcharge* membutuhkan mikropile lebih banyak dibandingkan dengan metode *vacuum*. Perencanaan perkuatan *geotextile wall* dan *freyssisol* akan menyesuaikan tinggi awal sisi-sisi timbunan akibat mikropile.

## 6.2.2 Alternatif Perencanaan Perkuatan Timbunan *Geotextile Wall*

*Geotextile* digunakan sebagai alternatif dinding perkuatan tanah pada timbunan. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan *geotextile wall* menggunakan jenis *polypropylene woven geotextiles* dan tipe UW-250 yang memiliki kekuatan tarik sebesar 52 kN/m. Perencanaan perkuatan timbunan ini dimulai pada ketinggian 1,8 m di mana lantai kerja telah dikerjakan.

### 1.) Kontrol Internal Stability

#### A. Perhitungan Jarak Pemasangan *Geotextile* (Sv)

Pada perhitungan berikut adalah perencanaan *geotextile wall* pada timbunan sistem *preloading surcharge* dengan tinggi rencana 4,3 m. Data perencanaan timbunan sebagai berikut:

$$\gamma_t = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi = 30^\circ$$

Data Tanah Asli:

$$\gamma_t = 16,8 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u \text{ baru} = 15,9 \text{ kPa}$$

$$\phi = 0^\circ$$

Perhitungan dimulai dari fungsi persamaan tegangan horizontal akibat beban di atasnya. Beban yang diperhitungkan adalah beban *pavement* dan beban timbunan itu sendiri. Perhitungan fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman  $z$  sebagai berikut:

$$q = \gamma_{pavement} \times h = 22 \times 0,5 = 11 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 30/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma_t \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18,5 \times z) + (0,333 \times 11) \\ &= 6,167z + 3,67 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik *geotextile* yang digunakan adalah 52 kN/m. Perhitungan kuat tarik *allowable* diperlukan karena ada faktor-faktor reduksi akibat pemasangan, rangkai, kimiawi, dan biologi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_{allow} &= \frac{T_{ult}}{FS_{ib} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\
 &= \frac{52}{1,2 \times 2 \times 1,2 \times 1,2} \\
 &= 15,05 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Pada Tugas Akhir ini jarak antar *geotextile* perlu diperhitungkan sesuai dengan tegangan horizontal yang diterima. Berikut adalah perhitungan  $S_v$  untuk tinggi perencanaan timbunan m:

$$z = 4,1 - 1,2 = 2,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_h &= 6,167z + 3,67 \\
 &= 6,167(2,9) + 3,67 \\
 &= 21,55 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$S_v = \frac{T_{allow}}{SF \times \sigma_h} = \frac{15,05}{1,5 \times 21,55} = 0,465 \text{ m}$$

$$S_v \text{ pakai} = 0,2 \text{ m}$$

Perhitungan nilai  $S_v$  selengkapnya berdasarkan ketinggian timbunan dan alternatif *preloading* yang direncanakan dapat dilihat pada **Lampiran**. Hasil rekapitulasi perhitungan  $S_v$  pada setiap tinggi perencanaan timbunan sistem *preloading surcharge* dapat dilihat pada **Tabel 6.14**.

**Tabel 6.14** Rekapitulasi Nilai  $S_v$  untuk  $H_{final} = 4,3 \text{ m}$

No	z (m)	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$S_v$ (m)	$S_v$ pakai (m)
1	2,9	21,5500	0,46	0,2
2	2,7	20,3167	0,49	0,2
3	2,5	19,0833	0,52	0,2
4	2,3	17,8500	0,56	0,2
5	2,1	16,6167	0,6	0,4
6	1,7	14,1500	0,7	0,4

**Tabel 6.14** Rekapitulasi Nilai Sv untuk  $H_{\text{final}} = 4,3$  m (Lanjutan)

No	z (m)	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	Sv (m)	Sv pakai (m)
7	1,3	11,6833	0,85	0,4
8	0,9	9,2167	1,08	0,4
9	0,5	6,7500	1,48	0,4

Perhitungan pada tabel tersebut dimulai dari bawah yaitu tinggi timbunan 1,8 m. Nilai Sv pada perencanaan *geotextile* juga harus disesuaikan dengan perencanaan pada tinggi rencana selanjutnya.

### B. Perhitungan Panjang *Geotextile*

Setelah mendapatkan nilai Sv, maka dapat dihitung panjang *geotextile wall* yang diperlukan. Perhitungan panjang kebutuhan *geotextile wall* sebagai untuk tinggi rencana timbunan 4,3 meter sebagai berikut:

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_v(\tan \delta)]}, \text{ di mana } \delta = 0,95 \times \phi = 0,95 \times 30 = 28,5^\circ$$

$$L_e = \frac{0,2 \times 21,55 \times 1,5}{2[1,68 + 1,8 \times 70,3 \times (\tan 28,5)]} = 0,081 \text{ m} \leq 1 \text{ m}$$

Digunakan  $L_e = 1$  m.

$$L_r = (H - Z) \times \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$L_r = (2,9 - 2,9) \times \tan\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$L_r = 0 \text{ m}$$

$$L = L_e + L_r = 1 + 0 = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{pakai}} = 10 \text{ m}$$

$$L_o = \frac{L_e}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ m}$$

Maka digunakan  $L_o$  sepanjang 1 m. Sehingga total panjang *geotextile* sebagai berikut:

$$L_{\text{total}} = L_{\text{pakai}} + S_v + L_o = 10 + 0,2 + 1 = 11,2 \text{ m}$$

Perhitungan nilai  $L_e$ ,  $L_r$ ,  $L_o$  dan  $L_{\text{total}}$  selengkapnya berdasarkan tinggi timbunan yang direncanakan terlampir

pada **Lampiran**. Rekapitulasi hasil perhitungan perencanaan *geotextile wall* pada timbunan dengan metode perbaikan tanah *surcharge* dan *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 6.15** dan **Tabel 6.16**.

**Tabel 6.15** Rekapitulasi Perencanaan *Geotextile Wall* Metode *Surcharge*

Ketinggian (m)	H final = 4,3 m		H final = 3,5 m		H final = 2 m	
	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)
1,2	0,2	10	0,2	10	0,2	10
1,4	0,2	10	0,2	10	0,2	10
1,6	0,2	10	0,2	10		
1,8	0,2	10	0,2	10		
2	0,4	10	0,4	10		
2,4	0,4	10	0,4	10		
2,8	0,4	10	0,4	10		
3,2	0,4	10				
3,6	0,4	10				

**Tabel 6.16** Rekapitulasi Perencanaan *Geotextile Wall* Metode *Vacuum*

Ketinggian (m)	H final = 4,3 m		H final = 3,5 m		H final = 2 m	
	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)
1,2	-	-	-	-	0,2	10
1,4	-	-	-	-	0,2	10
1,6	-	-	-	-	0,2	10
1,8	-	-	0,4	10	0,4	10
2,2	0,4	10	0,4	10	0,4	10
2,6	0,4	10	0,4	10		

**Tabel 6.16** Rekapitulasi Perencanaan *Geotextile Wall* Metode *Vacuum* (Lanjutan)

Ketinggian (m)	H final = 4,3 m		H final = 3,5 m		H final = 2 m	
	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)	Sv (m)	L total (m)
3	0,6	10	0,6	10		
3,6	0,6	10	0,6	10		
4,2	0,6	10	0,6	10		
4,8	0,6	10				
5,4	0,6	10				

Dari tabel-tabel di atas dapat disimpulkan bahwa perencanaan *geotextile wall* pada timbunan dengan metode perbaikan tanah *surchage* kurang lebih sama seperti pada metode *vacuum*. Perbedaan ada pada tinggi timbunan, di mana pada metode *surchage* tinggi sisi timbunan lebih pendek akibat pengaruh pemasangan mikropile. Sementara itu, pada metode *vacuum* mikropile hal tersebut tidak mempengaruhi.

## 2.) Kontrol External Stability

Kontrol diperlukan dalam perencanaan *geotextile wall* yaitu *external stability* agar tidak terjadi kegagalan konstruksi terutama kelongsoran. *External stability* berupa guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

### A. Kontrol terhadap Guling

Perhitungan kontrol terhadap guling sebagai berikut:

$$M_{\text{penahan}} = P_a \sin \delta \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik } O + (\gamma_t \times \text{Luas Tanah pada Geotextile} \times \text{Jarak ke Titik } O)$$

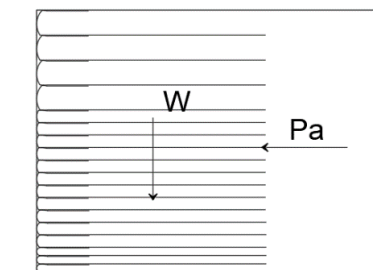
$$M_{\text{dorong}} = P_a \cos \delta \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik } O$$

$$\begin{aligned} P_a &= K_a \times 0,5 \times \gamma_t \times h^2 \\ &= 0,333 \times 0,5 \times 1,85 \times 2,9^2 \\ &= 2,59 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$P_a \sin \delta = 2,59 \times \sin 28,5 = 1,24 \text{ ton/m}$$

$$P_a \cos \delta = 2,59 \times \cos 28,5 = 2,28 \text{ ton/m}$$

Sketsa gaya dan momen yang bekerja pada timbunan untuk ketinggian 4,3 m dapat dilihat pada **Gambar 6.2**. Perhitungan momen penahan dan momen dorong yang bekerja untuk ketinggian timbunan 4,3 m dapat dilihat pada **Tabel 6.17** dan **6.18**.



**Gambar 6.2** Gaya dan Momen yang Bekerja pada Tinggi Rencana Timbunan 4,3 m

**Tabel 6.17** Perhitungan Momen Penahan untuk Timbunan dengan  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	10	2,9	53,65	5	268,25
$Pa \sin\delta$	-	-	1,237312	10	12,37312
$\Sigma$ Momen Penahan					280,6231

**Tabel 6.18** Perhitungan Momen Pendorong untuk Timbunan dengan  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
$Pa \cos\delta$	2,278846	0,97	2,202884
$\Sigma$ Momen Dorong			2,202884

Selanjutnya dapat diperhitungkan nilai SF sebagai berikut:



$$SF = \frac{M_{penahan}}{M_{dorong}} = \frac{280,62}{2,203} = 127,39 > 2 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kontrol terhadap guling untuk setiap tinggi rencana timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.19**.

**Tabel 6.19** Rekapitulasi Perhitungan SF Guling

Hfinal m	ΣMomen Penahan t.m	ΣMomen Dorong t.m	SF	Ket
4,3	280,623	2,203	127,389	OK
3,5	190,885	0,723	264,170	OK
2	27,882	0,002	11433,227	OK

### B. Kontrol terhadap Geser

Perhitungan kontrol terhadap geser pada tinggi rencana timbunan 4,3 m:

$$\begin{aligned} \text{Gaya penahan} &= \left[ c + \left( \frac{w_s + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] L \\ &= \left[ 1,68 + \left( \frac{53,65 + 1,15}{10} \right) \tan 28,5 \right] 10 \\ &= 46,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya dorong} = 2,28 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya dorong}} = \frac{46,6}{2,28} = 20,45 > 2 \text{ (OK)}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan kontrol terhadap geser untuk setiap tinggi rencana timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.20**.

**Tabel 6.20** Rekapitulasi Perhitungan Kontrol terhadap Geser

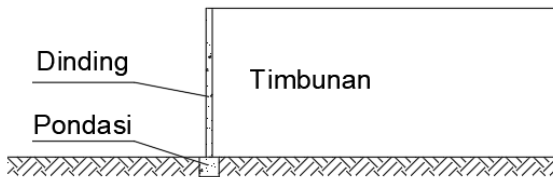
H final m	Gaya Penahan ton	Gaya Dorong ton	SF	Ket
4,3	46,601	2,279	20,450	OK
3,5	34,109	1,084	31,469	OK
2	12,103	0,024	496,290	OK

Dari kontrol-kontrol yang dilakukan dihasilkan perencanaan *geotextile wall* sudah aman baik metode *surcharge* maupun *vacuum*.

### 3.) Dinding dan Pondasi Dangkal

Dalam perencanaan *geotextile* perlu direncanakan dinding untuk menutupi bagian luar timbunan. Dinding yang merupakan beton *precast* ini berdiri di atas *sloof* yang merupakan pondasi dangkal bagi dinding yang dapat dilihat pada **Gambar 6.3**. Data perencanaan yang didapatkan sebagai berikut:

Tebal dinding	= 160 mm
Berat dinding	= 24 kg/m <sup>3</sup>
$\Phi$	= 0°
$N_c$	= 5,14
$N_\gamma$	= 0
$N_q$	= 1
$C$	= 1,89 ton/m <sup>2</sup>
$\gamma_t$	= 1,55 ton/m <sup>2</sup>



**Gambar 6.3** Sketsa Dinding dan Pondasi Dangkal

Lebar dan kedalaman pondasi yang direncanakan adalah 0,5 m. Berikut adalah perhitungan perencanaan pondasi dangkal dinding pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3 m:

$$\begin{aligned}
 q_{dinding} &= \text{Berat dinding} \times \text{tebal} \times \text{tinggi} \\
 &= 44 \times (0,16 \times 3,8) \\
 &= 14,592 \text{ kg/m} \\
 q_{ult} &= (CN_c) + (\gamma DN_q) + (0,5\gamma BN_\gamma) \\
 &= (0,46 \times 5,14) + (1,55 \times 0,5 \times 1) \\
 &\quad + (0,5 \times 1,55 \times 0,5 \times 0) \\
 &= 3,14 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

$$\frac{q_{ult}}{q_{dinding}} = \frac{3,14}{0,0146} = 215,3 > 3 \text{ (OK)}$$

### 6.2.3 Alternatif Perencanaan *Freyssisol* sebagai Perkuatan Timbunan

Alternatif perkuatan *freyssisol* merupakan perkuatan oleh dinding *precast* untuk menahan gaya horizontal tanah dan memiliki kekuatan bahan gaya tarik dari *paraweb strap*. Dinding *precast* dan *paraweb straps* merupakan satu kesatuan yang disebut *freyssisol*. Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan *freyssisol* untuk perkuatan timbunan tegak menggunakan *paraweb straps* dengan memiliki kekuatan tarik hingga 100 kN.

#### 1.) Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol*

*Freyssisol* direncanakan setinggi tinggi rencana timbunan. Dalam contoh perhitungan berikut direncanakan *freyssisol* yang berupa *paraweb straps* yang menarik dinding *precast* pada timbunan setinggi 4,3 m.

Data Tanah Timbunan:

$$\begin{aligned}\gamma_t &= 18,5 \text{ kN/m}^3 \\ C &= 0 \text{ kPa} \\ \phi &= 30^\circ\end{aligned}$$

Data Tanah Asli

$$\begin{aligned}\gamma_t &= 15,5 \text{ kN/m}^3 \\ C_{u \text{ baru}} &= 16,8 \text{ kPa} \\ \phi &= 0^\circ\end{aligned}$$

- Menentukan nilai fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman z:

$$\begin{aligned}q &= \gamma_{pavement} \times h = 22 \times 0,5 = 11 \text{ kPa} \\ K_a &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 30/2) \\ &= 0,333 \\ \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma_t \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18,5 \times z) + (0,333 \times 11) \\ &= 6,167z + 3,67 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Menentukan  $T_{\text{allowable}}$

$$T_{\text{allow}} = \frac{T_{cr}}{f_n \cdot f_{m11} \cdot f_{m121} \cdot f_{m122} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}}$$

$$\begin{aligned} T_{cr} &= 60\% \times T_{ult} \\ &= 60\% \times 100 \\ &= 60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= \frac{T_{cr}}{f_n \cdot f_{m11} \cdot f_{m121} \cdot f_{m122} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}} \\ &= \frac{60}{1 \times 1 \times 1 \times 1,05 \times 1,05 \times 1,05} \\ &= 51,83 \text{ kN} \end{aligned}$$

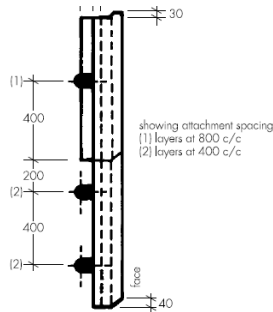
Ada beberapa gaya tarik *ultimate* yang dapat digunakan. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan gaya tarik *ultimate* 30 kN. Hasil perhitungan gaya tarik *allowable* untuk masing-masing gaya tarik *ultimate* dapat dilihat pada **Tabel 6.21**.

**Tabel 6.21** Rekapitulasi Nilai  $T_{\text{ult}}$  dan  $T_{\text{allow}}$  yang Direncanakan

Tult (kN)	Tall (kN)
100	51,83026
50	25,91513
30	15,54908

- Menentukan Gaya Dorong dan Gaya Tarik untuk Menghitung Kebutuhan *Freyssisol*

Pada kekuatan *freysisol* ini gaya dorong dari tanah pada timbunan diterima oleh beton *precast* kemudian ditarik oleh *paraweb straps*. Perhitungan gaya dorong yang diterima bergantung pada desain dari kekuatan *freysisol* itu sendiri yang mana dapat dilihat pada **Gambar 6.4**.



**Gambar 6.4** Desain Beton *Precast* untuk *Freyssisol*

Data perencanaan dan perhitungan kebutuhan *freyssisol* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b_{dinding} &= 2,23 \text{ m} \\
 h_{dinding} &= 0,8 \text{ m} \\
 \sigma_h &= 6,167z + 3,67 \\
 &= 6,167 \times 1,6 + 3,67 \\
 &= 13,53 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{dorong} &< F_{tarik} \\
 F_{dorong} &= 0,5 \times \sigma_h \times b_{dinding} \times h_{dinding} \\
 &= 0,5 \times 13,53 \times 2,23 \times 0,8 \\
 &= 12,07 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{tarik} &= n \times T_{allow} \text{ (Menggunakan } T_{ult} = 30 \text{ kN)} \\
 &= 2 \times 15,55 \\
 &= 31,1 \text{ kN} > 12,07 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan jumlah *paraweb straps* yang dihitung dari bawah pada timbunan tegak dengan tinggi perencanaan 4,3 m dapat dilihat pada **Tabel 6.22**.

**Tabel 6.22** Kebutuhan Jumlah *Paraweb Straps*

No	z	h	Gaya Horizontal kN	Jumlah	$\Sigma$ Gaya Tarik kN	Ket
	m	dinding m		Paraweb Straps Tu=30kN		
1	2,9	0,4	9,6113	2	31,09815	OK
2	2,5	0,4	8,511166667	2	31,09815	OK
3	2,1	0,8	14,82206667	2	31,09815	OK
4	1,3	0,4	5,210766667	2	31,09815	OK
5	0,9	0,4	4,110633333	2	31,09815	OK
6	0,5	0,5	3,763125	2	31,09815	OK

Perhitungan *paraweb straps* dilakukan dari lantai kerja sampai tinggi inisial timbunan tercapai. Langkah-langkah perhitungan *freyssisol* yang sama didapatkan perencanaan perkuatan *freyssisol* pada timbunan metode perbaikan tanah *surchage* dan *vacuum* pada setiap tinggi rencana timbunannya yang dapat dilihat pada **Tabel 6.23** dan **Tabel 6.24**.

**Tabel 6.23** Rekapitulasi Perencanaan *Freyssisol* Metode *Surchage*

Ketinggian (m)	Pemasangan <i>Freyssisol</i>		
	H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
1,2	0,4	0,4	0,5
1,6	0,4	0,4	
2	0,8	0,8	
2,8	0,4	0,4	
3,2	0,4		
3,6	0,5		

**Tabel 6.24** Rekapitulasi Perencanaan *Freyssisol* Metode *Vacuum*

Ketinggian (m)	Pemasangan Dinding <i>Freyssisol</i>		
	H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
1,2	-	-	0,4
1,6	-	-	0,4
1,8	-	0,4	0,6
2,2	0,4	0,4	
2,6	0,8	0,8	
3,4	0,4	0,4	
3,8	0,4	0,4	
4,2	0,8	0,6	
5	0,4		
5,4	0,6		

Dari tabel-tabel di atas dapat dilihat bahwa kebutuhan perkuatan timbunan hasil perbaikan tanah metode *vacuum* lebih banyak dibandingkan metode *surcharge*. Hal tersebut dikarenakan pada metode *surcharge* pemasangan mikropile mempengaruhi tinggi awal pada sisi-sisi timbunan di mana tinggi awal menjadi lebih pendek.

## 2.) Kontrol External Stability

Kontrol diperlukan dalam perencanaan *freyssisol* yaitu *external stability* agar tidak terjadi kegagalan konstruksi terutama kelongsoran. *External stability* berupa guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan. Perhitungan yang dilakukan sama seperti pada kontrol *external stability* perencanaan *geotextile wall*.

### A. Kontrol terhadap Guling

Hasil perhitungan kontrol terhadap guling untuk setiap tinggi rencana timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.25**.

**Tabel 6.25** Rekapitulasi Perhitungan SF Guling

Hfinal m	$\Sigma$ Momen Penahan t.m	$\Sigma$ Momen Dorong t.m	SF	Ket
4,3	280,623	2,203	127,389	OK
3,5	140,094	1,084	129,253	OK
2	27,882	0,002	11433,227	OK

### B. Kontrol terhadap Geser

Rekapitulasi hasil perhitungan kontrol terhadap geser untuk setiap tinggi rencana timbunan sdapat dilihat pada **Tabel 6.26**.

**Tabel 6.26** Rekapitulasi Perhitungan Kontrol terhadap Geser

Hfinal m	Gaya Penahan ton	Gaya Dorong ton	SF	Ket
4,3	46,601	2,279	20,450	OK
3,5	30,793	2,279	13,513	OK
2	12,103	0,024	496,290	OK

### 6.2.6 Perhitungan Biaya Volume Material

Setelah perhitungan kekuatan selesai maka didapatkan volume material yang dibutuhkan untuk perhitungan biaya volume material. List biaya material terlampir pada **Tabel 6.10**. Alternatif timbunan sisi tegak menggunakan pernaikan tanah dasar berupa *surcharge* dan *vacuum*. Perkuatan tanah dasar yang digunakan adalah mikropile yang diikuti dua alternatif perkuatan timbunan berupa dinding penahan tanah, yaitu *geotextile wall* dan *freysisol*. Perhitungan lengkap alternatif dapat dilihat pada **Lampiran**. Hasil perhitungan timbunan dengan metode *surcharge* dapat dilihat pada **Tabel 6.27** dan **Tabel 6.28**,



sedangkan metode *vacuum* dapat dilihat pada **Tabel 6.29** dan **Tabel 6.30**.

**Tabel 6.27** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode *Surcharge*)

Alternatif 2	Total
Material Timbunan	Rp2.404.437.840
PVD	Rp121.905.000
PHD	Rp54.666.900
<i>Geotextile Wall</i>	Rp432.772.525
<i>Dinding Precast</i>	Rp284.895.999
Mikropile	Rp2.016.000.000
	Rp5.314.678.264

**Tabel 6.28** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode *Surcharge*)

Alternatif 1	Total
Material Timbunan	Rp2.404.437.840
PVD	Rp121.905.000
PHD	Rp54.666.900
<i>Freysissol</i>	Rp204.120.000
<i>Dinding Precast</i>	Rp284.895.999
Mikropile	Rp2.016.000.000
	Rp5.086.025.739

**Tabel 6.29** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 1 (Metode *Vacuum*)

Alternatif 1	Total
Material Timbunan	Rp2.404.437.840
<i>Vacuum pump</i>	Rp883.575.000
PVD	Rp121.905.000
PHD	Rp54.666.900
<i>Freysissol</i>	Rp314.743.655
Dinding <i>Precast</i>	Rp257.436.144
	Rp4.036.764.539

**Tabel 6.30** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Alternatif 2 (Metode *Vacuum*)

Alternatif 2	Total
Material Timbunan	Rp2.404.437.840
<i>Vacuum pump</i>	Rp883.575.000
PVD	Rp121.905.000
PHD	Rp54.666.900
<i>Geotextile Wall</i>	Rp204.120.000
Dinding <i>Precast</i>	Rp257.436.144
	Rp3.926.140.884

Dari hasil perhitungan biaya volume material pada alternatif-alternatif timbunan sisi miring didapatkan Alternatif 2 perbaikan tanah *vacuum* dan perkuatan *freysissol* dengan biaya volume material Rp 3.926.140.884,00 adalah yang paling ideal dan efisien dari segi biaya volume material.

### 6.3 Perencanaan *Geotextile Wall* Arah Memanjang Jembatan

Perencanaan *geotextile wall* arah memanjang jembatan digunakan untuk menahan tekanan tanah timbunan agar tidak

langsung diterima oleh pangkal jembatan. Langkah perhitungan kebutuhan *geotextile wall* sama seperti perhitungan pada perhitungan *geotextile wall* timbunan sisi tegak. *Geotextile wall* pada perhitungan ini dipasang pada timbunan dengan tinggi rencana 4,3.

### 6.3.1 Perhitungan Jarak Pemasangan *Geotextile* (Sv)

Data Tanah Timbunan:

$$\gamma_t = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi = 30^\circ$$

Data Tanah Asli

$$\gamma_t = 15,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C_{u \text{ baru}} = 16,8 \text{ kPa}$$

$$\phi = 0^\circ$$

Hasil rekapitulasi perhitungan Sv pada *approach* jembatan dapat dilihat pada **Tabel 6.31**.

**Tabel 6.31** Rekapitulasi Sv *Geotextile Wall* Arah Memanjang

No	z (m)	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	Sv (m)	Sv pakai (m)
1	4,8	33,2667	0,3	0,2
2	4,6	32,0333	0,31	0,2
3	4,4	30,8000	0,32	0,2
4	4,2	29,5667	0,33	0,2
5	4	28,3333	0,35	0,2
6	3,8	27,1000	0,37	0,2
7	3,6	25,8667	0,38	0,2
8	3,4	24,6333	0,4	0,4
9	3	22,1667	0,45	0,4
10	2,6	19,7000	0,5	0,4
11	2,2	17,2333	0,58	0,4

**Tabel 6.31** Nilai Sv *Geotextile Wall* Arah Memanjang  
(Lanjutan)

No	z (m)	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	Sv (m)	Sv pakai (m)
12	1,8	14,7667	0,67	0,6
13	1,2	11,0667	0,9	0,6
14	0,6	7,3667	1,36	0,6

### 6.3.2 Perhitungan Panjang *Geotextile*

Setelah mendapatkan nilai Sv, maka dapat dihitung kebutuhan panjang *geotextile wall*, dapat dilihat pada **Tabel 6.32**.

**Tabel 6.32** Perencanaan *Geotextile Wall* pada Pangkal Jembatan

No	z m	Sv pakai m	Le m	Lr m	L m	Lpakai m	Lo m	Lo pakai m	L total m
1	4,8	0,2	0,10	0,00	2	10	0,5	1	11,2
2	4,6	0,2	0,10	0,07	2	10	0,5	1	11,2
3	4,4	0,2	0,10	0,13	2	10	0,5	1	11,2
4	4,2	0,2	0,11	0,20	2	10	0,5	1	11,2
5	4	0,2	0,11	0,27	2	10	0,5	1	11,2
6	3,8	0,2	0,11	0,33	2	10	0,5	1	11,2
7	3,6	0,2	0,11	0,40	2	10	0,5	1	11,2
8	3,4	0,4	0,22	0,47	2	10	0,5	1	11,4
9	3	0,4	0,22	0,60	2	10	0,5	1	11,4
10	2,6	0,4	0,23	0,73	2	10	0,5	1	11,4
11	2,2	0,4	0,23	0,87	2	10	0,5	1	11,4
12	1,8	0,6	0,37	1,00	2	10	0,5	1	11,6
13	1,2	0,6	0,41	1,20	3	10	0,5	1	11,6
14	0,6	0,6	0,55	1,40	3	10	0,5	1	11,6

### 6.3.3 Kontrol External Stability

Kontrol diperlukan dalam perencanaan *geotextile wall* yaitu *external stability* agar tidak terjadi kegagalan konstruksi terutama kelongsoran. *External stability* berupa guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

#### A. Kontrol terhadap Guling

Perhitungan momen penahan dan momen dorong yang bekerja untuk timbunan pada *approach* jembatan 4,3 m dapat dilihat pada **Tabel 6.33** dan **Tabel 6.34**.

**Tabel 6.33** Perhitungan Momen Penahan untuk Timbunan pada *approach* Jembatan

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	10	4,8	88,8	5	444
Pa sin δ	-	-	3,39	10	33,89736
ΣMomen Penahan					477,8974

**Tabel 6.34** Perhitungan Momen Pendorong untuk Timbunan pada *approach* Jembatan

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
Pa cos δ	6,243	1,60	9,989
ΣMomen Dorong			9,989

Selanjutnya dapat diperhitungkan nilai SF sebagai berikut:

$$SF = \frac{M_{\text{penahan}}}{M_{\text{dorong}}} = \frac{477,89}{9,99} = 47,84 > 2 \text{ (OK)}$$

Maka kontrol terhadap guling sudah memenuhi.

#### B. Kontrol terhadap Geser

Berikut perhitungan kontrol terhadap geser pada tinggi rencana timbunan 4,3 m:

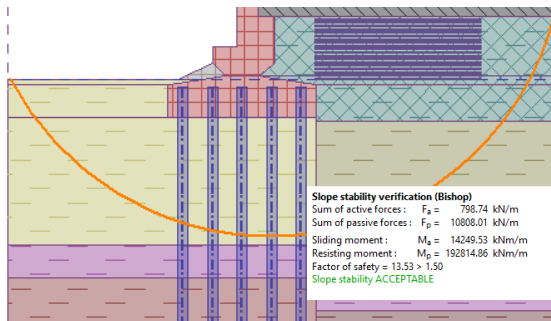
$$\text{Gaya penahan} = \left[ c + \left( \frac{w_s + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] L$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[ 1,68 + \left( \frac{88,8+3,39}{10} \right) \tan 28,5 \right] 10 \\
 &= 65,95 \text{ ton} \\
 \text{Gaya dorong} &= P_a \cos \delta \\
 &= 6,24 \text{ ton} \\
 SF = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya dorong}} &= \frac{65,95}{6,24} = 10,56 > 2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka kontrol perencanaan *geotextile wall* sudah memenuhi.

### 6.3.4 Kontrol terhadap *Overall Stability*

Kontrol terhadap *overall stability* menggunakan program bantu GEO5. Material perkuatan tanah yang telah direncanakan dimasukkan dan untuk tanah dasar menggunakan Cu baru disesuaikan pada tahapan akhir masing-masing timbunan. Hasil analisa menggunakan GEO5 didapatkan faktor keamanan dan bidang longsor dapat dilihat pada **Gambar 6.5**.



**Gambar 6.5** Analisa *Overall Stability* pada Timbunan *Approach* Jembatan

Dari hasil GEO5 diketahui bahwa *overall stability* memenuhi apabila tidak digunakan tiang pancang. Dengan perencanaan eksisting jembatan dengan pondasi tiang sedalam 22 m sudah cukup untuk tidak terjadinya *overall stability*.

### 6.3.5 Kontrol Pondasi Tiang terhadap Gaya Horizontal

Selain pengecekan terhadap *Overall Stability* perlu dilakukan pengecekan terhadap ketahanan pondasi tiang terhadap

gaya horizontal. Perhitungan pengecekan terhadap pondasi tiang menggunakan data perencanaan eksisting jembatan dan dilakukan perhitungan pembebanan kembali untuk mencari gaya horizontal yang terjadi dapat dilihat dari **Tabel 6.35**. Perhitungan gaya lateral ini diambil dari NAVFAC DM-7 (1971) dengan kondisi kedua dengan poer kaku menempel di atas permukaan tanah. Berikut adalah perhitungan kontrol pondasi tiang terhadap gaya horizontal:

1. Data Tiang Pancang

$$d_2 = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 10 \text{ cm}$$

$$d_1 = d_2 - \text{Tebal} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Kelas} = \text{C}$$

$$f_c' = 52 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable axial} = 229,5 \text{ ton}$$

$$\text{Moment Crack} = 29 \text{ t.m}$$

$$\text{Moment Ultimate} = 58 \text{ t.mm}$$

$$E = 4700\sqrt{52} = 33892,18 \text{ MPa}$$

$$I = 329376,4 \text{ cm}^4$$

**Tabel 6.35** Tabel Kombinasi Pembebanan Abutment (SNI 1725:2016)

No	Kombinasi	P kN	Tx kN	Ty kN	Mx kNm	My kNm
1	Kuat I	51000,4	0	669,2	33747,4	0
2	Kuat II	49502,1	0	537,6	30905,6	0
3	Kuat III	44435,2	43,4	187,8	21542,9	269,7
4	Kuat IV	44258,1	0	76,9	20959,0	0
5	Kuat V	44308,7	12,4	108,6	21125,9	77,1
6	Ekstrem I(a)	44258,1	4754,9	0,0	25018,2	14299,5
7	Ekstrem I(b)	44258,1	0	2897,0	69371,3	14592,9

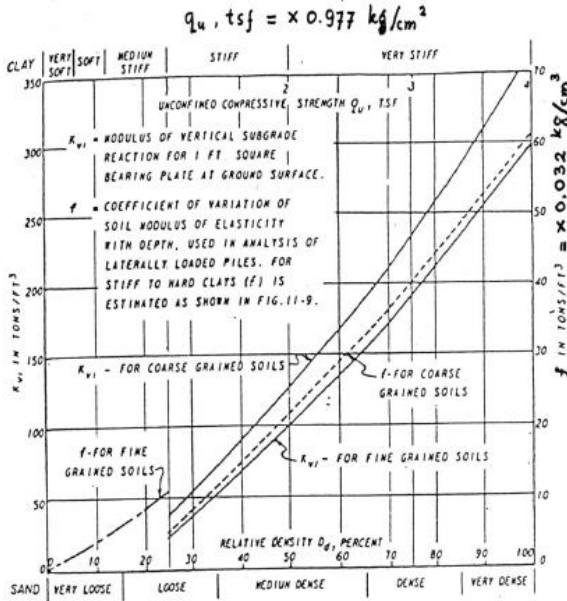
2. Menghitung Faktor Kekuatan Relatif

Mencari harga  $f$  dari **Gambar 6.6** berdasarkan data berikut:

$$C_u = 0,046 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u = 0,092 \text{ kg/cm}^2 = 0,094 \text{ t/ft}^2$$

$$f = 2 \text{ t/ft}^3 = 0,064 \text{ kg/cm}^3$$



**Gambar 6.6** Koefisien variasi ( $f$ ) untuk tiang pancang yang menerima beban lateral

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} = \left( \frac{33892,18}{329376,4} \right)^{\frac{1}{5}} = 280,75 \text{ cm}$$

$$= 2,8075 \text{ m}$$

3. Menentukan Koefisien Defleksi dan Koefisien Momen

Dalam menentukan koefisien tersebut digunakan grafik pada **Gambar 6.7**. Berikut adalah hasil perhitungan data dan dari grafik:

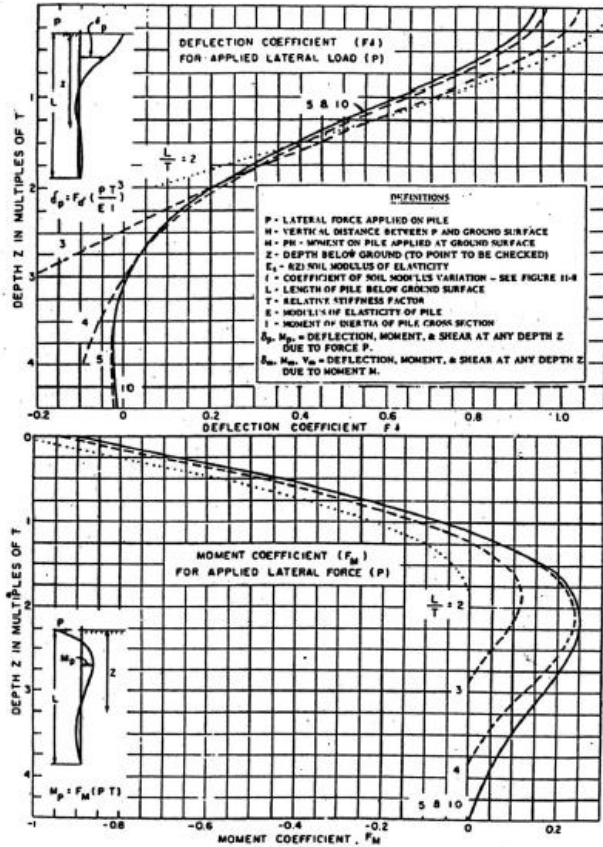
$$zf = 1,8T = 1,8 \times 2,81 = 5,05 \text{ m}$$



$L$ , panjang tiang = 22 m

$$\frac{L}{T} = \frac{22}{2,8075} = 7,84$$

$$F_{\delta} = 0,92 \text{ (diasumsikan } z = 0 \text{ m; maksimum)}$$



**Gambar 6.7** Koefisien-koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II

4. Perhitungan Defleksi dan Besar Gaya Horizontal Izin  
Perhitungan defleksi pada satu tiang sebagai berikut:

$$P = \frac{PT}{n} = \frac{4754,9}{50 \text{ tiang}} = 95,099 \text{ kN} = 9509,9 \text{ kg}$$

$$\delta = F_{\delta} \left( \frac{PT^3}{EI} \right)$$

$$= 0,92 \left( \frac{9509,9 \times 280,75^3}{338921,92 \times 329376,4} \right)$$

$$= 1,734 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Perhitungan gaya horizontal izin yang dapat diterima tiang pancang sebagai berikut:

$$H_{crack} = \frac{2 \times M_{crack}}{(e + zf)}$$

$$= \frac{2 \times 29}{(0 + 5,05)}$$

$$= 11,485 \text{ ton} > H_u = 9,51 \text{ ton (OK)}$$

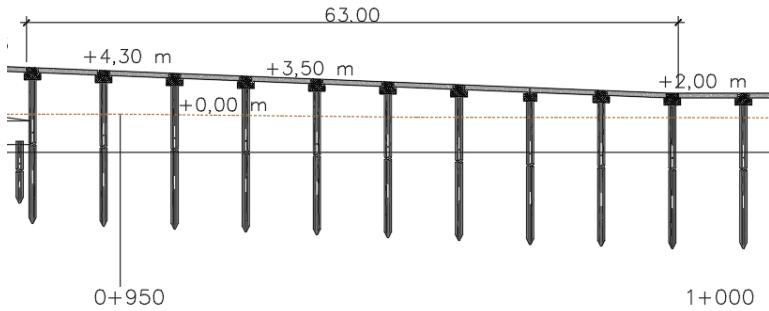
Gaya horizontal izin lebih besar dari pada gaya horizontal *ultimate* sehingga memenuhi, begitu pula defleksi dari satu tiang. Perencanaan *abutment* jembatan tidak perlu diubah apabila konstruksi *slab on pile* diganti konstruksi timbunan.

#### 6.4 Perbandingan Alternatif Perencanaan Timbunan dengan *Slab on Pile*

Setelah biaya volume material pada timbunan selanjutnya dilakukan perhitungan untuk konstruksi *slab on pile*. Perhitungan biaya volume material konstruksi timbunan dan *slab on pile* adalah sepanjang *approach* jembatan 63 m yang dapat dilihat pada **Gambar 6.8**. *Slab on pile* terdiri dari pelat (*slab*), balok, dan pondasi tiang (tiang pancang). List biaya material yang digunakan terlampir pada **Tabel 6.8**. Hasil perhitungan biaya volume *slab on pile* dapat dilihat pada **Tabel 6.36**.

Hasil perhitungan perencanaan biaya volume material *slab on pile* akan dibandingkan dengan alternatif dari perencanaan timbunan baik sisi miring dan tegak. Biaya volume material *slab on pile* yang dibutuhkan adalah Rp 17.103.133.997, sehingga dapat disimpulkan bahwa konstruksi timbunan lebih ideal dan efisien. Alternatif perencanaan timbunan yang paling ideal dan efisien adalah timbunan sisi tegak alternatif 2 perbaikan

tanah *vacuum* dan perkuatan *freyssisol* dengan biaya volume material Rp 3.926.140.884,00.



**Gambar 6.8** Potongan Melintang Slab on Pile pada Approach Jembatan

**Tabel 6.36** Hasil Perhitungan Biaya Volume Material Slab on Pile

Tinggi (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Jumlah Slab on Pile	Total Biaya
4,3	63	18	2	Rp5.701.044.666
3,5	63	18	2	Rp5.701.044.666
2	63	18	2	Rp5.701.044.666
				Rp17.103.133.997

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB VII

### PENUTUP

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pangkal jembatan memiliki perilaku tanah *swelling* medium, tetapi karena tanah merupakan tanah lempung jenuh dengan NSPT kurang dari 10 maka tanah memiliki pemampatan besar dan lama.
2. *Settlement* total tanah akibat adanya beban timbunan sisi miring 4,3 m sebesar 2,0765 m; 3,5 m yaitu 1,736 m; dan 2 m sebesar 0,8672 m. *Settlement* total akibat adanya beban timbunan sisi tegak 4,3 m sebesar 2,0628 m; 3,5 m yaitu 1,726 m; dan 2 m sebesar 0,8443 m. Lama pemampatan konsolidasi didapatkan pada timbunan 4,3 m dan 3,5 m membutuhkan waktu 173,42 tahun; untuk timbunan dengan tinggi 2 m membutuhkan waktu 103,63 tahun.
3. Hasil perencanaan PVD yang digunakan, yaitu pola segiempat dengan jarak 1,2 m panjang PVD  $3/4H_{dr}$  dan PVD  $2/3H_{dr}$ . Besar beban *preloading* yang berupa tinggi awal timbunan setelah direncanakannya PVD, yaitu pada timbunan sisi miring, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,6 dan pada timbunan sisi tegak, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,5 m.
4. Perkuatan yang paling ideal dari segi biaya volume material adalah pada timbunan sisi miring adalah perbaikan tanah dengan metode *vacuum*, sedangkan pada timbunan sisi tegak adalah perbaikan tanah dengan metode *vacuum* perkuatan *freysisol*.
5. Alternatif timbunan sisi tegak dengan perbaikan tanah *vacuum* dengan perkuatan *freysisol* lebih ideal dan efisien dibandingkan konstruksi *slab on pile*.

## **7.2 Saran**

Adapun beberapa saran dari penulis sebagai berikut:

1. Kondisi di lapangan perlu diperhatikan lebih lagi dalam mempertimbangkan pemilihan perencanaan perbaikan dan perkuatan tanahnya.
2. Pada perhitungan biaya pengadaan, selanjutnya dapat diperhitungan biaya pelaksanaan.
3. Pada jembatan evaluasi perencanaan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016) ‘SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan’.
- [2] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2017) ‘SNI 864:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik’.
- [3] Carter, J. P. (2014) ‘Methods of vacuum consolidation and their deformation analyses’, (February).
- [4] Dam, L. T. K., Sandanbata, I. and Kimura, M. (2006) ‘Vacuum Consolidation Method – Worldwide Practice and the Latest Improvement in Japan’.
- [5] Das, B. M. (1999) ‘Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlement’.
- [6] Dhar, A. S., Siddique, A. and Ameen, S. F. (2011) ‘Ground Improvement using Pre-loading with Prefabricated Vertical Drains’, 2(2), pp. 86–104.
- [7] Firoozi, Ali Akbar, Firoozi, Ali Asghar and Baghini, M. S. (2017) ‘A Review of Clayey Soils’, (January).
- [8] Komornik, A., & David, D. (1969). Prediction of Swelling Pressure of Clays.
- [9] Mochtar, N. E. (2012). Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. *Jur. Tek. Sipil*.
- [10] Mochtar, I. B. (2000). Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils). *Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS*
- [11] Naval Facilities Engineering Command (1971) ‘Soil Mechanics, Foundation, and Earth Structures’.
- [12] Seed, H. B., & Lundgren, R. (1962). Prediction of swelling potential for compacted clays. *Journal of the soil mechanics and foundations division*, 88(3), 53-88.
- [13] Terzaghi, K. (1943) *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley, New York.

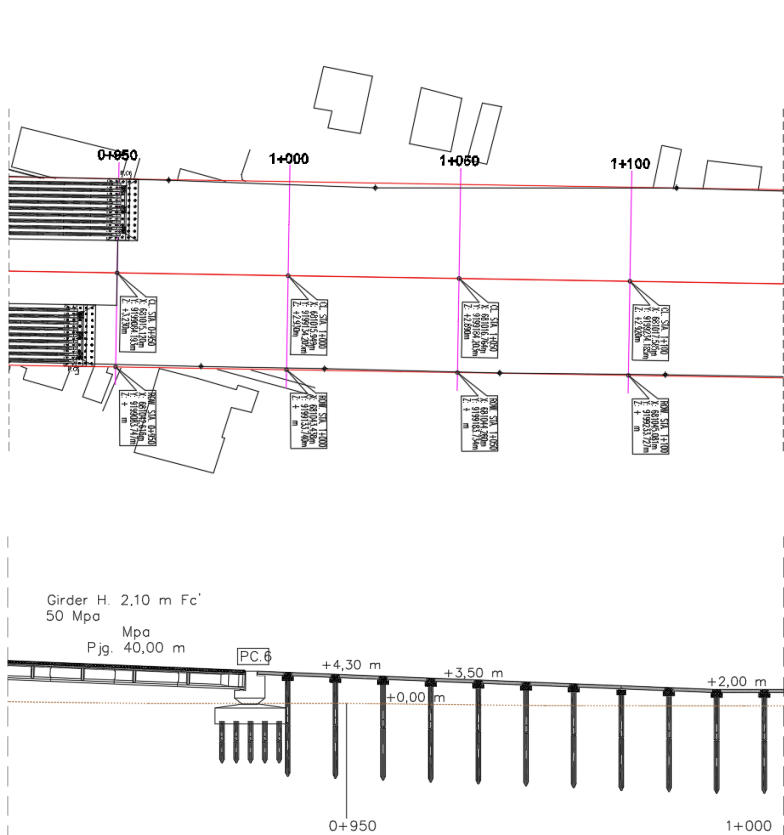
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 DATA PERENCANAAN

Layout *approach* jembatan dengan *slab on pile* pada STA 0+900 ke STA 0+950 Proyek Konstruksi Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya.



# Data Tanah STA 0+400

DRILLING LOG																									
No. : 1	Project : Biaya Perencanaan Final (Tahap Selesai)										Type of Drilling : Rotary	Sct. :													
o No. : 1	Lokasi : Jl. Lintas Lingkar Dalam Kota Semarang										Date : 19-Oct-17														
bb : 2m (Dari Muka Tanah Setengah)	Elevation : ± 0.0 (muka tanah setempat)										Driller :														
Depth in m	Thickness in m	Legend	Description of Soil	Relative Density or Consistency	Standard Penetration Test					Physical Properties			Atterberg Limit			Oedometer Test		Strength Test							
					LID / SPT	Blows per each 15 cm	N-Value	$\gamma$	$W_L$	S	$\theta$	$G_s$	LL	PL	PI	CI	Swell Test	Testing Type	C	$\phi$	$q_u$				
0.00					Depth in m	Blows per each 15 cm	N-Value																		
			Lempung Berpasir Kuning Kacoklatan	Medium s/d Very Stiff	31	9	3	4	5	1.696	30.43	100.00	1.163	2.050	70.89	28.52	51.38	0.458	-	-	Triax UI	0.331	3.30	-	
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	32	15	3	6	9	1.813	44.40	100.00	1.368	2.057	85.93	30.51	56.42	0.457	-	-	Triax UI	0.712	4.90	-	
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	33	22	8	11	12	1.730	40.42	100.00	1.149	2.046	114.23	31.05	83.16	-	-	-	Triax UI	1.304	7.10	-	
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	34	26	6	10	15	1.706	41.44	100.00	1.197	2.050	98.30	22.22	70.05	-	-	-	Triax UI	1.192	7.70	-	
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	35	35	8	14	21	1.789	43.70	100.00	1.110	2.627	101.32	33.80	67.82	-	-	-	Triax UI	1.229	10.40	-	
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	36	28	9	14	14																
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	37	31	10	15	16																
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	38	31	11	14	17																
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	39	37	9	18	19																
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	40	32	10	14	18																
			Lempung Berpasir Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	41	47	11	21	26																

# Data Tanah STA 0+750

Scale in m		Excavation (DWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UB / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N-Value
in	ft									Height in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/25 cm	Blows per each 15 cm	Blows per each 30 cm	
DRILLING LOG																	
Project Location		- LINGKAR BARAT, SURABAYA		Project name		- FLY OVER SEMENI		Type of Drilling		- Rotary drilling machine		Remarks					
Date Field Name		- 011 - 1		Class		- DENIAS PU BDIAMADGA DAN		Drawn By		- 01-Des-11		ID = Endless Sample					
Elevation		-		City		- PEMATISAN KOTA SURABAYA		Driller		- SAMPUN CS		CS = Core Sample					
												SPT = SPT Test					
START OF BORING																	
0.00	0.00																
1.00	-1.00																
2.00	-2.00																
3.00	-3.00																
4.00	-4.00																
5.00	-4.00																
6.00	-4.00																
7.00	-7.00																
8.00	-8.00																
9.00	-8.00																
10.00	-10.00																
11.00	-10.00																
12.00	-12.00																
13.00	-13.00																
14.00	-14.00																
15.00	-15.00																
16.00	-15.00																
17.00	-17.00																
18.00	-18.00																
19.00	-19.00																
20.00	-20.00																
21.00	-21.00																
22.00	-22.00																
23.00	-23.00																
24.00	-24.00																
25.00	-25.00																
26.00	-26.00																
27.00	-27.00																
28.00	-28.00																
29.00	-29.00																
30.00	-30.00																

# Data Parameter Tanah STA 0+750



## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111

### REKAP HASIL TEST

CLIENT : DINAS PU BINAMARGA DAN PEMATUSAN KOTA SURABAYA  
 PROJECT : JALAN LINGKAR LUAR BARAT SURABAYA  
 LOCATION : FLY OVER SEMEMI  
 POINT : BH-1

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI							CONSOLIDATION			
	Ga	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-5.00	2.643	1.422	100.000	53.80	58.71	1.678	0.693	1.678	*	*	*
-10.00	2.627	1.375	100.000	54.41	57.89	1.643	0.692	1.643	*	*	*
-15.00	2.472	1.365	100.000	55.22	57.72	1.622	0.686	1.622	*	*	*
-20.00	2.616	1.332	100.000	50.94	57.12	1.693	0.726	1.693	*	*	*
-25.00	2.548	1.275	100.000	50.04	56.04	1.680	0.739	1.680	*	*	*
-30.00	2.583	1.144	100.000	44.29	53.36	1.738	0.811	1.738	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITAS
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	
-5.00	0.00	2.35	97.65	66.39	31.67	34.72	0	*	0.367	*
-10.00	0.00	6.72	93.28	64.41	32.93	31.48	0	*	0.625	*
-15.00	0.00	3.98	96.02	64.64	33.34	31.30	0	*	0.801	*
-20.00	0.00	7.13	92.87	61.81	34.35	27.46	0	*	1.225	*
-25.00	0.00	4.88	95.12	62.43	31.35	31.08	0	*	1.725	*
-30.00	0.00	8.70	91.30	61.46	32.54	28.92	0	*	2.093	*

REMARK

G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	$\phi$	= Angle of internal friction (degree)
S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C	= Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	Cu	= Cohesion Undrained (kg/cm <sup>2</sup> )
Ga	= Specific Gravity	Wc	= Water content (%)	$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gr/cc)
e	= Void ratio	n	= Porosity (%)	$\gamma_d$	= Dry density (gr/cc)
Sr	= Degree of saturation (%)	$\gamma_t$	= Wet density (gr/cc)		
Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )				
Cc	= Compression Index				
Cv	= Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /kg)				
*	= Not test				

# Data Tanah STA 1+000

**SOIL & ROCK MECHANICS LABORATORY**  
**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**  
**CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY - ITS**  
 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 5984251 - 55 Pfw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 552985, e-mail: ltblab@its.ac.id

### DRILLING LOG

Location	OSOWILANGUN	Project name	JALAN ALTERNATIF	Type of Drilling	Rotary drilling, open hole	Remarks
Utd. No.		Sheet No.	OSOWILANGUN ROW. 4304	Sheet Date	10-Dec-11	UD = Unfinished Sample
Utd. Name	BH - 1	Class	DINAS PU BERHAMBANG DAN	Utd. Code	13-Dec-11	C = Core Sample
Location			PEMATANGAN KOTA SURABAYA	Utd. Code		SPT = SPT Test

Soil No.	Elevation (m) in m	Depth (m)	Thickness (m)	Legend	Type of Soil	Color	Relative Density or Consistency	General Remarks	SPT / CN		Standard Penetration Test			N-Value
									Depth (m)	Sample Code	Blows per each 30 cm			
										N Value Blow/30 cm				
										1st	2nd	3rd		
START OF RECORD														
0.00	0.00													
1.00	-0.50													
2.00	-1.00													
3.00	-1.50													
4.00	-2.00													
5.00	-2.50				LEMPUNG LIUR	ABUABU	SPT = 1-4023	VERY SOFT						
6.00	-3.00								4.50	UD 01				
7.00	-3.50								6.00	SPT 1	1	0	0	1
8.00	-4.00								6.45	SPT 2	2	0	1	1
9.00	-4.50								6.90	SPT 3	3	1	1	1
10.00	-5.00								7.35	SPT 4	4	1	2	3
11.00	-5.50								7.80	SPT 5	5	2	3	4
12.00	-6.00								8.25	SPT 6	6	2	3	4
13.00	-6.50								8.70	SPT 7	7	2	3	4
14.00	-7.00								9.15	SPT 8	8	2	3	4
15.00	-7.50								9.60	SPT 9	9	2	3	4
16.00	-8.00								10.05	SPT 10	10	2	3	4
17.00	-8.50								10.50	SPT 11	11	2	3	4
18.00	-9.00								10.95	SPT 12	12	2	3	4
19.00	-9.50								11.40	SPT 13	13	2	3	4
20.00	-10.00								11.85	SPT 14	14	2	3	4
21.00	-10.50				LEMPUNG	ABUABU	SPT = 5-4023	MEDIUM TO VERY SOFT	12.30	UD 02				
22.00	-11.00								12.75	SPT 15	15	4	4	9
23.00	-11.50								13.20	SPT 16	16	5	4	9
24.00	-12.00								13.65	SPT 17	17	5	6	11
25.00	-12.50								14.10	SPT 18	18	6	7	13
26.00	-13.00								14.55	SPT 19	19	6	7	13
27.00	-13.50								15.00	SPT 20	20	6	8	15
28.00	-14.00								15.45	SPT 21	21	6	8	15
29.00	-14.50								15.90	SPT 22	22	6	8	15
30.00	-15.00								16.35	SPT 23	23	6	8	15

# Data Parameter Tanah STA 1+000



## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATAUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
Kampus ITS, Kepuli Sukolilo Surabaya 60111

### REKAP HASIL TEST

CLIENT : DINAS PU BINAMARGA DAN PEMATUSAN KOTA SURABAYA  
PROJECT : JALAN LINGKAR LUAR BARAT SURABAYA  
LOCATION : JALAN AKSES OSOWILANGUN (ROW 40)  
POINT : BH-1

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-5,00	2,547	1,622	100,000	83,68	81,88	1,560	0,506	1,590	*	*	*
-10,00	2,522	1,577	100,000	82,53	81,20	1,561	0,517	1,561	*	*	*
-15,00	2,641	1,521	100,000	57,59	60,33	1,651	0,656	1,851	*	*	*
-20,00	2,651	1,438	100,000	54,24	58,98	1,677	0,688	1,677	*	*	*
-25,00	2,502	1,427	100,000	57,53	58,80	1,618	0,667	1,919	*	*	*
-30,00	2,512	1,332	100,000	53,03	57,12	1,648	0,707	1,648	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH		PERMEABILITAS	
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	Cu		
-5,00	0,00	7,48	92,52	73,88	33,67	40,21	0	*	0,050	*
-10,00	0,00	3,43	96,57	73,53	34,12	39,41	0	*	0,110	*
-15,00	0,00	4,29	95,71	74,42	34,48	39,97	0	*	0,311	*
-20,00	0,00	5,62	94,38	72,61	32,28	40,33	0	*	0,350	*
-25,00	0,00	6,06	93,96	73,62	33,86	39,76	0	*	0,566	*
-30,00	0,00	6,18	93,82	73,89	32,66	41,21	0	*	1,220	*

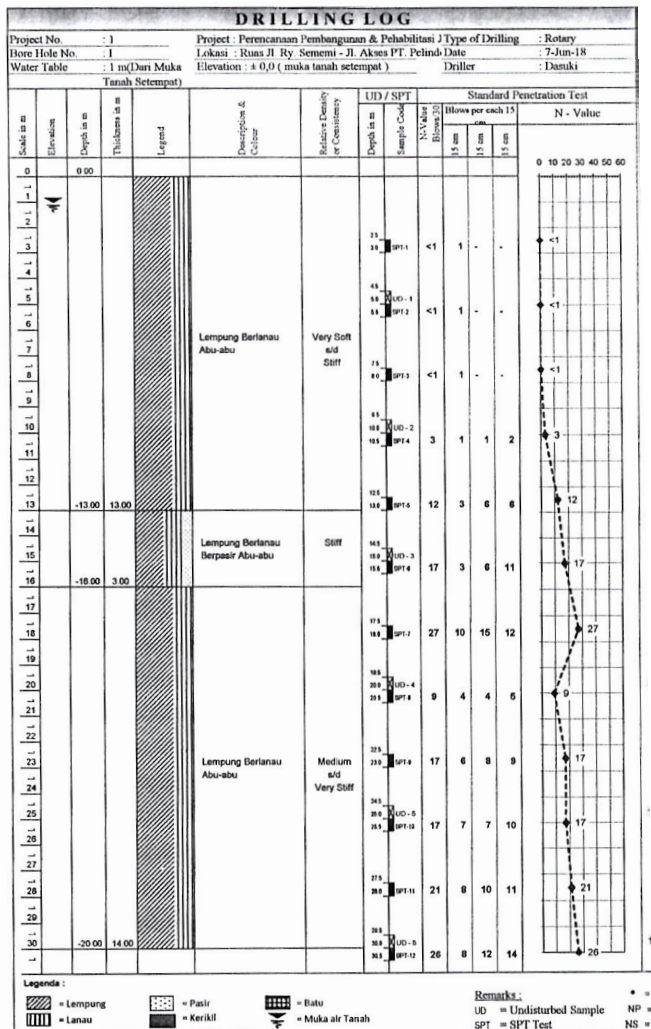
REMARK

G = Gravel (%)      LL = Liquid Limit (%)       $\phi$  = Angle of internal friction (degree)  
 S = Sand (%)      PL = Plastic Limit (%)      C = Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S + Cl = Silt + Clay (%)      IP = Plastic Index (%)      Cu = Cohesion Undrained (kg/cm<sup>2</sup>)

Gs = Specific Gravity      W<sub>s</sub> = Water content (%)       $\gamma_{sat}$  = Saturated density (gr/cc)  
 e = Void ratio      n = Porosity (%)       $\gamma_c$  = Dry density (gr/cc)  
 Sr = Degree of saturation (%)       $\gamma_t$  = Wet density (gr/cc)

Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Cc = Compression Index  
 Cv = Compression of Consolidation (cm<sup>2</sup>/kg)  
 \* = Not test

# Data Tanah STA 2+300



# Parameter Data Tanah STA 2+300



V<sub>2</sub>

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**LABORATORIUM TRANSPORTASI DAN GEOTEKNIK**  
 Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp : 031 5981006, 5947637 , Fax : 031 5981006  
 Email : labtransgeo.its@gmail.com

**Table SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS**

Project : Perencanaan Pembangunan Dan Rehabilitasi Jalan (Jalan Lingkar Luar Barat)  
 Standard : ASTM / SNI  
 Location : Ruas Jl. Raya Sememi - Jl. Akses PT. Pelindo

Bore Hole		BH1					
Sample Depth (m)		-5.0	-10.0	-15.0	-20.0	-25.0	-30.0
Physical Properties	Unit weight $\gamma_t$ ( $t/m^3$ )	1.487	1.441	1.591	1.724	1.755	1.718
	Dry unit weight $\gamma_d$ ( $t/m^3$ )	0.853	0.769	1.023	1.210	1.232	1.165
	Saturation Unit Weight $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ )	1.517	1.465	1.621	1.758	1.776	1.731
	Water content $W_c$ (%)	74.42	87.28	55.54	42.53	42.43	47.49
	Degree of Saturation $S_r$ (%)	100	100	100	100	100	100
	Porosity $n$ (%)	66.42	69.55	59.78	54.88	54.43	56.57
	Void Ratio $e$	1.978	2.284	1.486	1.216	1.194	1.302
	Specific Gravity $G_s$	2.539	2.527	2.543	2.681	2.704	2.682
Atterberg Limit	Liquid limit $LL$ (%)	94.58	106.30	83.86	105.67	93.35	115.68
	Plastic limit $PL$ (%)	25.68	33.46	32.41	25.34	28.28	32.63
	Plasticity Index $PI$ (%)	68.90	72.84	51.45	80.33	65.07	83.05
Grain Size Distribution	Gravel (%)	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00
	Sand (%)	3.12	2.50	26.00	0.37	0.49	0.25
	Silt (%)	39.48	33.36	35.69	35.80	40.55	36.72
	Clay (%)	57.40	64.15	38.31	62.66	58.96	63.03
	Koef. Keseragaman $CU$	*	*	*	*	*	*
Koef. Kelengkungan $CC$	*	*	*	*	*	*	
Unconfined Compression Test	Peak Deviator Stress, $q_u$ ( $kg/cm^2$ )	*	*	*	*	*	*
	Undisturbed Cohesion, $C_u$ ( $kg/cm^2$ )	*	*	*	*	*	*
	Modulus Elasticity, $E_{50}$ ( $kg/cm^2$ )	*	*	*	*	*	*
	Strain at failure (%)	*	*	*	*	*	*
Triaxial Test	Friction Angle (degree)	*	1.50	6.00	7.00	7.20	5.60
	Cohesion Intercept ( $kg/cm^2$ )	*	0.078	0.739	0.452	0.745	1.040
	Drainage condition	*	UU	UU	UU	UU	UU
Direct Shear Test	Friction Angle (degree)	*	*	*	*	*	*
	Cohesion Intercept ( $kg/cm^2$ )	*	*	*	*	*	*
Lab. Vane Shear Test	Shear Undrained, $C_u$ ( $Ton/m^2$ )	0.43	*	*	*	*	*
	Shear Undrained, $C_u$ ( $kg/cm^2$ )	0.043	*	*	*	*	*
Consolidation Test	Preconsolidation Pressure ( $kg/cm^2$ )	1.404	1.647	*	*	*	*
	Compression Index, $C_c$	0.709	0.930	*	*	*	*
Remarks :							
* : No Test      NP = No Plastic      NS = No Sample/Sampuh							



# LAMPIRAN 2 BROSUR PERENCANAAN

## Brosur Perencanaan *Vertical Drain*

### CeTeau-Drain CT-D812

#### Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

#### Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D812
Drain Body	Configuration	-	
	Material	-	PP
	Colour	-	white
Filter Jacket	Material	-	PET
	Colour	-	grey
Assembled Drain	Weight	g/m	70
	Width	mm	100
	Thickness	mm	3

Mechanical properties		Symbol	Test	Unit	CT-D812
<b>Filter Jacket</b>					
Grab Tensile Strength	$F$	ASTM D4632	N	480	
Elongation	$\epsilon$	ASTM D4632	%	32	
Tear Strength		ASTM D4533	N	120	
Pore Size	$O_m$	ASTM D4751	$\mu\text{m}$	< 75	
Permeability	$k$	ASTM D4491	$\text{m}^3/\text{s}$	> $1.0 \times 10^{-4}$	
<b>Assembled Drain</b>					
Tensile Strength	$F$	ASTM D4595	kN	2.50	
Elongation at break	$\epsilon$	ASTM D4595	%	40	
Strength at 10% elongation	$F$	ASTM D4595	kN	2.1	
Elongation at 1 kN tensile strength	$\epsilon$	ASTM D4595	%	1.0	
Discharge capacity at 100 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$92 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 150 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$89 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 200 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$87 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 250 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$86 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 300 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$85 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 350 kPa	$q_c$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$84 \times 10^{-6}$	

Transport details		Unit	CT-D812
Roll length		m	300
Outside diameter roll		m	1.10
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20
40ft container		m	135,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

**PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor  
 Jl. Runglut Industri Raya No.10 Surabaya 60293  
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063  
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id

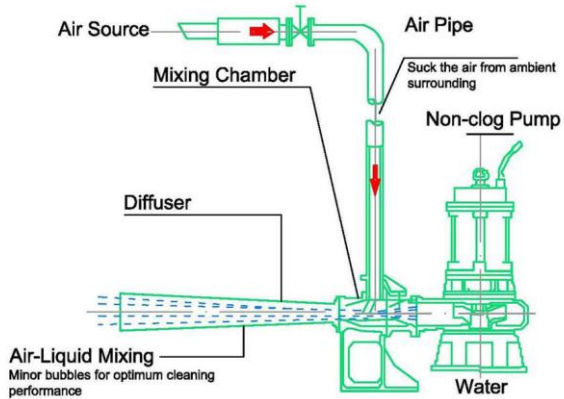


## Brosur Perencanaan *Horizontal Drain*

Properties	Test Method	Unit	CT-SD100-20	CT-SD100-30
<b>Composite Drain</b>				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4491	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m <sup>3</sup> /s	2.4*10 <sup>-8</sup>	3.6*10 <sup>-5</sup>
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m <sup>2</sup>	600	600
<b>Core</b>				
Profile	-	-	Cuspated	Cuspated
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
<b>Filter</b>				
Material	-	-	PET	PET
UV Stabilized	-	-	y85	y85
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4491	m/s	1.5 *10 <sup>-4</sup>	1.5 *10 <sup>-4</sup>
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m <sup>2</sup>	180	180

All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for. All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

## Brosur Perencanaan *Vacuum Pump*



Item	Unit	Value
Model	-	YMSA-3.0
Power	kw	3.0
Current	A	6.4
Voltage	V	380
Rotational Speed	r/min	2900
Frequency	hz	50
Insulation Grade	-	F
Max Diving Depth	m	4.0
Air Inflow	m <sup>3</sup> /h	50
Filling Oxygen	(kgO <sub>2</sub> /h)/(m <sup>3</sup> /h)	2.75
Inlet Pipe Diameter	mm	50

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL  
 Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor,  
 Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293, Indonesia  
 Tel: +62-31-847 5092 Fax: +62-31-847 5093  
 Email : info@geosistem.co.id  
 Website : www.geosistem.co.id



# UnggulTex

POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

## TECHNICAL SPESIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
<b>Physical Properties</b>					
Mass	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
<b>Mechanical Properties</b>					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
<b>Hydraulic Properties</b>					
Pore Size O <sub>95</sub>	μm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m <sup>2</sup> /sec	100 mm water head	28	16	7.5
<b>Environmental Properties</b>					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
<b>Packaging</b>					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m <sup>2</sup>	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

### PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

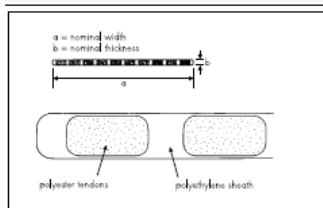
Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293  
 Tel. 031-8475062 Fax. 031-8475063  
 Email : info@geosistem.co.id  
 Website : www.geosistem.co.id



GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 001386 CERTIFICATE NO. JKT 0019476

## Brosur Perencanaan *Freyssisol*

Table 1 Paraweb-2S straps — dimensions



Grade	Coil length (m)	Weight (kg)	Nominal width (mm)	Nominal thickness (mm)
30	100	14.7	85	2.2
50	100	22.7	90	3.5
100	100	36.5	90	6.0

### Attachment loops and toggles

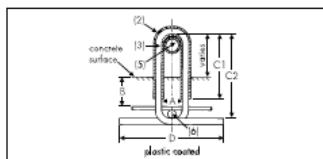
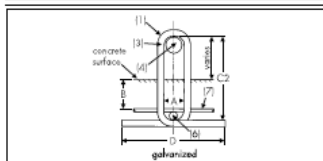
1.6 Paraweb-2S straps are connected to the precast concrete facings (see section 1.7) by an attachment loop and toggle arrangement (see Table 2 and Figure 2). Both items are obtained to the Certificate holder's specifications and are available in two sizes and with two coating specifications, namely:

- (1) Hot-dip galvanizing in accordance with the requirements of BD 70 — for use with permissible fill types defined in Table 6/3 of the MCHW1, relating to galvanized steel reinforcing elements.
- (2) Epoxy coated and partially covered with plastisol to a minimum thickness of 2.5 mm and 3.0 mm for loops and toggles, respectively. This detail has been assessed to provide equivalent durability to stainless steel and can therefore be used with permissible soil types defined in Table 6/3

Figure 2 Typical diagrammatic plan view

of the MCHW1. A 12 mm by 45 mm cold-reduced saddle is tack welded to the loop to distribute the stress and to prevent damage to the coating.

Table 2 Attachment loop and toggle details (nominal dimensions shown)



Strap	Coating	Dimensions (mm)				Loops <sup>(1)</sup>	Toggle anchor bar <sup>(6)</sup>	Horizontal anchor bar <sup>(6)</sup>	Vertical anchor bar <sup>(6)</sup>	
		A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>					D
100 kN	C <sup>(1)</sup>	38	55	—	160	430	12	32	16	8
100 kN	p <sup>(2)</sup>	47	55	121	160	430	12	32	16	8
30 or 50 kN	C <sup>(1)</sup>	38	55	—	160	200	12	25	16	6
30 or 50 kN	p <sup>(2)</sup>	40	55	123	160	200	12	25	16	6

(1) Hot-dip galvanizing in accordance with BD 70 (minimum coating 1000 gm<sup>2</sup>) (see section 1.4(1)).

(2) 3 mm PVC coating and epoxy coated (see section 2.6(2)).

(3) Mild steel to BS 4449 : 1997, grade 250.

(4) To BS EN 10025 : 1993, grade S355JR, coated in accordance with (1).

(5) To BS EN 10025 : 1993, grade S355JR, coated in accordance with (2).

(6) Mild steel, 1600 mm long to BS 4449 : 1997, grade 250.

(7) High yield steel to BS 4449 : 1997, grade 460.

Note: Plastic-coated attachment loops incorporate steel saddle 45 mm long by 12 mm wide, or 25 mm wide for 30 or 50 kN straps, and 100 kN straps respectively.

## Brosur Perencanaan Cerucuk atau *Micropile*

### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength ( $f_c'$ ) = 52 MPa (Kube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Area (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Discompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)	
						Crack <sup>*)</sup> (ton/m)	Break (ton/m)				
300	60	452.39	34,607.79	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12	
						A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
						B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
						C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.88	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13	
						A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
						B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
						C	6.00	12.00	85.00	59.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.30	38.62	6-14	
						A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
						B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
						C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14	
						A3	8.50	12.75	145.80	51.39	6-15
						B	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
						C	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15	
						A2	12.50	18.75	181.30	68.49	6-16
						A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
						B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
600	100	1,570.80	510,588.81	393	A1	17.00	25.50	252.30	70.52	6-16	
						A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
						A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
						B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	29.00	58.00	329.50	103.87	6-20	
						A2	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
						A3	46.00	68.00	406.10	151.02	6-21
						B	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22	
						A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
						A3	89.00	139.50	589.66	258.19	6-24
						B	105.00	189.00	575.33	311.36	6-24
1,200 ***	150	4,948.21	6,938,136.85	1,327	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24	
						A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6-24
						A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
						B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
1,500 ***	180	7,593.60	11,316,960.00	2,028	A1	150.00	225.00	952.50	252.10	6-24	
						A2	160.00	240.00	944.00	283.00	6-24
						A3	170.00	255.00	936.00	314.00	6-24
						B	190.00	342.00	908.00	405.00	6-24

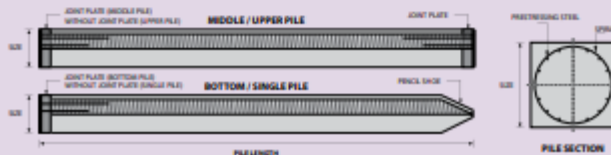
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5325-1987 (Prestressed Spun Concrete Pile)

Unit Conversion : 1 ton = 9,8060 kN

\*\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Maxine Shoe

### PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



### LAMPIRAN 3 ANALISA DATA TANAH

#### STA 0+400

Kedalaman (m)	NSPT	γ <sub>sat</sub> t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	G <sub>s</sub>	LL %	PL %	IP %	C <sub>c</sub>	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	15	1,696	38,43	1,163	2,650	79,88	28,52	51,36	0,458	0,331
10	25	1,613	44,40	1,388	2,667	86,93	30,51	56,42	0,457	0,712
15	35	1,730	40,42	1,149	2,648	114,23	31,05	83,18	-	1,304
20	31	1,706	41,44	1,197	2,650	98,30	22,22	76,08	-	1,192
25	37	1,789	43,70	1,110	2,637	101,32	33,80	67,52	-	1,229
30	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### STA 0+750

Kedalaman (m)	NSPT	γ <sub>sat</sub> t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	G <sub>s</sub>	LL %	PL %	IP %	φ	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	5	1,678	53,80	1,422	2,643	66,39	31,67	34,72	0	0,367
10	15	1,643	54,41	1,375	2,527	64,41	32,93	31,48	0	0,625
15	18	1,622	55,22	1,365	2,472	64,64	33,34	31,30	0	0,801
20	36	1,693	50,94	1,332	2,615	61,81	34,35	27,46	0	1,225
25	40	1,68	50,04	1,275	2,548	62,43	31,35	31,08	0	1,725
30	43	1,738	44,29	1,144	2,586	61,46	32,54	28,92	0	2,093

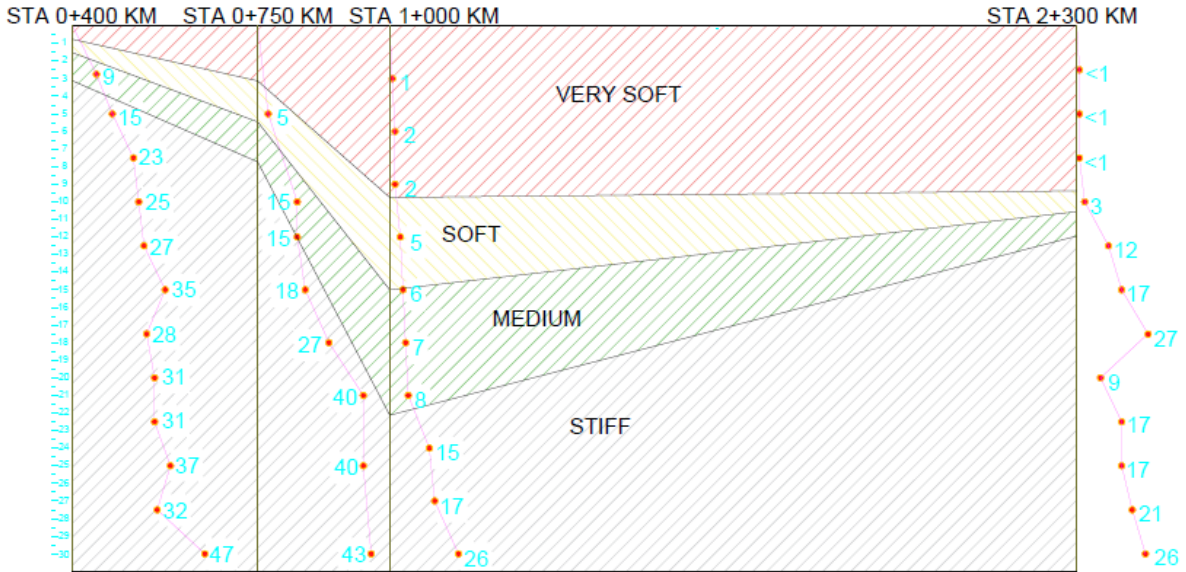
#### STA 1+000

Kedalaman (m)	NSPT	γ <sub>sat</sub> t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	G <sub>s</sub>	LL %	PL %	IP %	φ	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /dtk	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	2	1,59	63,68	1,622	2,547	73,88	33,67	40,21	0	0,00076	0,050
10	3	1,591	62,53	1,577	2,522	73,53	34,45	39,08	0	0,00078	0,110
15	6	1,651	57,24	1,521	2,641	74,41	34,45	39,96	0	0,00079	0,311
20	8	1,677	54,24	1,438	2,651	72,61	32,28	40,33	0	0,00110	0,350
25	16	1,619	57,03	1,470	2,502	73,62	33,86	39,76	0	-	0,596
30	26	1,648	53,03	1,33	2,512	72,61	32,28	40,33	0	-	1,220

#### STA 2+300

Kedalaman (m)	NSPT	γ <sub>sat</sub> t/m <sup>3</sup>	Wc %	e	G <sub>s</sub>	LL %	PL %	IP %	φ	C <sub>c</sub>	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /kg	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5	<1	1,517	74,42	1,978	2,539	94,58	25,68	68,90	-	0,709	0,0007	0,043
10	3	1,465	87,28	2,284	2,527	106,30	33,46	72,84	1,50	0,930	0,0003	0,078
15	17	1,621	55,54	1,486	2,543	83,86	32,41	51,45	6,00	-	-	0,739
20	9	1,758	42,53	1,216	2,681	105,67	25,34	80,33	7,00	-	-	0,452
25	17	1,776	42,43	1,194	2,704	93,35	28,28	65,07	7,20	-	-	0,745
30	26	1,731	57,49	1,302	2,682	115,68	32,63	83,05	5,6	-	-	1,040

# Statigrafi Data Tanah





## Statistik Parameter Data Tanah

γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean t/m <sup>3</sup>	Standart Deviasi	Batas Atas t/m <sup>3</sup>	Batas Bawah t/m <sup>3</sup>	γ <sub>sat</sub> t/m <sup>3</sup>
5,00	2	1	0,0102	1,554	0,0365	1,553762	1,553238	1,55329
10,00	2	1	0,0102	1,528	0,063	1,528453	1,527547	1,527638
15,00	3	2	0,2107	1,669	0,012499	1,670187	1,667146	1,66745

G <sub>s</sub>								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	G <sub>s</sub>
5,00	2	1	0,0102	2,543	0,004	2,543029	2,542971	2,542977
10,00	2	1	0,0102	2,525	0,003536	2,524525	2,524475	2,52448
15,00	3	2	0,2107	2,622	0,058203	2,629414	2,615253	2,616669

W <sub>c</sub> (%)								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean %	Standart Deviasi	Batas Atas %	Batas Bawah %	W <sub>c</sub> %
5,00	2	1	0,0102	69,05	5,37	69,08854	69,01146	69,01917
10,00	2	1	0,0102	74,905	12,375	74,99389	74,81611	74,83389
15,00	3	2	0,2107	50,6233	5,766769	51,32485	49,92182	50,06212

LL (%)								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean %	Standart Deviasi	Batas Atas %	Batas Bawah %	LL %
5,00	2	1	0,0102	84,230	10,35	84,30428	84,15572	84,17057
10,00	2	1	0,0102	89,915	16,385	90,03269	89,79731	89,82085
15,00	2	1	0,0102	75,125	8,735	75,18774	75,06226	75,07481

## Lanjutan Statistik Parameter Tanah

IP (%)								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean %	Standart Deviasi	Batas Atas %	Batas Bawah %	IP %
5,00	2	1	0,0102	54,555	14,345	54,65796	54,45204	54,47264
10,00	2	1	0,0102	56,125	16,715	56,24506	56,00494	56,02895
15,00	2	1	0,0102	43,085	8,365	43,14508	43,02492	43,03693

e								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean %	Standart Deviasi	Batas Atas %	Batas Bawah %	e %
5,00	2	1	0,0102	1,800	0,178	1,801278	1,798722	1,798978
10,00	2	1	0,0102	1,931	0,3535	1,933039	1,927961	1,928469
15,00	2	1	0,0102	1,480	0,0415	1,479798	1,479202	1,479262

Cu								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean kg/cm <sup>2</sup>	Standart Deviasi	Batas Atas kg/cm <sup>2</sup>	Batas Bawah kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>
5,00	2	1	0,0102	0,047	0,0035	0,046525	0,046475	0,04648
10,00	2	1	0,0102	0,094	0,016	0,094115	0,093885	0,093908
15,00	3	2	0,2107	0,343	0,023443	0,345518	0,339815	0,340385

Ø								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Ø
5,00	2	1	0,0102	0	0	0	0	0
10,00	2	1	0,0102	0,75	0,75	0,755387	0,744613	0,74569
15,00	3	2	0,2107	0	0	0	0	0

## Lanjutan Statistik Parameter Tanah

Cc								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cc
5,00	2	1	0,0102	0,968	0,25915	0,96971	0,96599	0,966362
10,00	2	1	0,0102	1,104	0,174	1,10525	1,10275	1,103
15,00	2	1	0,0102	1,195	0,1225	1,19538	1,19362	1,193796

Cv								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	Pengali	Mean cm <sup>2</sup> /kg	Standart Deviasi	Batas Atas cm <sup>2</sup> /kg	Batas Bawah cm <sup>2</sup> /kg	Cv cm <sup>2</sup> /kg
5,00	2	1	0,0102	0,00074	0,000035	0,000735	0,000735	0,000735
10,00	2	1	0,0102	0,00054	0,00024	0,000542	0,000538	0,000539
15,00	2	1	0,0102	0,00083	0,000035	0,000825	0,000825	0,000825

## LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN PEMAMPATAN (Sc) DAN TINGGI TIMBUNAN AWAL (H<sub>INISIAL</sub>)

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	5	0,276749	2,276749	5,276749	OC	0,189453
2	1,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	5	0,830246	2,830246	5,830246	OC	0,145309
3	2,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	5	1,383743	3,383743	6,383743	OC	0,122136
4	3,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	5	1,93724	3,93724	6,93724	OC	0,106322
5	4,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	5	2,490737	4,490737	7,490737	OC	0,094504
6	5,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	4,98	3,044234	5,044234	8,044234	OC	0,084849
7	6,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	4,96	3,597731	5,597731	8,557731	OC	0,076992
8	7,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	4,94	4,151228	6,151228	9,091228	OC	0,070451
9	8,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	4,94	4,704725	6,704725	9,644725	OC	0,065218
10	9,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	4,9	5,258222	7,258222	10,15822	OC	0,060139
11	10,5	1,53	1,930472	0,719223	0,143845	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	4,86	5,798968	7,798968	10,65897	OC	0,039616
12	11,5	1,53	1,930472	0,719223	0,143845	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	4,84	6,326963	8,326963	11,16696	OC	0,037135
13	12,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	4,8	6,925261	8,925261	11,72526	OC	0,033221
14	13,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	4,74	7,59386	9,59386	12,33386	OC	0,030591
15	14,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	4,7	8,26246	10,26246	12,96246	OC	0,028429
16	15,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	4,66	8,93106	10,93106	13,59106	OC	0,026509
17	16,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	4,6	9,599659	11,59966	14,19966	OC	0,024648
18	17,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	4,54	10,26826	12,26826	14,80826	OC	0,022972
19	18,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	4,5	10,93686	12,93686	15,43686	OC	0,021586
20	19,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	4,44	11,60546	13,60546	16,04546	OC	0,020199
21	20,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	4,3	12,27406	14,27406	16,57406	OC	0,018437
22	21,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	4,3	12,94266	14,94266	17,24266	OC	0,017648

Sc kumulatif = 1,336362 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 7 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_{o}$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	7	0,276749	2,276749	7,276749	OC	0,237696
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	7	0,830246	2,830246	7,830246	OC	0,189583
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	7	1,383743	3,383743	8,383743	OC	0,163049
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	7	1,93724	3,93724	8,93724	OC	0,14435
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	7	2,490737	4,490737	9,490737	OC	0,130029
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	6,972	3,044234	5,044234	10,01623	OC	0,118135
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	6,944	3,597731	5,597731	10,54173	OC	0,108293
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	6,916	4,151228	6,151228	11,06723	OC	0,099975
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	6,916	4,704725	6,704725	11,62073	OC	0,093196
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	6,86	5,258222	7,258222	12,11822	OC	0,086624
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	6,804	5,798968	7,798968	12,60297	OC	0,057473
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	6,776	6,326963	8,326963	13,10296	OC	0,054176
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	6,72	6,925261	8,925261	13,64526	OC	0,04879
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	6,636	7,59386	9,59386	14,22986	OC	0,045271
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	6,58	8,26246	10,26246	14,84246	OC	0,042333
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	6,524	8,93106	10,93106	15,45506	OC	0,039703
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	6,44	9,599659	11,59966	16,03966	OC	0,037157
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	6,356	10,26826	12,26826	16,62426	OC	0,034847
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	6,3	10,93686	12,93686	17,23686	OC	0,032909
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	6,216	11,60546	13,60546	17,82146	OC	0,030976
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	6,02	12,27406	14,27406	18,29406	OC	0,028573
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	6,02	12,94266	14,94266	18,96266	OC	0,02741

Sc kumulatif = 1,850547 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_\epsilon$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	10	0,276749	2,276749	10,27675	OC	0,289516
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	10	0,830246	2,830246	10,83025	OC	0,238273
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	10	1,383743	3,383743	11,38374	OC	0,208968
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	10	1,93724	3,93724	11,93724	OC	0,187799
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	10	2,490737	4,490737	12,49074	OC	0,171261
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	9,96	3,044234	5,044234	13,00423	OC	0,157326
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	9,92	3,597731	5,597731	13,51773	OC	0,14562
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	9,88	4,151228	6,151228	14,03123	OC	0,135597
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	9,88	4,704725	6,704725	14,58473	OC	0,1273
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	9,8	5,258222	7,258222	15,05822	OC	0,119231
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	9,72	5,798968	7,798968	15,51897	OC	0,079657
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	9,68	6,326963	8,326963	16,00696	OC	0,075514
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	9,6	6,925261	8,925261	16,52526	OC	0,068449
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	9,48	7,59386	9,59386	17,07386	OC	0,063977
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	9,4	8,26246	10,26246	17,66246	OC	0,060191
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	9,32	8,93106	10,93106	18,25106	OC	0,056775
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	9,2	9,599659	11,59966	18,79966	OC	0,053457
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	9,08	10,26826	12,26826	19,34826	OC	0,050425
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	9	10,93686	12,93686	19,93686	OC	0,047848
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	8,88	11,60546	13,60546	20,48546	OC	0,045278
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	8,6	12,27406	14,27406	20,87406	OC	0,042117
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	8,6	12,94266	14,94266	21,54266	OC	0,040505

Sc kumulatif = 2,465085 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 12 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o0}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	12	0,276749	2,276749	12,27675	OC	0,31621
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	12	0,830246	2,830246	12,83025	OC	0,263712
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	12	1,383743	3,383743	13,38374	OC	0,233265
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	12	1,93724	3,93724	13,93724	OC	0,211052
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	12	2,490737	4,490737	14,49074	OC	0,193557
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	11,952	3,044234	5,044234	14,99623	OC	0,178721
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	11,904	3,597731	5,597731	15,50173	OC	0,166179
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	11,856	4,151228	6,151228	16,00723	OC	0,155376
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	11,856	4,704725	6,704725	16,56073	OC	0,146374
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	11,76	5,258222	7,258222	17,01822	OC	0,137599
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	11,664	5,798968	7,798968	17,46297	OC	0,092237
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	11,616	6,326963	8,326963	17,94296	OC	0,087683
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	11,52	6,925261	8,925261	18,44526	OC	0,079733
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	11,376	7,59386	9,59386	18,96986	OC	0,074787
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	11,28	8,26246	10,26246	19,54246	OC	0,070575
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	11,184	8,93106	10,93106	20,11506	OC	0,066758
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	11,04	9,599659	11,59966	20,63966	OC	0,063043
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	10,896	10,26826	12,26826	21,16426	OC	0,059635
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	10,8	10,93686	12,93686	21,73686	OC	0,056722
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	10,656	11,60546	13,60546	22,26146	OC	0,053813
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	10,32	12,27406	14,27406	22,59406	OC	0,050246
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	10,32	12,94266	14,94266	23,26266	OC	0,048391

Sc kumulatif = 2,805669 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o_0}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{\epsilon}$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_{\epsilon}$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	15	0,276749	2,276749	15,27675	OC	0,349029
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	15	0,830246	2,830246	15,83025	OC	0,295254
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	15	1,383743	3,383743	16,38374	OC	0,263626
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	15	1,93724	3,93724	16,93724	OC	0,240318
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	15	2,490737	4,490737	17,49074	OC	0,221803
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	14,94	3,044234	5,044234	17,98423	OC	0,205997
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	14,88	3,597731	5,597731	18,47773	OC	0,192541
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	14,82	4,151228	6,151228	18,97123	OC	0,180878
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	14,82	4,704725	6,704725	19,52473	OC	0,17109
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	14,7	5,258222	7,258222	19,95822	OC	0,161521
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	14,58	5,798968	7,798968	20,37897	OC	0,108696
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	14,52	6,326963	8,326963	20,84696	OC	0,103673
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	14,4	6,925261	8,925261	21,32526	OC	0,094628
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	14,22	7,59386	9,59386	21,81386	OC	0,089128
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	14,1	8,26246	10,26246	22,36246	OC	0,084413
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	13,98	8,93106	10,93106	22,91106	OC	0,080119
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	13,8	9,599659	11,59966	23,39966	OC	0,075928
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	13,62	10,26826	12,26826	23,88826	OC	0,072064
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	13,5	10,93686	12,93686	24,43686	OC	0,068742
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	13,32	11,60546	13,60546	24,92546	OC	0,065418
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	12,9	12,27406	14,27406	25,17406	OC	0,061346
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	12,9	12,94266	14,94266	25,84266	OC	0,059189

Sc kumulatif = 3,245401 m



Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 17 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o'}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_{o'}$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	17	0,276749	2,276749	17,27675	OC	0,367498
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	17	0,830246	2,830246	17,83025	OC	0,313114
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	17	1,383743	3,383743	18,38374	OC	0,280916
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	17	1,93724	3,93724	18,93724	OC	0,257073
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	17	2,490737	4,490737	19,49074	OC	0,238056
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	16,932	3,044234	5,044234	19,97623	OC	0,221766
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	16,864	3,597731	5,597731	20,46173	OC	0,207852
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	16,796	4,151228	6,151228	20,94723	OC	0,195752
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	16,796	4,704725	6,704725	21,50073	OC	0,185562
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	16,66	5,258222	7,258222	21,91822	OC	0,175584
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	16,524	5,798968	7,798968	22,32297	OC	0,118408
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,217391	$\infty$	0,242	0,968	16,456	6,326963	8,326963	22,78296	OC	0,113138
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,24	0,96	16,32	6,925261	8,925261	23,24526	OC	0,103478
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,237	0,948	16,116	7,59386	9,59386	23,70986	OC	0,097685
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,758621	$\infty$	0,235	0,94	15,98	8,26246	10,26246	24,24246	OC	0,0927
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,233	0,932	15,844	8,93106	10,93106	24,77506	OC	0,088149
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,23	0,92	15,64	9,599659	11,59966	25,23966	OC	0,083699
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,227	0,908	15,436	10,26826	12,26826	25,70426	OC	0,079586
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,225	0,9	15,3	10,93686	12,93686	26,23686	OC	0,076038
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,307692	$\infty$	0,222	0,888	15,096	11,60546	13,60546	26,70146	OC	0,072484
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,243902	$\infty$	0,215	0,86	14,62	12,27406	14,27406	26,89406	OC	0,068131
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,186047	$\infty$	0,215	0,86	14,62	12,94266	14,94266	27,56266	OC	0,065804
																Sc kumulatif =	3,502472 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat *Pavement*  $H_{\text{pavement}} = 0,5 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	51	∞	0,25	1	1,1	0,276749	2,276749	1,376749	OC	0,048168
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	17	∞	0,25	1	1,1	0,830246	2,830246	1,930246	OC	0,02533
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	10,2	∞	0,25	1	1,1	1,383743	3,383743	2,483743	OC	0,017563
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	7,285714	∞	0,25	1	1,1	1,93724	3,93724	3,03724	OC	0,013501
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	5,666667	∞	0,25	1	1,1	2,490737	4,490737	3,590737	OC	0,010982
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	4,636364	∞	0,249	0,996	1,0956	3,044234	5,044234	4,139834	OC	0,009229
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3,923077	∞	0,248	0,992	1,0912	3,597731	5,597731	4,688931	OC	0,007953
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3,4	∞	0,247	0,988	1,0868	4,151228	6,151228	5,238028	OC	0,006982
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3	∞	0,247	0,988	1,0868	4,704725	6,704725	5,791525	OC	0,00624
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	2,684211	∞	0,245	0,98	1,078	5,258222	7,258222	6,336222	OC	0,005599
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	∞	2,428571	∞	0,243	0,972	1,0692	5,798968	7,798968	6,868168	OC	0,003607
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	∞	2,217391	∞	0,242	0,968	1,0648	6,326963	8,326963	7,391763	OC	0,003316
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	2,04	∞	0,24	0,96	1,056	6,925261	8,925261	7,981261	OC	0,002914
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,888889	∞	0,237	0,948	1,0428	7,59386	9,59386	8,63666	OC	0,002642
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,758621	∞	0,235	0,94	1,034	8,26246	10,26246	9,29646	OC	0,002421
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,645161	∞	0,233	0,932	1,0252	8,93106	10,93106	9,95626	OC	0,002231
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,545455	∞	0,23	0,92	1,012	9,599659	11,599659	10,61166	OC	0,002058
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,457143	∞	0,227	0,908	0,9988	10,26826	12,26826	11,26706	OC	0,001906
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,378378	∞	0,225	0,9	0,99	10,93686	12,93686	11,92686	OC	0,001779
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,307692	∞	0,222	0,888	0,9768	11,60546	13,60546	12,58226	OC	0,001659
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,243902	∞	0,215	0,86	0,946	12,27406	14,27406	13,22006	OC	0,001524
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,186047	∞	0,215	0,86	0,946	12,94266	14,94266	13,88866	OC	0,001448
Sc kumulatif =																	0,179053

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	5	0,276749	2,276749	5,276749	OC	0,1894526
2	1,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	5	0,830246	2,830246	5,830246	OC	0,1453086
3	2,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	5	1,383743	3,383743	6,383743	OC	0,122136
4	3,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	5	1,93724	3,93724	6,93724	OC	0,1063223
5	4,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	5	2,490737	4,490737	7,490737	OC	0,0945038
6	5,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	4,98	3,044234	5,044234	8,024234	OC	0,0848486
7	6,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	4,96	3,597731	5,597731	8,557731	OC	0,0769923
8	7,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	4,94	4,151228	6,151228	9,091228	OC	0,0704506
9	8,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	4,94	4,704725	6,704725	9,644725	OC	0,0652176
10	9,5	1,55	1,799986	0,967829	0,193566	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	4,9	5,258222	7,258222	10,15822	OC	0,060139
11	10,5	1,53	1,930472	0,719223	0,143845	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	4,86	5,798968	7,798968	10,65897	OC	0,039616
12	12,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	4,84	6,397266	8,397266	11,23727	OC	0,0354937
13	13,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	4,8	7,065865	9,065865	11,86587	OC	0,0327487
14	15,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	4,74	7,734465	9,734465	12,47446	OC	0,0301833
15	16,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	4,7	8,403065	10,40306	13,10306	OC	0,0280723
16	17,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	4,66	9,071664	11,07166	13,73166	OC	0,0261952
17	18,5	1,67	1,479497	0,586119	0,117224	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	4,6	9,740264	11,74026	14,34026	OC	0,0243716
Sc kumulatif =																	1,2320523

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 7 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	7	0,276749	2,276749	7,276749	OC	0,237696
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	7	0,830246	2,830246	7,830246	OC	0,1895831
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	7	1,383743	3,383743	8,383743	OC	0,1630486
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	7	1,93724	3,93724	8,93724	OC	0,1443501
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	7	2,490737	4,490737	9,490737	OC	0,1300286
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	6,972	3,044234	5,044234	10,01623	OC	0,1181355
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	6,944	3,597731	5,597731	10,54173	OC	0,1082925
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	6,916	4,151228	6,151228	11,06723	OC	0,0999752
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	6,916	4,704725	6,704725	11,62073	OC	0,0931961
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	6,86	5,258222	7,258222	12,11822	OC	0,0866236
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	6,804	5,798968	7,798968	12,60297	OC	0,0574729
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	6,776	6,397266	8,397266	13,17327	OC	0,0518121
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	6,72	7,065865	9,065865	13,78587	OC	0,0481456
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	6,636	7,734465	9,734465	14,37046	OC	0,0447089
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	6,58	8,403065	10,40306	14,98306	OC	0,0418366
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	6,524	9,071664	11,07166	15,59566	OC	0,0392628
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	6,44	9,740264	11,74026	16,18026	OC	0,0367649

$S_c$  kumulatif = 1,6909332 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	10	0,276749	2,276749	10,27675	OC	0,2895161
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	10	0,830246	2,830246	10,83025	OC	0,2382731
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	10	1,383743	3,383743	11,38374	OC	0,2089679
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	10	1,93724	3,93724	11,93724	OC	0,1877992
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	10	2,490737	4,490737	12,49074	OC	0,1712612
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	9,96	3,044234	5,044234	13,00423	OC	0,1573259
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	9,92	3,597731	5,597731	13,51773	OC	0,1456205
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	9,88	4,151228	6,151228	14,03123	OC	0,1355973
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	9,88	4,704725	6,704725	14,58473	OC	0,1273001
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	9,8	5,258222	7,258222	15,05822	OC	0,1192308
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	9,72	5,798968	7,798968	15,51897	OC	0,0796572
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	9,68	6,397266	8,397266	16,07727	OC	0,072264
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	9,6	7,065865	9,065865	16,66587	OC	0,0676224
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	9,48	7,734465	9,734465	17,21446	OC	0,063247
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	9,4	8,403065	10,40306	17,80306	OC	0,0595405
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	9,32	9,071664	11,07166	18,39166	OC	0,0561921
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	9,2	9,740264	11,74026	18,94026	OC	0,0529339
Sc kumulatif =																2,2323491	

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 12 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	12	0,276749	2,276749	12,27675	OC	0,3162102
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	12	0,830246	2,830246	12,83025	OC	0,2637121
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	12	1,383743	3,383743	13,38374	OC	0,2332649
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	12	1,93724	3,93724	13,93724	OC	0,2110524
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	12	2,490737	4,490737	14,49074	OC	0,1935567
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	11,952	3,044234	5,044234	14,99623	OC	0,1787211
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	11,904	3,597731	5,597731	15,50173	OC	0,1661788
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	11,856	4,151228	6,151228	16,00723	OC	0,1553759
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	11,856	4,704725	6,704725	16,56073	OC	0,1463738
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	11,76	5,258222	7,258222	17,01822	OC	0,1375991
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	11,664	5,798968	7,798968	17,46297	OC	0,0922367
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	11,616	6,397266	8,397266	18,01327	OC	0,0839368
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	11,52	7,065865	9,065865	18,58587	OC	0,0788164
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	11,376	7,734465	9,734465	19,11046	OC	0,0739736
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	11,28	8,403065	10,40306	19,68306	OC	0,0698465
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	11,184	9,071664	11,07166	20,25566	OC	0,0661027
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	11,04	9,740264	11,74026	20,78026	OC	0,062452
Sc kumulatif =																2,5294097	

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o_0}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{c_0}$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_{o_0}$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	15	0,276749	2,276749	15,27675	OC	0,3490293
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	15	0,830246	2,830246	15,83025	OC	0,2952541
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	15	1,383743	3,383743	16,38374	OC	0,2636257
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	15	1,93724	3,93724	16,93724	OC	0,2403175
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	15	2,490737	4,490737	17,49074	OC	0,2218029
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	14,94	3,044234	5,044234	17,98423	OC	0,2059967
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	14,88	3,597731	5,597731	18,47773	OC	0,1925414
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	14,82	4,151228	6,151228	18,97123	OC	0,1808781
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	14,82	4,704725	6,704725	19,52473	OC	0,17109
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	14,7	5,258222	7,258222	19,95822	OC	0,1615211
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	14,58	5,798968	7,798968	20,37897	OC	0,1086962
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	14,52	6,397266	8,397266	20,91727	OC	0,0992812
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	14,4	7,065865	9,065865	21,46587	OC	0,0936061
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	14,22	7,734465	9,734465	21,95446	OC	0,0882163
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	14,1	8,403065	10,40306	22,50306	OC	0,0835921
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	13,98	9,071664	11,07166	23,05166	OC	0,0793772
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	13,8	9,740264	11,74026	23,54026	OC	0,0752547
Sc kumulatif =																	2,9100804

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat  $q = 17 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o'}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_{o'}$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	17	0,276749	2,276749	17,27675	OC	0,367498
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	17	0,830246	2,830246	17,83025	OC	0,313114
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	17	1,383743	3,383743	18,38374	OC	0,2809156
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	17	1,93724	3,93724	18,93724	OC	0,2570728
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	17	2,490737	4,490737	19,49074	OC	0,2380556
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	16,932	3,044234	5,044234	19,97623	OC	0,221766
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	16,864	3,597731	5,597731	20,46173	OC	0,2078517
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	16,796	4,151228	6,151228	20,94723	OC	0,195752
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	16,796	4,704725	6,704725	21,50073	OC	0,185562
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	16,66	5,258222	7,258222	21,91822	OC	0,1755836
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	16,524	5,798968	7,798968	22,32297	OC	0,1184078
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	16,456	6,397266	8,397266	22,85327	OC	0,1083687
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	16,32	7,065865	9,065865	23,38587	OC	0,1024008
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	16,116	7,734465	9,734465	23,85046	OC	0,09672
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	15,98	8,403065	10,40306	24,38306	OC	0,0918293
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	15,844	9,071664	11,07166	24,91566	OC	0,08736
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	15,64	9,740264	11,74026	25,38026	OC	0,0829809

Sc kumulatif = 3,1312389 m



Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Tegak Akibat *Pavement*  $H_{\text{pavement}} = 0,5 \text{ m}$ ,  $H_{\text{dr}} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{\text{sat}}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	x	y	x/z	y/z	I	I	$\Delta\sigma$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{o}$ ton/m <sup>2</sup>	$\sigma'_c$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma + \sigma'_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	51	$\infty$	0,25	1	1,1	0,276749	2,276749	1,376749	OC	0,048168
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	17	$\infty$	0,25	1	1,1	0,830246	2,830246	1,930246	OC	0,02533
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	10,2	$\infty$	0,25	1	1,1	1,383743	3,383743	2,483743	OC	0,017563
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	7,285714	$\infty$	0,25	1	1,1	1,93724	3,93724	3,03724	OC	0,013501
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	5,666667	$\infty$	0,25	1	1,1	2,490737	4,490737	3,590737	OC	0,010982
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	4,636364	$\infty$	0,249	0,996	1,0956	3,044234	5,044234	4,139834	OC	0,009229
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,923077	$\infty$	0,248	0,992	1,0912	3,597731	5,597731	4,688931	OC	0,007953
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3,4	$\infty$	0,247	0,988	1,0868	4,151228	6,151228	5,238028	OC	0,006982
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	3	$\infty$	0,247	0,988	1,0868	4,704725	6,704725	5,791525	OC	0,00624
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	$\infty$	2,684211	$\infty$	0,245	0,98	1,078	5,258222	7,258222	6,336222	OC	0,005599
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	$\infty$	2,428571	$\infty$	0,243	0,972	1,0692	5,798968	7,798968	6,868168	OC	0,003607
12	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	2,04	$\infty$	0,242	0,968	1,0648	6,397266	8,397266	7,462066	OC	0,003161
13	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,888889	$\infty$	0,24	0,96	1,056	7,065865	9,065865	8,121865	OC	0,00286
14	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,645161	$\infty$	0,237	0,948	1,0428	7,734465	9,734465	8,777265	OC	0,002597
15	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,545455	$\infty$	0,235	0,94	1,034	8,403065	10,40306	9,437065	OC	0,002383
16	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,457143	$\infty$	0,233	0,932	1,0252	9,071664	11,07166	10,09686	OC	0,002198
17	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	$\infty$	1,378378	$\infty$	0,23	0,92	1,012	9,740264	11,74026	10,75226	OC	0,00203
Sc kumulatif =																	0,170383

m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,003	1,551	7,29	6,29	5,000	0,277	2,277	5,277	OC	0,1895
2	1,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,008	1,512	7,29	6,29	5,000	0,830	2,830	5,830	OC	0,1453
3	2,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,013	1,473	7,29	6,29	4,998	1,384	3,384	6,382	OC	0,1221
4	3,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,019	1,434	7,29	6,29	4,996	1,937	3,937	6,933	OC	0,1062
5	4,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,024	1,396	7,29	6,29	4,991	2,491	4,491	7,482	OC	0,0943
6	5,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,028	1,358	7,29	6,29	4,984	3,044	5,044	8,028	OC	0,0849
7	6,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,033	1,321	7,29	6,29	4,974	3,598	5,598	8,571	OC	0,0772
8	7,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,038	1,285	7,29	6,29	4,960	4,151	6,151	9,111	OC	0,0708
9	8,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,042	1,249	7,29	6,29	4,943	4,705	6,705	9,648	OC	0,0653
10	9,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	4,05	0,046	1,214	7,29	6,29	4,923	5,258	7,258	10,181	OC	0,0605
11	10,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	4,05	0,049	1,180	7,29	6,29	4,899	5,799	7,799	10,698	OC	0,0400
12	11,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	4,05	0,053	1,147	7,29	6,29	4,872	6,327	8,327	11,198	OC	0,0374
13	12,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,056	1,115	7,29	6,29	4,840	6,925	8,925	11,766	OC	0,0336
14	13,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,058	1,084	7,29	6,29	4,806	7,594	9,594	12,399	OC	0,0311
15	14,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,061	1,054	7,29	6,29	4,768	8,262	10,262	13,030	OC	0,0290
16	15,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,063	1,025	7,29	6,29	4,727	8,931	10,931	13,658	OC	0,0270
17	16,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,065	0,996	7,29	6,29	4,683	9,600	11,600	14,283	OC	0,0252
18	17,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,067	0,969	7,29	6,29	4,636	10,268	12,268	14,905	OC	0,0236
19	18,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,068	0,943	7,29	6,29	4,588	10,937	12,937	15,525	OC	0,0222
20	19,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,070	0,918	7,29	6,29	4,537	11,605	13,605	16,143	OC	0,0208
21	20,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,071	0,894	7,29	6,29	4,485	12,274	14,274	16,759	OC	0,0196
22	21,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	4,05	0,072	0,870	7,29	6,29	4,431	12,943	14,943	17,374	OC	0,0184
Sc kumulatif =																	1,3441

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 7 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,004	1,551	5,493	4,493	7,000	0,277	2,277	7,277	OC	0,2377
2	1,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,011	1,512	5,493	4,493	7,000	0,830	2,830	7,830	OC	0,1896
3	2,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,018	1,473	5,493	4,493	6,998	1,384	3,384	8,382	OC	0,1630
4	3,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,025	1,434	5,493	4,493	6,994	1,937	3,937	8,932	OC	0,1443
5	4,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,031	1,396	5,493	4,493	6,988	2,491	4,491	9,479	OC	0,1298
6	5,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,038	1,358	5,493	4,493	6,979	3,044	5,044	10,023	OC	0,1182
7	6,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,044	1,321	5,493	4,493	6,966	3,598	5,598	10,563	OC	0,1086
8	7,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,050	1,285	5,493	4,493	6,948	4,151	6,151	11,100	OC	0,1004
9	8,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,056	1,249	5,493	4,493	6,926	4,705	6,705	11,631	OC	0,0933
10	9,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	5,68	0,061	1,214	5,493	4,493	6,900	5,258	7,258	12,158	OC	0,0871
11	10,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	5,68	0,066	1,180	5,493	4,493	6,868	5,799	7,799	12,667	OC	0,0580
12	11,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	5,68	0,070	1,147	5,493	4,493	6,832	6,327	8,327	13,159	OC	0,0546
13	12,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,074	1,115	5,493	4,493	6,791	6,925	8,925	13,716	OC	0,0493
14	13,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,078	1,084	5,493	4,493	6,746	7,594	9,594	14,339	OC	0,0461
15	14,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,082	1,054	5,493	4,493	6,695	8,262	10,262	14,958	OC	0,0431
16	15,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,085	1,025	5,493	4,493	6,641	8,931	10,931	15,572	OC	0,0405
17	16,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,088	0,996	5,493	4,493	6,583	9,600	11,600	16,183	OC	0,0381
18	17,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,090	0,969	5,493	4,493	6,522	10,268	12,268	16,790	OC	0,0359
19	18,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,092	0,943	5,493	4,493	6,457	10,937	12,937	17,394	OC	0,0338
20	19,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,094	0,918	5,493	4,493	6,389	11,605	13,605	17,995	OC	0,0320
21	20,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,095	0,894	5,493	4,493	6,319	12,274	14,274	18,593	OC	0,0302
22	21,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	5,68	0,097	0,870	5,493	4,493	6,247	12,943	14,943	19,189	OC	0,0286

Sc kumulatif = 1,8623 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,005	1,551	4,145	3,145	10,000	0,277	2,277	10,277	OC	0,2895
2	1,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,014	1,512	4,145	3,145	9,999	0,830	2,830	10,830	OC	0,2383
3	2,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,023	1,473	4,145	3,145	9,997	1,384	3,384	11,381	OC	0,2089
4	3,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,033	1,434	4,145	3,145	9,993	1,937	3,937	11,930	OC	0,1877
5	4,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,042	1,396	4,145	3,145	9,985	2,491	4,491	12,476	OC	0,1711
6	5,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,050	1,358	4,145	3,145	9,973	3,044	5,044	13,017	OC	0,1575
7	6,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,059	1,321	4,145	3,145	9,956	3,598	5,598	13,554	OC	0,1460
8	7,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,066	1,285	4,145	3,145	9,933	4,151	6,151	14,085	OC	0,1362
9	8,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,074	1,249	4,145	3,145	9,905	4,705	6,705	14,610	OC	0,1276
10	9,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	8,11	0,081	1,214	4,145	3,145	9,871	5,258	7,258	15,129	OC	0,1199
11	10,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	8,11	0,088	1,180	4,145	3,145	9,830	5,799	7,799	15,629	OC	0,0804
12	11,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	8,11	0,094	1,147	4,145	3,145	9,783	6,327	8,327	16,110	OC	0,0762
13	12,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,100	1,115	4,145	3,145	9,729	6,925	8,925	16,654	OC	0,0692
14	13,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,105	1,084	4,145	3,145	9,669	7,594	9,594	17,263	OC	0,0651
15	14,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,110	1,054	4,145	3,145	9,604	8,262	10,262	17,866	OC	0,0614
16	15,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,114	1,025	4,145	3,145	9,532	8,931	10,931	18,463	OC	0,0580
17	16,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,118	0,996	4,145	3,145	9,456	9,600	11,600	19,055	OC	0,0548
18	17,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,121	0,969	4,145	3,145	9,374	10,268	12,268	19,642	OC	0,0520
19	18,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,124	0,943	4,145	3,145	9,288	10,937	12,937	20,225	OC	0,0493
20	19,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,127	0,918	4,145	3,145	9,198	11,605	13,605	20,803	OC	0,0469
21	20,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,129	0,894	4,145	3,145	9,104	12,274	14,274	21,378	OC	0,0446
22	21,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	8,11	0,131	0,870	4,145	3,145	9,007	12,943	14,943	21,950	OC	0,0424

Sc kumulatif = 2,4829 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 12 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P + P_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,005	1,551	3,621	2,621	12,000	0,277	2,277	12,277	OC	0,3162
2	1,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,016	1,512	3,621	2,621	11,999	0,830	2,830	12,830	OC	0,2637
3	2,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,027	1,473	3,621	2,621	11,997	1,384	3,384	13,381	OC	0,2332
4	3,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,037	1,434	3,621	2,621	11,992	1,937	3,937	13,929	OC	0,2110
5	4,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,048	1,396	3,621	2,621	11,983	2,491	4,491	14,474	OC	0,1934
6	5,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,058	1,358	3,621	2,621	11,969	3,044	5,044	15,014	OC	0,1789
7	6,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,067	1,321	3,621	2,621	11,950	3,598	5,598	15,548	OC	0,1666
8	7,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,076	1,285	3,621	2,621	11,925	4,151	6,151	16,076	OC	0,1560
9	8,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,085	1,249	3,621	2,621	11,893	4,705	6,705	16,598	OC	0,1467
10	9,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	9,73	0,093	1,214	3,621	2,621	11,854	5,258	7,258	17,113	OC	0,1384
11	10,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	9,73	0,101	1,180	3,621	2,621	11,808	5,799	7,799	17,607	OC	0,0931
12	11,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	9,73	0,108	1,147	3,621	2,621	11,755	6,327	8,327	18,082	OC	0,0885
13	12,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,115	1,115	3,621	2,621	11,694	6,925	8,925	18,619	OC	0,0807
14	13,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,121	1,084	3,621	2,621	11,626	7,594	9,594	19,220	OC	0,0761
15	14,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,127	1,054	3,621	2,621	11,551	8,262	10,262	19,814	OC	0,0720
16	15,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,132	1,025	3,621	2,621	11,470	8,931	10,931	20,401	OC	0,0682
17	16,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,136	0,996	3,621	2,621	11,383	9,600	11,600	20,982	OC	0,0647
18	17,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,140	0,969	3,621	2,621	11,289	10,268	12,268	21,558	OC	0,0615
19	18,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,144	0,943	3,621	2,621	11,191	10,937	12,937	22,128	OC	0,0586
20	19,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,147	0,918	3,621	2,621	11,087	11,605	13,605	22,693	OC	0,0558
21	20,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,150	0,894	3,621	2,621	10,980	12,274	14,274	23,254	OC	0,0532
22	21,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	9,73	0,153	0,870	3,621	2,621	10,868	12,943	14,943	23,811	OC	0,0508

Sc kumulatif = 2,8274 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$P_o$ ton/m <sup>2</sup>	$P_c'$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P + P_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,006	1,551	3,097	2,097	15,000	0,277	2,277	15,277	OC	0,3490
2	1,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,019	1,512	3,097	2,097	14,999	0,830	2,830	15,830	OC	0,2952
3	2,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,031	1,473	3,097	2,097	14,997	1,384	3,384	16,380	OC	0,2636
4	3,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,044	1,434	3,097	2,097	14,991	1,937	3,937	16,928	OC	0,2402
5	4,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,056	1,396	3,097	2,097	14,981	2,491	4,491	17,471	OC	0,2216
6	5,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,067	1,358	3,097	2,097	14,965	3,044	5,044	18,009	OC	0,2062
7	6,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,079	1,321	3,097	2,097	14,943	3,598	5,598	18,541	OC	0,1931
8	7,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,089	1,285	3,097	2,097	14,915	4,151	6,151	19,066	OC	0,1816
9	8,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,100	1,249	3,097	2,097	14,878	4,705	6,705	19,583	OC	0,1715
10	9,5	1,55	1,80	0,968	0,194	25,5	12,16	0,110	1,214	3,097	2,097	14,833	5,258	7,258	20,092	OC	0,1625
11	10,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	12,16	0,119	1,180	3,097	2,097	14,781	5,799	7,799	20,580	OC	0,1097
12	11,5	1,53	1,93	0,719	0,144	25,5	12,16	0,127	1,147	3,097	2,097	14,719	6,327	8,327	21,046	OC	0,1047
13	12,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,135	1,115	3,097	2,097	14,649	6,925	8,925	21,574	OC	0,0958
14	13,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,143	1,084	3,097	2,097	14,571	7,594	9,594	22,165	OC	0,0908
15	14,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,150	1,054	3,097	2,097	14,484	8,262	10,262	22,747	OC	0,0862
16	15,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,156	1,025	3,097	2,097	14,390	8,931	10,931	23,321	OC	0,0819
17	16,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,161	0,996	3,097	2,097	14,288	9,600	11,600	23,888	OC	0,0780
18	17,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,166	0,969	3,097	2,097	14,179	10,268	12,268	24,448	OC	0,0744
19	18,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,171	0,943	3,097	2,097	14,064	10,937	12,937	25,001	OC	0,0711
20	19,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,175	0,918	3,097	2,097	13,943	11,605	13,605	25,549	OC	0,0680
21	20,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,179	0,894	3,097	2,097	13,817	12,274	14,274	26,091	OC	0,0650
22	21,5	1,67	1,48	0,586	0,117	25,5	12,16	0,182	0,870	3,097	2,097	13,686	12,943	14,943	26,629	OC	0,0623

Sc kumulatif = 3,2726 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 17 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 22 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/ OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,007	1,551	2,850	1,850	17,000	0,277	2,277	17,277	OC	0,3675
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,021	1,512	2,850	1,850	16,999	0,830	2,830	17,829	OC	0,3131
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,034	1,473	2,850	1,850	16,996	1,384	3,384	18,380	OC	0,2809
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,048	1,434	2,850	1,850	16,990	1,937	3,937	18,927	OC	0,2570
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,061	1,396	2,850	1,850	16,979	2,491	4,491	19,470	OC	0,2379
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,073	1,358	2,850	1,850	16,963	3,044	5,044	20,007	OC	0,2220
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,086	1,321	2,850	1,850	16,939	3,598	5,598	20,537	OC	0,2084
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,097	1,285	2,850	1,850	16,909	4,151	6,151	21,060	OC	0,1966
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,109	1,249	2,850	1,850	16,869	4,705	6,705	21,574	OC	0,1861
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78	0,119	1,214	2,850	1,850	16,822	5,258	7,258	22,080	OC	0,1767
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	13,78	0,129	1,18	2,850	1,850	16,765	5,799	7,799	22,564	OC	0,1196
12	11,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	13,78	0,139	1,147	2,850	1,850	16,699	6,327	8,327	23,026	OC	0,1143
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,148	1,115	2,850	1,850	16,623	6,925	8,925	23,549	OC	0,1048
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,156	1,084	2,850	1,850	16,539	7,594	9,594	24,133	OC	0,0995
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,163	1,054	2,850	1,850	16,445	8,262	10,262	24,708	OC	0,0947
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,170	1,025	2,850	1,850	16,344	8,931	10,931	25,275	OC	0,0902
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,177	0,996	2,850	1,850	16,233	9,600	11,600	25,833	OC	0,0861
18	17,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,182	0,969	2,850	1,850	16,116	10,268	12,268	26,384	OC	0,0823
19	18,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,188	0,943	2,850	1,850	15,991	10,937	12,937	26,928	OC	0,0787
20	19,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,192	0,918	2,850	1,850	15,859	11,605	13,605	27,465	OC	0,0754
21	20,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,196	0,894	2,850	1,850	15,722	12,274	14,274	27,996	OC	0,0723
22	21,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78	0,200	0,87	2,850	1,850	15,579	12,943	14,943	28,522	OC	0,0693

Sc kumulatif = 3,5331 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,002689	1,551191	7,29	6,29	2,499993574	4,999987	0,276749	2,276749	5,276736	OC	0,189452
2	1,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,008045	1,512041	7,29	6,29	2,499827067	4,999654	0,830246	2,830246	5,8299	OC	0,1453
3	2,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,013337	1,473069	7,29	6,29	2,499204497	4,998409	1,383743	3,383743	6,382152	OC	0,122099
4	3,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,018525	1,434394	7,29	6,29	2,497837874	4,995676	1,93724	3,93724	6,932916	OC	0,106229
5	4,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,023569	1,396124	7,29	6,29	2,495462297	4,990925	2,490737	4,490737	7,481661	OC	0,094322
6	5,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,028437	1,358364	7,29	6,29	2,491843285	4,983687	3,044234	5,044234	8,027921	OC	0,084918
7	6,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,033098	1,321209	7,29	6,29	2,486782447	4,973565	3,597731	5,597731	8,571296	OC	0,07723
8	7,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,037526	1,284745	7,29	6,29	2,480121265	4,960243	4,151228	6,151228	9,111471	OC	0,070785
9	8,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,0417	1,249046	7,29	6,29	2,471742956	4,943486	4,704725	6,704725	9,648211	OC	0,065272
10	9,5	1,55	1,80	0,967829	0,193566	25,5	4,054054	0,045607	1,214176	7,29	6,29	2,461572501	4,923145	5,258222	7,258222	10,18137	OC	0,060481
11	10,5	1,53	1,93	0,719223	0,143845	25,5	4,054054	0,049235	1,180189	7,29	6,29	2,449575049	4,89915	5,798968	7,798968	10,69812	OC	0,040007
12	11,5	1,67	1,93	0,719223	0,143845	25,5	4,054054	0,052579	1,147127	7,29	6,29	2,435752991	4,871506	6,397266	8,397266	11,26877	OC	0,03715
13	12,5	1,67	1,48	0,586119	0,117224	25,5	4,054054	0,055638	1,115023	7,29	6,29	2,420142029	4,840284	7,065865	9,065865	11,90615	OC	0,033097
14	13,5	1,67	1,48	0,586119	0,117224	25,5	4,054054	0,058413	1,083897	7,29	6,29	2,40280658	4,805613	7,734465	9,734465	12,54008	OC	0,030722
15	14,5	1,67	1,48	0,586119	0,117224	25,5	4,054054	0,060911	1,053764	7,29	6,29	2,383834848	4,76767	8,403065	10,40306	13,17073	OC	0,028601
16	15,5	1,67	1,48	0,586119	0,117224	25,5	4,054054	0,063141	1,02463	7,29	6,29	2,363333828	4,726668	9,071664	11,07166	13,79833	OC	0,026692
17	16,5	1,67	1,48	0,586119	0,117224	25,5	4,054054	0,065112	0,996491	7,29	6,29	2,341424488	4,682849	9,740264	11,74026	14,42311	OC	0,024963
Sc kumulatif =																		1,237318



## Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat $q = 7 \text{ kN/m}^2$ , $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	ysat t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P + P_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,003569	1,551191	5,49285714	4,492857	3,499991677	6,999983	0,276749	2,276749	7,276732	OC	0,237696
2	1,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,010678	1,512041	5,49285714	4,492857	3,499775982	6,999552	0,830246	2,830246	7,829798	OC	0,189574
3	2,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,017707	1,473069	5,49285714	4,492857	3,498969216	6,997938	1,383743	3,383743	8,381681	OC	0,163012
4	3,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,024604	1,434394	5,49285714	4,492857	3,497197251	6,994395	1,93724	3,93724	8,931634	OC	0,144256
5	4,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,031319	1,396124	5,49285714	4,492857	3,494114641	6,988229	2,490737	4,490737	9,478966	OC	0,129842
6	5,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,037809	1,358364	5,49285714	4,492857	3,489413833	6,978828	3,044234	5,044234	10,02306	OC	0,118238
7	6,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,044036	1,321209	5,49285714	4,492857	3,48283226	6,965665	3,597731	5,597731	10,5634	OC	0,108601
8	7,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,049966	1,284745	5,49285714	4,492857	3,474157764	6,948316	4,151228	6,151228	11,09954	OC	0,100413
9	8,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,055572	1,249046	5,49285714	4,492857	3,463230184	6,92646	4,704725	6,704725	11,63119	OC	0,093331
10	9,5	1,55	1,80	0,9678	0,1936	25,5	5,675676	0,060834	1,214176	5,49285714	4,492857	3,449942699	6,899885	5,258222	7,258222	12,15811	OC	0,087117
11	10,5	1,53	1,93	0,7192	0,1438	25,5	5,675676	0,065739	1,180189	5,49285714	4,492857	3,434239662	6,868479	5,798968	7,798968	12,66745	OC	0,08017
12	11,5	1,67	1,93	0,7192	0,1438	25,5	5,675676	0,070277	1,147127	5,49285714	4,492857	3,416113349	6,832227	6,397266	8,397266	13,22949	OC	0,054248
13	12,5	1,67	1,48	0,5861	0,1172	25,5	5,675676	0,074446	1,115023	5,49285714	4,492857	3,395599332	6,791199	7,065865	9,065865	13,85706	OC	0,048674
14	13,5	1,67	1,48	0,5861	0,1172	25,5	5,675676	0,078247	1,083897	5,49285714	4,492857	3,372770955	6,745542	7,734465	9,734465	14,48001	OC	0,045489
15	14,5	1,67	1,48	0,5861	0,1172	25,5	5,675676	0,081687	1,053764	5,49285714	4,492857	3,347733327	6,695467	8,403065	10,403065	15,09853	OC	0,042625
16	15,5	1,67	1,48	0,5861	0,1172	25,5	5,675676	0,084776	1,02463	5,49285714	4,492857	3,32061715	6,641234	9,071664	11,07166	15,7129	OC	0,040032
17	16,5	1,67	1,48	0,5861	0,1172	25,5	5,675676	0,087525	0,996491	5,49285714	4,492857	3,291572702	6,583145	9,740264	11,74026	16,32341	OC	0,037669

Scumulatif = 1,698833 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,004729	1,551191	4,145	3,145	4,99998933	9,999979	0,276749	2,276749	10,27673	OC	0,289516
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,014153	1,512041	4,145	3,145	4,999712748	9,999425	0,830246	2,830246	10,82967	OC	0,238265
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,023477	1,473069	4,145	3,145	4,998677804	9,997356	1,383743	3,383743	11,3811	OC	0,208933
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,032635	1,434394	4,145	3,145	4,996403061	9,992806	1,93724	3,93724	11,93005	OC	0,187709
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,041568	1,396124	4,145	3,145	4,992441914	9,984884	2,490737	4,490737	12,47562	OC	0,171079
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,050219	1,358364	4,145	3,145	4,98639389	9,972788	3,044234	5,044234	13,01702	OC	0,157473
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,05854	1,321209	4,145	3,145	4,977913604	9,955827	3,597731	5,597731	13,55356	OC	0,146018
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,066489	1,284745	4,145	3,145	4,966717067	9,933434	4,151228	6,151228	14,08466	OC	0,136168
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,07403	1,249046	4,145	3,145	4,952585227	9,90517	4,704725	6,704725	14,6099	OC	0,127559
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	8,108108	0,081137	1,214176	4,145	3,145	4,935364843	9,87073	5,258222	7,258222	15,12895	OC	0,119934
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	8,108108	0,087791	1,180189	4,145	3,145	4,914966941	9,829934	5,798968	7,798968	15,6289	OC	0,08041
12	11,5	1,67	1,93	0,72	0,14	25,5	8,108108	0,093978	1,147127	4,145	3,145	4,891363212	9,782726	6,397266	8,397266	16,17999	OC	0,075707
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	8,108108	0,099694	1,115023	4,145	3,145	4,864580794	9,729162	7,065865	9,065865	16,79503	OC	0,068415
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	8,108108	0,104938	1,083897	4,145	3,145	4,834695897	9,669392	7,734465	9,734465	17,40386	OC	0,06437
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	8,108108	0,109716	1,053764	4,145	3,145	4,801826735	9,603653	8,403065	10,40306	18,00672	OC	0,060708
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	8,108108	0,114039	1,02463	4,145	3,145	4,766126154	9,532252	9,071664	11,07166	18,60392	OC	0,05737
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	8,108108	0,117921	0,996491	4,145	3,145	4,727774322	9,455549	9,740264	11,74026	19,19581	OC	0,05431
Σ kumulatif =																		2,243945

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 12 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$P_o$ ton/m <sup>2</sup>	$P_c'$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+P_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,005	1,551	3,621	2,621	6,000	12,000	0,277	2,277	12,277	OC	0,316
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,016	1,512	3,621	2,621	6,000	11,999	0,830	2,830	12,830	OC	0,264
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,027	1,473	3,621	2,621	5,999	11,997	1,384	3,384	13,381	OC	0,233
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,037	1,434	3,621	2,621	5,996	11,992	1,937	3,937	13,929	OC	0,211
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,048	1,396	3,621	2,621	5,992	11,983	2,491	4,491	14,474	OC	0,193
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,058	1,358	3,621	2,621	5,985	11,969	3,044	5,044	15,014	OC	0,179
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,067	1,321	3,621	2,621	5,975	11,950	3,598	5,598	15,548	OC	0,167
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,076	1,285	3,621	2,621	5,963	11,925	4,151	6,151	16,076	OC	0,156
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,085	1,249	3,621	2,621	5,947	11,893	4,705	6,705	16,598	OC	0,147
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	9,730	0,093	1,214	3,621	2,621	5,927	11,854	5,258	7,258	17,113	OC	0,138
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	9,730	0,101	1,180	3,621	2,621	5,904	11,808	5,799	7,799	17,607	OC	0,093
12	11,5	1,67	1,93	0,72	0,14	25,5	9,730	0,108	1,147	3,621	2,621	5,877	11,755	6,397	8,397	18,152	OC	0,088
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	9,730	0,115	1,115	3,621	2,621	5,847	11,694	7,066	9,066	18,760	OC	0,080
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	9,730	0,121	1,084	3,621	2,621	5,813	11,626	7,734	9,734	19,361	OC	0,075
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	9,730	0,127	1,054	3,621	2,621	5,776	11,551	8,403	10,403	19,955	OC	0,071
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	9,730	0,132	1,025	3,621	2,621	5,735	11,470	9,072	11,072	20,542	OC	0,068
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	9,730	0,136	0,996	3,621	2,621	5,691	11,383	9,740	11,740	21,123	OC	0,064
Sc kumulatif =																		2,543

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	eo	Cc	Cs	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+Po$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,00633	1,551191	3,09666667	2,096667	7,499986381	14,99997	0,276749	2,276749	15,27672	OC	0,349029
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,018949	1,512041	3,09666667	2,096667	7,49963327	14,99927	0,830246	2,830246	15,82951	OC	0,295247
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,031445	1,473069	3,09666667	2,096667	7,498311244	14,99662	1,383743	3,383743	16,38037	OC	0,263595
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,043737	1,434394	3,09666667	2,096667	7,495402924	14,99081	1,93724	3,93724	16,92805	OC	0,240236
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,055753	1,396124	3,09666667	2,096667	7,490332227	14,98066	2,490737	4,490737	17,4714	OC	0,221637
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,067422	1,358364	3,09666667	2,096667	7,482577944	14,96516	3,044234	5,044234	18,00939	OC	0,206206
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,078684	1,321209	3,09666667	2,096667	7,471684666	14,94337	3,597731	5,597731	18,5411	OC	0,193055
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,089484	1,284745	3,09666667	2,096667	7,457270713	14,91454	4,151228	6,151228	19,06577	OC	0,181624
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,099779	1,249046	3,09666667	2,096667	7,439032908	14,87807	4,704725	6,704725	19,58279	OC	0,171536
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	12,16216	0,109532	1,214176	3,09666667	2,096667	7,41674828	14,8335	5,258222	7,258222	20,09172	OC	0,162522
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	12,16216	0,118717	1,180189	3,09666667	2,096667	7,390272944	14,78055	5,798968	7,798968	20,57951	OC	0,10974
12	11,5	1,67	1,93	0,72	0,14	25,5	12,16216	0,127315	1,147127	3,09666667	2,096667	7,359538539	14,71908	6,397266	8,397266	21,11634	OC	0,104089
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	12,16216	0,135315	1,115023	3,09666667	2,096667	7,324546695	14,64909	7,065865	9,065865	21,71496	OC	0,094791
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	12,16216	0,142717	1,083897	3,09666667	2,096667	7,28536204	14,57072	7,734465	9,734465	22,30519	OC	0,089843
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	12,16216	0,149522	1,053764	3,09666667	2,096667	7,242104251	14,48421	8,403065	10,403065	22,88727	OC	0,08533
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	12,16216	0,155574	1,02463	3,09666667	2,096667	7,194939606	14,38988	9,071664	11,071664	23,46154	OC	0,081187
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	12,16216	0,161386	0,996491	3,09666667	2,096667	7,144072439	14,28814	9,740264	11,740264	24,02841	OC	0,077362

Sc kumulatif = 2,927029 m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat  $q = 17 \text{ kN/m}^2$ ,  $H_{dr} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$e_o$	$C_c$	$C_s$	B1 m	B2 m	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1+B2)/B2	B1/B2	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	$P_o$ ton/m <sup>2</sup>	$P_c'$ ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P+P_o$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	$S_c$ m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,006878	1,551191	2,85	1,85	8,499985449	16,99997	0,276749	2,276749	17,27672	OC	0,367498
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,020591	1,512041	2,85	1,85	8,49960814	16,99922	0,830246	2,830246	17,82946	OC	0,313107
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,034173	1,473069	2,85	1,85	8,498195279	16,99639	1,383743	3,383743	18,38013	OC	0,280886
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,047542	1,434394	2,85	1,85	8,495086252	16,99017	1,93724	3,93724	18,92741	OC	0,256995
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,060618	1,396124	2,85	1,85	8,489663496	16,97933	2,490737	4,490737	19,47006	OC	0,237896
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,073329	1,358364	2,85	1,85	8,481366698	16,96273	3,044234	5,044234	20,00697	OC	0,221997
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,08561	1,321209	2,85	1,85	8,469704283	16,93941	3,597731	5,597731	20,53714	OC	0,208404
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,097403	1,284745	2,85	1,85	8,454261815	16,90852	4,151228	6,151228	21,05975	OC	0,196556
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,108661	1,249046	2,85	1,85	8,434707157	16,86941	4,704725	6,704725	21,57414	OC	0,186074
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	13,78378	0,119345	1,214176	2,85	1,85	8,410792453	16,82158	5,258222	7,258222	22,07981	OC	0,176686
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	13,78378	0,129427	1,180189	2,85	1,85	8,382353196	16,76471	5,798968	7,798968	22,56367	OC	0,119551
12	11,5	1,67	1,93	0,72	0,14	25,5	13,78378	0,138884	1,147127	2,85	1,85	8,349304742	16,69861	6,397266	8,397266	23,09588	OC	0,11364
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78378	0,147707	1,115023	2,85	1,85	8,311636769	16,62327	7,065865	9,065865	23,68914	OC	0,103724
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78378	0,15589	1,083897	2,85	1,85	8,269406193	16,53881	7,734465	9,734465	24,27328	OC	0,098524
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78378	0,163436	1,053764	2,85	1,85	8,222729035	16,44546	8,403065	10,403065	24,84852	OC	0,093771
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78378	0,170354	1,02463	2,85	1,85	8,171771748	16,34354	9,071664	11,071664	25,41521	OC	0,089398
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	13,78378	0,176659	0,996491	2,85	1,85	8,11674238	16,23348	9,740264	11,740264	25,97375	OC	0,085354
Sc kumulatif =																		3,1506

m

Perhitungan *Settlement* Timbunan Sisi Miring Akibat *Pavement*  $H_{\text{pavement}} = 0,5 \text{ m}$ ,  $H_{\text{dr}} = 17 \text{ m}$

Tebal Lapisan m	Z m	$\gamma_{\text{sat}}$ ton/m <sup>3</sup>	$e_0$	$C_c$	$C_s$	x m	y m	x/z	y/z	l	l	$\Delta P$ ton/m <sup>2</sup>	Po ton/m <sup>2</sup>	Pc' ton/m <sup>2</sup>	$\Delta P + P_0$ ton/m <sup>2</sup>	NC/OC	Sc m
1	0,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	51	∞	0,25	1	1,1	0,276749	2,276749	1,376749	OC	0,048168
2	1,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	17	∞	0,25	1	1,1	0,830246	2,830246	1,930246	OC	0,02533
3	2,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	10,2	∞	0,25	1	1,1	1,383743	3,383743	2,483743	OC	0,017563
4	3,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	7,285714	∞	0,25	1	1,1	1,93724	3,93724	3,03724	OC	0,013501
5	4,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	5,666667	∞	0,25	1	1,1	2,490737	4,490737	3,590737	OC	0,010982
6	5,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	4,636364	∞	0,249	0,996	1,0956	3,044234	5,044234	4,139834	OC	0,009229
7	6,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3,923077	∞	0,248	0,992	1,0912	3,597731	5,597731	4,688931	OC	0,007953
8	7,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3,4	∞	0,248	0,992	1,0912	4,151228	6,151228	5,242428	OC	0,007007
9	8,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	3	∞	0,248	0,992	1,0912	4,704725	6,704725	5,795925	OC	0,006262
10	9,5	1,55	1,80	0,97	0,19	25,5	∞	2,684211	∞	0,246	0,984	1,0824	5,258222	7,258222	6,340622	OC	0,00562
11	10,5	1,53	1,93	0,72	0,14	25,5	∞	2,428571	∞	0,246	0,984	1,0824	5,798968	7,798968	6,881368	OC	0,003648
12	11,5	1,67	1,93	0,72	0,14	25,5	∞	2,217391	∞	0,245	0,98	1,078	6,397266	8,397266	7,475266	OC	0,00332
13	12,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	2,04	∞	0,244	0,976	1,0736	7,065865	9,065865	8,139465	OC	0,002904
14	13,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,888889	∞	0,244	0,976	1,0736	7,734465	9,734465	8,808065	OC	0,002669
15	14,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,758621	∞	0,243	0,972	1,0692	8,403065	10,40306	9,472265	OC	0,002459
16	15,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,645161	∞	0,243028571	0,972114286	1,069326	9,071664	11,07166	10,14099	OC	0,002288
17	16,5	1,67	1,48	0,59	0,12	25,5	∞	1,545455	∞	0,242482143	0,969928571	1,066921	9,740264	11,74026	10,80719	OC	0,002134

Sc kumulatif = 0,166616 m

## LAMPIRAN 5 PERENCANAAN PVD

### Faktor Hambatan PVD Pola Pemasangan Segiempat

Jarak PVD (S) m	D mm	a mm	b mm	Dw mm	n	F(n)
0,8	904	100	5	66,845	13,524	1,863
1	1130	100	5	66,845	16,905	2,084
1,2	1356	100	5	66,845	20,286	2,260
1,5	1695	100	5	66,845	25,357	2,483
1,8	2034	100	5	66,845	30,429	2,665

PVD Pola Pemasangan Segiempat  $S = 0,8$  m sepanjang  $3/4H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 22$  m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000167	0,014569	0,30071	31,08981
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000333	0,020604	0,510993	52,1069
3	0,045387718	3	0,13616315	0,0005	0,025235	0,658043	66,66718
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000667	0,029139	0,760873	76,78404
5	0,045387718	3	0,13616315	0,000834	0,032578	0,832781	83,82282
6	0,045387718	3	0,13616315	0,001	0,035687	0,883065	88,72382
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001167	0,038547	0,918229	92,13806
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001334	0,041208	0,942818	94,51744
9	0,045387718	3	0,13616315	0,0015	0,043708	0,960013	96,1761
10	0,045387718	3	0,13616315	0,001667	0,046072	0,972038	97,33259
11	0,045387718	3	0,13616315	0,001834	0,048321	0,980446	98,13911
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002001	0,05047	0,986326	98,70163
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002167	0,052531	0,990438	99,09404
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002334	0,054514	0,993313	99,36779
15	0,045387718	3	0,13616315	0,002501	0,056427	0,995324	99,5588
16	0,045387718	3	0,13616315	0,002667	0,058277	0,99673	99,69208
17	0,045387718	3	0,13616315	0,002834	0,060071	0,997713	99,78508
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003001	0,061813	0,998401	99,84999
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003168	0,063506	0,998882	99,89529
20	0,045387718	3	0,13616315	0,003334	0,065156	0,999218	99,92691
21	0,045387718	3	0,13616315	0,003501	0,066765	0,999453	99,94897
22	0,045387718	3	0,13616315	0,003668	0,068336	0,999618	99,96438
23	0,045387718	3	0,13616315	0,003834	0,069872	0,999733	99,97513
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004001	0,071375	0,999813	99,98264

PVD Pola Pemasangan Segiempat S = 1 m sepanjang  $3/4H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 22$  m

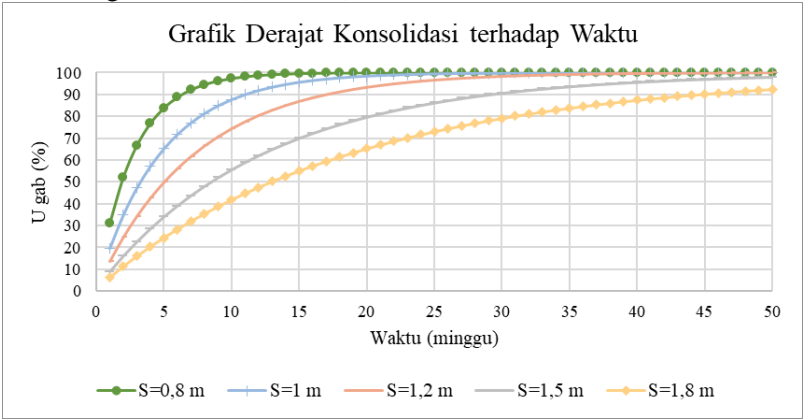
t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000167	0,014569	0,185087	19,69597
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000333	0,020604	0,335917	34,95995
3	0,045387718	3	0,13616315	0,0005	0,025235	0,45883	47,24861
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000667	0,029139	0,558993	57,18437
5	0,045387718	3	0,13616315	0,000834	0,032578	0,640618	65,23259
6	0,045387718	3	0,13616315	0,001	0,035687	0,707135	71,75864
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001167	0,038547	0,76134	77,05399
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001334	0,041208	0,805513	81,35276
9	0,045387718	3	0,13616315	0,0015	0,043708	0,84151	84,84374
10	0,045387718	3	0,13616315	0,001667	0,046072	0,870844	87,6795
11	0,045387718	3	0,13616315	0,001834	0,048321	0,894749	89,98353
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002001	0,05047	0,91423	91,85588
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002167	0,052531	0,930105	93,37765
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002334	0,054514	0,943042	94,61466
15	0,045387718	3	0,13616315	0,002501	0,056427	0,953584	95,62029
16	0,045387718	3	0,13616315	0,002667	0,058277	0,962175	96,43792
17	0,045387718	3	0,13616315	0,002834	0,060071	0,969176	97,10274
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003001	0,061813	0,974881	97,64336
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003168	0,063506	0,97953	98,08301
20	0,045387718	3	0,13616315	0,003334	0,065156	0,983319	98,44057
21	0,045387718	3	0,13616315	0,003501	0,066765	0,986406	98,73139
22	0,045387718	3	0,13616315	0,003668	0,068336	0,988922	98,96793
23	0,045387718	3	0,13616315	0,003834	0,069872	0,990973	99,16034
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004001	0,071375	0,992644	99,31686



PVD Pola Pemasangan Segiempat  $S = 1,2$  m sepanjang  $3/4H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 22$  m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000167	0,014569	0,122845	13,56244
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000333	0,020604	0,230599	24,64517
3	0,045387718	3	0,13616315	0,0005	0,025235	0,325116	34,21463
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000667	0,029139	0,408022	42,52712
5	0,045387718	3	0,13616315	0,000834	0,032578	0,480743	49,76596
6	0,045387718	3	0,13616315	0,001	0,035687	0,544531	56,07857
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001167	0,038547	0,600483	61,58833
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001334	0,041208	0,649562	66,40027
9	0,045387718	3	0,13616315	0,0015	0,043708	0,692611	70,60466
10	0,045387718	3	0,13616315	0,001667	0,046072	0,730372	74,27948
11	0,045387718	3	0,13616315	0,001834	0,048321	0,763495	77,49229
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002001	0,05047	0,792548	80,30182
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002167	0,052531	0,818033	82,75914
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002334	0,054514	0,840386	84,90874
15	0,045387718	3	0,13616315	0,002501	0,056427	0,859994	86,78941
16	0,045387718	3	0,13616315	0,002667	0,058277	0,877193	88,43499
17	0,045387718	3	0,13616315	0,002834	0,060071	0,892279	89,87501
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003001	0,061813	0,905512	91,13527
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003168	0,063506	0,91712	92,23829
20	0,045387718	3	0,13616315	0,003334	0,065156	0,927301	93,20377
21	0,045387718	3	0,13616315	0,003501	0,066765	0,936232	94,04892
22	0,045387718	3	0,13616315	0,003668	0,068336	0,944065	94,78876
23	0,045387718	3	0,13616315	0,003834	0,069872	0,950937	95,43647
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004001	0,071375	0,956964	96,00355

Grafik Derajat Konsolidasi terhadap Waktu PVD Segiempat Pemasangan  $3/4H_{dr}$  ( $H_{dr} = 22$ )



PVD Pola Pemasangan Segiempat S = 0,8 m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 22$  m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000202	0,016026	0,30071	31,19169
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000403	0,022665	0,510993	52,20765
3	0,045387718	3	0,13616315	0,000605	0,027758	0,658043	66,75347
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000807	0,032053	0,760873	76,85372
5	0,045387718	3	0,13616315	0,001009	0,035836	0,832781	83,8773
6	0,045387718	3	0,13616315	0,00121	0,039256	0,883065	88,76555
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001412	0,042402	0,918229	92,16958
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001614	0,045329	0,942818	94,54101
9	0,045387718	3	0,13616315	0,001816	0,048079	0,960013	96,19357
10	0,045387718	3	0,13616315	0,002017	0,05068	0,972038	97,34548
11	0,045387718	3	0,13616315	0,002219	0,053153	0,980446	98,14856
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002421	0,055517	0,986326	98,70853
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002622	0,057784	0,990438	99,09906
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002824	0,059965	0,993313	99,37144
15	0,045387718	3	0,13616315	0,003026	0,06207	0,995324	99,56144
16	0,045387718	3	0,13616315	0,003228	0,064105	0,99673	99,69398
17	0,045387718	3	0,13616315	0,003429	0,066078	0,997713	99,78646
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003631	0,067994	0,998401	99,85098
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003833	0,069857	0,998882	99,896
20	0,045387718	3	0,13616315	0,004034	0,071672	0,999218	99,92741
21	0,045387718	3	0,13616315	0,004236	0,073442	0,999453	99,94934
22	0,045387718	3	0,13616315	0,004438	0,07517	0,999618	99,96464
23	0,045387718	3	0,13616315	0,00464	0,076859	0,999733	99,97532
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004841	0,078512	0,999813	99,98277

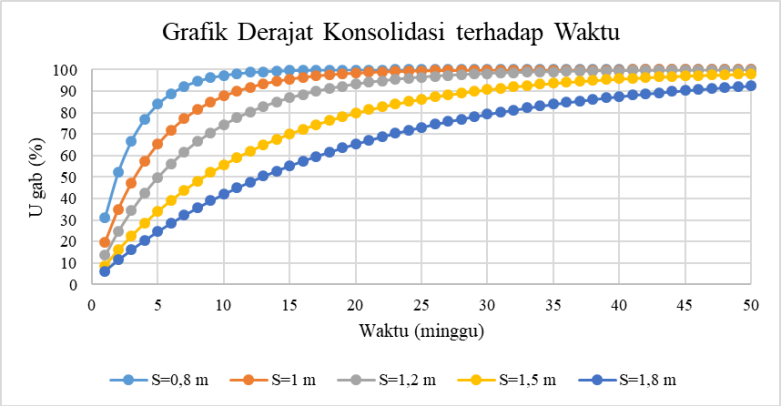
PVD Pola Pemasangan Segiempat  $S = 1$  m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr} =$   
 22 m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000202	0,016026	0,185087	19,81469
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000403	0,022665	0,335917	35,09678
3	0,045387718	3	0,13616315	0,000605	0,027758	0,45883	47,38518
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000807	0,032053	0,558993	57,31287
5	0,045387718	3	0,13616315	0,001009	0,035836	0,640618	65,34966
6	0,045387718	3	0,13616315	0,00121	0,039256	0,707135	71,86316
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001412	0,042402	0,76134	77,14599
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001614	0,045329	0,805513	81,4329
9	0,045387718	3	0,13616315	0,001816	0,048079	0,84151	84,91301
10	0,045387718	3	0,13616315	0,002017	0,05068	0,870844	87,739
11	0,045387718	3	0,13616315	0,002219	0,053153	0,894749	90,03439
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002421	0,055517	0,91423	91,89916
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002622	0,057784	0,930105	93,41437
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002824	0,059965	0,943042	94,64571
15	0,045387718	3	0,13616315	0,003026	0,06207	0,953584	95,64649
16	0,045387718	3	0,13616315	0,003228	0,064105	0,962175	96,45996
17	0,045387718	3	0,13616315	0,003429	0,066078	0,969176	97,12126
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003631	0,067994	0,974881	97,65889
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003833	0,069857	0,97953	98,09601
20	0,045387718	3	0,13616315	0,004034	0,071672	0,983319	98,45144
21	0,045387718	3	0,13616315	0,004236	0,073442	0,986406	98,74047
22	0,045387718	3	0,13616315	0,004438	0,07517	0,988922	98,9755
23	0,045387718	3	0,13616315	0,00464	0,076859	0,990973	99,16665
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004841	0,078512	0,992644	99,32211

PVD Pola Pemasangan Segiempat  $S = 1,2$  m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 22$  m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045387718	3	0,13616315	0,000202	0,016026	0,122845	13,69024
2	0,045387718	3	0,13616315	0,000403	0,022665	0,230599	24,80369
3	0,045387718	3	0,13616315	0,000605	0,027758	0,325116	34,38494
4	0,045387718	3	0,13616315	0,000807	0,032053	0,408022	42,69962
5	0,045387718	3	0,13616315	0,001009	0,035836	0,480743	49,93512
6	0,045387718	3	0,13616315	0,00121	0,039256	0,544531	56,24112
7	0,045387718	3	0,13616315	0,001412	0,042402	0,600483	61,74233
8	0,045387718	3	0,13616315	0,001614	0,045329	0,649562	66,54468
9	0,045387718	3	0,13616315	0,001816	0,048079	0,692611	70,73902
10	0,045387718	3	0,13616315	0,002017	0,050568	0,730372	74,4037
11	0,045387718	3	0,13616315	0,002219	0,053153	0,763495	77,60657
12	0,045387718	3	0,13616315	0,002421	0,055517	0,792548	80,40652
13	0,045387718	3	0,13616315	0,002622	0,057784	0,818033	82,85473
14	0,045387718	3	0,13616315	0,002824	0,059965	0,840386	84,99575
15	0,045387718	3	0,13616315	0,003026	0,06207	0,859994	86,86841
16	0,045387718	3	0,13616315	0,003228	0,064105	0,877193	88,50656
17	0,045387718	3	0,13616315	0,003429	0,066078	0,892279	89,93972
18	0,045387718	3	0,13616315	0,003631	0,067994	0,905512	91,19368
19	0,045387718	3	0,13616315	0,003833	0,069857	0,91712	92,29093
20	0,045387718	3	0,13616315	0,004034	0,071672	0,927301	93,25114
21	0,045387718	3	0,13616315	0,004236	0,073442	0,936232	94,09149
22	0,045387718	3	0,13616315	0,004438	0,07517	0,944065	94,82699
23	0,045387718	3	0,13616315	0,00464	0,076859	0,950937	95,47075
24	0,045387718	3	0,13616315	0,004841	0,078512	0,956964	96,03426

Grafik Derajat Konsolidasi terhadap Waktu PVD Segiempat Pemasangan  $2/3H_{dr}$  ( $H_{dr} = 22$ )



PVD Pola Pemasangan Segiempat S = 0,8 m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr}$  = 17 m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045355275	3	0,13606583	0,000315	0,020026	0,300531	31,45385
2	0,045355275	3	0,13606583	0,00063	0,028321	0,510743	52,45993
3	0,045355275	3	0,13606583	0,000945	0,034686	0,65778	66,96502
4	0,045355275	3	0,13606583	0,00126	0,040051	0,760628	77,0215
5	0,045355275	3	0,13606583	0,001575	0,044779	0,832567	84,00641
6	0,045355275	3	0,13606583	0,00189	0,049053	0,882886	88,86303
7	0,045355275	3	0,13606583	0,002205	0,052983	0,918082	92,24224
8	0,045355275	3	0,13606583	0,00252	0,056641	0,942701	94,59465
9	0,045355275	3	0,13606583	0,002835	0,060077	0,959921	96,23289
10	0,045355275	3	0,13606583	0,00315	0,063327	0,971966	97,37414
11	0,045355275	3	0,13606583	0,003465	0,066418	0,980391	98,16935
12	0,045355275	3	0,13606583	0,00378	0,069371	0,986284	98,72357
13	0,045355275	3	0,13606583	0,004095	0,072204	0,990406	99,10989
14	0,045355275	3	0,13606583	0,00441	0,074929	0,993289	99,37923
15	0,045355275	3	0,13606583	0,004725	0,077559	0,995306	99,56702
16	0,045355275	3	0,13606583	0,005039	0,080103	0,996717	99,69798
17	0,045355275	3	0,13606583	0,005354	0,082568	0,997704	99,78931
18	0,045355275	3	0,13606583	0,005669	0,084962	0,998394	99,85302
19	0,045355275	3	0,13606583	0,005984	0,08729	0,998876	99,89745
20	0,045355275	3	0,13606583	0,006299	0,089558	0,999214	99,92845
21	0,045355275	3	0,13606583	0,006614	0,091769	0,99945	99,95007
22	0,045355275	3	0,13606583	0,006929	0,093929	0,999615	99,96516
23	0,045355275	3	0,13606583	0,007244	0,09604	0,999731	99,97569
24	0,045355275	3	0,13606583	0,007559	0,098105	0,999812	99,98303

PVD Pola Pemasangan Segiempat  $S = 1$  m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr} = 17$  m

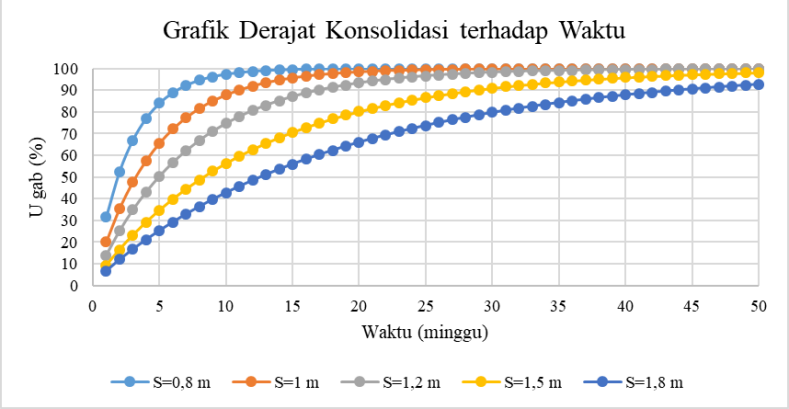
t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045355275	3	0,13606583	0,000315	0,020026	0,184968	20,12893
2	0,045355275	3	0,13606583	0,00063	0,028321	0,335722	35,45351
3	0,045355275	3	0,13606583	0,000945	0,034686	0,458592	47,73712
4	0,045355275	3	0,13606583	0,00126	0,040051	0,558735	57,64084
5	0,045355275	3	0,13606583	0,001575	0,044779	0,640355	65,64594
6	0,045355275	3	0,13606583	0,00189	0,049053	0,706878	72,12561
7	0,045355275	3	0,13606583	0,002205	0,052983	0,761096	77,37537
8	0,045355275	3	0,13606583	0,00252	0,056641	0,805285	81,63142
9	0,045355275	3	0,13606583	0,002835	0,060077	0,841301	85,08354
10	0,045355275	3	0,13606583	0,00315	0,063327	0,870655	87,88464
11	0,045355275	3	0,13606583	0,003465	0,066418	0,89458	90,15817
12	0,045355275	3	0,13606583	0,00378	0,069371	0,914079	92,00397
13	0,045355275	3	0,13606583	0,004095	0,072204	0,929972	93,50281
14	0,045355275	3	0,13606583	0,00441	0,074929	0,942925	94,72014
15	0,045355275	3	0,13606583	0,004725	0,077559	0,953482	95,70898
16	0,045355275	3	0,13606583	0,005039	0,080103	0,962086	96,51232
17	0,045355275	3	0,13606583	0,005354	0,082568	0,969099	97,16505
18	0,045355275	3	0,13606583	0,005669	0,084962	0,974815	97,69545
19	0,045355275	3	0,13606583	0,005984	0,08729	0,979473	98,1265
20	0,045355275	3	0,13606583	0,006299	0,089558	0,98327	98,47683
21	0,045355275	3	0,13606583	0,006614	0,091769	0,986364	98,76158
22	0,045355275	3	0,13606583	0,006929	0,093929	0,988887	98,99305
23	0,045355275	3	0,13606583	0,007244	0,09604	0,990942	99,18121
24	0,045355275	3	0,13606583	0,007559	0,098105	0,992618	99,33419



PVD Pola Pemasangan Segiempat S = 1,2 m sepanjang  $2/3H_{dr}$ ,  $H_{dr}$  = 17 m

t minggu	Cv m <sup>2</sup> /minggu	kh/kv	Ch m <sup>2</sup> /minggu	Tv	Uv %	Uh %	U gab %
1	0,045355275	3	0,13606583	0,000315	0,020026	0,122763	14,03299
2	0,045355275	3	0,13606583	0,00063	0,028321	0,230455	25,22486
3	0,045355275	3	0,13606583	0,000945	0,034686	0,324926	34,83413
4	0,045355275	3	0,13606583	0,00126	0,040051	0,4078	43,15183
5	0,045355275	3	0,13606583	0,001575	0,044779	0,4805	50,37625
6	0,045355275	3	0,13606583	0,00189	0,049053	0,544275	56,66297
7	0,045355275	3	0,13606583	0,002205	0,052983	0,600221	62,14026
8	0,045355275	3	0,13606583	0,00252	0,056641	0,649299	66,91631
9	0,045355275	3	0,13606583	0,002835	0,060077	0,692352	71,08346
10	0,045355275	3	0,13606583	0,00315	0,063327	0,73012	74,72103
11	0,045355275	3	0,13606583	0,003465	0,066418	0,763251	77,89752
12	0,045355275	3	0,13606583	0,00378	0,069371	0,792315	80,67222
13	0,045355275	3	0,13606583	0,004095	0,072204	0,817811	83,09655
14	0,045355275	3	0,13606583	0,00441	0,074929	0,840177	85,21523
15	0,045355275	3	0,13606583	0,004725	0,077559	0,859797	87,06712
16	0,045355275	3	0,13606583	0,005039	0,080103	0,877009	88,68607
17	0,045355275	3	0,13606583	0,005354	0,082568	0,892108	90,1016
18	0,045355275	3	0,13606583	0,005669	0,084962	0,905353	91,33941
19	0,045355275	3	0,13606583	0,005984	0,08729	0,916972	92,42194
20	0,045355275	3	0,13606583	0,006299	0,089558	0,927165	93,36876
21	0,045355275	3	0,13606583	0,006614	0,091769	0,936106	94,19696
22	0,045355275	3	0,13606583	0,006929	0,093929	0,94395	94,92146
23	0,045355275	3	0,13606583	0,007244	0,09604	0,950831	95,55529
24	0,045355275	3	0,13606583	0,007559	0,098105	0,956867	96,10985

Grafik Derajat Konsolidasi terhadap Waktu PVD Segiempat Pemasangan  $1/2H_{dr}$  ( $H_{dr} = 17$ )



Rate of Settlement Tanpa PVD  $H_{dr} = 22$  m  $H_{final} = 4,3$  m  
Tanpa PVD  
PVD  $3/4H_{dr}$

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,0048898	7,89041	19,43234
2	0,0097796	11,15872	27,48148
3	0,0146693	13,66659	33,6578
4	0,0195591	15,78082	38,86468
5	0,0244489	17,64349	43,45203
6	0,0293387	19,32748	47,59931
7	0,0342284	20,87606	51,41313
8	0,0391182	22,31745	54,96295
9	0,044008	23,67123	58,29701
10	0,0488978	24,95167	61,45045
11	0,0537875	26,16953	64,44977
12	0,0586773	27,33318	67,31559
13	0,0635671	28,44928	70,06429
14	0,0684569	29,52321	72,70915
15	0,0733466	30,55943	75,26112
16	0,0782364	31,56164	77,72935
17	0,0831262	32,53299	80,12158
18	0,088016	33,47617	82,44443
19	0,0929058	34,3935	84,7036
20	0,0977955	35,28699	86,90406

Panjang	=	3/4H <sub>dr</sub>	
U gab	=	77,49229	%
Sc total	=	2,18031	m
Settlement PVD	=	1,689573	m
Sc dibawah PVD	=	0,282469	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,00489	7,89041	2,228795
2	0,00978	11,15872	3,151992
3	0,014669	13,66659	3,860386
4	0,019559	15,78082	4,45759
5	0,024449	17,64349	4,983737
6	0,029339	19,32748	5,459411
7	0,034228	20,87606	5,896838
8	0,039118	22,31745	6,303985
9	0,044008	23,67123	6,686385
10	0,048898	24,95167	7,048069
11	0,053788	26,16953	7,392077
12	0,058677	27,33318	7,720773
13	0,063567	28,44928	8,036035
14	0,068457	29,52321	8,339388
15	0,073347	30,55943	8,632086
16	0,078236	31,56164	8,91518
17	0,083126	32,53299	9,189558
18	0,088016	33,47617	9,455977
19	0,092906	34,3935	9,715093
20	0,097796	35,28699	9,967475

OK

PVD  $2/3H_{dr}$

Panjang	=	1/2H <sub>dr</sub>	
U gab	=	77,6066	%
Sc total	=	2,08933	m
Settlement PVD	=	1,62146	m
Sc dibawah PVD	=	0,37345	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,00	7,89	2,95
2	0,01	11,16	4,17
3	0,01	13,67	5,10
4	0,02	15,78	5,89
5	0,02	17,64	6,59
6	0,03	19,33	7,22
7	0,03	20,88	7,80
8	0,04	22,32	8,33
9	0,04	23,67	8,84
10	0,05	24,95	9,32
11	0,05	26,17	9,77
12	0,06	27,33	10,21
13	0,06	28,45	10,62
14	0,07	29,52	11,03
15	0,07	30,56	11,41
16	0,08	31,56	11,79
17	0,08	32,53	12,15
18	0,09	33,48	12,50
19	0,09	34,39	12,84
20	0,10	35,29	13,18

NOT OK

Rate of Settlement Tanpa PVD  $H_{dr} = 22$  m Timbunan Tegak  $H_{final} = 3,5$  m  
Tanpa PVD PVD  $3/4H_{dr}$

PVD  $2/3H_{dr}$

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,0048898	7,89041	14,97876
2	0,0097796	11,15872	21,18316
3	0,0146693	13,66659	25,94397
4	0,0195591	15,78082	29,95752
5	0,0244489	17,64349	33,49352
6	0,0293387	19,32748	36,69032
7	0,0342284	20,87606	39,63007
8	0,0391182	22,31745	42,36633
9	0,044008	23,67123	44,93628
10	0,0488978	24,95167	47,367
11	0,0537875	26,16953	49,67892
12	0,0586773	27,33318	51,88794
13	0,0635671	28,44928	54,00669
14	0,0684569	29,52321	56,04539
15	0,0733466	30,55943	58,01249
16	0,0782364	31,56164	59,91504
17	0,0831262	32,53299	61,75901
18	0,088016	33,47617	63,54949
19	0,0929058	34,3935	65,2909
20	0,0977955	35,28699	66,98705

Panjang	=	3/4H <sub>dr</sub>	
U gab	=	87,6795	%
Sc total	=	1,67905	m
Settlement PVD	=	1,472183	m
Sc dibawah PVD	=	0,2193	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,00489	7,89041	1,730367
2	0,00978	11,15872	2,447108
3	0,014669	13,66659	2,997083
4	0,019559	15,78082	3,460734
5	0,024449	17,64349	3,869218
6	0,029339	19,32748	4,238516
7	0,034228	20,87606	4,57812
8	0,039118	22,31745	4,894217
9	0,044008	23,67123	5,191101
10	0,048898	24,95167	5,4719
11	0,053788	26,16953	5,738978
12	0,058677	27,33318	5,994167
13	0,063567	28,44928	6,238926
14	0,068457	29,52321	6,47444
15	0,073347	30,55943	6,701682
16	0,078236	31,56164	6,921467
17	0,083126	32,53299	7,134485
18	0,088016	33,47617	7,341325
19	0,092906	34,3935	7,542494
20	0,097796	35,28699	7,738436

270

Panjang	=	2/3H <sub>dr</sub>	
U gab	=	87,739	%
Sc total	=	1,608	m
Settlement PVD	=	1,410843	m
Sc dibawah PVD	=	0,29035	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,0048898	7,89041	2,29098
2	0,0097796	11,15872	3,239936
3	0,0146693	13,66659	3,968095
4	0,0195591	15,78082	4,581961
5	0,0244489	17,64349	5,122788
6	0,0293387	19,32748	5,611733
7	0,0342284	20,87606	6,061365
8	0,0391182	22,31745	6,479871
9	0,044008	23,67123	6,872941
10	0,0488978	24,95167	7,244716
11	0,0537875	26,16953	7,598323
12	0,0586773	27,33318	7,936189
13	0,0635671	28,44928	8,260248
14	0,0684569	29,52321	8,572064
15	0,0733466	30,55943	8,872929
16	0,0782364	31,56164	9,163922
17	0,0831262	32,53299	9,445955
18	0,088016	33,47617	9,719807
19	0,0929058	34,3935	9,986152
20	0,0977955	35,28699	10,24558

*Rate of Settlement* Tanpa PVD  $H_{dr} = 17 \text{ m}$   $H_{final} = 2 \text{ m}$   
 Tanpa PVD  
 PVD  $3/4H_{dr}$

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,0081833	10,20747	18,72486
2	0,0163665	14,43554	26,48095
3	0,0245498	17,67985	32,4324
4	0,032733	20,41494	37,44971
5	0,0409163	22,82459	41,87005
6	0,0490995	25,00309	45,86634
7	0,0572828	27,00642	49,54131
8	0,065466	28,87108	52,96189
9	0,0736493	30,62241	56,17457
10	0,0818325	32,27885	59,21319
11	0,0900158	33,85434	62,10332
12	0,098199	35,35971	64,8648
13	0,1063823	36,80355	67,51343
14	0,1145655	38,19285	70,06199
15	0,1227488	39,53336	72,52105
16	0,130932	40,82987	74,89942
17	0,1391153	42,08647	77,20456
18	0,1472986	43,30662	79,44284
19	0,1554818	44,49332	81,61975
20	0,1636651	45,64919	83,7401

Panjang	=	3/4H <sub>dr</sub>	
U gab	=	56,14196	%
Sc total	=	1,029275	m
Settlement PVD	=	0,577855	m
Sc dibawah PVD	=	0,103908	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,0081833	10,20747	0,48417
2	0,0163665	14,43554	0,68472
3	0,0245498	17,67985	0,838608
4	0,032733	20,41494	0,968341
5	0,0409163	22,82459	1,082638
6	0,0490995	25,00309	1,185971
7	0,0572828	27,00642	1,280995
8	0,065466	28,87108	1,369441
9	0,0736493	30,62241	1,452511
10	0,0818325	32,27885	1,531081
11	0,0900158	33,85434	1,605812
12	0,098199	35,35971	1,677216
13	0,1063823	36,80355	1,745701
14	0,1145655	38,19285	1,8116
15	0,1227488	39,53336	1,875184
16	0,130932	40,82987	1,936682
17	0,1391153	42,08647	1,996286
18	0,1472986	43,30662	2,054161
19	0,1554818	44,49332	2,11045
20	0,1636651	45,64919	2,165276

OK

PVD  $2/3H_{dr}$

Panjang	=	2/3H <sub>dr</sub>	
U gab	=	56,29954	%
Sc total	=	0,998215	m
Settlement PVD	=	0,561991	m
Sc dibawah PVD	=	0,134967	m

Penurunan pada Waktu Rencana Jalan

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,008183	10,20747	1,377675
2	0,016367	14,43554	1,948327
3	0,02455	17,67985	2,386204
4	0,032733	20,41494	2,755351
5	0,040916	22,82459	3,080576
6	0,0491	25,00309	3,374602
7	0,057283	27,00642	3,644986
8	0,065466	28,87108	3,896654
9	0,073649	30,62241	4,133026
10	0,081833	32,27885	4,356592
11	0,090016	33,85434	4,569232
12	0,098199	35,35971	4,772407
13	0,106382	36,80355	4,967279
14	0,114566	38,19285	5,154789
15	0,122749	39,53336	5,335714
16	0,130932	40,82987	5,510701
17	0,139115	42,08647	5,680301
18	0,147299	43,30662	5,844982
19	0,155482	44,49332	6,005148
20	0,163665	45,64919	6,161151

OK

## LAMPIRAN 6 PERBAIKAN TIMBUNAN METODE *SURCHARGE*

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

U=100%											
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$	$\sigma_9'$	$\sigma_{10}'$
Kedalaman	H=0 m	H=0,6 m	H=1,2 m	H=1,8 m	H=2,4 m	H=3,0 m	H=3,6 m	H=4,2m	H=4,8 m	H=5,4 m	H=6,0 m
1	0,277	1,387	2,497	3,607	4,716	5,826	6,935	8,044	9,152	10,260	11,365
2	0,830	1,940	3,050	4,160	5,269	6,379	7,487	8,595	9,701	10,807	11,909
3	1,384	2,493	3,603	4,712	5,821	6,930	8,037	9,143	10,247	11,351	12,450
4	1,937	3,047	4,156	5,264	6,372	7,480	8,586	9,689	10,790	11,892	12,986
5	2,491	3,600	4,708	5,815	6,922	8,028	9,132	10,232	11,330	12,428	13,516
6	3,044	4,152	5,259	6,366	7,470	8,575	9,675	10,772	11,865	12,959	14,041
7	3,598	4,705	5,810	6,915	8,017	9,119	10,216	11,309	12,397	13,485	14,560
8	4,151	5,256	6,360	7,462	8,561	9,661	10,753	11,841	12,923	14,005	15,073
9	4,705	5,808	6,909	8,008	9,104	10,200	11,287	12,369	13,445	14,520	15,579
10	5,258	6,359	7,457	8,553	9,645	10,736	11,818	12,894	13,962	15,030	16,079
11	5,799	6,897	7,992	9,083	10,170	11,257	12,333	13,401	14,461	15,521	16,560
12	6,327	7,421	8,512	9,599	10,681	11,762	12,831	13,892	14,943	15,994	17,023
13	6,925	8,016	9,102	10,184	11,259	12,335	13,396	14,448	15,490	16,532	17,550
14	7,594	8,680	9,761	10,837	11,906	12,975	14,028	15,072	16,104	17,136	18,141
15	8,262	9,343	10,419	11,489	12,551	13,613	14,657	15,691	16,713	17,734	18,728
16	8,931	10,007	11,076	12,139	13,193	14,248	15,283	16,307	17,318	18,328	19,309
17	9,599	10,669	11,732	12,787	13,834	14,880	15,906	16,919	17,919	18,918	19,886
18	10,268	11,331	12,387	13,435	14,473	15,511	16,526	17,529	18,517	19,505	20,460
19	10,937	11,993	13,041	14,081	15,110	16,139	17,144	18,135	19,111	20,088	21,029
20	11,605	12,654	13,695	14,725	15,745	16,765	17,759	18,739	19,703	20,667	21,596
21	12,274	13,315	14,347	15,369	16,379	17,389	18,372	19,341	20,293	21,244	22,159
22	12,942	13,976	14,999	16,011	17,011	18,011	18,984	19,940	20,880	21,819	22,721

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

U=100%									
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$
Kedalaman	H=0 m	H=0,6m	H=1,2 m	H=1,8m	H=2,4 m	H=3,0m	H=3,6 m	H=3,2m	H=4,8 m
1	0,277	1,387	2,497	3,607	4,716	5,826	6,935	8,043	9,151
2	0,830	1,940	3,050	4,160	5,269	6,378	7,486	8,593	9,699
3	1,384	2,493	3,603	4,712	5,821	6,929	8,035	9,140	10,243
4	1,937	3,046	4,155	5,264	6,371	7,478	8,582	9,685	10,784
5	2,491	3,599	4,707	5,815	6,920	8,025	9,126	10,225	11,320
6	3,044	4,152	5,259	6,364	7,468	8,569	9,668	10,762	11,852
7	3,598	4,704	5,809	6,912	8,013	9,111	10,205	11,295	12,379
8	4,151	5,256	6,358	7,459	8,556	9,650	10,739	11,823	12,900
9	4,705	5,807	6,907	8,004	9,097	10,186	11,269	12,346	13,416
10	5,258	6,358	7,454	8,547	9,636	10,719	11,796	12,865	13,926
11	5,799	6,895	7,987	9,076	10,159	11,236	12,305	13,367	14,418
12	6,327	7,419	8,507	9,590	10,667	11,737	12,798	13,851	14,892
13	6,925	8,013	9,095	10,172	11,243	12,305	13,358	14,401	15,431
14	7,594	8,676	9,753	10,823	11,886	12,940	13,984	15,016	16,036
15	8,262	9,339	10,410	11,473	12,528	13,573	14,607	15,628	16,636
16	8,931	10,002	11,065	12,121	13,167	14,202	15,226	16,237	17,232
17	9,599	10,663	11,720	12,767	13,804	14,830	15,843	16,841	17,825
18	10,268	11,325	12,373	13,411	14,439	15,454	16,456	17,443	18,413
19	10,937	11,986	13,025	14,055	15,072	16,077	17,067	18,042	18,999
20	11,605	12,646	13,677	14,697	15,704	16,697	17,676	18,638	19,582
21	12,274	13,306	14,328	15,337	16,334	17,316	18,283	19,232	20,163
22	12,942	13,966	14,978	15,977	16,963	17,934	18,888	19,825	20,742

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

U=100%						
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$
Kedalaman	H=0 m	H=0,6 m	H=1,2 m	H=1,8 m	H=2,4 m	H=2,6 m
1	0,27674854	1,38674615	2,496718226	3,6066049	4,71629606	5,086155
2	0,83024562	1,940181273	3,049987916	4,1595372	5,26863357	5,638106
3	1,3837427	2,493446473	3,602829304	4,7116812	5,8197075	6,188676
4	1,93723978	3,04643375	4,155021143	5,2626989	6,36906187	6,737295
5	2,49073686	3,599042735	4,706360507	5,8122848	6,91629186	7,283527
6	3,04423394	4,151183197	5,256667813	6,3601736	7,46105323	7,827005
7	3,59773102	4,702777045	5,805790694	6,9061453	8,00306875	8,367438
8	4,1512281	5,253759774	6,353606583	7,4500287	8,54213151	8,904612
9	4,70472518	5,804081311	6,900024003	7,9917026	9,0781051	9,43839
10	5,25822226	6,353706288	7,444982617	8,5310947	9,61092124	9,968711
11	5,79896828	6,889862707	7,97570111	9,0554283	10,1278241	10,48283
12	6,3972656	7,48284569	8,562479679	9,6350229	10,6991683	11,05112
13	7,06586527	8,145411667	9,218092629	10,282685	11,3378069	11,68645
14	7,73446494	8,80727487	9,87228306	10,928199	11,973581	12,31869
15	8,40306461	9,468461562	10,52511517	11,571679	12,6066676	12,94804
16	9,07166429	10,12900603	11,17666833	12,213262	13,2372685	13,57471
17	9,74026396	10,78894896	11,8270336	12,853098	13,8656035	14,19897



Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3\text{ m}$

U<100%											$\Sigma\sigma'$
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	
Tinggi Timbunan	H=0 m	H=1,2 m	H=1,8m	H=2,4m	H=3,0m	H=3,6m	H=4,2m	H=4,8m	H=5,4m	H=6,0 m	t/m <sup>2</sup>
Umur Timbunan	-	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	70,60	66,40	61,59	56,08	49,77	42,53	34,21	24,65	13,56	
1	0,277	1,031	0,691	0,648	0,593	0,528	0,451	0,363	0,261	0,143	4,987
2	0,830	1,250	0,698	0,652	0,596	0,529	0,452	0,364	0,262	0,143	5,777
3	1,384	1,336	0,703	0,655	0,598	0,531	0,453	0,364	0,262	0,143	6,427
4	1,937	1,383	0,707	0,657	0,599	0,531	0,453	0,364	0,262	0,143	7,036
5	2,491	1,414	0,709	0,659	0,600	0,531	0,453	0,363	0,261	0,142	7,623
6	3,044	1,434	0,711	0,659	0,601	0,531	0,452	0,362	0,261	0,142	8,197
7	3,598	1,449	0,712	0,659	0,601	0,530	0,451	0,361	0,260	0,141	8,762
8	4,151	1,459	0,712	0,659	0,600	0,529	0,450	0,360	0,259	0,140	9,319
9	4,705	1,467	0,711	0,658	0,599	0,527	0,448	0,358	0,257	0,139	9,870
10	5,258	1,471	0,710	0,657	0,598	0,525	0,446	0,356	0,256	0,138	10,416
11	5,799	1,474	0,709	0,655	0,596	0,523	0,444	0,354	0,254	0,137	10,944
12	6,327	1,475	0,707	0,652	0,594	0,520	0,441	0,351	0,253	0,136	11,455
13	6,925	1,474	0,704	0,650	0,591	0,517	0,438	0,348	0,251	0,134	12,033
14	7,594	1,473	0,702	0,647	0,588	0,514	0,435	0,345	0,248	0,133	12,678
15	8,262	1,470	0,698	0,643	0,585	0,510	0,431	0,342	0,246	0,132	13,320
16	8,931	1,466	0,695	0,639	0,581	0,506	0,427	0,339	0,244	0,130	13,958
17	9,599	1,461	0,690	0,635	0,577	0,502	0,423	0,336	0,241	0,128	14,593

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5\text{ m}$

U<100%									
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma \sigma'$ t/m <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan	H=0 m	H=1,2 m	H=1,8m	H=2,4m	H=3,0m	H=3,6m	H=4,2m	H=4,8m	
Umur Timbunan	-	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100,000	61,742	56,241	49,935	42,699	34,385	24,804	13,690	
1	0,277	0,799	0,574	0,517	0,445	0,360	0,260	0,143	3,375
2	0,830	1,024	0,582	0,521	0,448	0,361	0,261	0,144	4,169
3	1,384	1,115	0,587	0,524	0,450	0,362	0,261	0,144	4,826
4	1,937	1,166	0,591	0,527	0,451	0,363	0,261	0,144	5,439
5	2,491	1,199	0,594	0,528	0,452	0,363	0,261	0,143	6,031
6	3,044	1,222	0,596	0,529	0,452	0,363	0,261	0,143	6,609
7	3,598	1,239	0,597	0,529	0,452	0,362	0,260	0,143	7,179
8	4,151	1,250	0,597	0,529	0,451	0,361	0,259	0,142	7,741
9	4,705	1,259	0,597	0,528	0,450	0,360	0,258	0,141	8,298
10	5,258	1,264	0,596	0,527	0,448	0,359	0,257	0,140	8,850
11	5,799	1,268	0,595	0,526	0,447	0,357	0,255	0,139	9,385
12	6,327	1,269	0,593	0,523	0,444	0,355	0,253	0,138	9,903
13	6,925	1,270	0,591	0,521	0,442	0,352	0,251	0,137	10,489
14	7,594	1,269	0,588	0,518	0,439	0,350	0,249	0,136	11,143
15	8,262	1,267	0,585	0,515	0,436	0,347	0,247	0,134	11,794

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring

$H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

U<100%						
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Sigma \sigma'$ t/m <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan	H=0 m	H=1,2 m	H=1,8 m	H=2,4 m	H=2,6 m	
Umur Timbunan	-	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	43,15	34,83	25,22	14,03	
1	0,27674854	0,43825461	0,341264542	0,2524962	0,13835656	1,44712
2	0,83024562	0,625394211	0,348111093	0,2555479	0,14028301	2,199582
3	1,3837427	0,707427208	0,352992047	0,2578276	0,14173679	2,843726
4	1,93723978	0,755436652	0,356524415	0,2594942	0,14281806	3,451513
5	2,49073686	0,787052947	0,359051153	0,2606458	0,14358923	4,041076
6	3,04423394	0,809202449	0,360775702	0,2613459	0,1440911	4,619649
7	3,59773102	0,825221716	0,361825907	0,2616382	0,144352	5,190769
8	4,1512281	0,836928131	0,362287075	0,2615555	0,144393	5,756392
9	4,70472518	0,845400349	0,362220136	0,2611248	0,14423112	6,317702
10	5,25822226	0,851322952	0,361672025	0,2603696	0,14388117	6,875468
11	5,79896828	0,854999494	0,360658748	0,2592976	0,1433475	7,417272
12	6,3972656	0,85755757	0,359334207	0,2580082	0,1426922	8,014858

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 4,3$  m

Tahap	Settlement	Minggu ke-									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		-	13,556	24,635	34,201	42,512	49,749	56,061	61,570	66,382	70,587
1	0,338	0,000	0,046	0,083	0,116	0,144	0,168	0,189	0,208	0,224	0,239
2	0,401		0,046	0,138	0,214	0,281	0,339	0,389	0,433	0,471	0,505
3	0,329			0,138	0,259	0,362	0,451	0,529	0,597	0,656	0,708
4	0,281				0,259	0,400	0,521	0,625	0,716	0,796	0,865
5	0,246					0,400	0,554	0,686	0,800	0,900	0,987
6	0,218						0,554	0,715	0,854	0,975	1,080
7	0,197							0,715	0,881	1,023	1,147
8	0,179								0,881	1,047	1,191

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5$  m

Tahap	Settlement	Minggu ke-							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		-	13,684	24,793	34,372	42,684	49,918	56,224	61,724
1	0,357	0,000	0,049	0,089	0,123	0,153	0,178	0,201	0,221
2	0,441		0,049	0,149	0,232	0,304	0,367	0,421	0,469
3	0,366			0,149	0,282	0,395	0,493	0,577	0,651
4	0,315				0,282	0,438	0,571	0,686	0,786
5	0,278					0,438	0,609	0,755	0,881
6	0,249						0,609	0,789	0,943
7	0,225							0,789	0,974

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 2$  m

Tahap	Settlement	Minggu ke-				
		0	1	2	3	4
		-	14,033	25,225	34,834	43,152
1	0,317	0,000	0,045	0,080	0,111	0,137
2	0,356		0,045	0,130	0,200	0,261
3	0,289			0,130	0,241	0,334
4	0,086				0,241	0,346

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

U=100%											
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$	$\sigma_9'$	$\sigma_{10}'$
Kedalaman	H = 0 m	H = 0,6 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 3,0 m	H = 3,6 m	H = 4,2 m	H = 4,8 m	H = 5,4 m	H = 6,0 m
1	0,27675	1,38675	2,49675	3,60675	4,7167485	5,826749	6,936749	8,04674854	9,156749	10,26231	11,36787
2	0,83025	1,94025	3,05025	4,16025	5,2702456	6,380246	7,490246	8,59580562	9,701366	10,80249	11,90361
3	1,38374	2,49374	3,60374	4,71374	5,8237427	6,929303	8,034863	9,1359827	10,2371	11,33822	12,4349
4	1,93724	3,04724	4,15724	5,26280	6,3683598	7,46948	8,5706	9,67171978	10,7684	11,86064	12,95288
5	2,49074	3,59630	4,70186	5,80742	6,9085369	8,009657	9,106337	10,20301686	11,29526	12,38306	13,47086
6	3,04423	4,14979	5,25091	6,35203	7,4531539	8,549834	9,642074	10,73431394	11,82211	12,90547	13,98439
7	3,59773	4,69885	5,79997	6,89665	7,993331	9,085571	10,17337	11,25673102	12,34009	13,41457	14,48461
8	4,15123	5,24791	6,34459	7,44127	8,5290681	9,612428	10,69579	11,7747081	12,84475	13,91035	14,97595
9	4,70473	5,80585	6,89809	7,98589	9,0692452	10,14817	11,22265	12,28824518	13,35385	14,41501	15,47173
10	5,25822	6,34602	7,42938	8,52162	9,5961023	10,66614	11,73174	12,79290226	13,84962	14,9019	15,9453
11	5,79897	6,87789	7,95237	9,02241	10,088008	11,14917	12,20589	13,25816828	14,30157	15,33609	16,36617
12	6,32696	7,40144	8,46704	9,53264	10,593803	11,65052	12,69836	13,74620324	14,78072	15,8108	16,83644
13	6,92526	7,99086	9,05202	10,10874	11,161021	12,20886	13,24338	14,27346056	15,29466	16,30698	17,31486
14	7,59386	8,64614	9,69842	10,74182	11,78078	12,81086	13,83206	14,84882023	15,86114	16,86014	17,85914
15	8,26246	9,31030	10,34926	11,38378	12,41386	13,43062	14,44294	15,4508199	16,44982	17,43994	18,41674
16	8,93106	9,96558	10,99566	12,01686	13,02918	14,03706	15,03606	16,03061957	17,01186	17,98866	18,96102
17	9,59966	10,61642	11,62874	12,64106	13,644499	14,63906	15,6203	16,59709925	17,56946	18,53294	19,48754
18	10,26826	11,27614	12,27958	13,27858	14,268699	15,2455	16,21786	17,18133892	18,14038	19,09054	20,02738
19	10,93686	11,93586	12,92598	13,90722	14,879579	15,85194	16,81542	17,76557859	18,70242	19,63482	20,56278
20	11,60546	12,58670	13,55906	14,53142	15,494898	16,4495	17,39522	18,33205826	19,26446	20,18354	21,09818
21	12,27406	13,24642	14,20990	15,16894	16,119098	17,05594	17,98834	18,91185794	19,8265	20,73226	21,63358
22	12,94266	13,90614	14,85630	15,79758	16,729978	17,6535	18,56814	19,47833761	20,37966	21,2721	22,15566

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

U=100%									
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$
Kedalaman	H = 0 m	H = 0,6 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 3,0 m	H = 3,6 m	H = 4,2 m	H = 4,8 m
1	0,276749	1,386749	2,496749	3,606749	4,716749	5,826749	6,936749	8,04674854	9,156749
2	0,830246	1,940246	3,050246	4,160246	5,270246	6,380246	7,490246	8,59580562	9,701366
3	1,383743	2,493743	3,603743	4,713743	5,823743	6,929303	8,034863	9,1359827	10,2371
4	1,93724	3,04724	4,15724	5,2628	6,36836	7,46948	8,5706	9,67171978	10,7684
5	2,490737	3,596297	4,701857	5,807417	6,908537	8,009657	9,106337	10,20301686	11,29526
6	3,044234	4,149794	5,250914	6,352034	7,453154	8,549834	9,642074	10,73431394	11,82211
7	3,597731	4,698851	5,799971	6,896651	7,993331	9,085571	10,17337	11,25673102	12,34009
8	4,151228	5,247908	6,344588	7,441268	8,529068	9,612428	10,69579	11,7747081	12,84475
9	4,704725	5,805845	6,898085	7,985885	9,069245	10,14817	11,22265	12,28824518	13,35385
10	5,258222	6,346022	7,429382	8,521622	9,596102	10,66614	11,73174	12,79290226	13,84962
11	5,798968	6,877888	7,952368	9,022408	10,08801	11,14917	12,20589	13,25816828	14,30157
12	6,326963	7,401443	8,467043	9,532643	10,5938	11,65052	12,69836	13,74620324	14,78072
13	6,925261	7,990861	9,052021	10,10874	11,16102	12,20886	13,24338	14,27346056	15,29466
14	7,59386	8,64614	9,69842	10,74182	11,78078	12,81086	13,83206	14,84882023	15,86114
15	8,26246	9,3103	10,34926	11,38378	12,41386	13,43062	14,44294	15,4508199	16,44982
16	8,93106	9,96558	10,99566	12,01686	13,02918	14,03706	15,03606	16,03061957	17,01186
17	9,599659	10,61642	11,62874	12,64106	13,6445	14,63906	15,6203	16,59709925	17,56946
18	10,26826	11,27614	12,27958	13,27858	14,2687	15,2455	16,21786	17,18133892	18,14038
19	10,93686	11,93586	12,92598	13,90722	14,87958	15,85194	16,81542	17,76557859	18,70242
20	11,60546	12,5867	13,55906	14,53142	15,4949	16,4495	17,39522	18,33205826	19,26446
21	12,27406	13,24642	14,2099	15,16894	16,1191	17,05594	17,98834	18,91185794	19,8265
22	12,94266	13,90614	14,8563	15,79758	16,72998	17,6535	18,56814	19,47833761	20,37966

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U = 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

U=100%						
Tegangan	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$
Kedalaman	H = 0 m	H = 0,6 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 2,5 m
1	0,276749	1,386749	2,496749	3,606749	4,716749	4,901749
2	0,830246	1,940246	3,050246	4,160246	5,270246	5,455246
3	1,383743	2,493743	3,603743	4,713743	5,823743	6,008003
4	1,93724	3,04724	4,15724	5,2628	6,36836	6,55188
5	2,490737	3,596297	4,701857	5,807417	6,908537	7,092057
6	3,044234	4,149794	5,250914	6,352034	7,453154	7,635934
7	3,597731	4,698851	5,799971	6,896651	7,993331	8,175371
8	4,151228	5,247908	6,344588	7,441268	8,529068	8,709628
9	4,704725	5,805845	6,898085	7,985885	9,069245	9,249065
10	5,258222	6,346022	7,429382	8,521622	9,596102	9,774442
11	5,798968	6,877888	7,952368	9,022408	10,08801	10,26487
12	6,397266	7,471746	8,537346	9,602946	10,66411	10,84023
13	7,065865	8,131465	9,192625	10,24935	11,30163	11,47627
14	7,734465	8,786745	9,839025	10,88242	11,92138	12,09306
15	8,403065	9,450905	10,48986	11,52438	12,55446	12,72392
16	9,071664	10,10618	11,13626	12,15746	13,16978	13,33776
17	9,740264	10,75702	11,76934	12,78166	13,7851	13,95086



Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

U<100%											
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Sigma \sigma'$ t/m <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 3,0 m	H = 3,6 m	H = 4,2 m	H = 4,8 m	H = 5,4 m	H = 6,0 m	
Umur Timbunan	-	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	70,59	66,38	61,57	56,06	49,75	42,51	34,20	24,63	13,56	
1	0,277	1,031	0,690	0,648	0,593	0,528	0,452	0,364	0,261	0,143	4,986
2	0,830	1,250	0,698	0,652	0,596	0,530	0,451	0,363	0,260	0,143	5,774
3	1,383	1,336	0,703	0,655	0,596	0,530	0,451	0,363	0,261	0,143	6,420
4	1,937	1,384	0,704	0,656	0,596	0,529	0,452	0,362	0,259	0,142	7,020
5	2,490	1,410	0,708	0,655	0,597	0,528	0,451	0,361	0,259	0,142	7,600
6	3,043	1,429	0,707	0,657	0,596	0,527	0,450	0,360	0,258	0,141	8,169
7	3,596	1,442	0,707	0,656	0,595	0,526	0,447	0,359	0,256	0,140	8,725
8	4,150	1,449	0,708	0,652	0,591	0,525	0,446	0,356	0,255	0,140	9,271
9	4,703	1,459	0,704	0,651	0,590	0,521	0,441	0,355	0,254	0,139	9,816
10	5,256	1,453	0,708	0,646	0,586	0,517	0,440	0,352	0,252	0,137	10,349
11	5,797	1,448	0,695	0,642	0,582	0,514	0,437	0,348	0,248	0,136	10,846
12	6,324	1,445	0,693	0,640	0,580	0,510	0,435	0,345	0,247	0,135	11,356
13	6,922	1,441	0,688	0,636	0,576	0,504	0,428	0,341	0,243	0,133	11,913
14	7,589	1,431	0,681	0,628	0,567	0,498	0,423	0,339	0,240	0,132	12,529
15	8,257	1,423	0,676	0,624	0,560	0,494	0,420	0,335	0,239	0,129	13,157
16	8,924	1,412	0,668	0,614	0,556	0,488	0,415	0,329	0,236	0,129	13,770
17	9,592	1,391	0,663	0,609	0,549	0,480	0,408	0,326	0,233	0,127	14,377

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

U<100%									
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma \sigma'$
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 3,0 m	H = 3,6 m	H = 4,2 m	H = 4,8 m	
Umur Timbunan	-	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	61,72	56,22	49,92	42,68	34,37	24,79	13,68	
1	0,277	0,799	0,574	0,517	0,445	0,360	0,260	0,144	3,375
2	0,830	1,023	0,581	0,521	0,448	0,362	0,260	0,144	4,169
3	1,383	1,114	0,587	0,525	0,449	0,362	0,260	0,143	4,823
4	1,937	1,166	0,589	0,526	0,449	0,362	0,261	0,143	5,432
5	2,490	1,196	0,593	0,526	0,450	0,361	0,260	0,143	6,019
6	3,043	1,218	0,593	0,528	0,450	0,361	0,260	0,143	6,595
7	3,596	1,233	0,593	0,527	0,449	0,360	0,258	0,142	7,160
8	4,150	1,242	0,595	0,524	0,447	0,359	0,258	0,141	7,717
9	4,703	1,253	0,592	0,524	0,446	0,357	0,255	0,141	8,271
10	5,256	1,250	0,596	0,520	0,443	0,355	0,255	0,140	8,815
11	5,797	1,248	0,585	0,517	0,440	0,352	0,253	0,138	9,330
12	6,324	1,247	0,584	0,516	0,439	0,350	0,252	0,137	9,848
13	6,922	1,245	0,580	0,512	0,436	0,346	0,248	0,136	10,424
14	7,589	1,238	0,573	0,507	0,429	0,342	0,245	0,135	11,059
15	8,256806	1,232	0,569	0,503	0,424	0,340	0,244	0,133	11,70194

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  
 $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

U<100%						
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Sigma\sigma'$ t/m <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 1,2 m	H = 1,8 m	H = 2,4 m	H = 2,5 m	
Umur Timbunan	-	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	43,15	34,83	25,22	14,03	
1	0,277	0,438	0,341	0,253	0,026	1,334
2	0,830	0,625	0,348	0,256	0,026	2,085
3	1,384	0,708	0,353	0,258	0,026	2,729
4	1,937	0,756	0,356	0,259	0,025	3,334
5	2,491	0,786	0,359	0,260	0,025	3,921
6	3,044	0,807	0,360	0,261	0,025	4,498
7	3,598	0,823	0,361	0,262	0,025	5,069
8	4,151	0,834	0,362	0,261	0,025	5,633
9	4,705	0,845	0,361	0,260	0,025	6,196
10	5,258	0,846	0,364	0,259	0,025	6,752
11	5,799	0,847	0,358	0,258	0,025	7,285
12	6,397	0,848	0,357	0,257	0,025	7,885

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

Tahap	Settlement	Minggu ke-									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		-	13,556	24,635	34,201	42,512	49,749	56,061	61,570	66,382	70,587
1	0,338	0,000	0,046	0,083	0,116	0,144	0,168	0,189	0,208	0,224	0,239
2	0,401		0,046	0,138	0,214	0,281	0,339	0,389	0,433	0,471	0,505
3	0,329			0,138	0,259	0,362	0,451	0,529	0,597	0,656	0,708
4	0,281				0,259	0,400	0,521	0,625	0,716	0,796	0,865
5	0,246					0,400	0,554	0,686	0,800	0,900	0,987
6	0,218						0,554	0,715	0,854	0,975	1,080
7	0,197							0,715	0,881	1,023	1,147
8	0,179								0,881	1,047	1,191
9	0,164									1,047	1,214

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

Tahap	Settlement	Minggu ke-							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		-	13,684	24,793	34,372	42,684	49,918	56,224	61,724
1	0,357	0,000	0,049	0,089	0,123	0,153	0,178	0,201	0,221
2	0,441		0,049	0,149	0,232	0,304	0,367	0,421	0,469
3	0,366			0,149	0,282	0,395	0,493	0,577	0,651
4	0,315				0,282	0,438	0,571	0,686	0,786
5	0,278					0,438	0,609	0,755	0,881
6	0,249						0,609	0,789	0,943
7	0,225							0,789	0,974

Penurunan Akibat Timbunan Bertahap Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

Tahap	Settlement	Minggu ke-				
		0	1	2	3	4
		-	14,033	25,225	34,834	43,152
1	0,315	0,000	0,044	0,080	0,110	0,136
2	0,355		0,044	0,129	0,199	0,260
3	0,288			0,129	0,240	0,332
4	0,043				0,240	0,339

## LAMPIRAN 7 PERBAIKAN TANAH METODE *VACUUM*

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

U<100%											
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P8'$	$\Sigma \sigma'$  t/m <sup>2</sup>
Tahap	-	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	
Umur Timbunan	-	8	8	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	66,40	66,40	61,59	56,08	49,77	42,53	34,21	24,65	13,56	
1	0,277	2,833	0,725	0,672	0,611	0,541	0,462	0,371	0,267	0,146	6,757
2	0,830	3,823	0,725	0,672	0,611	0,541	0,462	0,371	0,266	0,146	8,301
3	1,384	4,321	0,725	0,672	0,611	0,541	0,461	0,370	0,266	0,145	9,352
4	1,937	4,650	0,725	0,672	0,611	0,541	0,461	0,369	0,266	0,145	10,232
5	2,491	4,890	0,725	0,671	0,611	0,540	0,460	0,368	0,265	0,144	11,021
6	3,044	5,076	0,725	0,671	0,610	0,539	0,459	0,367	0,264	0,144	11,754
7	3,598	5,225	0,724	0,670	0,609	0,537	0,457	0,366	0,263	0,143	12,448
8	4,151	5,348	0,723	0,668	0,608	0,535	0,455	0,364	0,262	0,142	13,114
9	4,705	5,451	0,721	0,666	0,606	0,533	0,453	0,362	0,260	0,141	13,757
10	5,258	5,539	0,719	0,664	0,604	0,531	0,451	0,360	0,259	0,140	14,383
11	5,799	5,612	0,717	0,662	0,602	0,528	0,448	0,357	0,257	0,138	14,980
12	6,327	5,675	0,714	0,659	0,599	0,525	0,445	0,354	0,255	0,137	15,551
13	6,925	5,737	0,711	0,655	0,596	0,521	0,441	0,351	0,253	0,136	16,190
14	7,594	5,797	0,707	0,652	0,593	0,518	0,438	0,348	0,250	0,134	16,896
15	8,262	5,849	0,703	0,647	0,589	0,514	0,434	0,345	0,248	0,133	17,591
16	8,931	5,893	0,699	0,643	0,585	0,509	0,430	0,341	0,245	0,131	18,278
17	9,599	5,932	0,695	0,638	0,581	0,505	0,426	0,338	0,243	0,129	18,956

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring  $H_{final} = 3,5\text{ m}$

U<100%									
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma \sigma'$  t/m <sup>2</sup>
Tahap	-	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	
Umur Timbunan	-	7	6	5	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	61,74	56,24	49,93	42,70	34,38	24,80	13,69	
1	0,277	2,347	0,611	0,542	0,463	0,372	0,268	0,147	4,878
2	0,830	3,293	0,611	0,542	0,463	0,372	0,268	0,147	6,378
3	1,384	3,782	0,611	0,542	0,463	0,372	0,267	0,147	7,420
4	1,937	4,108	0,612	0,542	0,462	0,371	0,267	0,147	8,299
5	2,491	4,348	0,611	0,542	0,462	0,371	0,266	0,146	9,091
6	3,044	4,536	0,611	0,541	0,461	0,370	0,265	0,146	9,828
7	3,598	4,687	0,610	0,540	0,460	0,369	0,264	0,145	10,527
8	4,151	4,811	0,609	0,539	0,459	0,367	0,263	0,144	11,199
9	4,705	4,916	0,607	0,537	0,457	0,366	0,262	0,143	11,849
10	5,258	5,006	0,606	0,535	0,455	0,364	0,260	0,142	12,483
11	5,799	5,081	0,603	0,533	0,452	0,361	0,258	0,141	13,088
12	6,327	5,145	0,601	0,530	0,450	0,359	0,256	0,140	13,667
13	6,925	5,209	0,598	0,527	0,447	0,356	0,254	0,138	14,315
14	7,594	5,271	0,594	0,523	0,443	0,353	0,252	0,137	15,031
15	8,262	5,324	0,591	0,520	0,440	0,350	0,249	0,136	15,736

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Miring  
 $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

U<100%						
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Sigma\sigma$  t/m <sup>2</sup>
Tahap	-	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	
Umur Timbunan	-	4	3	2	1	
Kedalaman/U%	100	43,15	34,83	25,22	14,03	
1	0,277	1,056	0,374	0,270	0,051	1,978
2	0,830	1,715	0,375	0,271	0,051	3,190
3	1,384	2,091	0,375	0,271	0,051	4,120
4	1,937	2,354	0,375	0,271	0,051	4,937
5	2,491	2,555	0,375	0,271	0,051	5,691
6	3,044	2,715	0,374	0,270	0,051	6,404
7	3,598	2,846	0,374	0,269	0,051	7,087
8	4,151	2,956	0,373	0,269	0,050	7,749
9	4,705	3,050	0,372	0,267	0,050	8,394
10	5,258	3,132	0,370	0,266	0,050	9,026
11	5,799	3,200	0,368	0,264	0,049	9,632
12	6,397	3,267	0,366	0,263	0,049	10,293



Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

U<100%											
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P8'$	$\Sigma \sigma'$
Tahap	-	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	
Umur Timbunan	-	8	8	7	6	5	4	3	2	1	t/m <sup>2</sup>
Kedalaman/U%	100	66,38	66,38	61,57	56,06	49,75	42,51	34,20	24,63	13,56	
1	0,277	2,831	0,724	0,671	0,611	0,542	0,462	0,371	0,266	0,146	6,755
2	0,830	3,821	0,725	0,672	0,611	0,542	0,461	0,370	0,265	0,146	8,297
3	1,384	4,319	0,726	0,672	0,609	0,540	0,459	0,369	0,265	0,145	9,344
4	1,937	4,648	0,723	0,670	0,607	0,538	0,460	0,368	0,263	0,145	10,215
5	2,491	4,885	0,724	0,668	0,608	0,537	0,458	0,366	0,262	0,144	10,999
6	3,044	5,070	0,721	0,668	0,606	0,535	0,456	0,365	0,262	0,143	11,727
7	3,598	5,218	0,719	0,666	0,603	0,533	0,453	0,364	0,260	0,142	12,413
8	4,151	5,338	0,719	0,661	0,599	0,531	0,451	0,360	0,258	0,142	13,068
9	4,705	5,443	0,714	0,659	0,597	0,527	0,446	0,358	0,257	0,140	13,705
10	5,258	5,523	0,717	0,654	0,592	0,523	0,444	0,356	0,255	0,139	14,321
11	5,799	5,591	0,703	0,648	0,587	0,519	0,441	0,351	0,251	0,137	14,889
12	6,327	5,650	0,700	0,646	0,585	0,515	0,439	0,348	0,250	0,137	15,459
13	6,925	5,708	0,694	0,641	0,581	0,508	0,432	0,344	0,245	0,134	16,079
14	7,594	5,761	0,686	0,633	0,571	0,502	0,427	0,341	0,242	0,133	16,757
15	8,262	5,808	0,680	0,628	0,564	0,498	0,423	0,337	0,240	0,130	17,441
16	8,931	5,846	0,672	0,617	0,559	0,491	0,418	0,331	0,237	0,130	18,103
17	9,599	5,872	0,666	0,612	0,552	0,483	0,410	0,328	0,234	0,127	18,758

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

U<100%									
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P6'$	$\Sigma \sigma'$
Tahap	H=0 m	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	
Umur Timbunan	-	6	6	5	4	3	2	1	t/m <sup>2</sup>
Kedalaman/U%	100	56,22	56,22	49,92	42,68	34,37	24,79	13,68	
1	0,277	1,869	0,610	0,542	0,463	0,372	0,268	0,148	4,400
2	0,830	2,743	0,611	0,542	0,463	0,372	0,267	0,147	5,828
3	1,384	3,208	0,612	0,543	0,462	0,371	0,266	0,147	6,845
4	1,937	3,524	0,610	0,541	0,460	0,370	0,266	0,146	7,708
5	2,491	3,756	0,610	0,539	0,460	0,369	0,266	0,146	8,491
6	3,044	3,939	0,608	0,540	0,459	0,368	0,265	0,145	9,223
7	3,598	4,088	0,606	0,538	0,457	0,366	0,263	0,145	9,916
8	4,151	4,211	0,607	0,534	0,454	0,365	0,262	0,143	10,583
9	4,705	4,317	0,602	0,532	0,452	0,362	0,259	0,143	11,229
10	5,258	4,401	0,605	0,528	0,449	0,360	0,258	0,142	11,858
11	5,799	4,473	0,593	0,524	0,446	0,357	0,256	0,140	12,447
12	6,327	4,535	0,591	0,522	0,444	0,354	0,255	0,139	13,028
13	6,925	4,598	0,586	0,518	0,440	0,350	0,251	0,137	13,668
14	7,594	4,656	0,579	0,512	0,433	0,346	0,248	0,136	14,367
15	8,262	4,707	0,575	0,508	0,428	0,343	0,246	0,134	15,068

Perubahan Tiap Lapisan Tanah  $U < 100\%$  Timbunan Sisi Tegak  
 $H_{final} = 2 \text{ m}$

U<100%						
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Sigma \sigma'$
Tahap	-	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	
Umur Timbunan	-	4	3	2	1	t/m <sup>2</sup>
Kedalaman/U%	100	43,15	34,83	25,22	14,03	
1	0,277	1,056	0,374	0,271	0,026	1,978
2	0,830	1,715	0,375	0,271	0,026	3,191
3	1,384	2,091	0,375	0,271	0,026	4,121
4	1,937	2,354	0,374	0,271	0,026	4,937
5	2,491	2,554	0,375	0,270	0,026	5,689
6	3,044	2,714	0,374	0,270	0,026	6,402
7	3,598	2,845	0,373	0,269	0,025	7,085
8	4,151	2,955	0,373	0,267	0,025	7,746
9	4,705	3,050	0,370	0,267	0,025	8,392
10	5,258	3,128	0,372	0,265	0,025	9,023
11	5,799	3,195	0,365	0,263	0,025	9,621
12	6,397	3,261	0,364	0,262	0,025	10,284

## LAMPIRAN 8 PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN MIRING

Hasil Analisa XSTABL Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

Percobaan	FOS	Xo	Yo	R m	Xa	Xb	Mres kNm
1	0,971	31,32	37,51	22,27	15,33	47,54	12730
2	0,948	30,69	38,11	23,12	14,11	47,51	13400
3	0,994	33,05	40,5	26,47	14,11	52,31	18330
4	0,979	32,54	41	27,17	13,11	52,31	18940
5	0,991	29,27	49,13	38,86	1,44	60,35	37230

Hasil Analisa XSTABL Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

Percobaan	FOS	Xo	Yo	R	Xa	Xb	Mres
1	0,992	29,88	35,06	18,98	16,11	45,96	7744
2	0,989	29,73	35,58	19,71	15,44	46,35	8262
3	0,995	30,22	36,07	20,4	15,44	47,35	8962
4	0,981	29,39	37,46	22,37	13,22	47,97	10360
5	0,982	26,59	47,51	35,51	1,89	54,06	22910

Hasil Analisa XSTABL Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

Percobaan	FOS	Xo	Yo	R	Xa	Xb	Mres
1	0,99	29,15	35	26,62	10,11	50,26	11720
2	0,975	28,92	30,77	19,98	14,44	45,35	6779
3	0,982	28,87	35,72	26,98	9,44	50,35	12040
4	0,97	27,9	32,75	22,78	11,44	46,35	8462
5	0,988	28,86	39,7	32,6	5,44	54,35	17330

Rekapitulasi Panjang Total Kebutuhan *Geotextile* Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{final} = 4,3$  m

XSTABL 1		XSTABL2		XSTABL 3		XSTABL 4		XSTABL 5	
L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)
18	2	18	2	23	2	23	2	28	2
18	2	19	2	23	2	23	2	28	2
18	2	19	2	24	2	24	2	28	2
19	2	19	2	24	2	24	2	28	2
19	2	19	2	24	2	24	2	28	2
19	2	19	2	24	2	24	2	28	2
18	2	19	2	24	2	24	2	28	2
18	2	19	2	24	2	24	2	28	2
18	2	18	2	23	2	23	2	27	2
18	1	18	2	23	2	23	2	27	2
18	1	18	1	23	2	23	2	27	2
18	1	18	1	23	2	23	2	27	2
18	1	18	1	23	2	23	2	26	2
18	1	18	1	23	2	23	2	26	2
17	1	18	1	23	2	23	2	26	2
17	1	17	1	22	2	22	2	25	2
17	1	17	1	22	2	22	2	25	2
17	1	17	1	22	2	22	2	25	2
18	1	18	1	23	2	23	2	24	2
18	1	18	1	23	2	23	2	24	2
17	1	21	1	23	1	25	1	24	2
18	1	18	1	24	1	21	1	24	2
19	1	22	1	23	1	26	1	23	2
22	1	22	1	23	1	23	1	23	2

Rekapitulasi Panjang Total Kebutuhan *Geotextile* Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{final} = 3,5$  m

Jumlah (n)	XSTABL 1	XSTABL2	XSTABL 3	XSTABL 4	XSTABL 5
	L total (m)	L total (m)	L total (m)	L total (m)	L total (m)
2	16	17	20	18	22
2	17	17	20	18	23
2	18	18	20	18	23
2	18	18	20	18	23
2	18	18	20	18	23
2	18	18	20	18	23
2	18	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	19	18	20	18	23
2	20	19	21	19	23
2	20	19	21	19	23
2	20	19	21	19	23

Rekapitulasi Panjang Total Kebutuhan *Geotextile* Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

Tinggi (m)	XSTABL 1		XSTABL2		XSTABL 3		XSTABL 4		XSTABL 5	
	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)	L total (m)	Jumlah (n)
1,8	19	2	19	2	18	2	20	2	22	2
2	19	2	19	2	18	2	20	2	22	2
2,2	19	2	19	2	18	1	20	1	22	2
2,4	19	1	20	1	18	1	21	1	21	2

Rekapitulasi Kebutuhan Mikropile Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

Bidang Longsor	Jumlah n	Jarak m	Panjang m
XSTABL1	3	2	12
XSTABL2	4	1,6	12
XSTABL3	3	2	12
XSTABL4	4	1	12
XSTABL5	5	1	12

Rekapitulasi Kebutuhan Mikropile Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

Bidang Longsor	Jumlah n	Jarak m	Panjang m
XSTABL1	2	2,5	12
XSTABL2	2	2,5	12
XSTABL3	2	2,5	12
XSTABL4	3	2	12
XSTABL5	4	1	12

Rekapitulasi Kebutuhan Mikropile Timbunan Miring Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$

Bidang Longsor	Jumlah n	Jarak m	Panjang m
XSTABL1	3	2	10
XSTABL2	2	2,5	10
XSTABL3	3	2	10
XSTABL4	3	2	10
XSTABL5	3	2	10

### LAMPIRAN 9 PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN TEGAK

Perhitungan Kebutuhan *Geotextile Wall* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

No	z	$\sigma_h$	$\sigma_v$	Sv pakai	Le	Le pakai	Lr	Lr pakai	L	Lpakai	Lo	Lo pakai	L total
	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	2,8	20,9333	51,8	0,2	0,111644	1	0,666667	1	2	10	0,5	1	11,2
2	2,6	19,7000	48,1	0,2	0,113148	1	0,733333	1	2	10	0,5	1	11,2
3	2,4	18,4667	44,4	0,2	0,114903	1	0,8	1	2	10	0,5	1	11,2
4	2,2	17,2333	40,7	0,2	0,116977	1	0,866667	1	2	10	0,5	1	11,2
5	2	16,0000	37	0,2	0,119466	1	0,933333	1	2	10	0,5	1	11,2
6	1,6	13,5333	29,6	0,4	0,252621	1	1,066667	2	3	10	0,5	1	11,4
7	1,2	11,0667	22,2	0,4	0,275436	1	1,2	2	3	10	0,5	1	11,4
8	0,8	8,6000	14,8	1,4	1,123729	2	1,333333	2	4	11	1	1	13,4
9	0,4	6,1333	7,4	2,4	2,747723	3	1,466667	2	5	12	1,5	2	16,4

Perhitungan Kebutuhan *Geotextile Wall* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

No	z	$\sigma_h$	$\sigma_v$	Sv pakai	Le	Le pakai	Lr	Lr pakai	L	Lpakai	Lo	Lo pakai	L total
	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	2	16,0000	37	0,2	0,119466	1	0,933333	1	2	10	0,5	1	11,2
2	1,8	14,7667	33,3	0,2	0,122508	1	1	1	2	10	0,5	1	11,2
3	1,6	13,5333	29,6	0,2	0,126311	1	1,066667	2	3	10	0,5	1	11,2
4	1,4	12,3000	25,9	0,2	0,1312	1	1,133333	2	3	10	0,5	1	11,2
5	1,2	11,0667	22,2	0,2	0,137718	1	1,2	2	3	10	0,5	1	11,2
6	0,8	8,6000	14,8	0,4	0,321065	1	1,333333	2	3	10	0,5	1	11,4
7	0,4	6,1333	7,4	0,4	0,457954	1	1,466667	2	3	10	0,5	1	11,4

Perhitungan Kebutuhan *Geotextile Wall* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Vacuum*  $H_{final} = 4,3$  m

No	z m	$\sigma_h$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	Sv pakai m	Le m	Le pakai m	Lr m	Lr pakai m	L m	Lpakai m	Lo m	Lo pakai m	L total m
1	3,8	27,1	70,3	0,4	0,21	1	0	0	1	10	0,5	1	11,4
2	3,4	24,6	62,9	0,4	0,22	1	0,1	1	2	10	0,5	1	11,4
3	3	22,2	55,5	0,6	0,33	1	0,3	1	2	10	0,5	1	11,6
4	2,4	18,5	44,4	0,6	0,34	1	0,5	1	2	10	0,5	1	11,6
5	1,8	14,8	33,3	0,6	0,37	1	0,7	1	2	10	0,5	1	11,6
6	1,2	11,1	22,2	0,6	0,41	1	0,9	1	2	10	0,5	1	11,6
7	0,6	7,4	11,1	0,6	0,55	1	1,1	2	3	10	0,5	1	11,6

Perhitungan Kebutuhan *Geotextile Wall* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Vacuum*  $H_{final} = 3,5$  m

No	z m	$\sigma_h$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	Sv pakai m	Le m	Le pakai m	Lr m	Lr pakai m	L m	Lpakai m	Lo m	Lo pakai m	L total m
1	3	22,1667	55,5	0,4	0,220681	1	0	1	2	10	0,5	1	11,4
2	2,6	19,7000	48,1	0,4	0,226297	1	0,133333	1	2	10	0,5	1	11,4
3	2,2	17,2333	40,7	0,4	0,233955	1	0,266667	1	2	10	0,5	1	11,4
4	1,8	14,7667	33,3	0,6	0,367525	1	0,4	1	2	10	0,5	1	11,6
5	1,2	11,0667	22,2	0,2	0,137718	1	0,6	1	2	10	0,5	1	11,2
6	0,6	7,3667	11,1	0,6	0,550042	1	0,8	1	2	10	0,5	1	11,6



Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 4,3 \text{ m}$

No	z	h dinding	Gaya Horizontal kN	Jumlah Paraweb Straps			Σ gaya Tarik kN	Keterangan
	m	m		Tu=100 kN	Tu=50kN	Tu=30kN		
1	2,9	0,4	9,6113			2	31,09815	OK
2	2,5	0,4	8,51116667			2	31,09815	OK
3	2,1	0,8	14,8220667			2	31,09815	OK
4	1,3	0,4	5,21076667			2	31,09815	OK
5	0,9	0,4	4,11063333			2	31,09815	OK
6	0,5	0,5	3,763125			2	31,09815	OK

Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Surcharge*  $H_{\text{final}} = 3,5 \text{ m}$

No	z	h dinding	Gaya Horizontal kN	Jumlah Paraweb Straps			Σ gaya Tarik kN	Keterangan
	m	m		Tu=100 kN	Tu=50kN	Tu=30kN		
1	2	0,4	7,136			2	31,09815	OK
2	1,6	0,4	6,03586667			2	31,09815	OK
3	1,2	0,8	9,87146667			2	31,09815	OK
4	0,4	0,4	2,73546667			2	31,09815	OK

Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Vacuum*  $H_{final} = 4,3$  m

No	z m	h dinding m	Gaya Horizontal kN	Jumlah Paraweb Straps			$\Sigma$ gaya Tarik kN	Keterangan
				Tu=100 kN	Tu=50kN	Tu=30kN		
1	3,8	0,4	12,0866			2	31,09815	OK
2	3,4	0,8	21,97293333			2	31,09815	OK
3	2,6	0,4	8,7862			2	31,09815	OK
4	2,2	0,4	7,686066667			2	31,09815	OK
5	1,8	0,8	13,17186667			2	31,09815	OK
6	1	0,4	4,385666667			2	31,09815	OK
7	0,6	0,6	4,9283			2	31,09815	OK

Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol* untuk Timbunan Sisi Tegak Metode *Vacuum*  $H_{final} = 3,5$  m

No	z m	h dinding m	Gaya Horizontal kN	Jumlah Paraweb Straps			$\Sigma$ gaya Tarik kN	Keterangan
				Tu=100 kN	Tu=50kN	Tu=30kN		
1	3	0,4	9,88633333			2	31,09815	OK
2	2,6	0,4	8,7862			2	31,09815	OK
3	2,2	0,8	15,3721333			2	31,09815	OK
4	1,4	0,4	5,4858			2	31,09815	OK
5	1	0,4	4,38566667			2	31,09815	OK
6	0,6	0,6	4,9283			2	31,09815	OK

## LAMPIRAN 10 PERHITUNGAN BIAYA VOLUME MATERIAL

### Biaya Material Timbunan

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Harga	Total Harga
Tegak	4,3	6	2142	Rp168.800	Rp1.084.708.800
	3,5	4,8	1713,6	Rp168.800	Rp867.767.040
	2	2,5	892,5	Rp168.800	Rp451.962.000
Miring	4,3	6	2520	Rp168.800	Rp1.276.128.000
	3,5	4,8	1955,52	Rp168.800	Rp990.275.328
	2	2,6	999,18	Rp168.800	Rp505.984.752

### Biaya Pengadaan PVD

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak	4,3	6	16,5	258	Rp3.150	Rp46.323.900
	3,5	4,8	15	258	Rp3.150	Rp41.447.700
	2	2,5	12	258	Rp3.150	Rp34.133.400
Miring	4,3	6	16,5	318	Rp3.150	Rp57.096.900
	3,5	4,8	15	300	Rp3.150	Rp48.195.000
	2	2,6	12	270	Rp3.150	Rp35.721.000

### Biaya Pengadaan PHD

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak	4,3	6	51	6	Rp19.850	Rp18.222.300
	3,5	4,8	51	6	Rp19.850	Rp18.222.300
	2	2,5	51	6	Rp19.850	Rp18.222.300
Miring	4,3	6	63,6	6	Rp19.850	Rp22.724.280
	3,5	4,8	60	6	Rp19.850	Rp21.438.000
	2	2,6	53,4	6	Rp19.850	Rp19.079.820

### Biaya Vacuum Preloading

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Harga	Total Harga
Tegak	4,3	6	357	Rp275.000	Rp294.525.000
	3,5	4,8	357	Rp275.000	Rp294.525.000
	2	2,5	357	Rp275.000	Rp294.525.000
Miring	4,3	6	483	Rp275.000	Rp398.475.000
	3,5	4,8	457,8	Rp275.000	Rp377.685.000
	2	2,6	411,6	Rp275.000	Rp339.570.000

### Biaya Kebutuhan *Geotextile* pada Timbunan Miring

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Panjang Jalan (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Miring (Surcharge)	4,3	6	30	7	16	Rp18.000	Rp362.880.000
			30	7	16	Rp18.000	Rp362.880.000
			30	7	16	Rp18.000	Rp362.880.000
	3,5	4,8	25	7	18	Rp18.000	Rp340.200.000
			25	7	18	Rp18.000	Rp340.200.000
	2	2,6	25	7	14	Rp18.000	Rp264.600.000

### Biaya Kebutuhan Mikropile

Timbunan	H timbunan (m)	Jarak (m)	Panjang (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak (Surcharge)	4,3	1	6	5	Rp3.000.000	Rp1.260.000.000
	3,5	2	6	3	Rp3.000.000	Rp756.000.000
	2	2	6	2	Rp3.000.000	Rp504.000.000
Miring (Surcharge)	4,3	1	6	5	Rp3.000.000	Rp1.260.000.000
	3,5	1	6	4	Rp3.000.000	Rp1.008.000.000
	2	2	6	3	Rp3.000.000	Rp756.000.000

### Biaya Kebutuhan *Geotextile Wall*

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak (Surcharge)	4,3	6	15	7	3	Rp18.000	Rp34.020.000
			15	7	3	Rp18.000	Rp34.020.000
			15	7	3	Rp18.000	Rp34.020.000
	3,5	4,8	15	7	4	Rp18.000	Rp45.360.000
			15	7	3	Rp18.000	Rp34.020.000
	2	2,5	15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak (Vacuum)	4,3	6	15	7	3	Rp18.000	Rp34.020.000
			15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000
			15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000
	3,5	4,8	15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000
			15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000
			15	7	2	Rp18.000	Rp22.680.000
	2	2,5	15	7	5	Rp18.000	Rp56.700.000

### Biaya Kebutuhan *Freyssisol*

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Tu	Berat (kg)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak ( <i>Surcharge</i> )	4,3	6	30	15,265	6	Rp68.422	Rp118.028.870
	3,5	4,8	30	15,265	4	Rp68.422	Rp78.685.914
	2	2,5	30	15,265	2	Rp68.422	Rp39.342.957

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Tu	Berat (kg)	Jumlah	Harga	Total Harga
Tegak (Vacuum)	4,3	6	30	15,265	7	Rp68.422	Rp137.700.349
	3,5	4,8	30	15,265	6	Rp68.422	Rp118.028.870
	2	2,5	30	15,265	3	Rp68.422	Rp59.014.435

### Biaya Kebutuhan Dinding *Precast*

Timbunan	H timbunan (m)	H timbunan (m)	Panjang (m)	Tebal	Harga	Total Harga
Tegak	4,3	3,8	7	0,16	Rp5.107.860	Rp130.434.313
	3,5	3	7	0,16	Rp5.107.860	Rp102.974.458
	2	1,5	7	0,16	Rp5.107.860	Rp51.487.229

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
TIMBUNAN MIRING  
H FINAL = 4.3 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

1

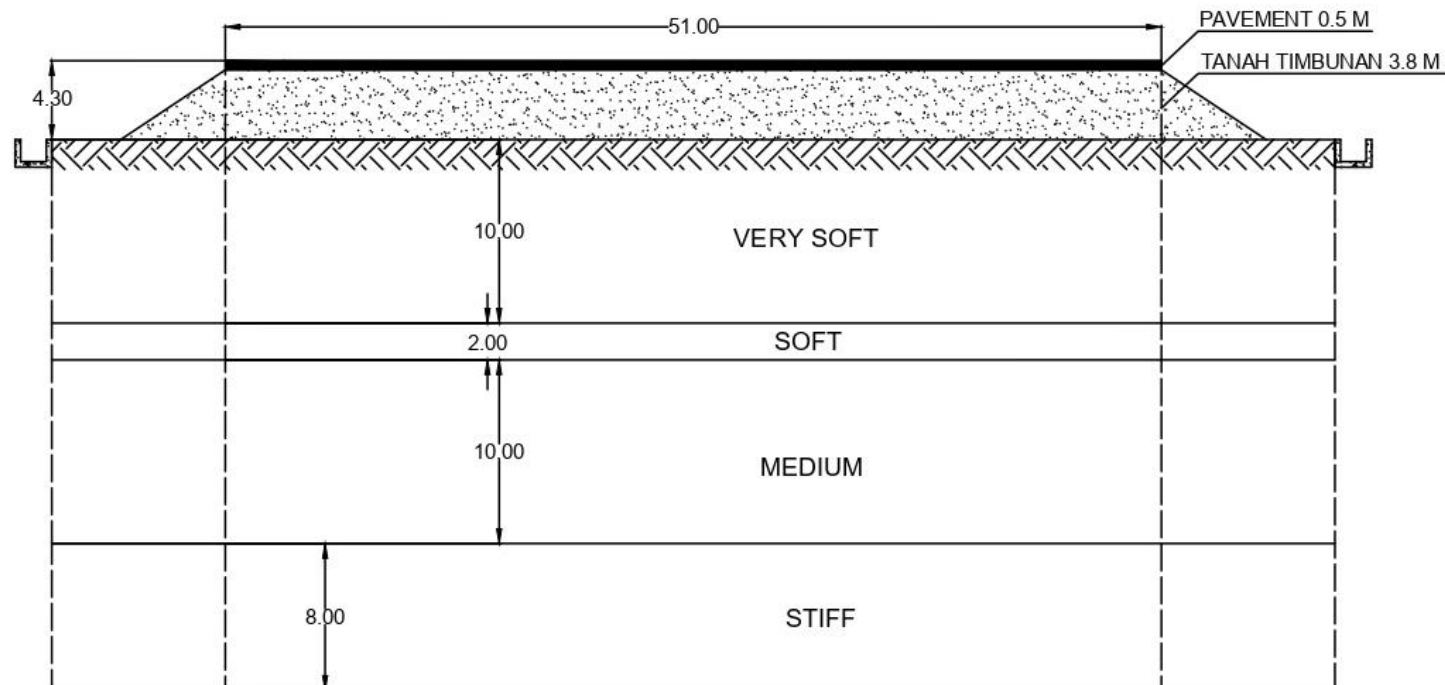
19

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Mustain Arif, ST, MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN MIRING H FINAL 4,3 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
TIMBUNAN MIRING  
H FINAL = 3.5 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

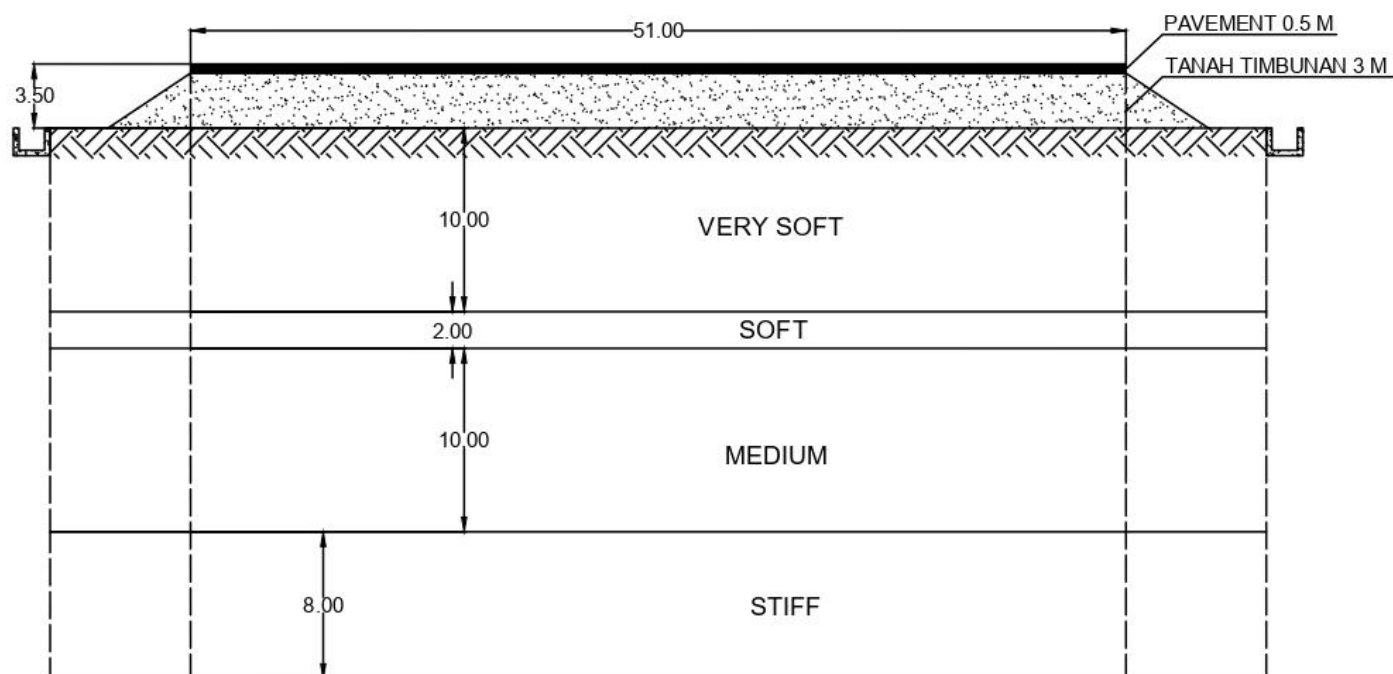
2	19
---	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN MIRING H FINAL 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
TIMBUNAN MIRING  
H FINAL = 2.0 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

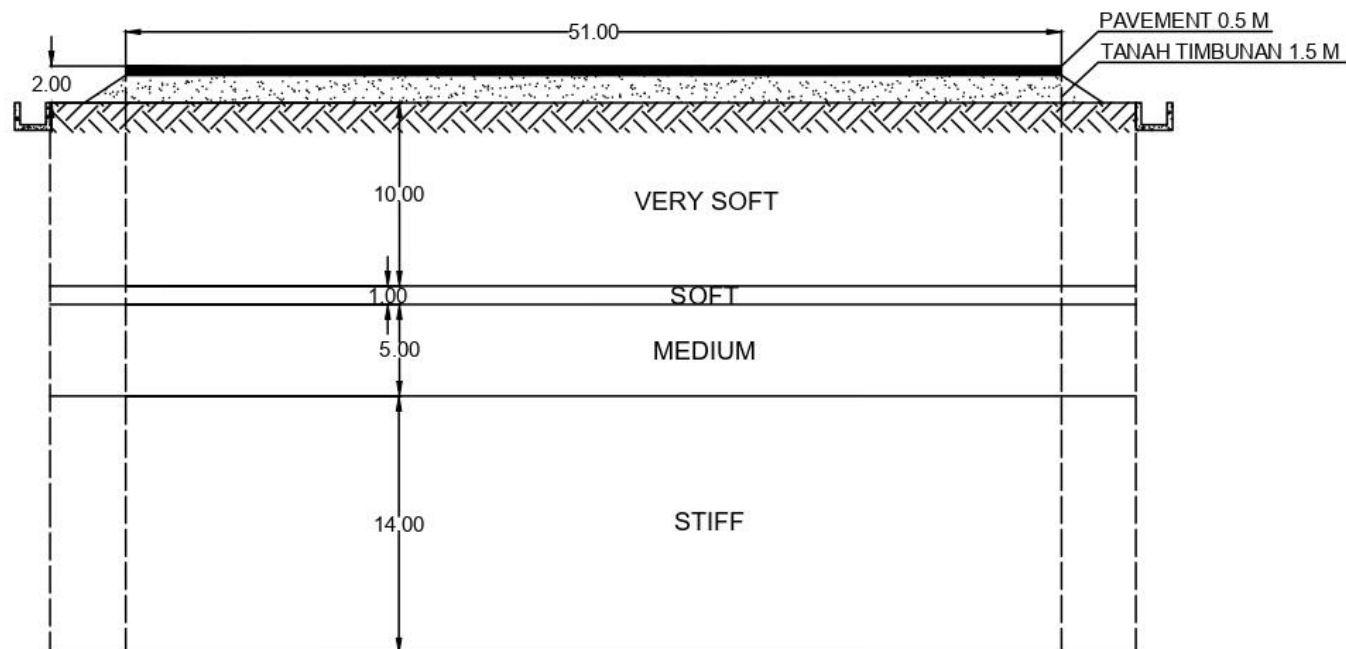
3	19
---	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN MIRING H FINAL 2.0 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
TIMBUNAN TEGAK  
H FINAL = 4.3 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

4

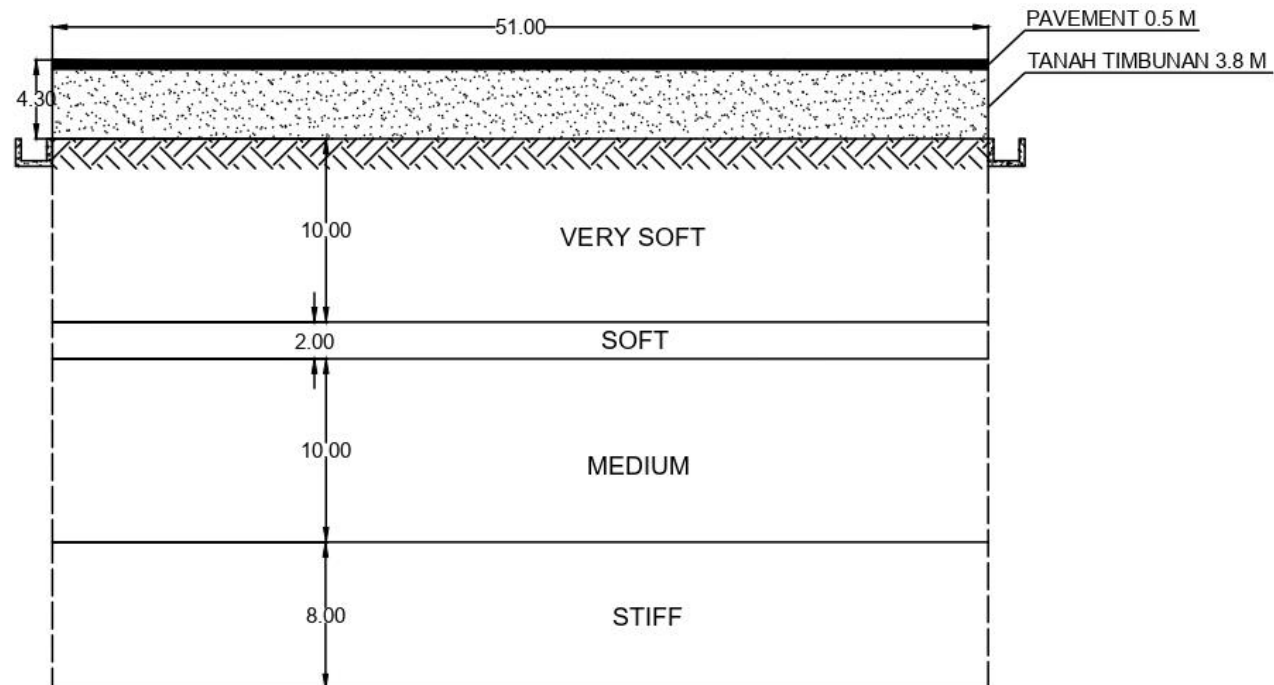
19

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK H FINAL 4.3 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
 BELAKANG PANGKAL  
 JEMBATAN SEBAGAI  
 ALTERNATIF PENGGANTI  
 SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
 TIMBUNAN TEGAK  
 H FINAL = 3.5 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

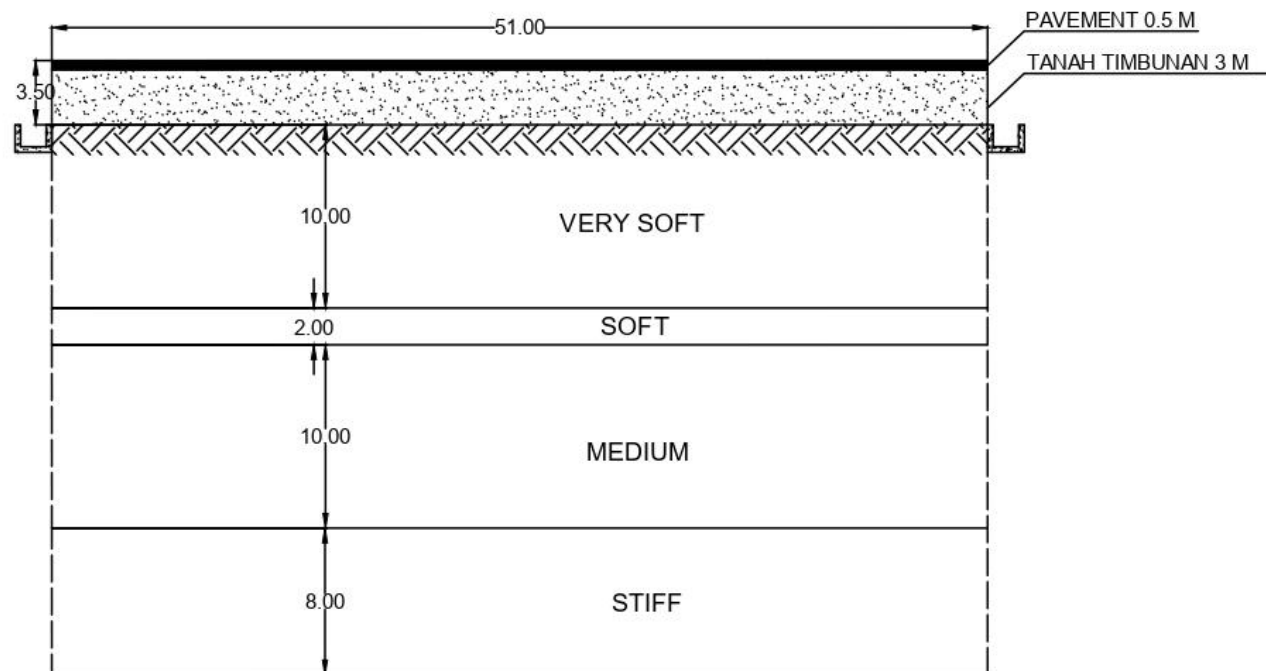
5	19
---	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
 Mustain Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
 NRP

Anugradia Nela Putri  
 0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK H FINAL 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
TIMBUNAN TEGAK  
H FINAL = 2 M

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

6

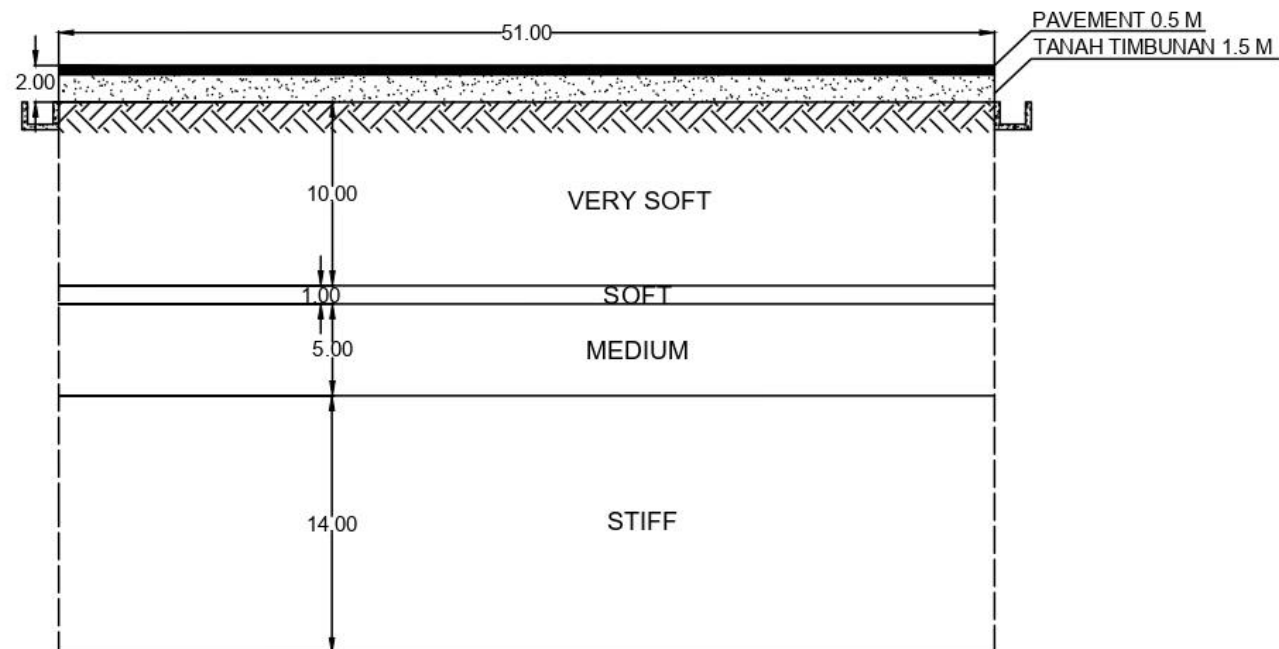
19

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK H FINAL 2 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

POLA PEMASANGAN PVD

SKALA GAMBAR

1 : 300

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

7

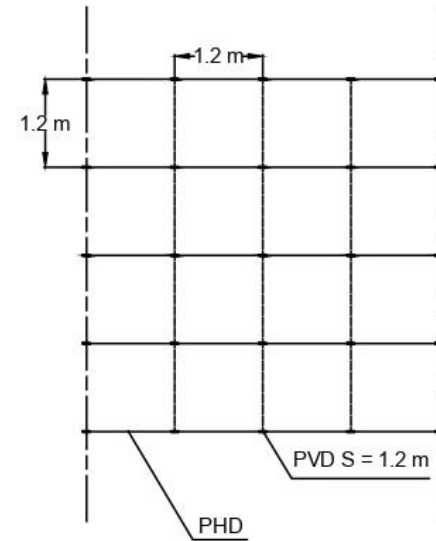
19

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

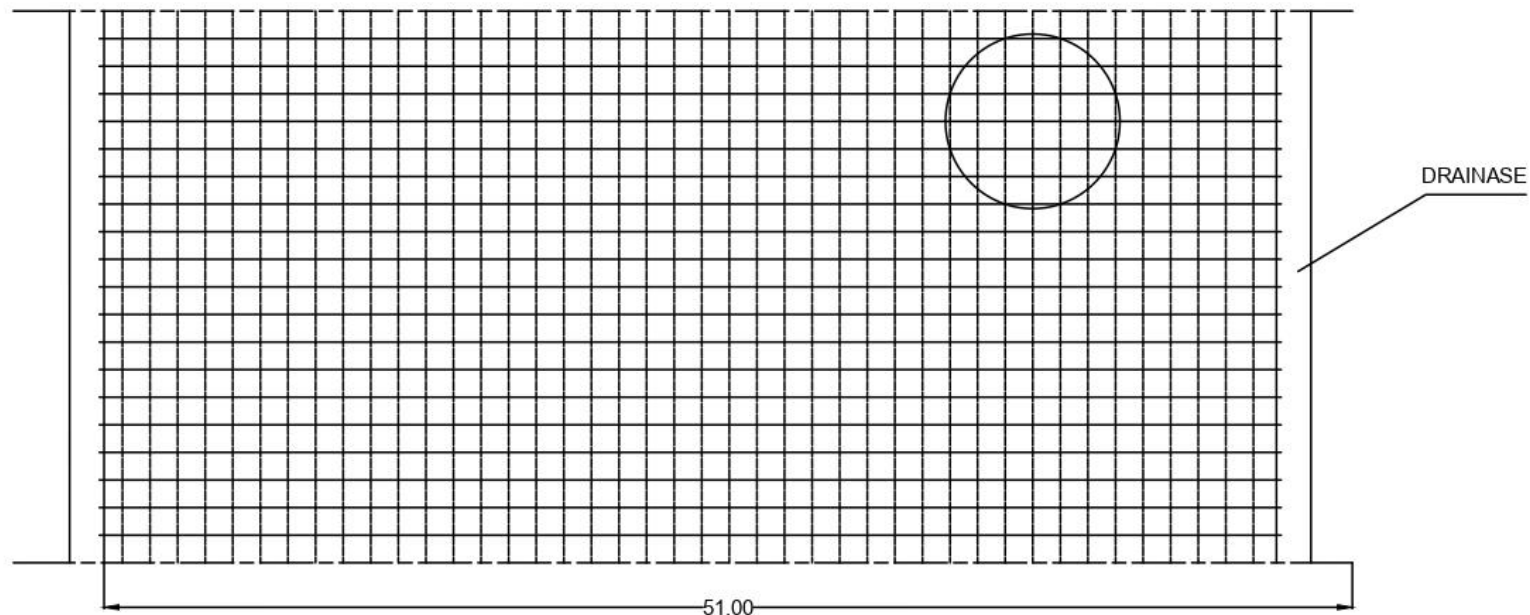
NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



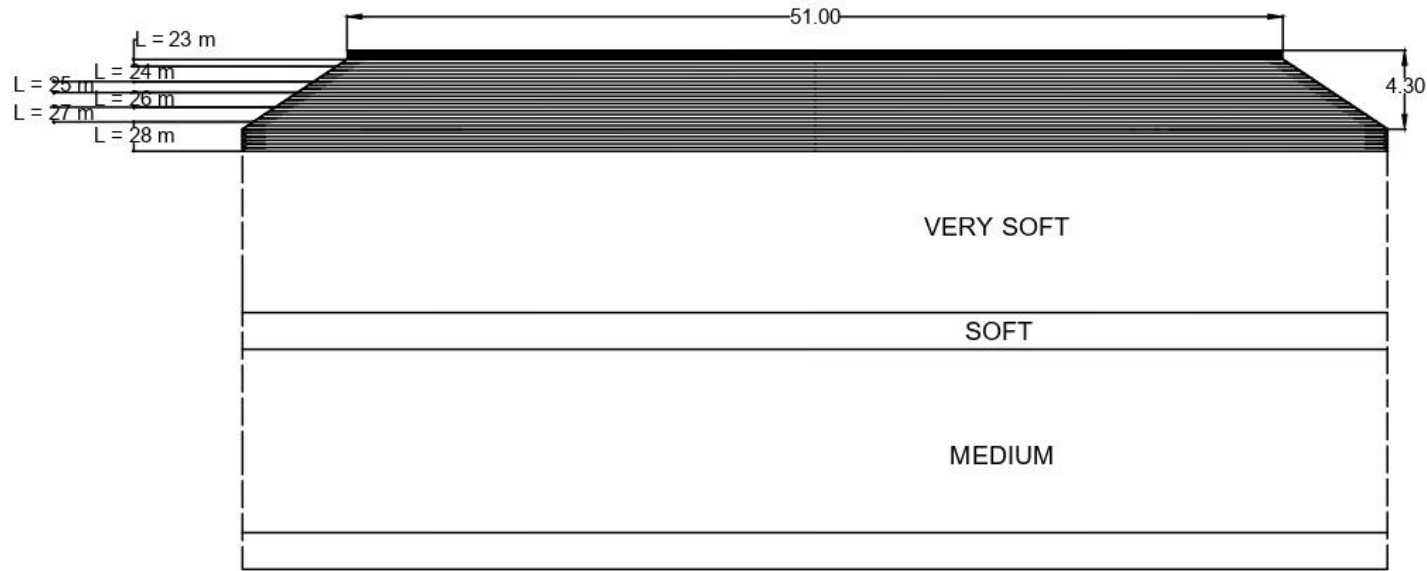
DETAIL PEMASANGAN PVD DAN PHD

SKALA 1 : 100



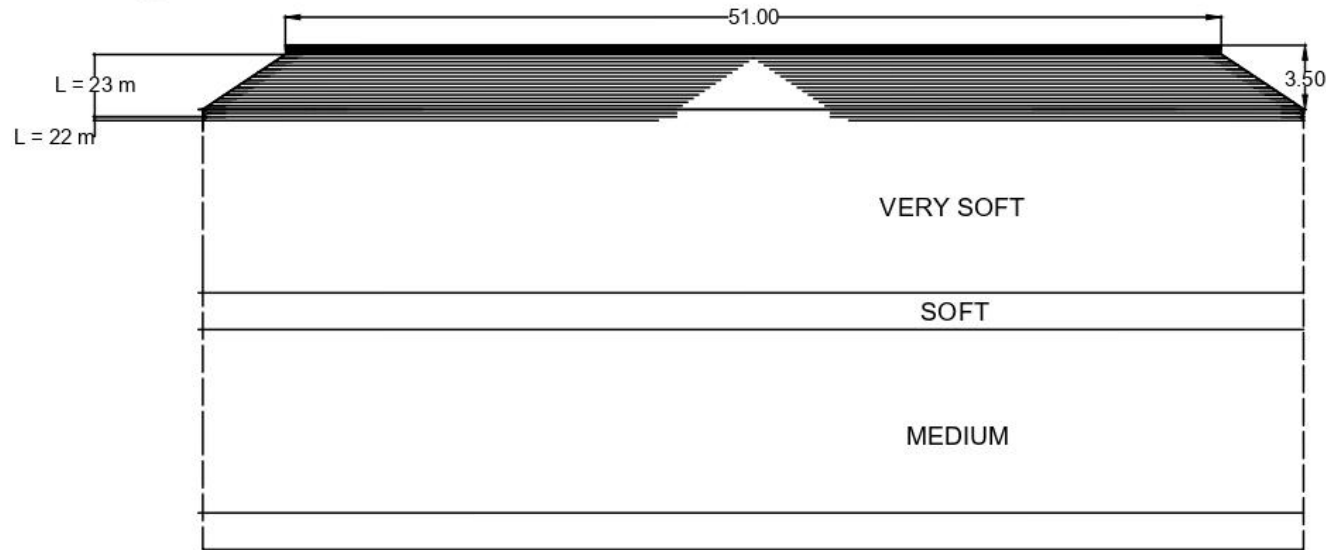
SKETA PEMASANGAN PVD DAN PHD

SKALA 1 : 300



PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE* H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE* H FINAL 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*GEOTEXTILE* (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

8	19
---	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074





PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*GEOTEXTILE* (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

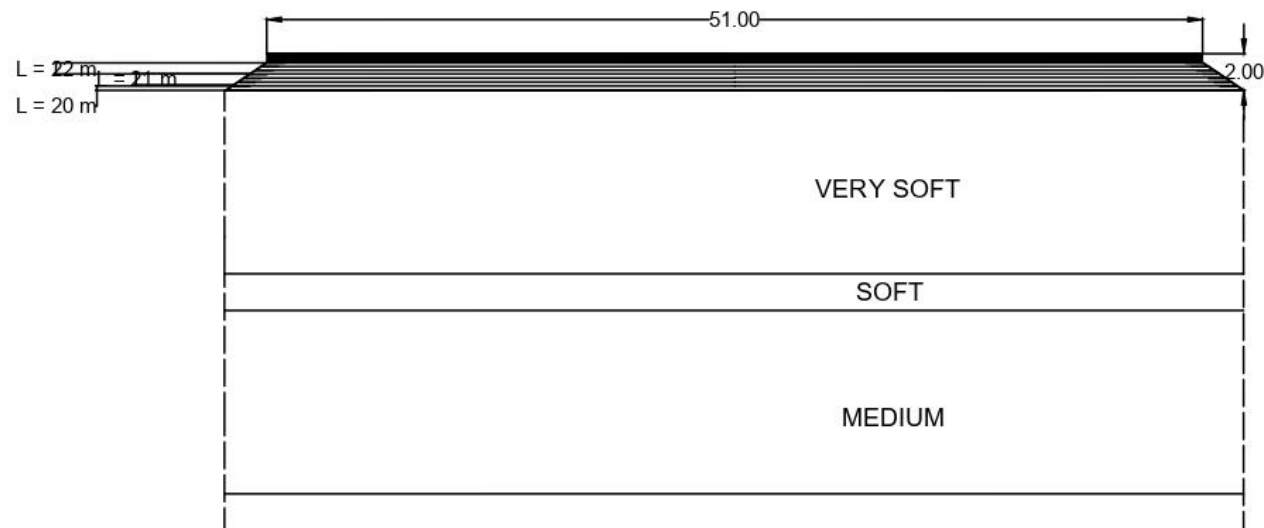
9	19
---	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

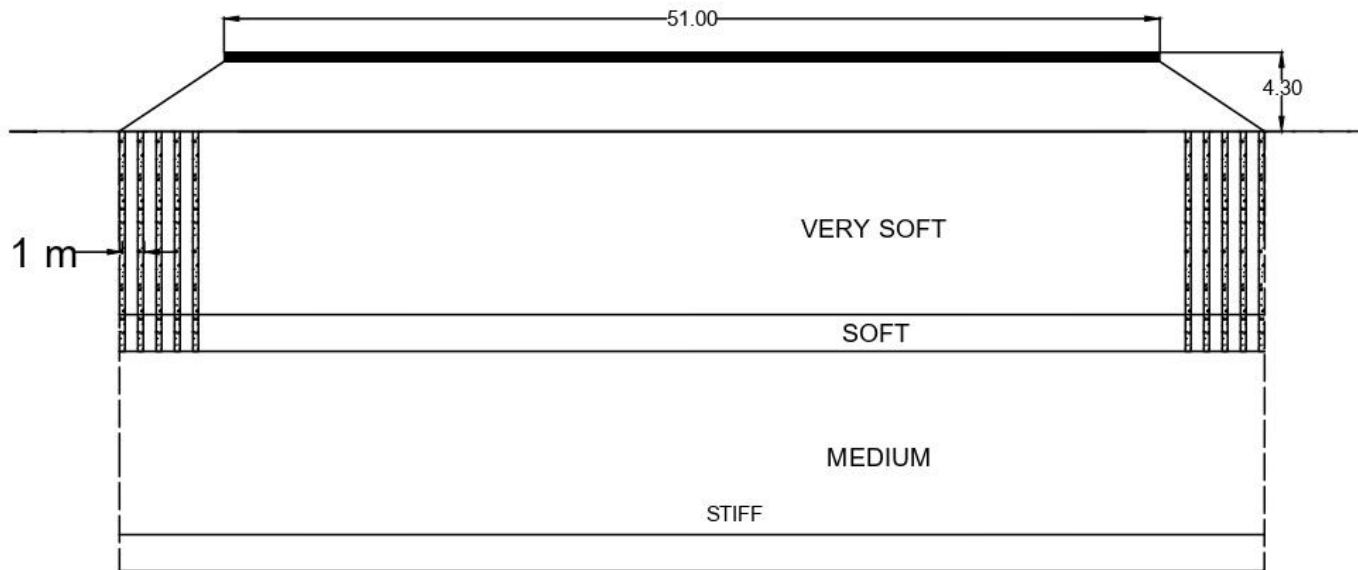
NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



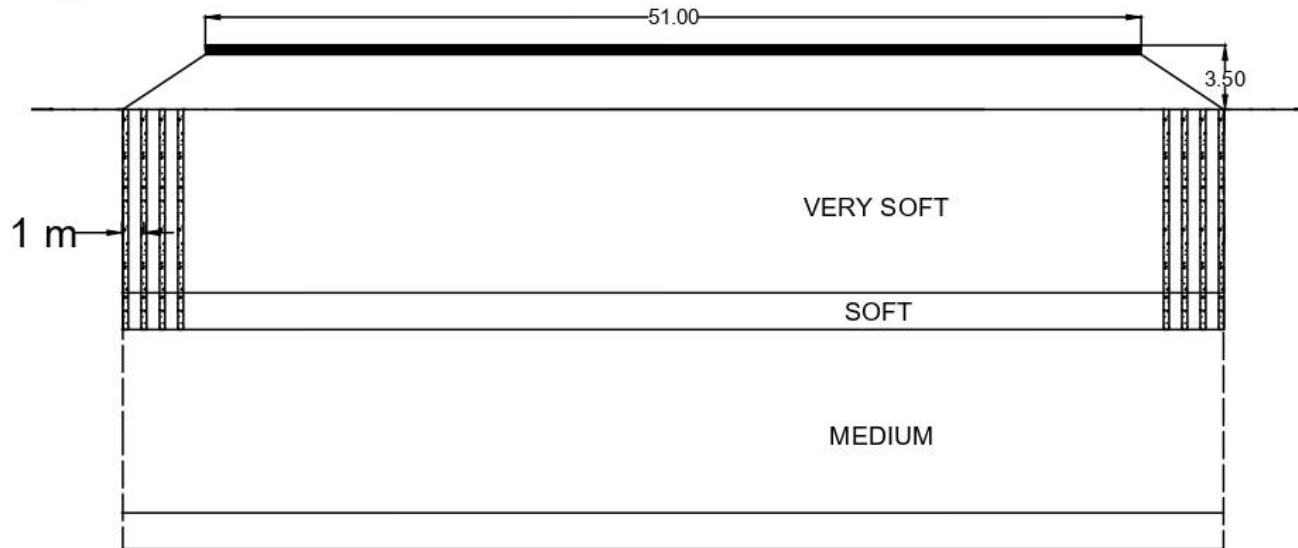
PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE* H FINAL = 2 M

SKALA 1 : 400



PERENCANAAN PERKUATAN MIKROPILE H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERENCANAAN PERKUATAN MIKROPILE H FINAL 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
MIKROPILE (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

10

19

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Mustain Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
MIKROPILE (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

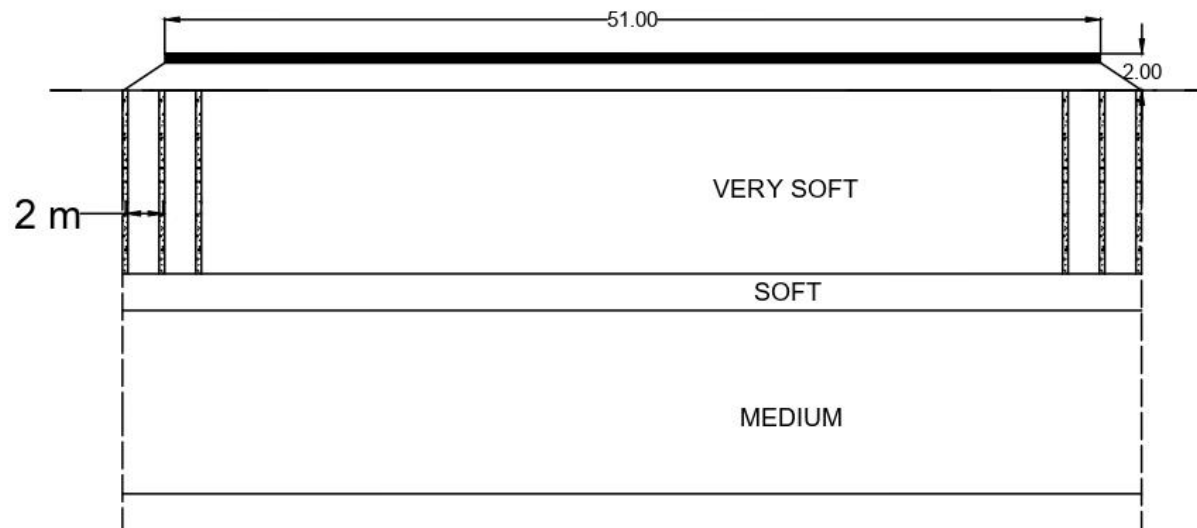
11	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

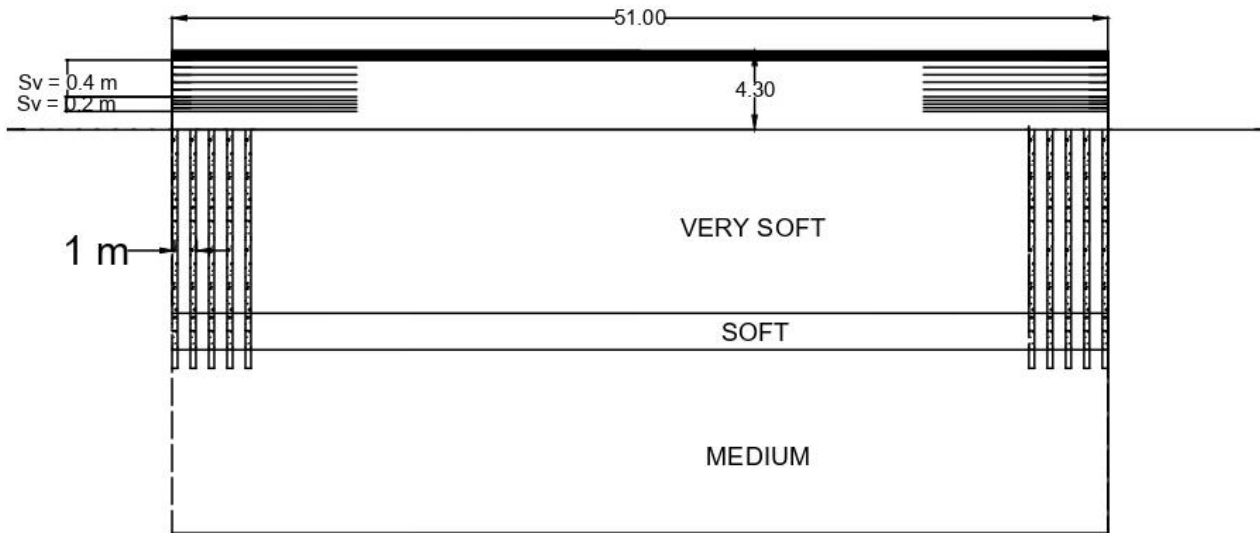
NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



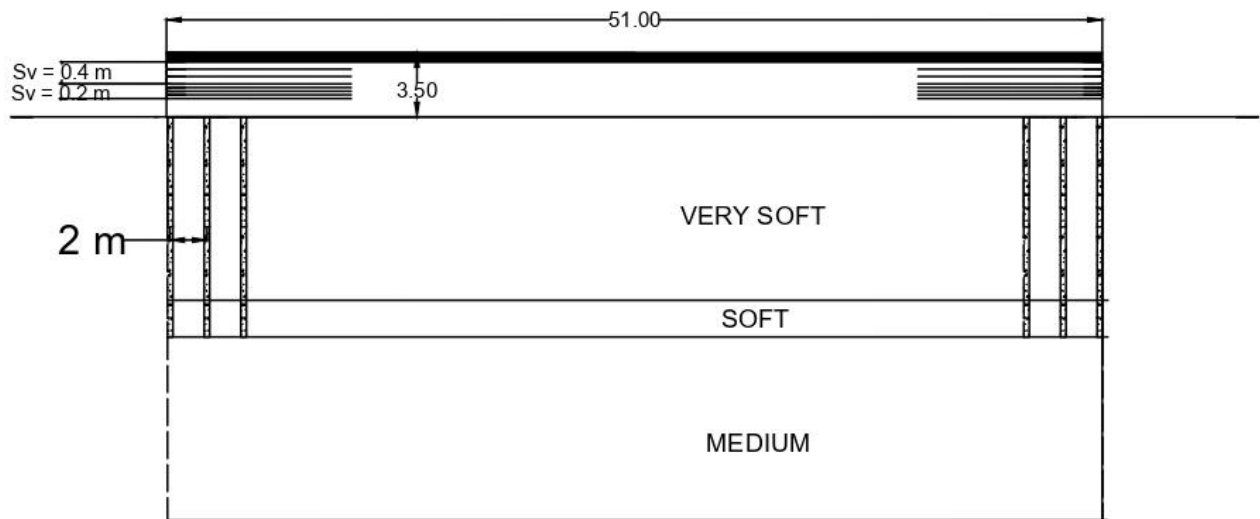
PERENCANAAN PERKUATAN MIKROPILE H FINAL = 2 M

SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*GEOTEXTILE WALL* (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

12	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
GEOTEXTILE WALL (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

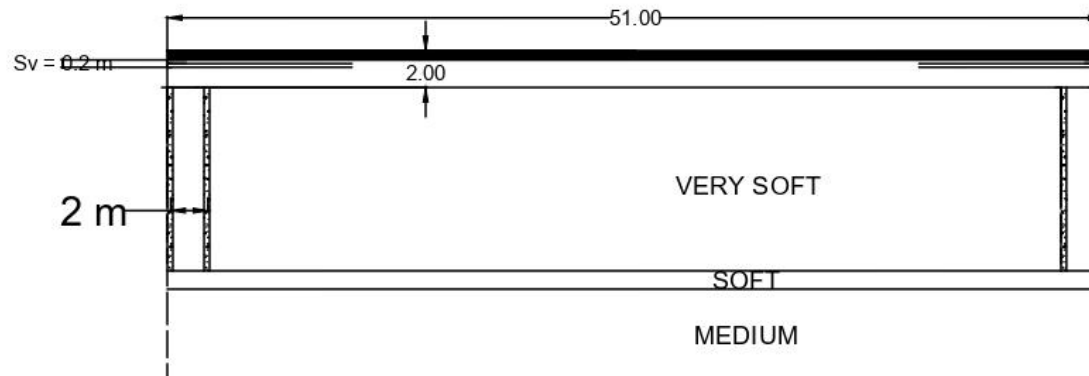
13	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

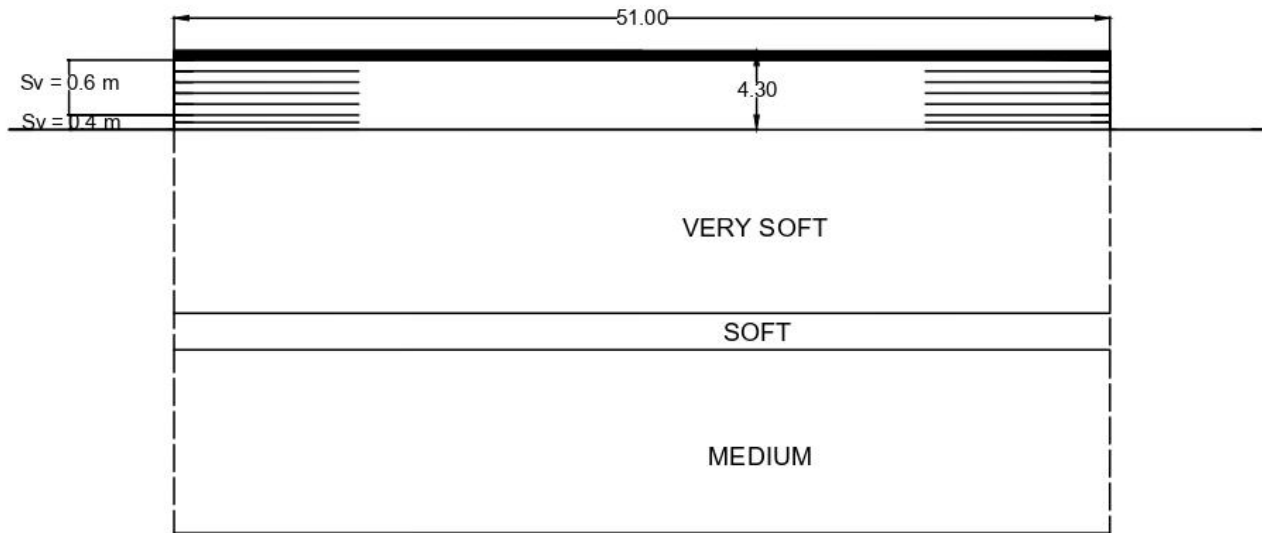
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074

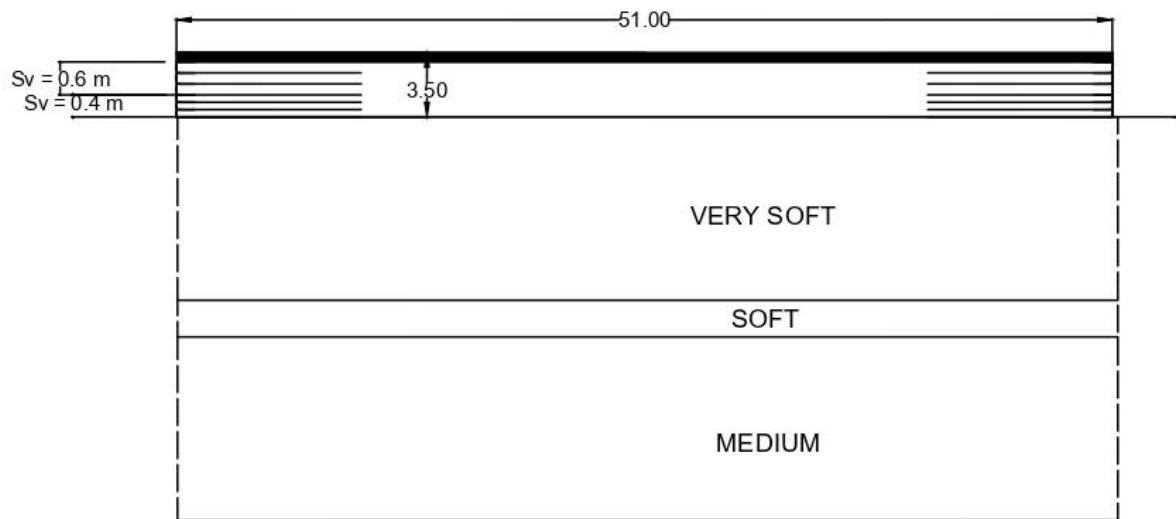


PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 2 M  
SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*GEOTEXTILE WALL* (METODE  
VACUUM)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

14	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
GEOTEXTILE WALL (METODE  
VACUUM)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

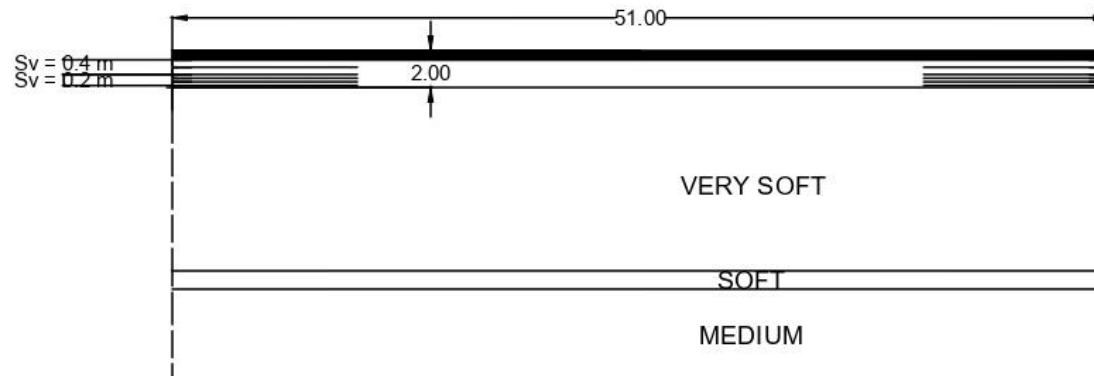
15	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 2 M  
SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL,  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
 BELAKANG PANGKAL  
 JEMBATAN SEBAGAI  
 ALTERNATIF PENGGANTI  
 SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
 FREYSSISOL (METODE  
 SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

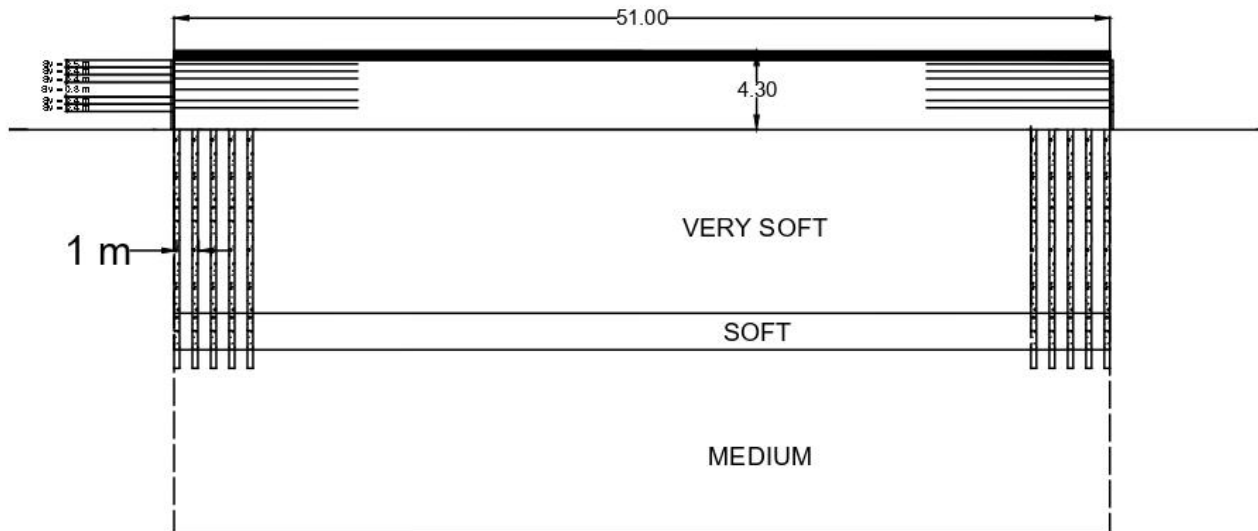
16	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
 Mustain Arif, ST., MT

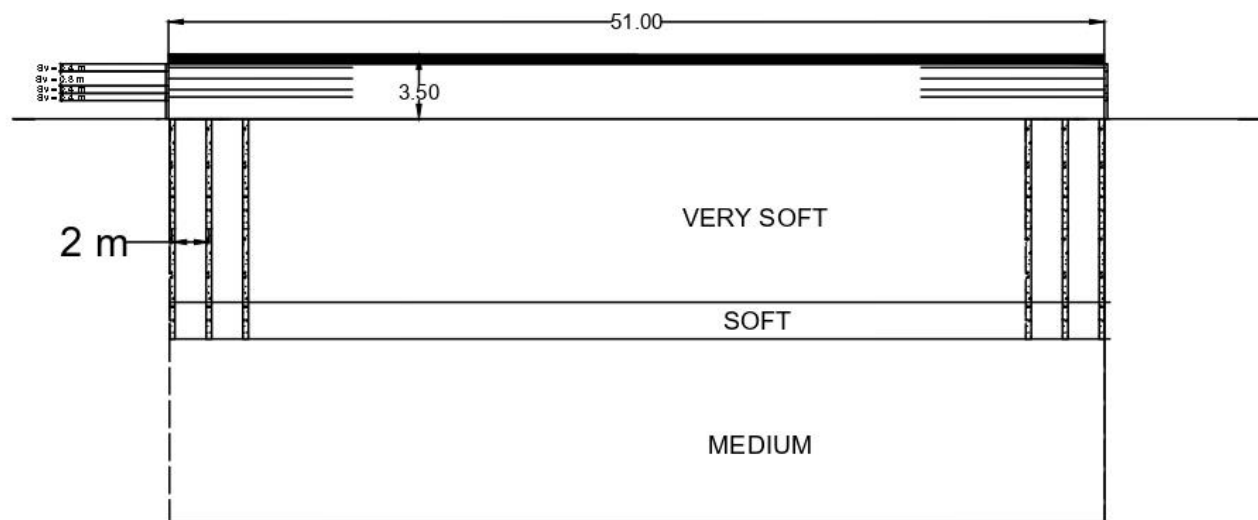
NAMA MAHASISWA  
 NRP

Anugradia Nela Putri  
 0311164000074



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 3.5 M

SKALA 1 : 400





PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*FREYSSISOL* (METODE  
SURCHARGE)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

17	19
----	----

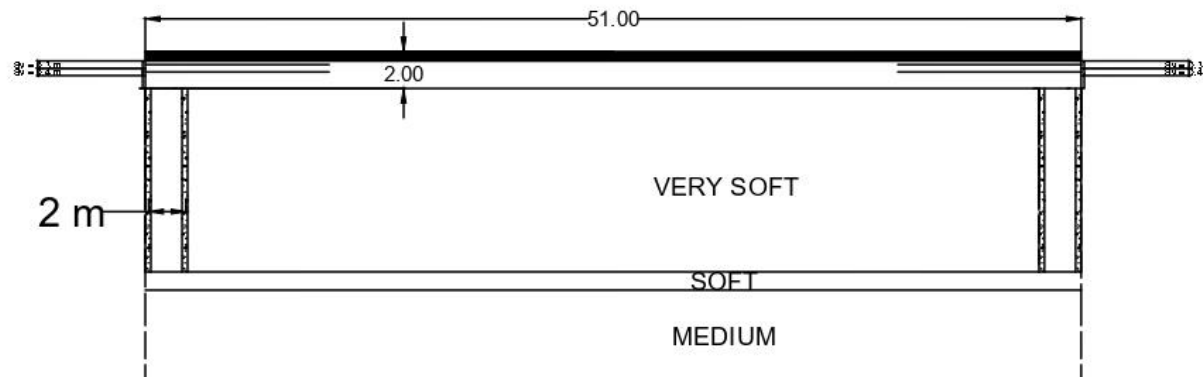
17	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

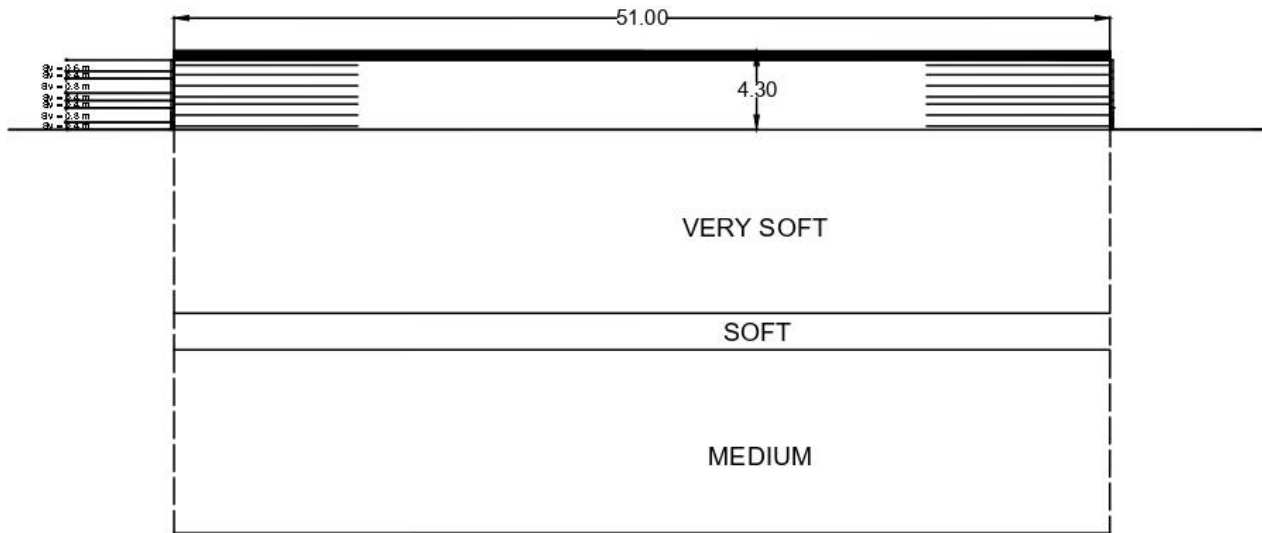
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Mustain Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074

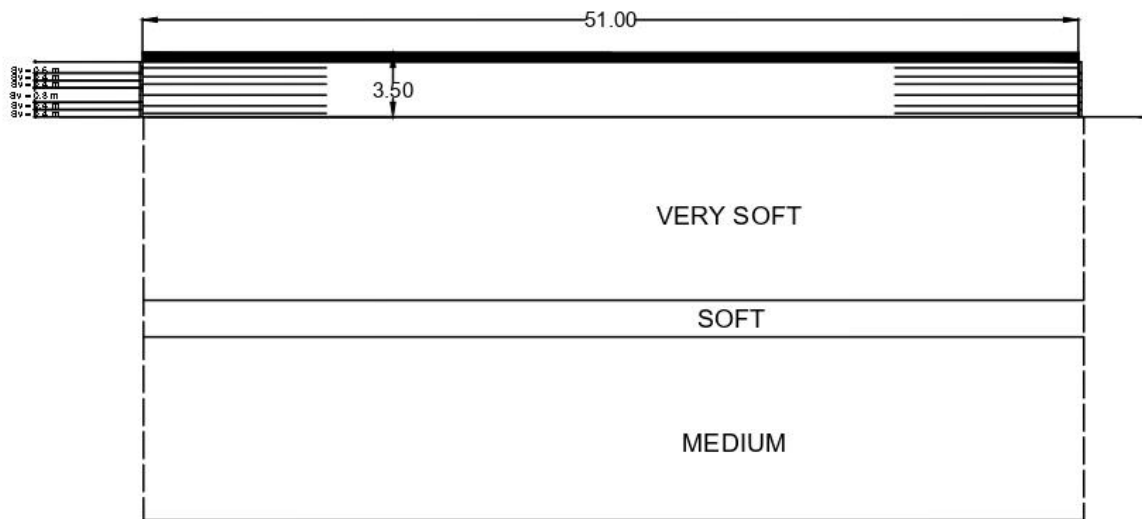


PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 2 M  
SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 4.3 M

SKALA 1 : 400



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 3.5 M

SKALA 1 : 400



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*FREYSSISOL* (METODE  
VACUUM)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

18	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PROGRAM STUDI S-1  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TIMBUNAN DI  
BELAKANG PANGKAL  
JEMBATAN SEBAGAI  
ALTERNATIF PENGGANTI  
SLAB ON PILE

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN  
*FREYSSISOL* (METODE  
VACUUM)

SKALA GAMBAR

1 : 400

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

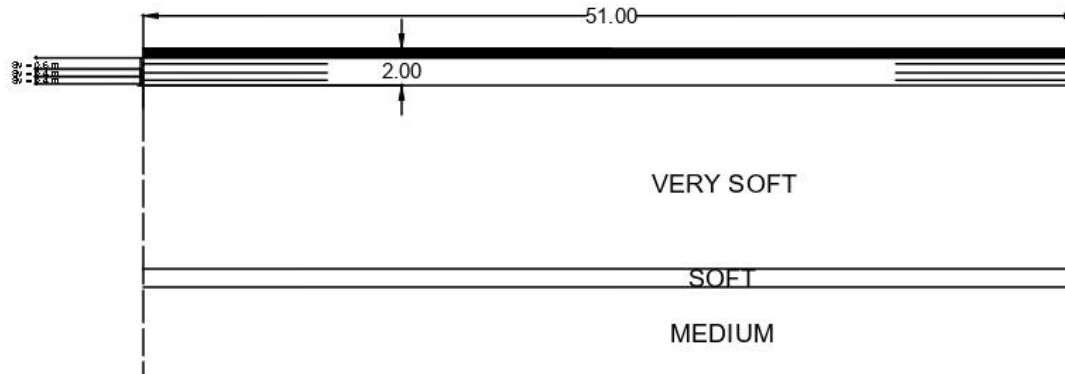
19	19
----	----

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

NAMA MAHASISWA  
NRP

Anugradia Nela Putri  
0311164000074



PERKUATAN *GEOTEXTILE WALL* DAN MIKROPILE TIMBUNAN TEGAK H FINAL = 2 M  
SKALA 1 : 400



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	: Prof. Ir. Nour Endah, M. Sc. PhD
NAMA MAHASISWA	: Anugradia Nela Putri
NRP	: 03111640000074
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Timbunan Di Belakng Bangkal Jembatan Sebagai Alternatif Slab on Pile
TANGGAL PROPOSAL	: 12 September 2019
NO. SP-MMTA	: B/81893 /IT2. VL4.1 /PP.05.02.00 /2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	25/19 10	Statistik Data Tanah	Daya dukung pondasi	<u>Shadal</u>
2.	7/19 11	Daya dukung Pondasi H initial & H final	Pembekanan Jembatan, Cek Ambles, Revisi H initial, H final, Koreksi Cc, Cv, Cs, Cu, &	<u>Shadal</u>
3.	5/19 12	Timbunan Tegak	Op, Koreksi Hdr PUD, Timbunan bertahap, Abutment	<u>Shadal</u>
4.	13/19 12	Timbunan Miring, Tegak, Perencanaan Abutment	Cek PUD, Data tanah perbaikan, Cek Excel, Bangkal jembatan tidak ada ganti geotextile	<u>Shadal</u>
5.	16/19 12	PUD Timbunan Miring & Tegak, Data Hdr 22 m dan 17m	Coba PUD 3/4 Hdr, Kestabilan Perkuatan dan XSTABL Hope Stability	<u>Shadal</u>
6.	17/19 12	Timbunan Miring	Running XSTABL, Uboh Ce tolak besar, Grafik penurunan timbunan bertahap	<u>Shadal</u>
7.	18/19 12	Geotextile, PUD Timbunan Miring	Koreksi Rate of settlement, Koreksi Ltotal geotextile, Perencanaan micropile	<u>Shadal</u>
8.	3/19 12	Perkuatan Timbunan, Preloading vacuum	Revisi Vacuum	<u>Shadal</u>



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	: Mustain Anif, St. MT.
NAMA MAHASISWA	: Anugradia Nela Putri
NRP	: 0311164000074
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Timbunan Di Belakang Pangkajene Jembatan Sebagai Alternatif Slab dan Pile
TANGGAL PROPOSAL	: 12 September 2019
NO. SP-MMTA	: B / 81893 / IT2.VI.41 / PP. 05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	18/19 10	Data dan Satografi Tanah	- Daya dukung pondasi bawah jembatan dan test statistik data tanah	<i>Nela</i>
2.	25/19 10	Statistik data tanah	- H final, H inisial timbunan - PUD - Pembekalan jembatan - Daya dukung pondasi	<i>Nela</i>
3.	20/19 11	Pondasi bawah Jembatan, Timbunan Miring	- Koreksi NSPT ked 4 Luciano de Court - Kombinasi beban dengan JMI terbaru - Beban Gempu Jembatan dan beban lain memakai JMI terbaru - Cek untuk STA 1000 (Timbunan) - Cek H kritis	<i>Nela</i>
4.	4/19 12	Daya dukung Tiang, Pembekalan	- Koreksi NSPT pada N Luciano de Court. - Daya dukung dimulai dari mulai NSPT. - <del>8</del> menggunakan triaxial test di STA	<i>Nela</i>
5.	11/19 12	Timbunan Miring, Abutment Jembatan.	- <del>Tidak</del> Pagar tiang pancang sampai kedalaman 30 m - Membenarkan data tanah - Koreksi pembekalan - C timbunan input = 1 kPa - Perbaiki bentuk abutment. - Grafik Daya dukung tiang dititik antara pondasi & NSPT - kontrol tiang pancang	<i>Nela</i>



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	: Mustain Arif, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Anugradia Nela Putri
NRP	: 03111640000074
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Timbunan Di belakang Pangkal Jembatan Sebagai Alternatif Slab on Pile
TANGGAL PROPOSAL	: 12 September 2019
NO. SP-MMTA	: B / 818993 / IT2 VI. 4.1 / PP. 05. 02 00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	19/12	Timbunan Tegak & Timbunan Miring (PVD, Perkuatan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek kontrol overall terhadap pabutment &amp; tiang pancang (Slope stability)</li> <li>- Cari jepit di tiang pancang</li> <li>- Tentukan literatur perizometer 4 penurunan</li> <li>- Cari gaya horizontal</li> <li>- Buatlah kombinasi &amp; beban</li> <li>- aspek Material tiang Pancang</li> </ul>	Nela
	3/20	Kombinasi Beban, Belektri	<ul style="list-style-type: none"> <li>-&gt; Cari nilai z</li> <li>-&gt; Analisa terhadap geser</li> <li>-&gt; Diberikan komentar terhadap kontrol yang dihitung</li> <li>-&gt; Cek overall dgn memodelkan tiang</li> </ul>	Nela

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Anugradia Nela Putri, dilahirkan di Karanganyar 13 November 1998, merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara. Riwayat pendidikan formal penulis SD Negeri Cemara Dua (Surakarta), SMP Negeri 4 (Surakarta), dan SMA Negeri 5 (Surakarta). Setelah lulus SMA Negeri 5 Surakarta pada tahun 2016, Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03111640000074.

Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Geoteknik. Penulis aktif dalam kegiatan himpunan yaitu pad Himpunan Mahasiswa Sipil di Departemen Teknik Sipil dan bergabung dalam Departemen Hubungan Luar.

*Contact Person:*

Email : [anugradia98@gmail.com](mailto:anugradia98@gmail.com)

No. HP : 085727978113