



TUGAS AKHIR – RC 18-4803

**PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN  
TIMBUNAN PADA JALAN TOL TERBANGGI BESAR  
– PEMATANG PANGGANG PROVINSI LAMPUNG  
STA 51+100 – STA 53+700**

DISUSUN OLEH:  
TULUS SAPUTRO  
NRP: 03111745000007

DOSEN PEMBIMBING 1 :  
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

DOSEN PEMBIMBING 2 :  
Ir. SUWARNO, M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



TUGAS AKHIR – RC 18-4803

**PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN  
TIMBUNAN PADA JALAN TOL TERBANGGI BESAR  
– PEMATANG PANGGANG PROVINSI LAMPUNG  
STA 51+100 – STA53+700**

DISUSUN OLEH:  
TULUS SAPUTRO  
NRP: 03111745000007

DOSEN PEMBIMBING 1 :  
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

DOSEN PEMBIMBING 2 :  
Ir. SUWARNO, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



FINAL PROJECT – RC 18-4803

**REINFORCEMENT OF CUTSLOPE AND HEAP ON  
TERBANGGI BESAR-PEMATANG PANGGANG  
HIGHWAY, LAMPUNG PROVINCE STA 51+100 –  
STA 53+700**

TULUS SAPUTRO  
NRP: 03111745000007

CONSELLOR LECTURER 1 :  
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

CONSELLOR LECTURER 2 :  
Ir. SUWARNO, M.Eng.

DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL, ENVIROMENTAL, AND GEO-  
ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019

**PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN  
TIMBUNAN PADA JALAN TOL TERBANGGI  
BESAR – PEMATANG PANGGANG PROVINSI  
LAMPUNG STA 51+100 – STA 53+700**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

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

Oleh :

**TULUS SAPUTRO**  
NRP. 03111745000007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Yudhi Lastiasa (.....)  
NIP. 1977012228050613002
2. Ir. Suwarno, M.Eng (.....)  
NIP. 195909271986031003



SURABAYA,  
JULI, 2019

**PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN  
TIMBUNAN PADA JALAN TOL TERBANGGI  
BESAR-PEMATANG PANGGANG PROVINSI  
LAMPUNG STA 51+100 – 53+700**

**Nama Mahasiswa: Tulus Saputro**  
**NRP : 03111745000007**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS**  
**Dosen Konsultasi : 1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT.**  
**2. Ir. Soewarno, M.Eng.**

**Abstrak**

Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera dilakukan guna untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi di pulau Sumatera. Ruas jalan tol ini terdiri dari Terbanggi Besar – Pematang Panggang, Pematang Panggang - Kayuagung, Kisaran –Tebing Tinggi, serta Palembang – Tanjung Api – api. Dalam tugas akhir ini akan membahas ruas jalan tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang pada STA 51+100-53+700. Sepanjang STA tersebut banyak terdapat lereng dan lembah yang memiliki beda elevasi yang besar dengan elevasi rencana jalan, sehingga hal tersebut dapat membahayakan pengguna jalan karena berpotensi longsor.

Lereng galian dan timbunan pada ruas jalan tersebut akan dianalisa stabilitasnya untuk mengetahui apakah terjadi kelongsoran atau tidak. Analisa stabilitas lereng dan timbuan menggunakan program bantu yang berbasis metode limit equilibrium yang menghasilkan SF. Apabila nilai SF kurang dari 1,2 maka perlu dilakukan perkuatan. Alternatif perkuatan yang digunakan untuk lereng adalah Bronjong, Turap, *Soldier Pile*, dan *Ground Anchor*. Sedangkan untuk alternatif perkuatan timbunan menggunakan *Geotextile wall* dan *Keystone-Wall*. Perhitungan lereng didasarkan dengan zona yang dikelompokkan menurut ketinggian yaitu zona 1 ketinggian 3-5 meter, zona 2 ketinggian 5-7 meter, dan zona 3 pada ketinggian 7-16 meter. Sedangkan pada perhitungan timbunan didasarkan pada tinggi timbunan yang tinggi

hingga mencapai ketinggian 10 meter. Pada tugas akhir ini juga menghitung struktur box culvert yang berada di dasar timbunan agar mampu menerima beban yang terjadi.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa zona 1 dapat dipakai perkuatan Bronjong, zona 2 dapat memakai perkuatan *Soldier Pile*, zona 3 memakai *Ground Anchor*. Untuk timbunan terdapat dua alternatif perencanaan yaitu *Geotextile wall* dan *Keystone-wall*. Biaya material yang diperlukan untuk perkuatan lereng yaitu, bronjong Rp. 52.500.000, *Soldier Pile* Rp. 1.551.020.348.73, dan *Ground Anchor* Rp. 10.725.000.000. biaya ditinjau per 25 meter panjang. Sedangkan biaya material untuk perkuatan timbunan yaitu, *Geotextile wall* Rp. 23.072.323.200, dan untuk *Keystone wall* Rp. Rp. 4.211.848.800. Dari hasil tersebut dipilih perkuatan *Keystone wall* karena harga material dari alternatif tersebut lebih ekonomis dibandingkan dengan *geotextile wall*. Untuk analisa struktur box culvert sendiri didapatkan tebal dinding dan plat struktur setebal 30 cm dan Total biaya material yang diperlukan untuk box culvert adalah Rp. 801.698.085. Besar volume galian dan timbunan yang terdapat sepanjang ruas jalan tersebut yaitu untuk volume galian sebesar 414133,8 m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk volume timbunan sebesar 69406 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci** : Lereng, Timbunan, *Ground Anchor*, *Soldier Pile*, Turap, Bronjong, *Geotextile wall*, *Keystone-wall*

**REINFORCEMENT OF CUTSLOPE AND HEAP ON  
TERBANGGI BESAR-PEMATANG PANGGANG  
HIGHWAY, LAMPUNG PROVINCE STA 51+100 –  
53+700**

**Name** : Tulus Saputro  
**Register Number** : 03111745000007  
**Departement** : Civil Engineering FTSLK-ITS  
**Tutor** : 1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT.  
2. Ir. Soewarno, M.Eng.

**Abstract**

*Trans Sumatera Highway is established to support economics in the area of Sumatera. This highway consist Terbanggi Besar – Pematang Panggang, Pematang Panggang - Kayuagung, Kisaran –Tebing Tinggi, serta Palembang – Tanjung Api – api. In this thesis, author would discuss ababout Terbanggi Besar-Pematang Panggang highway in STA 51+100 - 53+700. There are several high slope and hill which have a lot of different elevation with the planning of elevation road, so that could be dangerous it potentially caused landslide.*

*Slope dan heap on that highway will be analyzed to know the stability of the slope and heap. Stability analysis of slope and heap use software that provide equilibrium method also can shows the saftety factor. If the safety factor less than 1,2 so the slope and heap need reinforcement. Alternative reinforcement for slope such as gabion wall, Soldier Pile, dan Ground Anchor. And the reinforcement for heap use Geotextile wall dan Keystone-Wall. The calculation for slope based on zone which have different high that is zona 1 with 3-5 meter height, zone 2 with 5-7 meter height, and zone 3 with 7-16 meter height. And for calculation of heap based on the height of heap which can reach about 10 meter height. In this thesis also discuss about structure of box culvert under the heap because it receive many of load from heap, traffic, and itself so it need to be analyzed to keep the structure safe.*

*From calculation result obtained that first zone use gabion wall for reinforcement, second zone use soldier pile, and the last zone use Ground Anchor. For heap it was obtained two alternative reinforcement such as Geotextile wall and Keystone-wall. The cost of material are needed for the reinforcement of the slope that is for gabion wall Rp. 52.500.000, Soldier Pile Rp. 1.551.020.348.73, and Ground Anchor Rp. 10.725.000.000. the costs are reviewed per 25 meters along the road. The costs for reinforcement of the heap is Geotextile wall Rp. 23.072.323.200, and for Keystone wall is Rp. Rp. 4.211.848.800. From that result Keystone wall is choosen for reinforcement of the heap because it more economics than geotextile wall. The result of analysis box culvert the thickness of box culvert is 30 cm and the total cost of material for box culvert is Rp. 801.698.085 . Total volume of cut and fill along the road is 414133.8 m<sup>3</sup> for cutting slope and 69406m<sup>3</sup> for fill.*

**Kata kunci** : *Slope, Heap, Ground Anchor, Soldier Pile, Sheet pile, gabion wall, Geotextile wall, Keystone-wall*



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmatNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan pada Program Studi Lintas Jalur Strata I Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih atas nasehat dan bimbingan kepada:

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT. dosen pembimbing pertama dalam penyelesaian Tugas Akhir.
2. Ir. Suwarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Mei 2019

Penulis



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
<i>Abstract</i> .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Tinjauan Umum.....	9
2.1.1 Tanah.....	9
2.1.2 Karakteristik Tanah.....	9
2.1.3 Korelasi Parameter Nilai Tanah.....	11
2.2 Stabilitas Lereng.....	13
2.2.1 Jenis – Jenis Lereng.....	13
2.2.2 Kelongsoran.....	18
2.2.3 Penyebab Kelongsoran.....	18
2.2.4 <i>Cut Slope</i> .....	20
2.2.5 Analisa Stabilitas Lereng dengan Program Bantu.....	20

2.3 Perkuatan Lereng.....	21
2.3.1 Bronjong.....	21
2.3.2 Turap .....	26
2.3.3 <i>Soldier Pile</i> .....	32
2.3.4 Ground Anchor.....	34
2.4 Perkuatan Timbunan.....	40
2.4.1 Geotextile Wall Reinforcement.....	40
2.4.2 Keystone-Wall.....	46
2.5 Perencanaan Box Culvert .....	49
2.5.1 Analisa Beban.....	49
2.5.2 Daya Dukung.....	52
2.5.3 Perhitungan Tulangan.....	52
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>53</b>
3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	53
3.2 Penjelasan Metodologi .....	56
<b>BAB IV DATA DAN ANALISIS</b> .....	<b>59</b>
4.1 Data Tanah .....	59
4.2 Data Spesifikasi Material .....	61
4.2.1 Bronjong.....	61
4.2.2 <i>Soldier Pile</i> .....	62
4.2.3 <i>Ground Anchor</i> .....	62
4.2.4 <i>Geotextile</i> .....	62
4.2.5 <i>Geogrid</i> .....	62
4.2.6 <i>Keystone Wall</i> .....	62
4.2.7 <i>Sheet Pile</i> .....	62

4.3 Data Zona Lereng dan Timbunan.....	63
4.3.1 Zona Lereng Galian.....	63
4.3.2 Zona Ketinggian Timbunan.....	64
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Analisa Stabilitas Lereng Galian.....	67
5.2 Perencanaan Perkuatan Lereng.....	75
5.2.1 Perencanaan Bronjong.....	75
5.2.2 Perencanaan Perkuatan Turap <i>Soldier Pile</i> .....	80
5.2.3 Perencanaan <i>Ground Anchor</i> .....	92
5.3 Perkuatan Timbunan Sisi Tegak.....	104
5.3.1 Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> .....	105
5.3.2 Perencanaan <i>Geogrid</i> dan <i>Keystone Wall</i> .....	118
5.3.3 Perencanaan <i>Box Culvert</i> .....	133
5.4 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan.....	140
5.5 Perhitungan Biaya Material.....	144
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>149</b>
6.1 Kesimpulan.....	149
6.2 Saran.....	152
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>153</b>
<b>LAMPIRAN 1 DATA TANAH.....</b>	<b>155</b>
<b>LAMPIRAN 2 SPESIFIKASI MATERIAL.....</b>	<b>163</b>
<b>LAMPIRAN 3 HASIL ANALISA <i>GROUND ANCHOR</i></b> <b>DENGAN <i>SOFTWARE</i>.....</b>	<b>167</b>
<b>LAMPIRAN 4 GAMBAR.....</b>	<b>171</b>



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Konsistensi tanah untuk tanah dominan lanau atau lempung.....	12
<b>Tabel 2. 2</b> Korelasi N-SPT.....	12
<b>Tabel 2. 4</b> Korelasi Nilai Sudut Geser Tanah untuk Tanah Kohesi .....	13
<b>Tabel 2. 5</b> Nilai Faktor Daya Dukung (Terzaghi).....	25
<b>Tabel 2. 6</b> Koefisien angkur, $K_s$ (Canadian Foundation Engineering Manual).....	38
<b>Tabel 2. 7</b> Rekomendasi faktor keamanan minimum (BS 8081).....	40
<b>Tabel 2. 8</b> Harga FS akibat berbagai kerusakan .....	42
<b>Tabel 4. 1</b> Data Lapisan Tanah .....	59
<b>Tabel 4. 2</b> Gabungan Data Tanah untuk Ruas Jalan Rencana ....	60
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Rekapitulasi Data Parameter Tanah .....	61
<b>Tabel 5. 1</b> Rekapitulasi Analisa Lereng Galian .....	75
<b>Tabel 5. 2</b> Momen dan tekanan aktif .....	76
<b>Tabel 5. 3</b> Rekapitulasi Perhitungan Momen.....	77
<b>Tabel 5. 4</b> Hasil Kontrol Momen .....	79
<b>Tabel 5. 5</b> Hasil Kontrol Geser .....	80
<b>Tabel 5. 6</b> Hasil Kontrol Bearing Capacity.....	80
<b>Tabel 5. 7</b> Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Aktif .....	82
<b>Tabel 5. 8</b> Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Pasif .....	82
<b>Tabel 5. 9</b> Hasil Perhitungan Tekanan Tanah (P) .....	84
<b>Tabel 5. 10</b> Hasil Perhitungan Momen Aktif-Pasif .....	85
<b>Tabel 5. 11</b> Hasil Rekapitulasi Panjang $D_0$ dan Momen Max....	86
<b>Tabel 5. 12</b> Hasil Perhitungan Tulangan Geser Soldier Pile .....	89
<b>Tabel 5. 13</b> Hasil Perhitungan Penampang Soldier Pile .....	89
<b>Tabel 5. 14</b> Hasil rekapitulasi perhitungan ground anchor .....	97
<b>Tabel 5. 15</b> Hasil rekapitulasi daya dukung pelat beton .....	100
<b>Tabel 5. 16</b> Hasil rekapitulasi perhitungan tulangan pelat beton penahan.....	103
<b>Tabel 5. 17</b> Hasil rekapitulasi perhitungan $S_v$ untuk wilayah 1&2 .....	107

<b>Tabel 5. 18</b> Hasil rekapitulasi perhitungan panjang geotextile. 108	
<b>Tabel 5. 19</b> Perhitungan Sv geotextile dengan H timbunan 0 s/d 2 m.....	112
<b>Tabel 5. 20</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geotextile pada H= 0 s/d 2 m.....	113
<b>Tabel 5. 21</b> Perhitungan Sv geotextile dengan H timbunan 2 s/d 4 m.....	113
<b>Tabel 5. 22</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geotextile pada H= 2 s/d 4 m.....	114
<b>Tabel 5. 23</b> Perhitungan Sv geotextile dengan H timbunan 4 s/d 6 m.....	115
<b>Tabel 5. 24</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geotextile pada H= 4 s/d 6 m.....	115
<b>Tabel 5. 25</b> Perhitungan Sv geotextile dengan H timbunan 6 s/d 8 m.....	116
<b>Tabel 5. 26</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geotextile pada H= 6 s/d 8 m.....	117
<b>Tabel 5. 27</b> Hasil rekapitulasi perhitungan Sv untuk wilayah 1&2 .....	120
<b>Tabel 5. 28</b> Hasil rekapitulasi perhitungan panjang geogrids... 121	
<b>Tabel 5. 29</b> Perhitungan Sv geogrid dengan H timbunan 0 s/d 2 m .....	124
<b>Tabel 5. 30</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geogrids pada H= 0 s/d 2 m.....	125
<b>Tabel 5. 31</b> Perhitungan Sv geogrid dengan H timbunan 2 s/d 4 m .....	125
<b>Tabel 5. 32</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geogrids pada H= 2 s/d 4 m.....	126
<b>Tabel 5. 33</b> Perhitungan Sv geogrid dengan H timbunan 4 s/d 6 m .....	127
<b>Tabel 5. 34</b> Perhitungan Le, Lr, dan Lo geogrids pada H= 4 s/d 6 m.....	127
<b>Tabel 5. 35</b> Perhitungan Sv geogrid dengan H timbunan 6 s/d 8 m .....	128



<b>Tabel 5. 36</b> Perhitungan $L_e$ , $L_r$ , dan $L_o$ geogrids pada $H= 6$ s/d $8$ m.....	128
<b>Tabel 5. 37</b> Hasil rekapitulasi perhitungan tulangan box culvert .....	139
<b>Tabel 5. 38</b> Hasil perhitungan volume galian dan timbunan ....	141
<b>Tabel 5. 39</b> Hasil Analisa Biaya Material Bronjong.....	144
<b>Tabel 5. 40</b> Hasil analisa biaya untuk perkuatan Soldier Pile...	145
<b>Tabel 5. 41</b> Hasil analisa biaya material Ground Anchor .....	145
<b>Tabel 5. 42</b> Hasil analisa biaya material geotextile wall .....	146
<b>Tabel 5. 43</b> Hasil aalisa biaya material keystone wall .....	146
<b>Tabel 5. 44</b> Hasil analisa biaya material Box Culvert .....	147
<b>Tabel 6. 1</b> Kebutuhan Geotextile .....	150
<b>Tabel 6. 2</b> Kebutuhan Geogrids .....	150
<b>Tabel 6. 3</b> Hasil perhitungan tulangan box culvert.....	151



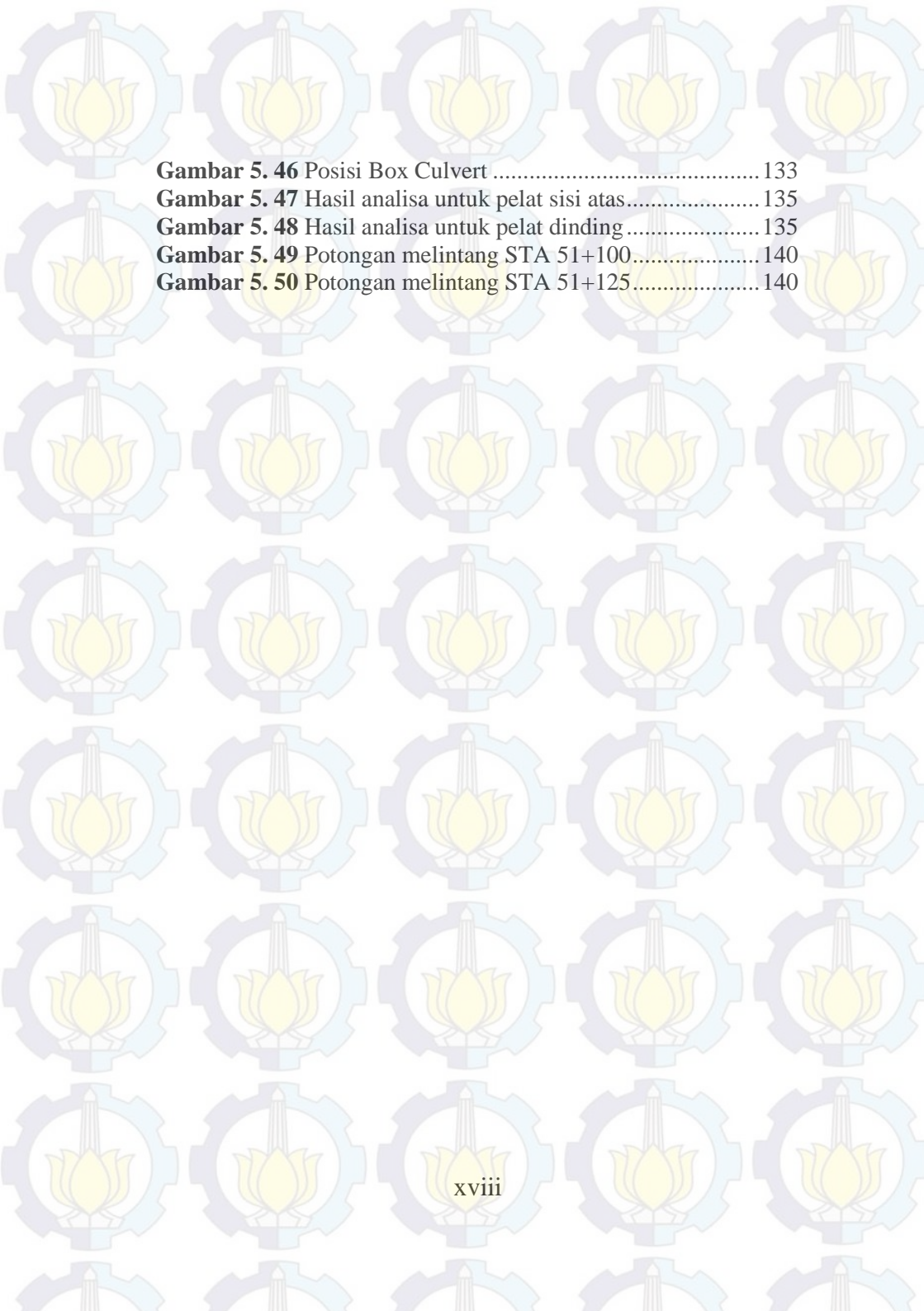
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Ruas jalan tol Trans Sumatera .....	2
<b>Gambar 1. 2</b>	Ruas jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 51+100 – STA 52+400.....	3
<b>Gambar 1. 3</b>	Ruas jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 52+400 – STA 53+700 .....	3
<b>Gambar 1. 4</b>	Contoh lereng yang cukup tinggi pada Cross Section STA 51+300.....	5
<b>Gambar 1. 5</b>	Contoh timbunan tanah yang cukup tinggi pada Cross section STA 52+725.....	5
<b>Gambar 2. 1</b>	Batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem .....	10
<b>Gambar 2. 2</b>	Kondisi kelongsoran tanpa aliran air .....	14
<b>Gambar 2. 3</b>	Kondisi kelongsoran dengan aliran air.....	15
<b>Gambar 2. 4</b>	Kondisi kelongsoran lurus .....	16
<b>Gambar 2. 5</b>	Kondisi kelongsoran melingkar .....	17
<b>Gambar 2. 6</b>	Desain Cut Slope.....	20
<b>Gambar 2. 7</b>	Pemasangan bronjong .....	22
<b>Gambar 2. 8</b>	Konstruksi Turap dengan Material Beton.....	26
<b>Gambar 2. 9</b>	Diagram Tegangan Tanah untuk Tanah Lempung(Simplified Methode).....	29
<b>Gambar 2. 10</b>	Diagram Tegangan Tanah untuk Tanah Pasir (Simplified Methode) .....	29
<b>Gambar 2. 11</b>	Diagram Tanah untuk Tanah Pasir.....	30
<b>Gambar 2. 12</b>	Diagram Tanah untuk Tanah Lempung .....	31
<b>Gambar 2. 13</b>	Garis Bidang Longsor Turap.....	32
<b>Gambar 2. 14</b>	Konstruksi Soldier Pile .....	33
<b>Gambar 2. 15</b>	Bagian-bagian dari Ground Anchor .....	35
<b>Gambar 2. 16</b>	Pelaksanaan Pekerjaan Ground Anchor .....	36
<b>Gambar 2. 17</b>	Grafik faktor adhesi sesuai dengan nilai kuat geser (Cu).....	37
<b>Gambar 2. 18</b>	Syarat letak Fixed Length (BS 8081).....	39
<b>Gambar 2. 19</b>	Grafik untuk menentukan besarnya $\sigma_{H_L}$ .....	41

<b>Gambar 2. 20</b>	Sketsa geotextile wall pada timbunan.....	43
<b>Gambar 2. 21</b>	External Stability geotextile wall terhadap : a. guling, b. geser, c. ambles .....	45
<b>Gambar 2. 22</b>	Keystone wall compact type Straight-face.....	48
<b>Gambar 2. 23</b>	Struktur Box Culvert.....	49
<b>Gambar 2. 24</b>	Kurva hubungan antara tebal timbunan dan intensitas beban lalu lintas.....	50
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	53
<b>Gambar 4. 1</b>	Dimensi Bronjong .....	61
<b>Gambar 4. 2</b>	Potongan Melintang STA 51+300 .....	63
<b>Gambar 4. 3</b>	Potongan Melintang STA 51+550 .....	63
<b>Gambar 4. 4</b>	Potongan Melintang STA 52+175 .....	64
<b>Gambar 4. 5</b>	Potongan Melintang STA 52+400 .....	64
<b>Gambar 4. 6</b>	Potongan Melintang STA 52+725 .....	65
<b>Gambar 5. 1</b>	Bidang kelongsoran lereng 3 meter .....	67
<b>Gambar 5. 2</b>	Safety factor terkritis lereng 3 meter.....	68
<b>Gambar 5. 3</b>	Bidang kelongsoran lereng 5 meter .....	68
<b>Gambar 5. 4</b>	Safety factor terkritis lereng 5 meter.....	69
<b>Gambar 5. 5</b>	Bidang kelongsoran lereng 7 meter .....	69
<b>Gambar 5. 6</b>	Safety factor terkritis lereng 7 meter.....	70
<b>Gambar 5. 7</b>	Bidang kelongsoran lereng 9 meter .....	70
<b>Gambar 5. 8</b>	Safety factor terkritis lereng 9 meter.....	71
<b>Gambar 5. 9</b>	Bidang kelongsoran lereng 11 meter .....	71
<b>Gambar 5. 10</b>	Safety factor terkritis lereng 11 meter.....	72
<b>Gambar 5. 11</b>	Bidang kelongsoran lereng 13 meter .....	72
<b>Gambar 5. 12</b>	Safety factor terkritis lereng 13 meter.....	73
<b>Gambar 5. 13</b>	Bidang kelongsoran lereng 16 meter .....	73
<b>Gambar 5. 14</b>	Safety factor terkritis lereng 16 meter.....	74
<b>Gambar 5. 15</b>	Perencanaan Bronjong Lereng 3 meter.....	76
<b>Gambar 5. 16</b>	Lapisan Tanah Lereng 5 meter.....	81
<b>Gambar 5. 17</b>	Diagram Tegangan.....	83
<b>Gambar 5. 18</b>	Diagram Interaksi Penulangan Soldier Pile .....	87
<b>Gambar 5. 19</b>	Defleksi Soldier Pile untuk H lereng 5 meter .....	89
<b>Gambar 5. 21</b>	Hasil Analisa Lereng 7 meter.....	90
<b>Gambar 5. 20</b>	Hasil Analisa Lereng 5 meter.....	90

<b>Gambar 5. 22</b> Hasil Analisa Lereng 5 meter.....	91
<b>Gambar 5. 23</b> Hasil Analisa Lereng 7 meter.....	91
<b>Gambar 5. 24</b> Bidang Longsor dan rencana pemasangan anchor .....	92
<b>Gambar 5. 25</b> Posisi ground anchor.....	94
<b>Gambar 5. 26</b> Dimensi pelat penahan.....	100
<b>Gambar 5. 27</b> Gaya dan tegangan pada pelat penahan .....	101
<b>Gambar 5. 28</b> Hasil Analisa Software Geoslope .....	103
<b>Gambar 5. 29</b> Hasil Analisa Software Geo5.....	104
<b>Gambar 5. 30</b> Pembagian beban tanah.....	109
<b>Gambar 5. 31</b> Hasil analisa XSTABL wilayah 1 .....	111
<b>Gambar 5. 32</b> Hasil analisa XSTABL wilayah 2.....	112
<b>Gambar 5. 33</b> Instalasi geotextile untuk H timbunan 0 s/d 2 m .....	113
<b>Gambar 5. 34</b> Instalasi geotextile untuk H timbunan 2 s/d 4 m .....	114
<b>Gambar 5. 35</b> Instalasi geotextile untuk H timbunan 4 s/d 6 m .....	115
<b>Gambar 5. 36</b> Instalasi geotextile untuk H timbunan 6 s/d 8 m .....	117
<b>Gambar 5. 37</b> Instalasi geotextile untuk H timbunan 8 s/d 10 m .....	118
<b>Gambar 5. 38</b> Pembagian beban tanah.....	122
<b>Gambar 5. 39</b> Instalasi geogrids untuk H timbunan 0 s/d 2 m .....	125
<b>Gambar 5. 40</b> Instalasi geogrids untuk H timbunan 2 s/d 4 m .....	126
<b>Gambar 5. 41</b> Instalasi geogrids untuk H timbunan 4 s/d 6 m .....	127
<b>Gambar 5. 42</b> Instalasi geogrids untuk H timbunan 6 s/d 8 m .....	129
<b>Gambar 5. 43</b> Instalasi geogrids untuk H timbunan 8 s/d 10 m .....	130
<b>Gambar 5. 44</b> Penulangan pondasi keystone .....	132
<b>Gambar 5. 45</b> Instalasi keystone wall pada H timbunan 10 m.	133



<b>Gambar 5. 46</b> Posisi Box Culvert .....	133
<b>Gambar 5. 47</b> Hasil analisa untuk pelat sisi atas.....	135
<b>Gambar 5. 48</b> Hasil analisa untuk pelat dinding.....	135
<b>Gambar 5. 49</b> Potongan melintang STA 51+100.....	140
<b>Gambar 5. 50</b> Potongan melintang STA 51+125.....	140

# BAB I PENDAHULUAN

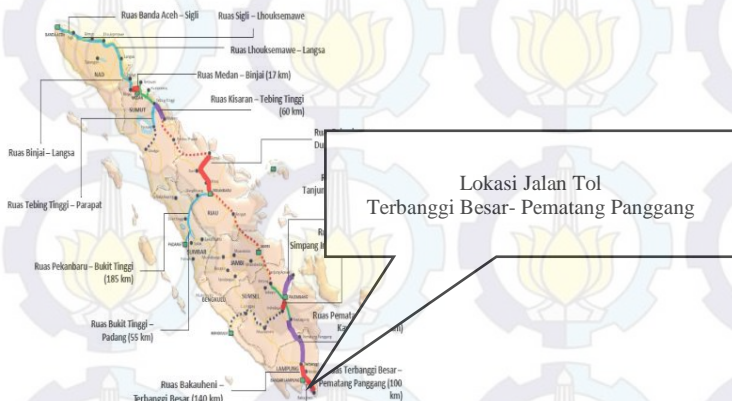
## 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pembangunan infrastruktur berkembang pesat di seluruh wilayah Indonesia. Infrastruktur yang memadai dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dalam sebuah negara. Pemerintah saat ini fokus untuk dapat menciptakan infrastruktur yang memadai guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Salah satu aspek yang berperan sangat penting dalam laju pertumbuhan ekonomi adalah sarana dan pra-sarana transportasi yang memadai. Transportasi memiliki peran penting untuk menghubungkan setiap kota yang ada di Indonesia untuk meratakan pembangunan di setiap daerah yang dapat memicu pertumbuhan ekonomi negara Indonesia melalui potensi sumber daya yang ada di tiap-tiap wilayahnya.

Peran moda transportasi menjadi sangat penting karena pada dasarnya moda transportasi tersebut dapat memenuhi dan mengakomodasi aktivitas perekonomian dan sosial masyarakat. Salah satu moda transportasi yang banyak dan sedang tumbuh di Indonesia saat ini adalah moda transportasi darat. Sehubungan dengan hal tersebut maka kebutuhan jalan untuk transportasi darat juga harus memadai, sehingga pembangunan jalan raya dan jalan tol sangat diperhatikan untuk meningkatkan ekonomi daerah di berbagai wilayah di Indonesia.

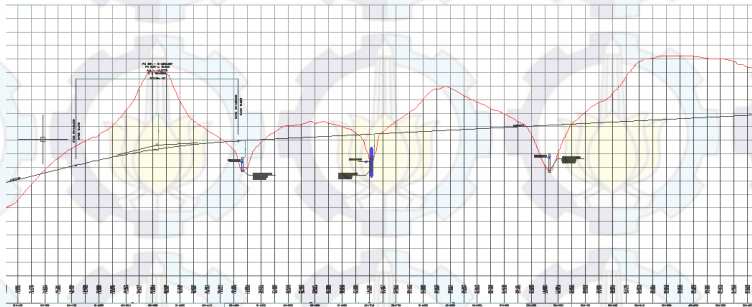
Selaras dengan hal tersebut pemerintah memproyeksikan penambahan jalan tol baru yang telah direncanakan mulai tahun 2015-2025 memiliki total sepanjang 6.135 km (djkn.kemenkeu.go.id 2017). Salah satu jalan tol yang termasuk ke dalam perencanaan tersebut adalah *Tol Trans Sumatra*. Tol ini terbentang 2818 km yang menghubungkan ujung timur pulau Sumatra yaitu Lampung dan ujung barat yaitu Aceh. Ruas jalan tol

Sumatera terdiri dari Jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang, Pematang Panggang - Kayuagung, Kisaran – Tebing Tinggi, serta Palembang – Tanjung Api – api. Pada tahun 2016 terdapat 3 ruas tambahan yaitu jalan tol Banda Aceh – Medan, Padang – Pekanbaru, dan Tebing Tinggi – Parapat (Kementerian PUPR 2017). Pada ruas tol Terbanggi Besar – Pematang Paggang melintasi Provinsi Lampung hingga sekitar daerah Sumatra Selatan yang terbentang 100 km (**Gambar 1.1**). Tol tersebut melintasi kontur yang tidak datar seperti pada ruas jalan STA 51+100 – STA 52+400 (**Gambar 1.2**) dan STA 52+400 – STA 53+700 (**Gambar 1.3**) terdapat bukit dan lembah yang akan dijadikan jalan tol. Kontur tanah pada lokasi tersebut memiliki beda elevasi yang besar mencapai  $\pm 16$  m pada bukit dan beda elevasi  $\pm 10$  m pada bagian lembah dan terdapat pula aliran sungai yang akan ditimbun untuk dijadikan jalan.



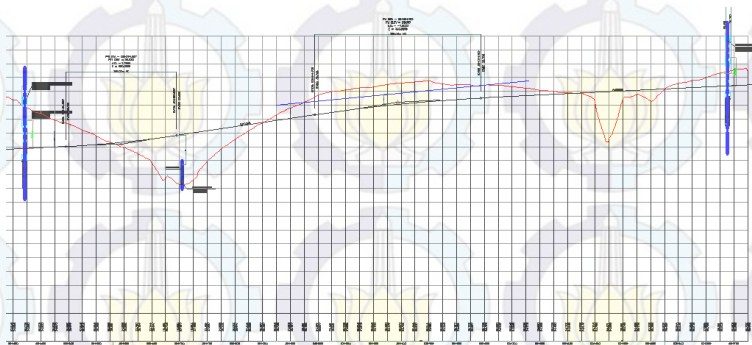
**Gambar 1. 1** Ruas jalan tol Trans Sumatera  
(Sumber : [sibima.pu.go.id](http://sibima.pu.go.id))





**Gambar 1. 2** Ruas jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 51+100 – STA 52+400

(Sumber: *Plan Terbanggi Besar – Pematang Panggang PT Waskita 2017*)



**Gambar 1. 3** Ruas jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 52+400 – STA 53+700

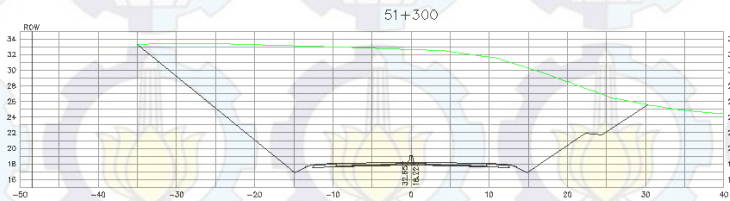
(Sumber: *Plan Terbanggi Besar – Pematang Panggang PT Waskita 2017*)

**Gambar 1.2** dan **Gambar 1.3** menunjukkan *long section* dari jalan tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang STA 51+100 – 53+700 untuk data *long section* dan *cross section* yang lebih detail dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa kemungkinan pekerjaan volume *cut and fill* yang ada

cukup besar sehingga dirasa perlu melakukan perhitungan volume *cut and fill* sebagai acuan apabila menggunakan material galian tanah eksisting untuk tanah timbunan.

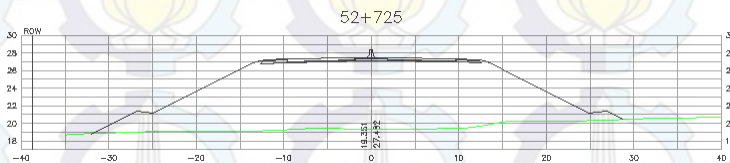
Pada proses perencanaannya sepanjang jalan tersebut telah dilakukan penyelidikan tanah dengan melakukan tes SPT di 5 titik. Untuk hasil penyelidikan tanah dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Hasil tes tersebut menunjukkan bahwa kondisi muka air tanah pada area lereng memiliki variasi yang berbeda. Pada lereng STA 51+100 – STA 51+975 tidak terdapat muka air tanah, untuk lereng STA 52+075 – STA 52+575 muka air berada pada kedalaman 2 m, dan pada lereng di STA 52+850 – STA STA 53+700 muka air tanah berada pada kedalaman 4 m. Muka air tanah harus diperhatikan dalam perencanaan perkuatan lereng karena jika tidak diperhitungkan gaya tekan air akan berdampak pada struktur perkuatan lereng.

Hasil tes tanah tersebut, memberitahukan bahwa tanah pada lokasi tergolong cukup bagus hal ini dapat diketahui karena nilai harga N-SPT pada area tersebut menunjukkan nilai  $N > 15$  yang menunjukkan tanah tersebut sudah berkonsistensi medium. Namun meski begitu karena dalam perencanaan jalan memerlukan galian yang cukup dalam dan timbunan yang tinggi seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.4** dan **Gambar 1.5**, maka diperlukan analisis lebih detail pada stabilitasnya.



**Gambar 1. 4** Contoh lereng yang cukup tinggi pada *Cross Section* STA 51+300

(Sumber: *Plan Terbanggi Besar – Pematang Panggang PT Waskita 2017*)



**Gambar 1. 5** Contoh timbunan tanah yang cukup tinggi pada *Cross section* STA 52+725

(Sumber: *Plan Terbanggi Besar – Pematang Panggang PT Waskita 2017*)

Dari kondisi tersebut lereng yang akan digali dan lembah yang akan ditimbun untuk dijadikan jalan memiliki beda elevasi yang besar. Hal ini sangat rawan terhadap longsor yang dapat dipicu dengan adanya hujan yang sangat deras dan muka air tanah yang tinggi karena pada sisi lereng dan tanah timbunan tidak diberi perkuatan. Dalam perencanaan awal jalan tol Terbanggi Besar - Pematang Panggang STA 51+100 – STA 53+700 belum direncanakan perkuatan sehingga perlu adanya analisa stabilitas pada lereng galian dan timbunan dengan menggunakan program bantu guna untuk merencanakan perkuatan lereng agar tidak terjadi keruntuhan pada lereng dan tanah timbunan.

Berdasarkan kondisi di atas, maka lereng dan timbunan yang memiliki SF di bawah 1.2 harus diberi perkuatan untuk

mencegah terjadinya permasalahan yang dapat mengakibatkan badan jalan terganggu dan rusak. Selain itu, untuk menjaga aliran sungai agar tetap mengalir perlu direncanakan box culvert karena beban yang diterima box culvert tersebut cukup besar yaitu setinggi timbunan yang direncanakan dan letak dari box culvert tersebut berada pada bagian dasar dari lembah.

Pada tugas akhir ini akan direncanakan alternatif - alternatif perkuatan lereng dan perkuatan tanah timbunan. Alternatif perkuatan lereng antara lain Bronjong, *Soldier Pile*, dan *Ground Anchor*, sedangkan perkuatan tanah timbunan antara lain *Geotextile Wall* dan *Keystone Wall*. Untuk perkuatan tanah timbunan alternatif yang direncanakan adalah perkuatan timbunan dinding tegak berbeda dengan kondisi eksisting yang ber dinding miring. Pemilihan dinding tegak tersebut didasarkan karena untuk menghemat volume timbunan. Sehingga dipilih perkuatan dinding tegak menggunakan *Geotextile wall* dan *Key-Stone Wall*. Dari kedua alternative tersebut nantinya akan dipilih melalui analisa harga material yang lebih ekonomis agar hasil pemilihan perkuatan tersebut dapat dijadikan perkuatan pada timbunan jalan tersebut.

Variasi perkuatan yang direncanakan berdasarkan efisiensi dan lokasi pelaksanaan yang memungkinkan agar perkuatan lereng galian dan timbunan dapat dilaksanakan tepat sasaran sesuai dengan kondisi lapangan. Dengan mempertimbangkan hal-hal diatas maka perencanaan perkuatan lereng dan timbunan serta box culvert ini perlu dilakukan agar jalan tol dapat berfungsi dengan lancar dan terhindar dari bahaya kerusakan akibat keruntuhan lereng maupun tanah timbunan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian diatas dapat diketahui masalah utamanya, yakni bagaimana perencanaan perkuatan lereng dari galian dan timbunan pada jalan tol tersebut, adapun detail sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi tanah lokasi tersebut?
2. Bagaimana stabilitas lereng tersebut tanpa adanya perkuatan ?

3. Bagaimana perencanaan sistem perkuatan pada lereng di lokasi galian?
4. Bagaimana perencanaan sistem perkuatan pada lereng timbunan jalan di lokasi tersebut?
5. Bagaimana perencanaan box culvert?
6. Berapa volume *cut and fill* pada jalan tersebut?
7. Berapa biaya material yang harus dikeluarkan?

### 1.3 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah menganalisa stabilitas lereng galian dan timbunan serta merencanakan perkuatannya pada ruas jalan tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 51+100 – 53+700.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

1. Hanya menghitung perkuatan lereng galian, timbunan, dan kekuatan box culvert.
2. Tidak membahas metode pelaksanaan.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder.
4. Hanya menghitung biaya material saja.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah alternatif perencanaan perkuatan lereng dan timbunan yang dapat dilaksanakan sesuai dengan kondisi lokasi di lapangan, serta mengetahui perhitungan volume *cut and fill* tanah yang dapat dipakai sebagai acuan alternatif jika menggunakan tanah galian sebagai tanah timbunan jalan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

#### 2.1.1 Tanah

Tanah dalam istilah Teknik secara umum merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat air dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, Endah, and Mochtar 1995). Tanah digunakan sebagai material untuk berbagai macam bangunan bangunan dalam pekerjaan teknik sipil. Selain itu juga tanah berfungsi juga sebagai penyedia daya dukung untuk pondasi bangunan agar struktur bangunan tersebut dapat berdiri kokoh. Oleh karena itu dalam ruang lingkup teknik sipil sangat diperlukan pengetahuan dan pembelajaran mengenai sifat dan karakteristik tanah agar dapat mendesain sebuah bangunan khususnya untuk struktur pondasi yang dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

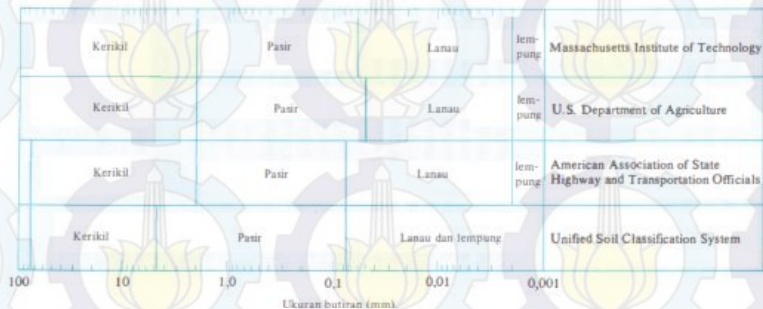
#### 2.1.2 Karakteristik Tanah

Tanah memiliki partikel yang sangat beragam dan memiliki variasi yang cukup besar. Tanah biasa disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung dari ukuran partikel yang dominan dari tanah tersebut. Ukuran partikel tanah, Batasan ukuran butiran, serta klasifikasinya dapat dilihat pada **Table 2.1** dan **Gambar 2.1**.

**Tabel 2. 1** Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran

Nama golongan	Ukuran butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	<0,002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) < 0,0075.	

Sumber : (Das, Endah, and Mochtar 1995)

**Gambar 2. 1** Batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem

Sumber : (Das, Endah, and Mochtar 1995)

Pada **Tabel 2.1** diatas dapat diketahui secara umum klasifikasi ukuran butiran tanah dimana tanah kerikil memiliki ukuran butiran > 2 mm, tanah pasir memiliki ukuran butiran antara 2 – 0,05 mm, tanah lanau memiliki ukuran butiran 0,05 – 0,002 mm, dan tanah lempung memiliki ukuran butiran < 0,002 mm. Dengan mengetahui klasifikasi tanah tersebut maka dalam



perencanaan bangunan, khususnya struktur pondasi dapat direncanakan sesuai dengan klasifikasi tersebut, karena setiap jenis tanah memiliki sifat masing-masing. Tanah pasir memiliki parameter sudut geser ( $\phi$ ) dan tanah lempung memiliki nilai kohesi (c), sehingga parameter tersebut sangat mempengaruhi nilai dari daya dukung dan kemampuan suatu tanah. Nilai-nilai parameter tersebut dapat diperoleh melalui uji laboratorium atau juga dapat diketahui dari data penyelidikan tanah di lapangan dengan menggunakan korelasi untuk mengetahui parameter tanah tersebut.

### 2.1.3 Korelasi Parameter Nilai Tanah

Korelasi nilai parameter tanah dilakukan untuk mengetahui nilai perkiraan dari hasil penyelidikan tanah di lapangan. Penyelidikan tanah di lapangan dilakukan dengan Borlog tes, pengujian SPT, dan Sondir. Borlog tes dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik tanah melalui pengamatan langsung, pengujian SPT dan sondir dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung untuk perencanaan pondasi. Dari hasil pengujian tersebut untuk mengetahui perkiraan nilai parameter tanah dapat diketahui dengan korelasi harga N-SPT dan nilai  $q_c$  untuk mencari parameter tanah yang belum diketahui dapat dilihat pada **Tabel 2.2**, **Tabel 2.3**, dan **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 3 Korelasi N-SPT

N (blows)	<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>				
	0-3	4-10	11-30	31-50	> 50
$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
N (blows)	<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>				
	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	> 20
q <sub>u</sub> (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber : (Bowles 1996)

Tabel 2. 2 Konsistensi tanah untuk tanah dominan lanau atau lempung

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C <sub>u</sub>		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q <sub>c</sub> (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), revised (2012))

**Tabel 2. 4** Korelasi Nilai Sudut Geser Tanah untuk Tanah Kohesi

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

*Sumber:* (Look 2007)

Berdasarkan **Tabel 2.2** sampai **Tabel 2.4** dapat diketahui nilai parameter tanah seperti  $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $q_u$  yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan ketika tidak memiliki hasil pengujian laboratorium.

## 2.2 Stabilitas Lereng

### 2.2.1 Jenis – Jenis Lereng

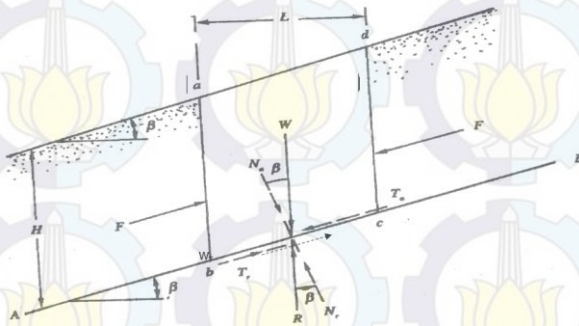
Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dengan besaran sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi (Das 1985). Lereng dibagi menjadi dua macam, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami adalah lereng yang secara alami terbentuk tanpa ada campur tangan manusia. Lereng buatan adalah lereng yang dibentuk oleh manusia untuk menunjang aktivitas manusia maupun keperluan konstruksi. Lereng alami biasa ditemukan di daerah bukit atau pegunungan, sedangkan lereng buatan bias kita jumpai disekitar berupa tanggul sungai ataupun berupa timbunan jalan. Jenis dari lereng buatan ini dibagi menjadi 2 macam, yaitu lereng panjang rhingga (*finite Slope*) dan lereng panjang tak berhingga (*infinite slope*). Berikut ini merupakan penjelasan stabilitas untuk *infinite slope* dan *finite slope*.

#### A. *Infinite Slope*

Infinite slope atau lereng menerus adalah lereng yang memiliki panjang dan kemiringan yang menerus. Lereng menerus

identik dengan kemiringan dan tinggi lereng yang tidak berubah sepanjang segmennya. Lereng menerus biasanya berupa lereng alami di pegunungan dengan dua tipe kondisi kelongsoran yakni *infinite slope* tanpa aliran dan dengan aliran. Untuk kondisi tanpa aliran dapat dilihat dengan **Gambar 2.2** dan untuk kelongsoran dengan aliran air dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

1. Kelongsoran *infinite slope* tanpa aliran air



**Gambar 2. 2** Kondisi kelongsoran tanpa aliran air  
(Sumber : Mochtar 2012)

Tegangan normal ( $\sigma$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\sigma = \frac{N_a}{bc} = \frac{\gamma \cdot L \cdot H \cdot \cos \beta}{\left[ \frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \quad (2.1)$$

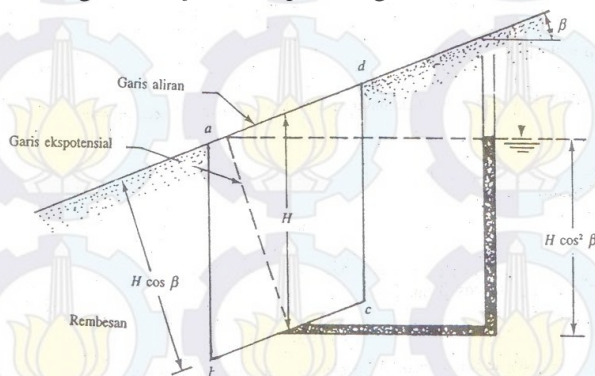
Tegangan normal ( $\tau$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\tau = \frac{T_a}{bc} = \frac{L \cdot H \cdot \gamma \sin \beta}{\left[ \frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \quad (2.2)$$

Sehingga nilai stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan :

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} = \frac{c + \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\gamma \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} \quad (2.3)$$

## 2. Kelongsoran *infinite slope* dengan aliran air



**Gambar 2. 3** Kondisi kelongsoran dengan aliran air  
(Sumber : Mochtar, 2012)

Tegangan normal ( $\sigma$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\sigma = \frac{N_a}{bc} = \frac{\gamma_{sat} \cdot L \cdot H \cdot \cos \beta}{\left[ \frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos^2 \beta \quad (2.4)$$

Tegangan normal ( $\tau$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\tau_d = \frac{T_a}{bc} = \frac{L \cdot H \cdot \gamma_{sat} \sin \beta}{\left[ \frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \quad (2.5)$$

Sehingga nilai stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan :

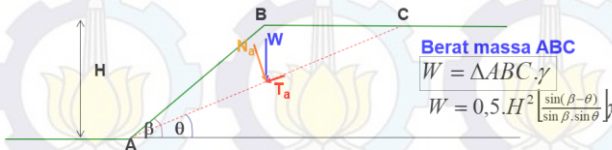
$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} = \frac{c + \gamma' \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} \quad (2.6)$$

Pada kondisi kritis (seimbang),  $\tau_f = \tau_d$

## B. Finite Slope

*Finite slope* atau lereng terbatas adalah lereng yang menghubungkan tanah pada elevasi tertentu ke tanah yang lain dengan jarak yang tidak terlalu jauh, tetapi berada pada ketinggian yang berbeda. Terdapat dua tipe kelongsoran yakni tipe kelongsoran lurus (**Gambar 2.4**) dan tipe kelongsorn melingkar (**Gambar 2.5**).

### 1. Kelongsoran lurus



**Gambar 2. 4** Kondisi kelongsoran lurus  
(Sumber: Herman, 2015)

Tegangan normal ( $\sigma$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\sigma = 0,5H \left[ \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \quad (2.7)$$

Tegangan normal ( $\tau$ ) akibat berat  $W$  dapat dicari dengan Persamaan :

$$\tau_d = 0,5H \left[ \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \sin \theta \quad (2.8)$$

Tegangan geser akan ditahan (diimbangi) oleh kuat geser tanah, sehingga :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

$$\tau_f = c + 0,5H \left[ \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi \quad (2.9)$$

Stabilitas lereng ditentukan dari perbandingan kuat geser tanah ( $\tau_f$ ) dengan tegangan geser tanah ( $\tau$ ), maka angka keamanan stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan :

$$SF = \frac{c + 0,5H \left[ \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi}{0,5H \left[ \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \sin \theta} \quad (2.10)$$

## 2. Tipe kelongsoran melingkar



**Gambar 2. 5** Kondisi kelongsoran melingkar  
(Sumber : Mochtar, 2012)

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keamanan kelongsoran melingkar (*overall stability*), salah satunya metode Fellenius yang Persamaannya adalah sebagai berikut :

Angka keamanan untuk tanah pasir :

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^p (C' \Delta L_N + [W_N \cdot \cos \alpha_N - U \cdot \Delta L_N] \cdot \tan \phi')}{\sum_{n=1}^p W_N \cdot \sin \alpha_N} \quad (2.11)$$

Angka keamanan untuk tanah lempung :

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^p (C \cdot \Delta L_N + W_N \cdot \cos \alpha_N \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^p W_N \cdot \sin \alpha_N} \quad (2.12)$$

Selain dengan menggunakan metode Fellenius, nilai keamanan pada kondisi kelongsoran melingkar (*overall stability*) juga bisa didapatkan dengan bantuan program bantu.

### 2.2.2 Kelongsoran

Kelongsoran adalah sebuah pergerakan material ke bawah dan keluar lereng karena pengaruh gaya gravitasi (Vernes, 1978). Sedangkan menurut (Crude, 1991) kelongsoran merupakan suatu kejadian atau peristiwa geologi yang disebabkan oleh pergerakan massa batuan, tanah, atau puing-puing yang menuruni suatu lereng.

### 2.2.3 Penyebab Kelongsoran

Kelongsoran disebabkan oleh berbagai macam faktor. Hal-hal yang menyebabkan longsor antara lain sebagai berikut:

#### 1. Faktor Internal

##### a. Naiknya tekanan air pori

Penyebab kelongsoran dari faktor internal salah satunya disebabkan oleh peristiwa naiknya tegangan air pori. Ketika tegangan air pori ini lebih besar dibandingkan tegangan tanah total maka akan terjadi penurunan nilai daya dukung tanah, sehingga menyebabkan keruntuhan pada tanah dan menyebabkan longsor.



**b. Menurunnya kuat geser tanah/batuan**

Hal ini dapat menjadi penyebab longsor karena ketika nilai kuat geser tanah turun akan menyebabkan daya ikat antar partikel tanah mulai lemah dan akhirnya terlepas sehingga tanah tersebut mengalami keruntuhan (longsor).

**2. Faktor Eksternal****a. Adanya aktivitas seismik**

Gempa bumi yang terjadi pada daerah lereng dapat menyebabkan dilatasi tanah. Apabila getaran gempa tersebut terjadi terus menerus maka dapat menyebabkan daerah lereng tersebut mengalami longsor.

**b. Beban tanah yang berlebih**

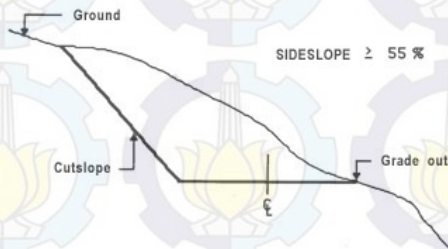
Beban berlebih pada lereng dapat disebabkan oleh bangunan yang terletak diatas lereng atau kendaraan-kendaraan berat yang melintasi daerah lereng tersebut. Jika struktur tanah tersebut tidak diperkuat maka lereng tersebut berpotensi mengalami kelongsoran akibat beban berlebih yang diterima oleh tanah pada lereng tersebut.

**c. Curah hujan yang tinggi**

Curah hujan yang tinggi ini menjadi salah satu penyebab terbesar terjadinya longsor. Tanah ketika pada musim kemarau mengering sehingga banyak pori-pori atau rongga tanah yang kemudian membetuk retakan pada tanah. Ketika pada musim hujan, air hujan tersebut akan memenuhi rongga tanah tersebut yang dapat menyebabkan pergeseran tanah karena tanah sudah tidak dapat menahan aliran air hujan tersebut sehingga hal tersebut dapat menyebabkan longsor pada lereng.

### 2.2.4 Cut Slope

Kemiringan lereng yang hampir tegak akan sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Lereng seperti ini akan sangat mudah tergelincir atau longsor ketika terkena curah hujan yang tinggi. Selain mudah tergelincir, perkuatan yang dibutuhkan pada lereng tersebut akan menjadi besar karena harus memberikan perkuatan setinggi lereng tersebut. Dampaknya akan membuat biaya perencanaan perkuatan akan semakin mahal. Maka dari itu, lereng harus dibuat landai dengan memotong sebagian lereng membentuk *cut slope* seperti **Gambar 2.6** berikut :



**Gambar 2.6** Desain *Cut Slope*

(Sumber : Road design and construction in sensitive watershed, 1998)

### 2.2.5 Analisa Stabilitas Lereng dengan Program Bantu

Dalam memudahkan proses analisa stabilitas lereng dapat menggunakan program bantu yang dapat dimodelkan agar menyerupai kondisi di lapangan. Berikut ini adalah beberapa program bantu yang digunakan :

#### A. GeoStudio

GeoStudio merupakan program yang digunakan dalam menganalisa pekerjaan geoteknik salah satunya adalah analisa stabilitas lereng. Dalam analisa stabilitas lereng tersebut hal pertama yang dilakukan adalah menggambar geometric dari

lereng tersebut dan memasukkan parameter-parameter dari setiap lapisan tanah kemudian menentukan bidang longsor yang terjadi sehingga dihasilkan nilai SF. Jika  $SF < 1.2$  maka lereng tersebut rawan longsor.

## B. XSTABL

XSTABL merupakan salah satu program aplikasi yang secara khusus digunakan untuk menganalisa stabilitas dalam bidang geoteknik, seperti timbunan tanah. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat geometri dari penampang melintang lokasi yang akan ditinjau. Hasil *output* program ini berupa nilai SF, momen penahan dan, koordinat bidang longsor yang terjadi. Parameter tanah yang digunakan dalam program ini adalah :

1. Data tanah (berat volume, sudut geser, dan kohesi)
2. Koordinat *Surface* dan *Sub-Surface*
3. Muka air tanah
4. Letak *Initiation* dan *Termination*

## 2.3 Perkuatan Lereng

Perkuatan lereng ini meliputi beberapa macam jenis yang disesuaikan dengan ketinggian dari lereng yaitu Bronjong, Turap/Bored Pile, *Ground Anchor*.

### 2.3.1 Bronjong

Bronjong adalah salah satu dinding penahan tanah yang kemampuannya dalam menahan beban dengan mengandalkan gravitasi. Bronjong atau juga biasa disebut *gabion wall* ini mengandalkan berat sendiri sebagai penahan beban yang terjadi sehingga kemampuannya sangat bergantung dari berat materialnya. Bronjong terbuat dari anyaman kawat baja yang berbentuk persegi atau persegi panjang yang kemudian diisi dengan material pengisi berupa batu belah yang dipasang pada sisi lereng. Pada proses pengerjaannya, bronjong dipasang

secara masinal yang ditumpuk dan disusun seperti tangga (**Gambar 2.7**). Di Indonesia sendiri perencanaan penahan tanah menggunakan bronjong telah diatur dalam SNI 03.0090-1987 tentang mutu dan cara uji bronjong dan kawat bronjong serta syarat bahan baku mangacu pada SNI 03-6154-1999. Bronjong dari segi pemasangannya tidak terlaau susah dan dari segi biaya material relative lebih murah karena hanya terdiri dari kawat dan batu belah saja sebagai material penyusunnya.



**Gambar 2. 7** Pemasangan bronjong  
(Sumber: [penjualkawatbronjong.wordpress.com](http://penjualkawatbronjong.wordpress.com))

### A. Tekanan Aktif pada Bronjong

Tekanan tanah yang bekerja pada bronjong (*gabion wall*) adalah tekanan tanah aktif. Untuk menghitung tekanan tanah aktif tersebut dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \times Ka \times \gamma' \times H^2 \quad (2.13)$$

Apabila ada beban di atasnya maka persamaannya sebagai berikut:

$$Pa = \left( \frac{1}{2} \times Ka \times \gamma' \times H^2 + (q \times H) \right) \quad (2.14)$$

Dimanan :

$Ka$  = Koefisien tanah aktif

$\gamma'$  = Berat volume efektif tanah

$H$  = Tinggi bronjong (m)

$q$  = Beban terbagi rata

$K_a$  merupakan koefisien tanah aktif, dimana dalam menentukan nilai  $K_a$  dapat menggunakan persamaan berikut :

$$- \text{Coloumb} = \frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.15)$$

$$- \text{Rankine} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.16)$$

Dimana:

$\alpha$  = Sudut kemiringan pada permukaan tanah urugan di bawah dinding bronjong

$\beta$  = Sudut kemiringan bagian belakang dinding bronjong

$\delta$  = Sudut geser antara tanah dan dinding bronjong ( $\delta = 2/3 \varphi$ )

$\varphi$  = Sudut geser dalam tanah

Nilai  $P_a$  cenderung membentuk sudut  $\delta$  terhadap bronjong tegak lurus pada bagian belakang dinding. Namun karena permukaan gesekan dinding kecil, maka seringkali  $\delta$  diabaikan.

## B. Kontrol Guling pada Bronjong

Prinsip guling pada bronjong adalah ketika momen penahan dibagi dengan momen pendorong nilainya harus lebih besar atau sama dengan 1,5 sesuai dengan persamaan berikut :

$$FS_{\text{Guling}} = \frac{\text{Momen penahan (MR)}}{\text{Momen pendorong (MD)}} > 1,5 \quad (2.17)$$

Dimana :

MR = Momen penahan yang berasal dari berat sendiri bronjong

MD = Momen pendorong yang berasal dari tekanan tanah aktif

Semua gaya yang bekerja harus dikalikan dengan lengan momen yang ditinjau pada titik pusat guling.

### C. Kontrol Geser pada Bronjong

Prinsip geser pada bronjong sama dengan *gravity wall*, dimana ketika ada gaya tekanan tanah horizontal dapat ditahan oleh berat sendiri bronjong. Dalam menghitung geser bronjong dapat digunakan persamaan berikut :

$$FS_{\text{Geser}} = \frac{\Sigma Fr}{\sigma a \cos \alpha} > 1,2 \quad (2.18)$$

Dimana :

$\Sigma Fr$  = Gaya penahan dari berat sendiri bronjong

$\sigma a$  = Gaya dorong akibat tekanan tanah horizontal

Untuk menghitung  $\Sigma Fr$  dapat menggunakan persamaan seperti berikut :

$$\Sigma Fr = \Sigma V \tan \phi^2 + Bc + \sigma p \quad (2.19)$$

Dimana :

$\Sigma V$  = Berat sendiri bronjong

$\phi$  = Sudut geser alam tanah pada lapisan tanah dibawah

Bronjong

B = Lebar bronjong (m)

c = Kohesi pada lapis tanah dibawah bronjong

$\sigma p$  = Gaya akibat tekanan tanah pasif

#### D. Kontrol Bearing Capacity pada Bronjong

Bearing capacity adalah kontrol daya dukung tanah dasar ketika terdapat bronjong di atasnya. Bearing capacity dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$FS_{\text{Bearing capacity}} = \frac{Q_u}{Q_{\text{max}}} > 1.2 \quad (2.20)$$

Dimana :

$Q_u$  = Beban ultimate yang dapat ditahan oleh tanah

$Q_{\text{max}}$  = Beban akibat berat sendiri bronjong

Untuk menghitung beban ultimate yang dapat diterima bronjong dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q_u = C N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad (2.21)$$

Dimana :

$q$  =  $\gamma D$

$B$  = Lebar kaki bronjong

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung (sesuai dengan sudut geser tanah) dapat dilihat pada **Tabel 2.5** dibawah ini.

**Tabel 2.5** Nilai Faktor Daya Dukung (Terzaghi)

$\phi^\circ$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.14
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	1.8
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	360.0
50	347.5	415.1	1072.8

Sumber: (Terzaghi, Karl; B. Peck, Ralph; Mesri 1996)

### 2.3.2 Turap

Turap merupakan dinding vertical yang relatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah atau menahan air yang akan masuk ke dalam lubang galian. Konstruksi turap bisa berupa dari bahan beton ataupun baja. Perkuatan menggunakan turap biasanya dipakai untuk perkuatan permanen. Perkuatan ini banyak ditemukan di area tanggul sungai, lereng yang terjal, dan timbunan tinggi yang memerlukan perkuatan. Turap juga dapat bersifat sementara, misal pada saat pekerjaan *dewatering* agar air tidak mengganggu pengerjaan konstruksi di sekitarnya. Untuk menghitung kestabilan turap berdasarkan besaran beban tanah lateral yang bekerja pada penampang turap.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi 2, yaitu tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah aktif ilalah tekanan tanah yang berusaha mendorong turap ke deapan dan tekanan tanah pasif adalah tekanan yang menahan turap agar tidak terdorong. Gambar struktur turap dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2. 8** Konstruksi Turap dengan Material Beton  
(Sumber : sarolangunonline.com)



### A. Tekanan Aktif Turap

Tekanan tanah aktif merupakan tekanan tanah yang mendorong dinding penahan tanah atau turap. Sementara dinding penahan atau turap harus dalam keadaan setimbang dalam menahan tekanan tanah lateral akibat tanah tersebut. Rumusan tekanan tanah horizontal dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \quad (2.22)$$

Dimana harga  $k_a$  untuk tanah datar (mengacu pada persamaan 2.16) :

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

Dan untuk tanah miring (mengacu pada persamaan 2.15):

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

Dimana :

$\alpha$  = Sudut kemiringan pada permukaan tanah di bawah turap

$\beta$  = Sudut kemiringan bagian belakang turap

$\delta$  = Sudut geser antara tanah dan turap ( $\delta = 2/3 \phi$ )

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

Selain itu, nilai kohesi pada lekatan antar butiran tanah juga memiliki pengaruh untuk mengurangi tekanan tanah aktif sebesar  $2c\sqrt{K_a}$  sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.23)$$

Dimana :

$c$  = Nilai kohesi dari tanah

## B. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif merupakan tekanan tanah yang menahan agar turap dapat tetap setimbang ketika terkena beban dari tekanan tanah aktif sehingga perumusan tekanan tanah pasif adalah sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad (2.24)$$

Dimana harga  $K_p$  untuk tanah datar :

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.25)$$

Dan pada tanah miring :

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \left[ 1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \quad (2.26)$$

Dimana :

$\alpha$  = Sudut kemiringan pada permukaan tanah di bawah turap

$\beta$  = Sudut kemiringan bagian belakang turap

$\delta$  = Sudut geser antara tanah dan turap ( $\delta = 2/3 \phi$ )

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

Selain itu, kohesi pada lekatan antar butiran tanah juga memiliki pengaruh untuk menambah tekanan tanah pasif sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ . Sehingga perumusannya menjadi :

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2c\sqrt{K_a} \quad (2.27)$$

Dimana :

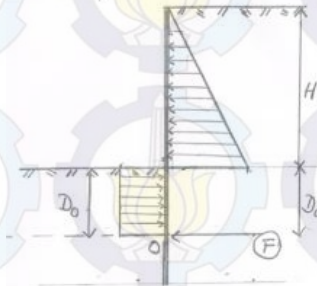
$c$  = nilai kohesi pada tanah

## C. Jenis Dinding Turap

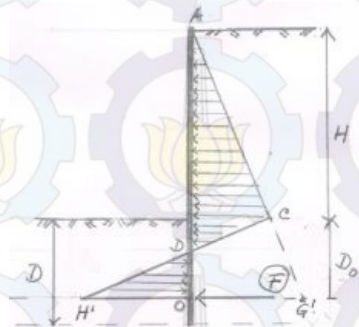
### 1. Turap Bebas (*cantilever*)

Turap bebas ini mengandalkan kedalaman pemasangan untuk menahan tekanan tanah horizontal yang terjadi karena kemampuan turap ini didasarkan pada kesetimbangan gaya

yang terjadi. Besaran tegangan tanah yang terjadi sangat bergantung pada jenis tanah yang memberikan gaya pada turap pada **Gambar 2.9** Dan **Gambar 2.10** adalah diagram tegangan tanah yang terjadi berdasarkan jenis tanah.



**Gambar 2. 9** Diagram Tegangan Tanah untuk Tanah Lempung(Simplified Method)  
(Sumber: Mochtar)



**Gambar 2. 10** Diagram Tegangan Tanah untuk Tanah Pasir (Simplified Method)  
(Sumber: Mochtar)

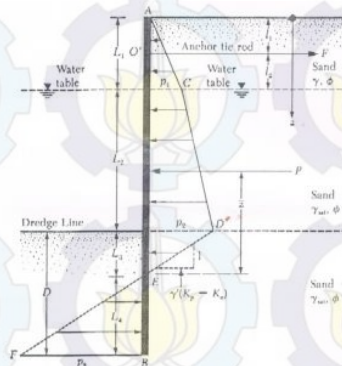
Dari kedua gambar tersebut untuk menentukan Kedalaman teoritis ( $D_0$ ) sangat ditentukan oleh besaran gaya

tanah horizontal yang terjadi pada setiap lapisan tanah yang ditahan oleh turap. Sehingga untuk menentukan kedalaman turap teoritis ( $D_0$ ) digunakan statis momen yang ditinjau pada titik O pada dengan melakukan *trial and error* untuk mendapatkan nilai  $D_0$  yang sesuai. Setelah didapatkan nilai  $D_0$  maka dikalikan factor keamanan sebesar 1,2 yang kemudian menjadi kedalaman pemasangan turap di lapangan ( $D$ ).

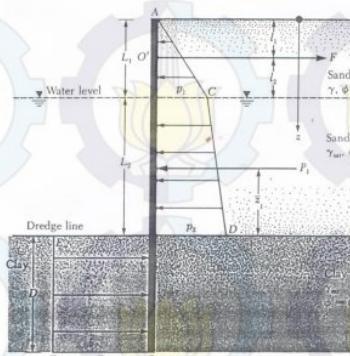
$$D = 1,2 D_0 \quad (2.28)$$

## 2. Turap Berjangkar

Turap berjangkar ini merupakan pengembangan dari system turap bebas dimana pada turap berjangkar diberikan sebuah material penahan yang kemudian menjadi gaya penahan sebagai perlawanan untuk menahan tekanan tanah horizontal yang terjadi. Bentuk diagram tegangan tanah pada turap berjangkar pada **Gambar 2.11** dan **Gambar 2.12** sama dengan turap cantilever hanya saja ditambah dengan jangkar sebagai gaya penahan.

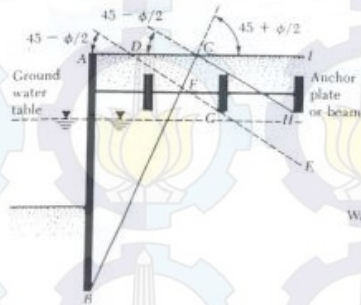


**Gambar 2. 11** Diagram Tanah untuk Tanah Pasir (Das 2006)



**Gambar 2. 12** Diagram Tanah untuk Tanah Lempung (Das 2006)

Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa besaran gaya  $F$  yang bekerja berfungsi sebagai jangkar untuk menahan gaya horizontal tanah yang terjadi. Sehingga untuk menentukan kedalaman turap ( $D$ ) dapat dilakukan dengan menggunakan statis momen dari gaya-gaya tanah yang bekerja termasuk gaya dari jangkar ke titik tinjau yaitu bagian ujung bawah dari turap tersebut. sehingga untuk mendapatkan nilai  $D$  dapat diperoleh dari *trial and error* sehingga didapatkan nilai  $D$  yang sesuai. Jangkar yang digunakan harus terletak pada bagian depan dari bidang longsor pada turap. Bidang longsor turap membentuk sudut  $(45 + \frac{\phi}{2})$  dari Permukaan tanah (**Gambar 2.13**).



**Gambar 2.13** Garis Bidang Longsor Turap  
(Das 2006)

#### D. Pembebanan pada Turap

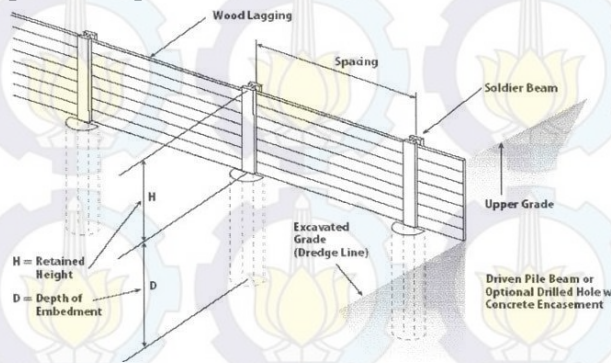
Beban yang terjadi pada turap seagai berikut :

- Beban dari permukaan yaitu lereng
- Beban tekanan tanah lateral di belakang turap
- Beban lainnya, missal tekanan tanah dari samping

#### 2.3.3 Soldier Pile

Soldier pile adalah sebuah konstruksi dinding penahan tanah yang proses pemasangannya di bor. Jenis dinding penahan tanah ini biasanya dikombinasikan dengan lapisan *bentonite* yang berupa campuran semen dan air yang berguna untuk mencegah adanya air yang masuk. Tujuan daripada pembuatan *Soldier Pile* ini adalah untuk menahan tanah bangunan yang berada disebelah proyek pembangunan, agar tidak mengakibatkan tanah pada galian longsor dan dinding bangunan di sekitar proyek tidak roboh dikarenakan beban dinding yang sangat besar. Pemasangan *Soldier Pile* dibuat

rapat agar berfungsi secara maksimal. Struktur *soldier pile* ini dapat dilihat pada **Gambar 2.14**.



**Gambar 2. 14** Konstruksi *Soldier Pile*

(Sumber : theconstructor.org)

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

$$S = \frac{M \max}{\phi \sigma_a} \quad (2.29)$$

Dimana:

$\phi$  = Faktor pembesaran baja (0.9)

$\sigma_a$  = Tegangan ijin baja

S = Jara pemasangan *soldier pile* (berkisar 1-1,5 meter)

### 2.3.4 Ground Anchor

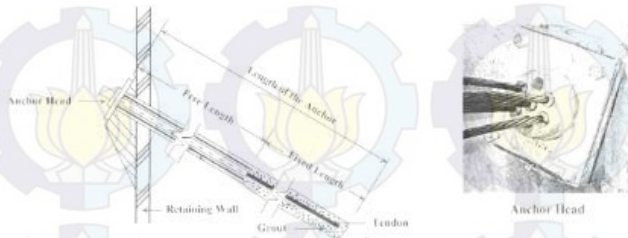
Jangkar merupakan bagian penting dari struktur yang mengirimkan gaya tarik (*tensile force*) dari struktur utama ke tanah disekitar jangkar. Kekuatan geser dari tanah disekitarnya digunakan untuk melawan gaya tarik jangkar dan untuk mengikat jangkar pada tanah yang cocok. Kebanyakan dari jangkar biasanya terdiri dari baja tendon dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada sudut kemiringan (inklinasi) tertentu dan pada kedalaman yang diperlukan untuk melawan beban yang ada.

Penggunaan jangkar tanah pada Teknik sipil adalah salah satu pengembangan terbaru dalam ilmu sipil yang sangat diperlukan dalam pembangunan yang berhubungan dengan batuan dan tanah sebagai materi pondasi struktur. Kapasitas menerima beban pada jangkar dihasilkan ketika terjadi gaya tahan pada saat stressing sepanjang zona penjangkaran dibentuk. Jangkar tanah ini biasa digunakan untuk :

- Memberikan kestabilan pada pondasi dengan tarikan jangkar, dimana ketidakstabilannya disebabkan air tanah atau dorongan.
- Prekonsolidasi tanah yang tidak stabil untuk meningkatkan kapasitas pikulan / angkatan (bearing capacity).
- Menyediakan reaksi untuk tes pembebanan pada tiang.
- Mendukung system penggalian dalam.
- Memberikan dorongan lateral dinding terowongan pada pemotongan dan penutupan penggalian.

Komponen jangkar tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.15** berikut.





**Gambar 2. 15** Bagian-bagian dari *Ground Anchor* (Badan Standardisasi Nasional 2017)

Bagian dari *ground anchor* pada gambar diatas meliputi *head anchor*, *free length anchor*, *bond length anchor*. *Bond length* untuk membungkus material tanah dalam rangka memindahkan beban dari struktur ke tanah yang dijangkar, dimana *free length* tidak terikat dan bebas bergerak di dalam tanah. Di dalam tendon terdapat bagian yang terbuat dari baja berkekuatan tinggi (bar, wire atau strand). *Fixed length anchor/bond length* adalah bagian dari tendon yang terjauh dari struktur dimana gaya tarik (*tensile force*) dipindahkan ke tanah di sekitar jangkar. *Free anchor length* adalah bagian dari tendon antara bagian atas *fixed anchor length* dan struktur dimana tidak ada gaya tarik yang dipindahkan ke tanah di sekitarnya.

Di daerah lereng, *ground anchor* digunakan untuk membuat kestabilan lereng tetap terjaga dari bahaya pergerakan tanah (misalnya gempa) dan kelongsoran yang mungkin terjadi. Dalam penjangkaran, factor kondisi geologis juga sangat menentukan seperti batuan dan tanah tempat jangkar dipasang. Prinsip penjangkaran dalam tanah merupakan proses konstruksi dimana jangkar dimasukkan ke dalam tanah, kemudian jangkar dimasukkan ke dalam lubang hasil pengeboran, lalu jangkar tersebut dijepit ujungnya. Setelah itu jangkar diberi gaya prategang dan bagian atasnya

ditutup dengan kepala jangkar. Contoh pelaksanaan *ground anchor* seperti **Gambar 2.16** berikut.



**Gambar 2.16** Pelaksanaan Pekerjaan  
Ground Anchor  
(Sumber: Indopora.com)

### A. Penentuan Kapasitas Tarik Angkur

Kapasitas tarik angkur pada fase perancangan ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

- Untuk Tanah Kohesif

$$R_{ult} = \alpha \times A_s \times L_s \times S_{u(ave)} \quad (2.30)$$

Dimana:

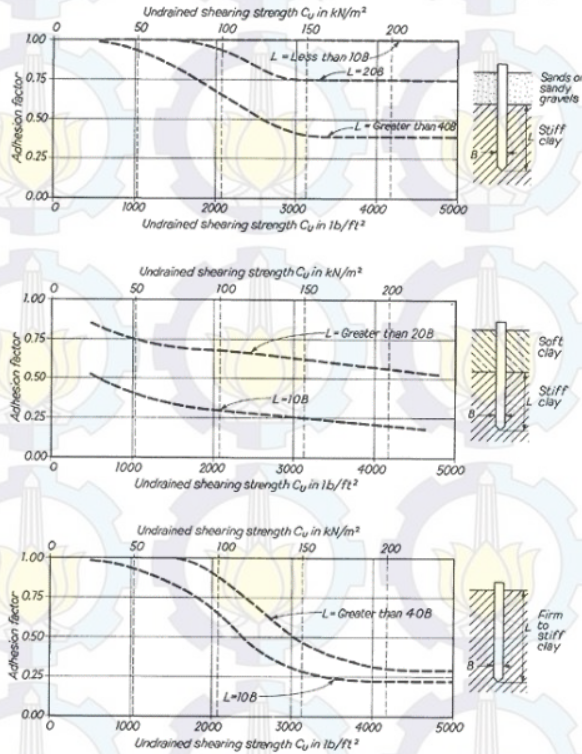
$R_{ult}$  = Kapasitas batas angkur tanah

$A_s$  = Luas selimut *fixed length*

$L_s$  = Panjang *fixed length*

$S_{u(ave)}$  = Kuat geser *undrained* tanah sepanjang *fixed length*

$\alpha$  = Faktor adhesi tergantung pada kuat geser tanah



**Gambar 2. 17** Grafik faktor adhesi sesuai dengan nilai kuat geser ( $C_u$ )

(Tomlinson 1994)

- Untuk Tanah non-Kohesif

$$R_{ult} = \sigma'_v \times A_s \times L_s \times K_s \quad (2.31)$$

Dimana:

$R_{ult}$  = Kapasitas batas angkur tanah

$\sigma'_v$  = Tegangan vertical efektif pada tengah-tengah *fixed length*

- $A_s$  = Luas selimut *fixed length*  
 $L_s$  = Panjang *fixed length*  
 $K_s$  = Koefisien angkur yang tergantung pada tipe dan kepadatan tanah seperti pada **Tabel 2.6**

**Tabel 2. 6** Koefisien angkur,  $K_s$  (Canadian Foundation Engineering Manual)

Tipe Tanah	Kepadatan Tanah		
	Lepas (loose)	Kompak (compact)	Padat (dense)
Lanau nonplastis	0,1	0,4	1
Pasir halus	0,2	0,6	1,5
Medium sand	0,5	1,2	2
Pasir kasar, kerikil	1	2	3

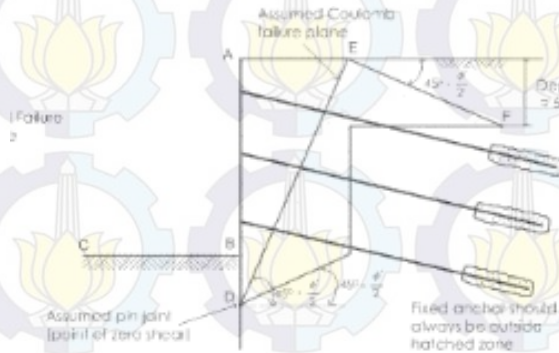
Sumber: (Badan Standardisasi Nasional 2017)

### B. Persyaratan Layout Angkur Tanah

Layout angkur tanah harus ditentukan dengan mempertimbangkan stabilitas global, efek negatif pada lingkungan dan struktur sekitarnya, termasuk struktur utilitas yang berada di bawah tanah. Layout pemasangan harus sesuai dengan persyaratan-persyaratan dari RSNI Persyaratan Perancangan Geoteknik berikut:

- *Fixed length* harus terbenam minimum 5 m dari permukaan tanah.
- *Fixed length* harus berada di luar bidang longsor kritis saat meninjau stabilitas global.
- Spasi horizontal minimum 1,5 m untuk angkur dengan diameter < 0,2 m agar efek grup tidak perlu diperhitungkan.
- Agar efek dalam menahan gaya yang bekerja, maka sudut kemiringan angkur terhadap arah bekerjanya gaya umumnya berkisar antara  $30^0 - 45^0$ .

- Posisi *fixed length* harus berada di luar area berarsir pada **Gambar 2.17**.



**Gambar 2. 18** Syarat letak *Fixed Length* (BS 8081)  
(Badan Standardisasi Nasional 2017)

### C. Faktor Keamanan Tanah

Faktor keamanan tanah disyaratkan sesuai dengan (BS 8081) tergantung dengan kategori angkur tanah pada **Tabel 2.7** berikut.

**Tabel 2. 7** Rekomendasi faktor keamanan minimum (BS 8081)

Kategori Angkur Tanah	Faktor Keamanan Minimum			Faktor Beban untuk Proof test
	Tendon	Ground/grout interface	Grout/tendon atau grout/encapsulation interface	
Angkur sementara dengan umur layan kurang dari 6 bulan dan keruntuhan tidak mengakibatkan konsekuensi serius dan tidak membahayakan keselamatan umum. Misalnya test tiang memakai angkur tanah sebagai sistem reaksi.	1.40	2.0	2.0	1.10
Angkur sementara dengan umur layan tidak lebih dari 2 tahun, dimana walaupun konsekuensi keruntuhan cukup serius, tetapi tidak membahayakan keselamatan umum tanpa cukup peringatan. Misalnya angkur tanah pada dinding penahan tanah.	1.60	2.5 *	2.5 *	1.25
Angkur permanen dan angkur sementara dimana resiko korosi tinggi dan/atau konsekuensi keruntuhan serius. Misalnya kabel utama pada jembatan gantung atau kabel sebagai reaksi untuk mengangkat struktur berat.	2.00	3.0 *	3.0 *	1.50

\* FK minimum 2.0 dapat digunakan bila tersedia test lapangan skala penuh.  
 \* FK mungkin perlu dinaikkan menjadi 4 untuk membatasi creep

*Sumber:* (Badan Standardisasi Nasional 2017)

## 2.4 Perkuatan Timbunan

### 2.4.1 Geotextile Wall Reinforcement

*Geosynthesis* yang paling banyak digunakan untuk perkuatan timbunan pada infrastruktur timbunan dan lereng salah satunya adalah *geotextile*. *Geotextile* salah satu kegunaannya yaitu dapat digunakan untuk alternatif timbunan sisi tegak. Pada perencanaannya perlu memperhatikan kekuatan tarik dari bahan dalam menerima dan memikul gaya geser saat terjadi kelongsoran. Pada perencanaan *geotextile* untuk timbunan bersisi tegak, ditinjau stabilitas terhadap :

1. *Internal Stability*
2. *Overall Stability*

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

#### A. *Internal Stability (Geotextile Wall Reinforcement)*

Dalam perhitungan *internal stability* diperhatikan gaya-gaya yang mempengaruhi pada timbunan diantaranya adalah gaya tekan horizontal akibat tanah dibelakang dinding dan beban luar berupa beban *surcharge* (beban merata) serta beban hidup (beban titik). Perhitungan gaya tekan tanah horizontal digunakan persamaan :

$$\sigma H_{\text{total}} = \sigma H_S + \sigma H_q + \sigma H_L \quad (2.32)$$

Dimana :

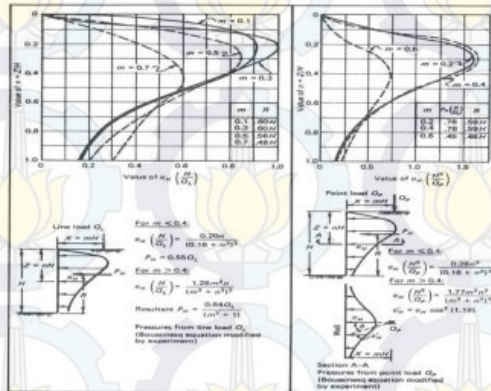
$\sigma H_{\text{total}}$  = Besar tegangan tanah horizontal yang diterima dinding.

$\sigma H_S$  = Tegangan tanah horizontal akibat tanah dibelakang dinding

$\sigma H_q$  = Tegangan horizontal akibat beban terbagi rata

$H_L$  = Tegangan horizontal akibat beban hidup / beban titik; yang dapat dicari dengan fungsi z menggunakan

**Gambar 2.19** Sebagai berikut



**Gambar 2. 19** Grafik untuk menentukan besarnya  $\sigma H_L$   
(Sumber : NAVFAC DM-7, 1971)

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

## B. Kebutuhan *Geotextile* (*Geotextile Wall Reinforcement*)

Dalam menentukan kebutuhan *geotextile*, harus mencari nilai kekuatan kapasitas *geotextile* yang tersedia dengan menggunakan persamaan:

$$T_{\text{allow}} = \frac{T_{\text{ult}}}{FS_{\text{sid}} \times FS_{\text{scr}} \times FS_{\text{cd}} \times FS_{\text{bd}}} \quad (2.33)$$

Dimana :

$T_{\text{allow}}$  = Kekuatan *geotextile* yang dipakai

$T_{\text{ult}}$  = Kekuatan tarik maksimum *geotextile* yang tersedia

$FS_{\text{sid}}$  = FS akibat kerusakan saat pemasangan

$FS_{\text{scr}}$  = FS akibat kerusakan rangkai

$FS_{\text{cd}}$  = FS akibat kerusakan yang disebabkan oleh bahan kimia

$FS_{\text{bd}}$  = FS akibat kerusakan yang disebabkan aktifitas biologi

Harga FS diatas dapat diambil dari **Tabel 2.8** sebagai berikut :

**Tabel 2. 8** Harga FS akibat berbagai kerusakan

Kegunaan	$FS_{\text{ID}}$	$FS_{\text{CR}}$	$FS_{\text{CD}}$	$FS_{\text{BD}}$
Dinding Penahan	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Timbunan	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Daya Dukung	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Overlay Pavement	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Stabilitas Talud	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Unpaved Road	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Pemisah	1,1 – 2,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2

Setelah didapatkan tegangan tanah horizontal total dan  $T$



*allow* dari *geotextile*, dapat dihitung tebal pemasangan *geotextile* ( $S_v$ ) memakai persamaan :

$$S_v = \frac{T_{allow}}{SF \times \sigma_H \text{ total}} \quad (2.34)$$

Dimana :

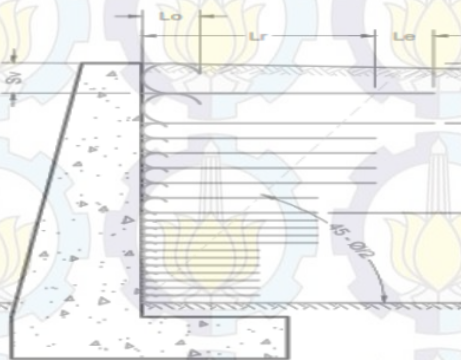
$S_v$  = Jarak pemasangan *geotextile*

$T_{allow}$  = Kekuatan *Geotextile* yang diijinkan

$SF$  = Faktor keamanan (1,3 – 1,5)

$\sigma_H$  = Tegangan tanah horizontal total yang diterima oleh dinding pada setiap kedalaman ( $z$ )

Setelah nilai  $S_v$  didapatkan untuk pemasangan *geotextile* maka dapat dihitung keperluan panjang *geotextile*. Sketsa pemasangan *geotextile* tertanam seperti **Gambar 2.19** Sebagai berikut :



**Gambar 2. 20** Sketsa *geotextile* wall pada timbunan  
(Sumber : Mochtar, 2000)

Cara menghitung panjang *geotextile* yang ditanam adalah :

$$L = L_r + L_e \quad (2.35)$$

Dimana :

$L_r$  = panjang *geotextile* didepan bidang longsor.

$L_e$  = panjang *geotextile* berada di daerah *anchorage zone*, dengan panjang minimal 1 m.

Panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor menggunakan persamaan :

$$L_r = (H-Z) \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.36)$$

Dimana :

$L_r$  = panjang *geotextile* di depan bidang longsor

$H$  = ketinggian timbunan

$Z$  = titik tinjauan

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

Panjang *geotextile* yang berada di area *anchorage zone* menggunakan persamaan berikut :

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{2 \cdot [c + \sigma_v \cdot \tan \delta]} \quad (2.37)$$

Dimana :

$L_e$  = panjang *geotextile* yang berada dalam *anchorage zone*.  
 $\sigma_h$  = besar tegangan tanah horizontal total diterima tiap kedalaman ( $z$ )

$SF$  = faktor keamanan 1,3 – 1,5

$\sigma_v$  = besar tekanan vertical diterima dinding setiap kedalaman ( $z$ )

$\delta = 0,9\phi$

$c$  = nilai kohesi tanah yang ditinjau

Setelah didapatkan  $L$ , dihitung panjang lipatan *geotextile* ( $L_0$ ) dengan gaya yang diperhitungkan  $0,5 \sigma_h$  maka persamaannya sebagai berikut :

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma \cdot h \cdot SF}{4 \cdot [c + \sigma_v \cdot \tan \delta]} \quad (2.38)$$

Dimana :

$L_o$  = panjang lipatan, dengan panjang minimal  $\frac{1}{2} L_e$   
 $\sigma \cdot h$  = besar tegangan tanah horizontal total diterima tiap kedalaman ( $z$ )

SF = faktor keamanan 1,3 – 1,5

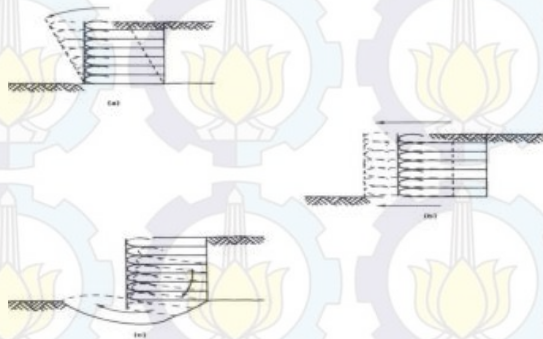
$\sigma_v$  = besar tekanan vertical diterima dinding setiap kedalaman ( $z$ )

$\delta = 0,9\phi$

$c$  = nilai kohesi tanah yang ditinjau

### C. *External Stability (Geotextile Wall Reinforcement)*

Tanah timbunan besis tegak perlu diperiksa kestabilan timbunan terhadap daya dukung tanah dasarnya maka dari itu untuk stabilitas eksternal timbunan besis tegak harus aman terhadap guling, geser, dan ambles. Seperti dijelaskan pada **Gambar 2.21** berikut :



**Gambar 2. 21** *External Stability geotextile wall terhadap :*

a. guling, b. geser, c. ambles

(Sumber : Mochtar, 2000)

Untuk memeriksa faktor keamanan terhadap guling digunakan Persamaan :

$$SF = \frac{\Sigma MP}{\Sigma MD} \quad (2.39)$$

Dimana :

SF = factor keamanan guling , SF= 3

$\Sigma MP$  = momen penahan

$\Sigma MD$  = momen pendorong

Untuk memeriksa faktor keamanan terhadap geser digunakan Persamaan :

$$SF = \frac{\Sigma FP}{\Sigma FD} \quad (2.40)$$

Dimana :

SF = factor keamanan geser , SF= 1,5

$\Sigma FP$  = gaya penahan

$\Sigma FD$  = gaya pendorong

Untuk memeriksa faktor keamanan terhadap ambles (*bearing capacity*) digunakan Persamaan :

$$SF = \frac{\sigma_{Max}}{\sigma_{Ultimate}} \quad (2.41)$$

Dimana :

SF = faktor keamanan ambles , SF= 3

$\sigma_{max}$  = tegangan maksimum pada tanah timbunan

$\sigma_{ult}$  = tegangan ultimit daya dukung pada tanah dasar

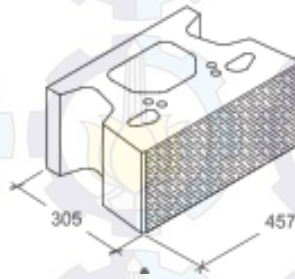
### 2.4.2 Keystone-Wall

Dinding penahan tanah adalah salah satu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau tanah alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh tanah lereng itu

sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur dinding cenderung akan terguling atau tergeser.

Saat ini teknologi dinding penahan tanah berkembang dengan berbagai macam metode. Salah satunya adalah Keystone-Wall dimana struktur dinding penahan ini dapat menahan tinggi tanah hingga 9 m dengan mengandalkan kemampuan dari *geogrid*. *Geogrid* disini menjadi system penahan gaya tekan tanah aktif yang bekerja pada struktur Keystone-wall sehingga gaya tanah horizontal yang terjadi seluruhnya diterima oleh *geogrid*. Hal tersebut menjadi salah satu faktor yang menjadikan struktur penahan Keystone-wall ini dapat menahan tanah timbunan atau struktur dengan lereng yang tinggi. Kelebihan lain dari keystone-wall adalah pemasangan yang mudah dan memiliki nilai estetika dibandingkan dengan dinding penahan konvensional.

Keystone wall yang digunakan sebagai dinding penahan tanah segmental adalah Keystone wall dengan tipe *Keystone Compact* (Straight-face). Keystone wall yang direncanakan tidak menerima gaya horizontal tanah karena semua gaya diterima oleh *geogrid*. Dalam perencanaannya digunakan metode Rankine untuk menghitung kekuatan keystone wall. Serta pada dasar terdapat pondasi telapak yang berguna sebagai perletakan sehingga hanya melakukan kontrol daya dukung terhadap beban yang diakibatkan oleh berat keystone sendiri. Contoh keystone wall dengan tipe compact (Straight-face) adalah seperti **Gambar 2.22** berikut:



**Gambar 2. 22** Keystone wall compact type  
Straight-face  
(Sumber : Permacon)

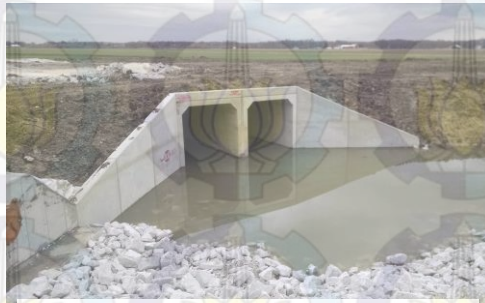
Karena pada perencanaan keystone wall ini memakai *geogrid* sebagai system penahan gaya tanah horizontal yang terjadi maka dilakukan kontrol stabilitas pada :

1. *Internal stability*
2. *Overall stability*

Sehingga nantinya akan didapatkan jumlah *geogrid* dan mutu *geogrid* yang memenuhi kedua syarat tersebut. Untuk perhitungan stabilitas timbunan dan kebutuhan jumlah *geogrid* menggunakan persamaan dan langkah-langkah yang sama persis dengan perhitungan *geotextile*. Sehingga dapat menggunakan persamaan pada sub-bab 2.4.1.

## 2.5 Perencanaan Box Culvert

Box culvert merupakan salah satu struktur gorong-gorong yang memiliki fungsi untuk mengalirkan air, kabel listrik, pipa gas, dan jalur lintasan. Box culvert terletak pada bagian bawah struktur jalan atau tanggul yang ditempatkan di bawah tanah (timbunan). Struktur dari box culvert dapat dilihat pada **Gambar 2.23**.



**Gambar 2. 23** Struktur Box Culvert  
(Sumber : wieserconcrete.com)

Pada perencanaan box culvert harus memperhatikan beban-beban yang bekerja pada struktur box culvert dan harus memperhatikan daya dukung dari tanah dasar agar struktur dari box culvert tetap stabil dan tidak mengalami ambles. Untuk lebih detail mengenai perencanaan box culvert akan di jelaskan dalam sub-bab berikut.

### 2.5.1 Analisa Beban

Beban-beban yang bekerja pada struktur box culvert antara lain adalah sebagai berikut :

#### 1. Berat Sendiri

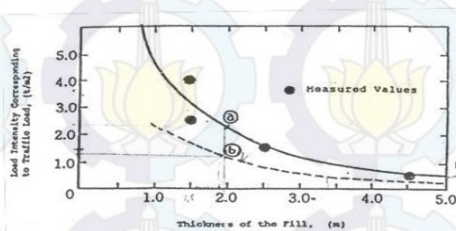
Berat sendiri merupakan berat dari struktur box culvert. Berat sendiri ini dipengaruhi oleh berat jenis dari bahan yang menyusun struktur box culvert tersebut.

## 2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan ini adalah beban mati yang bekerja di luar struktur dari box culvert. Dalam hal ini beban mati tambahan diantaranya adalah berat struktur perkerasan jalan dan berat tanah timbunan di atas box culvert. Beban tersebut juga dipengaruhi oleh berat volume dari material yang digunakan.

## 3. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja merupakan beban dari lalu lintas yang melewati struktur gorong-gorong. Pengaruh beban lalu lintas dengan tebal timbunan dapat ditentukan sesuai pada **Gambar 2.23**.



**Gambar 2. 24** Kurva hubungan antara tebal timbunan dan intensitas beban lalu lintas

(Sumber : Japan Association Road 1986)

## 4. Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif ini memberikan pengaruh terhadap dinding box culvert sehingga besar tekanan tanah aktif dapat dihitung sesuai dengan persamaan berikut.

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma' \times H^2$$



Apabila ada beban di atasnya maka persamaannya sebagai berikut:

$$P_a = \left( \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma' \times H^2 + (q \times H) \right)$$

Dimanan :

$K_a$  = Koefisien tanah aktif ( $\tan^2 (45 - \frac{\theta}{2})$ )

$\gamma'$  = Berat volume efektif tanah

$H$  = Tinggi bronjong (m)

$q$  = Beban terbagi rata

### 5. Tekanan Tanah Dinamis

Tekanan tanah dinamis merupakan tekanan tanah yang dipengaruhi oleh koefisien gempa. Persamaan tekanan tanah dinamis sebagai berikut.

$$\theta = \tan^{-1} (Kh)$$

Dimana :

$Kh$  = Koefisien beban gempa horizontal (CxS)

$C$  = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah

$S$  = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa

$$K_{ag} = \cos^2 \theta \times \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2 \theta \left[ \frac{1 + \sqrt{\sin \theta \times \sin(\theta - \varphi)}}{\cos \theta} \right]} \quad (2.42)$$

$$\Delta K_{ag} = K_{ag} - K_a \quad (2.43)$$

Dimana :

$K_{ag}$  = Koefisien tanah aktif akibat gempa

$K_a$  = Koefisien tanah aktif

$\Delta K_{ag}$  = Koefisien tanah aktif akibat gempa yang bekerja

$$Q_{eq} = H \times \gamma' \times \Delta K_{ag} \quad (2.44)$$

Dimana :

H = Tebal lapisan tanah

$\gamma'$  = Berat volume tanah

$\Delta K_{ag}$  = Koefisien tanah aktif akibat gempa yang bekerja

### 2.5.2 Daya Dukung

Analisa daya dukung ini dilakukan agar struktur box culvert terhindar dari bahaya ambles yang dapat menimbulkan kerusakan pada struktur jalan. Persamaan untuk menganalisa daya dukung sama dengan persamaan 2.20 dan 2.21 pada sub bab 2.3.1.

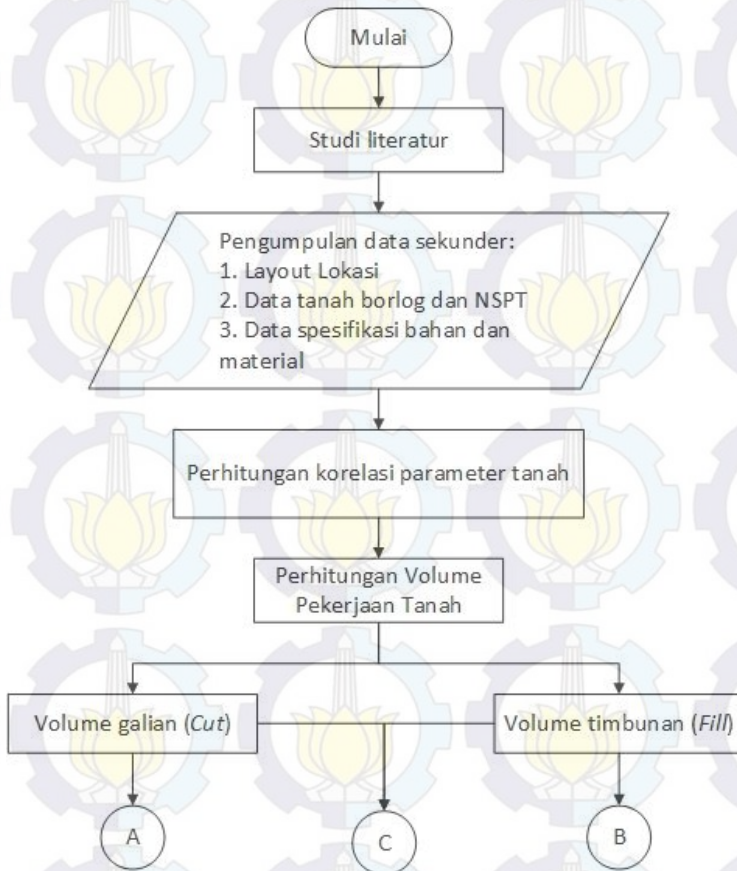
### 2.5.3 Perhitungan Tulangan

Perhitungan tulangan pada box culvert dapat dihitung dengan perhitungan tulangan pada pelat beton sesuai dengan persyaratan pada SNI 2847-2013.

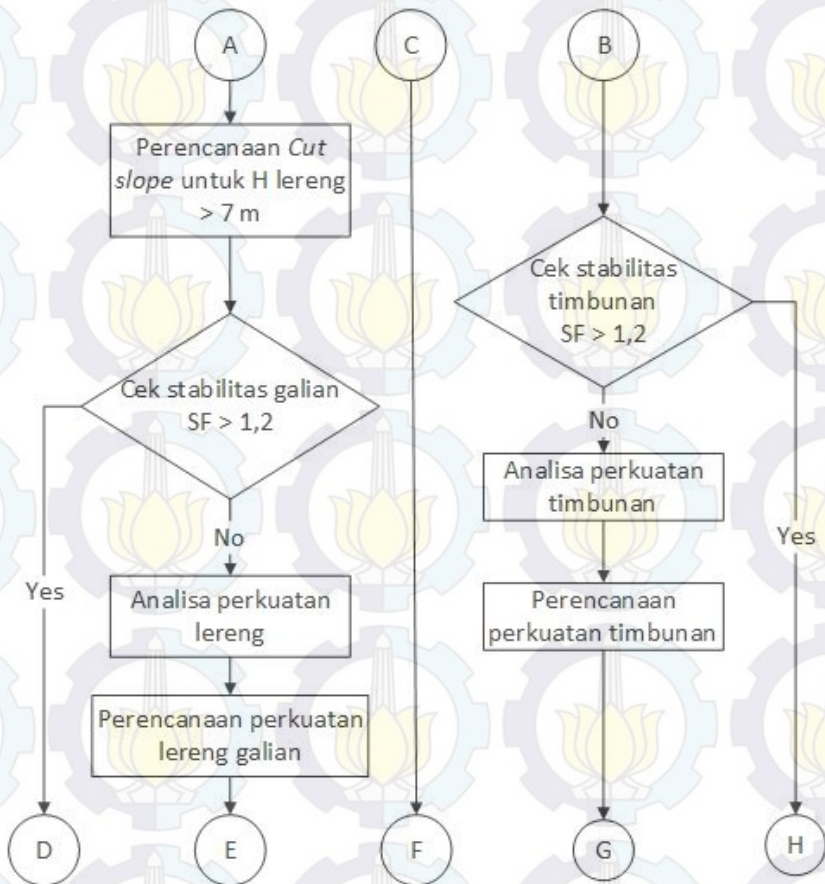
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

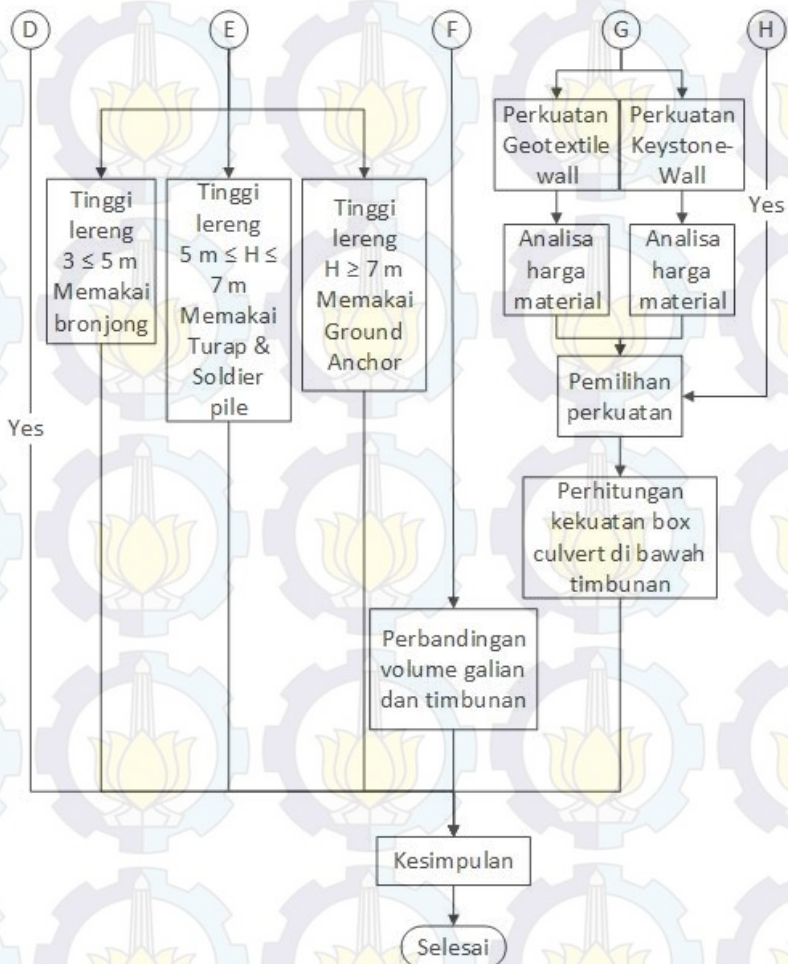
Berikut ini merupakan diagram tahapan perencanaan dalam penulisan tugas akhir. Adapun diagram alir dari pengerjaan tugas akhir adalah seperti dalam **Gambar 3.1**.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



(Lanjutan Gambar 3.1)



(Lanjutan Gambar 3.1)

Secara garis besar diagram alir tersebut akan dijelaskan di bawah ini.

### **3.2 Penjelasan Metodologi**

#### **1. Studi Literatur**

Studi literatur yang dimaksud adalah mengumpulkan bahan – bahan yang menjadi acuan untuk merencanakan perkuatan lereng galian dan timbunan tersebut. Bahan studi yang digunakan adalah :

1. Referensi tentang perhitungan volume galian dan timbunan.
2. Referensi korelasi data tanah dengan nilai N-SPT.
3. Perhitungan perencanaan bronjong.
4. Perhitungan perencanaan *Ground Anchor* sebagai perkuatan lereng.
5. Perhitungan perencanaan turap sebagai perkuatan lereng.
6. Perhitungan perencanaan perkuatan *geotextile* pada timbunan.
7. Perhitungan perencanaan perkuatan keystone-wall pada timbunan.

#### **2. Pengumpulan Data**

Data – data yang digunakan dalam perencanaan perkuatan lereng galian dan timbunan adalah sebagai berikut :

1. Layout perencanaan Jalan Tol Trans Sumatera segmen Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 51+100 – STA 53+700.
2. Data penyelidikan tanah berupa data boring titik 59 (STA 50+948), 60 (STA 52+400), 61 (STA 52+400), 62 (STA 53+675), 63 (STA 53+675).

3. Data Spesifikasi bronjong.
4. Data spesifikasi turap.
5. Data spesifikasi *Soldier Pile*
6. Data spesifikasi *Ground Anchor*.
7. Data spesifikasi *geotextile*.
8. Data spesifikasi *Keystone-wall*.

### **3. Perhitungan Korelasi Data Tanah**

Data tanah yang diperoleh merupakan data sekunder yang meliputi hasil penyelidikan tanah dengan boring dan sondir sehingga untuk mengetahui nilai *properties* dari tanah tersebut digunakan perumusan korelasi dari nilai N-SPT.

### **4. Perhitungan Volume Pekerjaan Tanah**

Perhitungan volume pekerjaan tanah ini bertujuan untuk mengetahui volume galian dan timbunan pada perencanaan untuk mengetahui perbandingan antara besar volume galian dan timbunan sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk alternatif material timbunan.

### **5. Perencanaan *Cut Slope***

Perencanaan *cut slope* ini dilakukan pada ketinggian lereng eksisting lebih tinggi dari 6 m, sehingga perhitungan kekuatan lereng hanya sampai setinggi 6 m.

### **6. Perencanaan Perkuatan Lereng Galian**

Perencanaan perkuatan lereng galian berdasarkan hasil analisa stabilitas pada lereng tersebut. Dalam perencanaan perkuatan lereng galian akan membagi zona lereng berdasarkan ketinggian dari lereng tersebut sehingga untuk perkuatan lereng disesuaikan dengan ketinggian dari lereng tersebut. Untuk pembagian jenis perkuatan lereng berdasarkan ketinggian dijelaskan berikut ini :

1. Perkuatan lereng dengan bronjong digunakan untuk ketinggian lereng 3 meter-5 meter.
2. Perkuatan lereng dengan turap dan *Soldier Pile* digunakan untuk ketinggian lereng mulai dari 5 meter sampai 7 meter.
3. Perkuatan lereng dengan *Ground Anchor* digunakan pada lereng yang memiliki ketinggian 7 meter atau lebih.

## 7. Perencanaan Perkuatan Timbunan

Perencanaan perkuatan timbunan berdasarkan hasil analisa stabilitas timbunan tersebut. Dalam perencanaan perkuatan timbunan akan membandingkan antara perkuatan *geotextile* dan *keystone-wall* berdasarkan analisa harga material sebagai pemilihan perkuatan timbunan.

## 8. Kesimpulan

Pada bab kesimpulan akan dapat diketahui hasil Analisa perkuatan lereng galian dan timbunan berdasarkan masing – masing perkuatan dan biaya material yang diperlukan dalam perencanaan.



## BAB IV DATA DAN ANALISIS

### 4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data Borlog dan *SPT* dari laporan hasil penyelidikan tanah proyek pembangunan Jalan Tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 51+100 – 53+700, lampung yang dilakukan oleh tim geoteknik dari *Geocon* (**Lampiran 1**). Data Borlog dan *SPT* yang tersedia sebanyak 4 titik di 2 tempat. Tempat Pertama yaitu pada STA 52+400 terdapat 2 titik yaitu B-60 dan B-61 sedangkan pada tempat kedua yaitu pada STA 53+675 terdapat 2 titik yaitu B-62 dan B-63. Deskripsi lapisan tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut.

**Tabel 4. 1** Data Lapisan Tanah

Depth (m)	(B-60)		(B-61)		(B-62)		(B-63)	
	Jenis Tanah	SPT (blows)	Jenis Tanah	SPT (blows)	Jenis Tanah	SPT (blows)	Jenis Tanah	SPT (blows)
2.00					Pasir Lanauan	18	Pasir Lanauan	18
4.00					Pasir Lanauan	16	Pasir Lanauan	15
6.00	Pasir Lanauan	8	Pasir Lanauan	18	Lempung Lanauan	14	Pasir Lanauan	16
8.00	Pasir Lanauan	8	Pasir Lanauan	18	Lempung Lanauan	14	Lempung Lanauan	19
10.00	Lempung Lanauan	8	Pasir Lanauan	18	Lempung Lanauan	34	Lempung Lanauan	47
12.00	Pasir Lanauan	12	Pasir Lanauan	17	Batu Lanauan	39	Lempung Lanauan	50
14.00	Pasir Lanauan	14	Pasir Lanauan	22	Batu Lanauan	15	Lempung Lanauan	17
16.00	Lempung Lanauan	18	Batu Lanauan	25	Lempung Lanauan	13	Pasir Lanauan	15
18.00	Pasir Lanauan	25	Pasir Lanauan	50	Batu Pasiran	50	Pasir Lanauan	28
20.00	Batu Lanauan	50	Pasir Lanauan	50	Batu Lanauan	50	Batu Lanauan	50
22.00	Batu Lanauan	50	Batu Lanauan	50	Batu Lanauan	50	Batu Lanauan	50
24.00	Batu Lanauan	50			Batu Lanauan	50	Batu Lanauan	50
26.00							Batu Pasiran	50

*Sumber:* (Data Borlog Geocon)

Data tanah tersebut diperoleh dari penyelidikan tanah yang dilakukan pada bagian lereng yang memiliki perbedaan elevasi sehingga hasil penyelidikan tanah memiliki kedalaman yang berbeda. Oleh karena itu untuk memudahkan dalam perencanaan dilakukan penentuan jenis tanah untuk tiap kedalaman dari hasil pengambilan borlog dari ke empat titik tersebut. Penentuan jenis

tanah tersebut dilakukan dengan melihat kesamaan jenis tanah pada tiap kedalaman sehingga jenis tanah yang memiliki kesamaan paling banyak pada keempat titik borlog tersebut menjadi jenis tanah yang dipakai dalam perencanaan untuk tiap kedalaman tanah yang ditinjau. Kemudian mencari nilai N-SPT rata-rata yang nantinya dipakai sebagai acuan dalam melakukan korelasi nilai dari parameter tanah. Hasil rekapitulasi penyeragaman jenis tanah dan nilai N-SPT dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4. 2** Gabungan Data Tanah untuk Ruas Jalan Rencana

Depth (m)	Jenis Tanah	SPT Rata-rata (blows)	Konsistensi
2.00	Pasir Lanauan	16	Medium
4.00	Pasir Lanauan		
6.00	Pasir Lanauan		
8.00	Pasir Lanauan		
10.00	Lempung Lanauan	25	Hard
12.00	Lempung Lanauan		
14.00	Lempung Lanauan		
16.00	Pasir Lanauan	28	Medium
18.00	Pasir Lanauan		
20.00	Batu Lanauan	50	Hard
22.00	Batu Lanauan		
24.00	Batu Lanauan		
26.00	Batu Pasiran		
		50	Very Dense

Pada **Tabel 4.2** diketahui bahwa konsistensi dari tanah pada ruas jalan yang ditinjau merupakan tanah dengan konsistensi *Medium* dan *Hard* dimana kondisi tanah tersebut adalah tanah yang bagus, namun pada lokasi didapatkan bahwa muka air tanah cukup tinggi yaitu berada pada kedalaman 2 meter dari *top soil*, dimana *top soil* ditinjau dari atas lereng. Kemudian dari data pada **Tabel 4.2** untuk menentukan parameter-parameter tanah yang belum tersedia dapat dicari dengan korelasi antar hubungan parameter yang tersedia. Diantaranya :

- Korelasi nilai N-SPT untuk menentukan konsistensi tanah, nilai *shear strength* (C dan  $\phi$ ) serta berat jenis tanah sesuai dengan (J.E. Bowles, 1988) pada **Tabel 2.2**.
- Untuk menentukan nilai  $\phi$  pada tanah kohesi (Look, 1994) pada **Tabel 2.4**.

Sehingga dapat direkap data parameter tanah yang akan dijadikan acuan untuk perencanaan dalam tugas akhir ini seperti pada **Tabel 4.3** berikut.

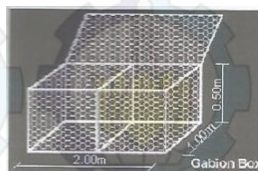
**Tabel 4.3** Hasil Rekapitulasi Data Parameter Tanah

Depth (m)	Jenis Tanah	SPT Rata-rata (blows)	Konsistensi	$\gamma$	$\phi$	$\phi'$	Cu	Cu (efektif)
				kN/m <sup>3</sup>	o	o	(kPa)	(kPa)
2.00	Pasir Lanauan	16	Medium	14.00	28.00	18.67		
4.00	Pasir Lanauan							
6.00	Pasir Lanauan							
8.00	Pasir Lanauan							
10.00	Lempung Lanauan	25	Hard	20	35.50	23.67	55.00	36.67
12.00	Lempung Lanauan							
14.00	Lempung Lanauan							
16.00	Pasir Lanauan	28	Medium	15.37	28.42	18.95		
18.00	Pasir Lanauan							
20.00	Batu Lanauan							
22.00	Batu Lanauan							
24.00	Batu Lanauan	50	Hard	21	40.00	26.67	100.00	66.67
26.00	Batu Pasiran							
		50	Very Dense	22	35	23.33		

## 4.2 Data Spesifikasi Material

### 4.2.1 Bronjong

Perencanaan bronjong yang dipakai adalah bronjong dengan ukuran 2m x 1m x 0.5m setara dengan milik PT SMS Bronjong Groups. Kawat anyaman menggunakan diameter 3 mm dan kawat sisi menggunakan diameter 4mm. *Preliminary Design* dari bronjong dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Dimensi Bronjong

(Sumber: PT SMS Bronjong Group)

#### 4.2.2 *Soldier Pile*

Perencanaan *Soldier Pile* (Bor Pile) yang dipakai adalah dari hasil analisa stabilitas lereng. Mutu material yang dipakai adalah untuk beton menggunakan  $f_c = 35$  MPa dan untuk mutu tulangan menggunakan BJ-55. Dimensi yang digunakan sesuai dengan hasil perhitungan.

#### 4.2.3 *Ground Anchor*

Perencanaan *Ground Anchor* memakai hasil dari hasil analisa stabilitas lereng. Material yang dipakai menggunakan tendon dari PT. Freyssinet. Brosur spesifikasi produk disajikan pada **Lampiran 2**.

#### 4.2.4 *Geotextile*

*Geotextile* yang digunakan dalam alternative perkuatan timbunan dinding tegak adalah *Woven Geotextile* tipe 200/45 yang memiliki *ultimate strength* sebesar 200 kN/m dari produk Geotech Stabilenka. Brosur spesifikasi produk dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

#### 4.2.5 *Geogrid*

*Geogrid* yang digunakan dalam alternative perkuatan timbunan sisi tegak adalah tipe Uni-Axial Grids Tenax TT 160 SAMP yang memiliki *ultimate strength* sebesar 160 kN/m dari produk PT. Teknindo Geosistem Unggul. Brosur spesifikasi produk disajikan pada **Lampiran 2**.

#### 4.2.6 *Keystone Wall*

*Keystone Wall* yang digunakan dalam alternatif perencanaan timbunan sisi tegak adalah produk *keystone compact IV* dengan berat 34 kg/unit. Brosur produk disajikan pada **Lampiran 2**.

#### 4.2.7 *Sheet Pile*

*Sheet Pile* yang dipakai dalam perencanaan adalah tipe U yang disediakan oleh PT Steel Indonesia. *Sheet Pile* dikombinasikan dengan *geotextile*. *Sheet Pile* hanya berfungsi

sebagai facing. Untuk spesifikasi produk disajikan pada **Lampiran 2**.

## 4.3 Data Zona Lereng dan Timbunan

### 4.3.1 Zona Lereng Galian

STA dari perencanaan tugas akhir ini adalah STA 51+100 – 53+700. Analisa yang dilakukan tidak pada semua STA perencanaan, namun dilihat dari ketinggian lereng yang sudah dibagi menjadi 3 zona. 3 zona tersebut seperti yang sudah disebutkan pada bab metodologi yaitu:

1. 3 – 5 meter
2. 5 – 7 meter
3. 7 – 16 meter

Potongan melintang jalan pada masing-masing STA dapat dilihat pada **Gambar 4.2** sampai **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.2** Potongan Melintang STA 51+300



**Gambar 4.3** Potongan Melintang STA 51+550



**Gambar 4. 4** Potongan Melintang STA 52+175



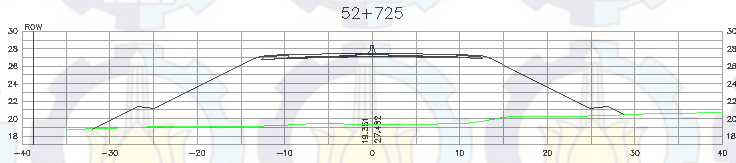
**Gambar 4. 5** Potongan Melintang STA 52+400

Berdasarkan potongan melintang pada **Gambar 4.2** sampai dengan **Gambar 4.5**, maka untuk merencanakan perkuatan pada lereng galian sesuai dengan ketinggian lereng pada potongan melintang jalan tersebut tersebut sesuai dengan zona berikut :

1. Zona 1 = 3 dan 5 meter
2. Zona 2 = 5 dan 7 meter
3. Zona 3 = 7, 9, 11, 13, dan 16 meter

#### 4.3.2 Zona Ketinggian Timbunan

Zona ketinggian timbunan yang ditinjau dalam Tugas Akhir ini dilihat dari potongan melintang timbunan tertinggi yakni pada STA 52+725 dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4. 6** Potongan Melintang STA 52+725

Berdasarkan **Gambar 4.6**, maka zona perkuatan timbunan yang ditinjau mulai dari timbunan dengan ketinggian 2, 4, 6, 8, dan 10 meter. Perkuatan timbunan yang digunakan dalam Tugas Akhir adalah perkuatan timbunan sisi tegak sesuai dengan zona timbunan yang direncanakan.

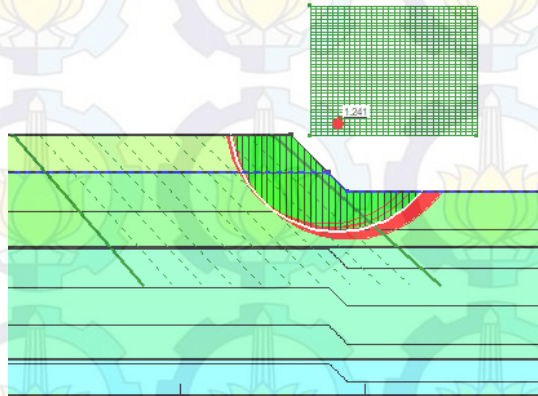
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



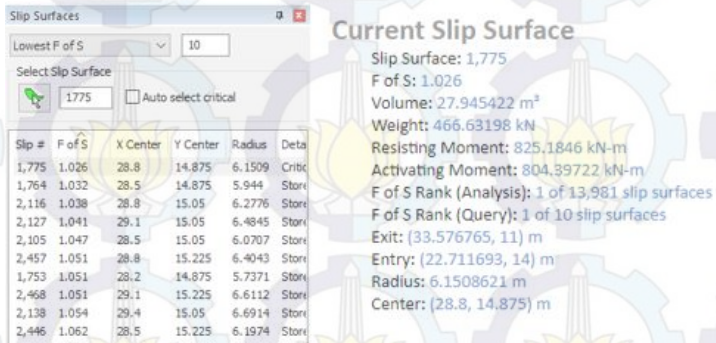
## BAB V PEMBAHASAN

### 5.1 Analisa Stabilitas Lereng Galian

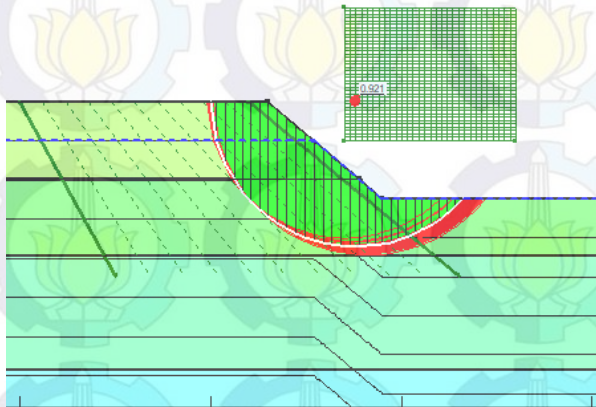
Analisa stabilitas lereng ini untuk mengetahui besar angka keamanan dari lereng tersebut. lereng yang akan dianalisa sesuai dengan sub bab 4.3.1 diatas dengan menggunakan program bantu Geostudio v2012. Apabila lereng tersebut memiliki nilai angka keamanan kurang dari 1 maka lereng tersebut dibutuhkan perkuatan. Tinggi lereng yang lebih dari 7 meter akan direncanakan *cutslope*. Analisa stabilitas dilakukan dengan 10 percobaan dan diambil nilai  $\Delta MR$  terbesar sebagai acuan perencanaan perkuatan. **Gambar 5.1** sampai **Gambar 5.14** adalah hasil stabilitas lereng melalui program Geostudio v2012.



**Gambar 5. 1** Bidang kelongsoran lereng 3 meter



**Gambar 5.2** Safety factor terkritis lereng 3 meter



**Gambar 5.3** Bidang kelongsoran lereng 5 meter

Slip Surfaces

Lowest F of S: 10

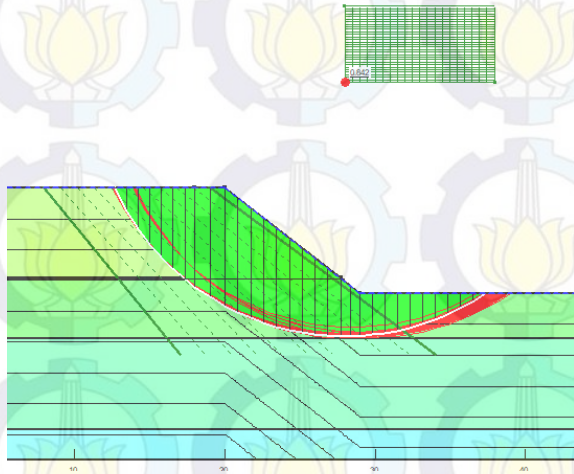
Select Slip Surface: 4130  Auto select critical

Slip #	F of S	X Center	Y Center	Radius	Detail
4,130	0.745	27.9	16.1	7,805.1	Critical
4,141	0.748	28.2	16.1	8,022	Store
4,119	0.749	27.6	16.1	7,588.2	Store
4,471	0.756	27.9	16.275	7,926	Store
4,482	0.757	28.2	16.275	8,142.9	Store
4,108	0.759	27.3	16.1	7,371.3	Store
4,460	0.761	27.6	16.275	7,709.1	Store
4,823	0.765	28.2	16.45	8,263.8	Store
4,812	0.766	27.9	16.45	8,046.9	Store
4,801	0.772	27.6	16.45	7,83	Store

### Current Slip Surface

Slip Surface: 4,130  
 F of S: 0.745  
 Volume: 48.489973 m<sup>3</sup>  
 Weight: 835.86382 kN  
 Resisting Moment: 1,612.2004 kN-m  
 Activating Moment: 2,163.0701 kN-m  
 F of S Rank (Analysis): 1 of 13,981 slip surfaces  
 F of S Rank (Query): 1 of 10 slip surfaces  
 Exit: (33.808415, 11) m  
 Entry: (20.095554, 16) m  
 Radius: 7.8050862 m  
 Center: (27.9, 16.1) m

**Gambar 5. 4** Safety factor terkritis lereng 5 meter



**Gambar 5. 5** Bidang kelongsoran lereng 7 meter

Slip Surfaces

Lowest F of S: 10

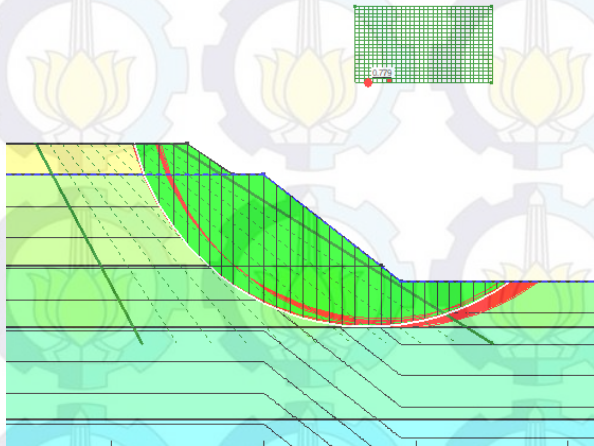
Select Slip Surface: 8  Auto select critical

Slip #	F of S	X Center	Y Center	Radius	Delta	Critic
8	0.714	28	25	16.821		Critic
239	0.720	28	25.167	16.937		Stori
943	0.723	28.5	25.667	17.644		Stori
470	0.725	28	25.333	17.054		Stori
40	0.725	29.5	25	16.911		Stori
1,174	0.728	28.5	25.833	17.761		Stori
271	0.730	29.5	25.167	17.031		Stori
701	0.731	28	25.5	17.171		Stori
1,405	0.733	28.5	26	17.878		Stori
29	0.733	29	25	16.564		Stori

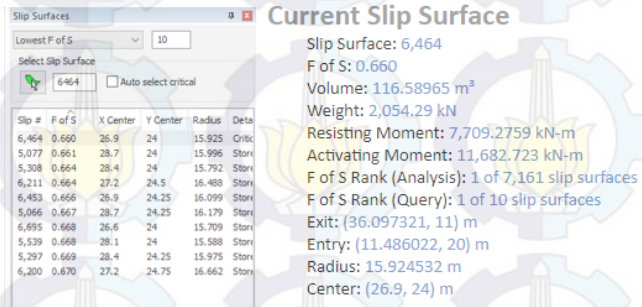
### Current Slip Surface

Slip Surface: 8  
 F of S: 0.714  
 Volume: 101.16016 m<sup>3</sup>  
 Weight: 1,810.2704 kN  
 Resisting Moment: 7,298.8258 kN-m  
 Activating Moment: 10,219.036 kN-m  
 F of S Rank (Analysis): 1 of 7,161 slip surfaces  
 F of S Rank (Query): 1 of 10 slip surfaces  
 Exit: (37.323853, 11) m  
 Entry: (12.705091, 18) m  
 Radius: 16.820649 m  
 Center: (28, 25) m

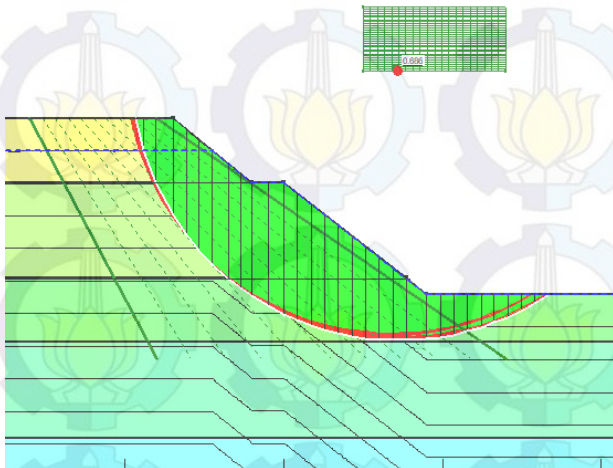
**Gambar 5. 6** *Safety factor* terkritis lereng 7 meter



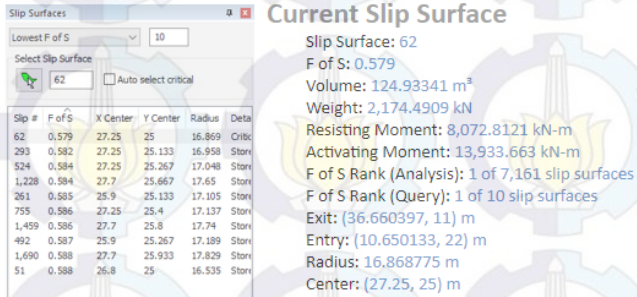
**Gambar 5. 7** Bidang kelongsoran lereng 9 meter



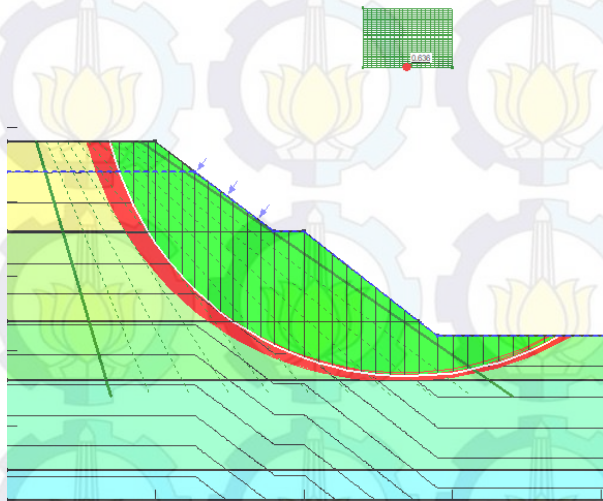
**Gambar 5. 8** Safety factor terkritis lereng 9 meter



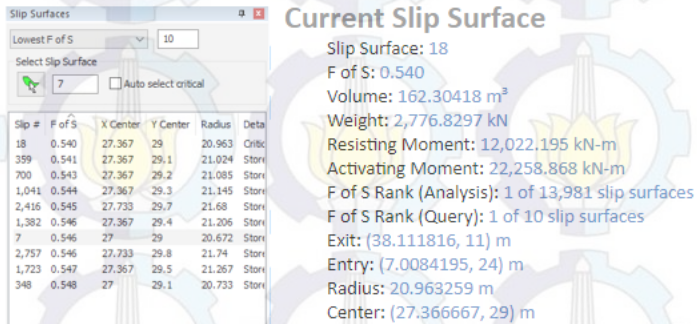
**Gambar 5. 9** Bidang kelongsoran lereng 11 meter



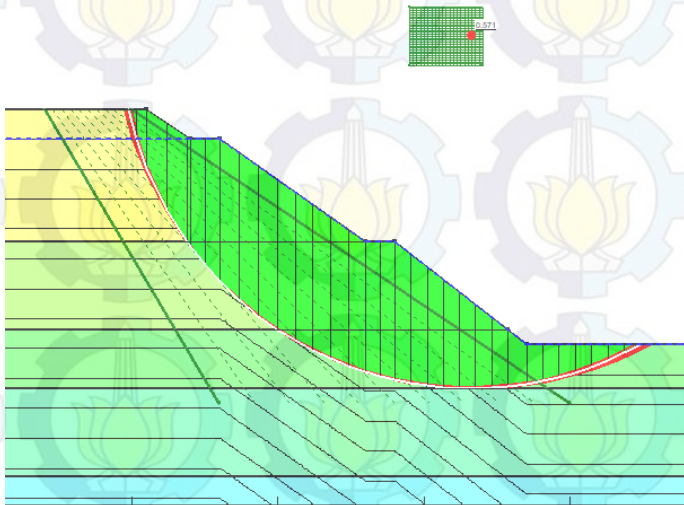
**Gambar 5. 10** *Safety factor* terkritis lereng 11 meter



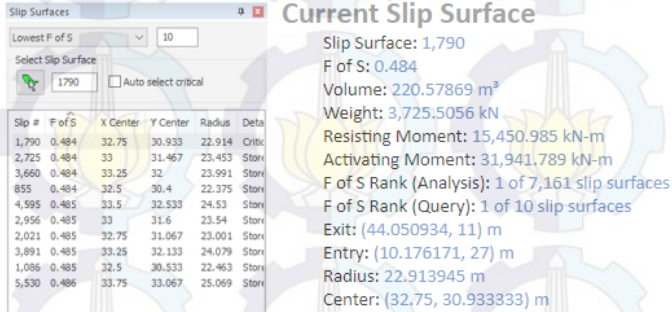
**Gambar 5. 11** Bidang kelongsoran lereng 13 meter



**Gambar 5. 12** Safety factor terkritis lereng 13 meter



**Gambar 5. 13** Bidang kelongsoran lereng 16 meter



**Gambar 5. 14** Safety factor terkritik lereng 16 meter

Hasil output dari berbagai ketinggian lereng yang berupa nilai SF, momen resisting, momen dorong, dan pusat kelongsoran dapat dilihat pada **Table 5.1** berdasarkan data eksisting yang ada maka dengan SF yang direncanakan akan diperoleh momen resisting rencana (momen resisting yang dibutuhkan), sehingga dapat diperoleh kebutuhan tambahan momen resisting ( $\Delta M_R$ ). berikut ini adalah contoh untuk memperoleh nilai  $\Delta M_R$  tersebut pada ketinggian lereng 3 meter.

Hasil analisa program *Geostudio* diperoleh:

$$M_R = 825.19 \text{ kNm}$$

$$SF = 1.026$$

$$M_D = 804.4 \text{ kNm}$$

Dengan mengambil nilai SF rencana = 1.5, maka akan diperoleh  $M_R$  yang diperlukan yaitu dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{SF rencana} &= \frac{M \text{ resisting butuh}}{M \text{ dorong}} \\ M \text{ resisting butuh} &= 1.5 \times \text{Momen dorong} \\ &= 1.5 \times 804.4 \text{ kNm} \\ &= 1206.6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai  $M_R$  yang dibutuhkan maka mencari nilai  $\Delta M_R$  yang diperlukan sebagai perencanaan perkuatan dengan perhitungan sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \Delta M_R &= M_R \text{ butuh} - M_R \text{ eksisting} \\
 &= 1204.6 \text{ kNm} - 825.19 \text{ kNm} \\
 &= 381.41 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan  $\Delta M_R$  pada masing-masing ketinggian lereng dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

**Tabel 5. 1** Rekapitulasi Analisa Lereng Galian

H Lereng (m)	SF	Mr	x	y	R	Md	SF	Mr Rencana	$\Delta$ Mr	P Dorong
		(kN-m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)	Rencana	(kN-m)	(kN-m)	(kN)
3	1.026	825.19	28.8	14.875	6.1509	804.40	1.5	1206.60	381.41	62.01
5	0.745	1612.20	27.9	16.1	7.8051	2163.07	1.5	3244.61	1632.41	209.15
7	0.714	7298.83	28	25	16.821	10219.04	1.5	15328.55	8029.73	477.36
9	0.660	7709.28	26.9	24	15.925	11682.72	1.5	17524.08	9814.81	616.31
11	0.579	8072.81	27.25	25	16.869	13933.66	1.5	20900.49	12827.68	760.43
13	0.540	12022.20	27.367	29	20.963	22258.87	1.5	33388.30	21366.11	1019.23
16	0.484	15450.99	32.75	30.933	22.914	31941.79	1.5	47912.68	32461.70	1416.68

## 5.2 Perencanaan Perkuatan Lereng

### 5.2.1 Perencanaan Bronjong

Perencanaan bronjong disini menggunakan konsep yang sama dengan *Gravity Wall* dimana dalam perencanaannya menggunakan berat sendiri sebagai penahan dari tekanan tanah aktif dari lereng tersebut. Perencanaan bronjong dipakai pada zona 1 yaitu untuk tinggi lereng 3-5 meter. Terdapat 3 kontrol yang akan dicek, yakni kontrol guling, geser, dan daya dukung. Berikut adalah perhitungan bronjong.

#### A. Momen dan tekanan tanah pada lereng

Perhitungan momen dan tekanan aktif menggunakan hasil analisa stabilitas dari program Geostudio v2012. Momen yang digunakan dalam perencanaan adalah Momen ( $\Delta$  MR) dan tekanan aktif (P). Momen dan gaya yang terjadi selanjutnya dikalikan 2 m sesuai dengan dimensi panjang bronjong. Momen dan gaya tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

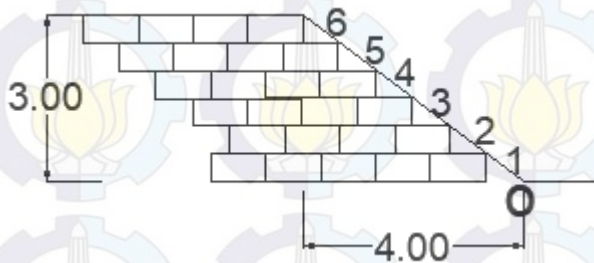
**Tabel 5. 2** Momen dan tekanan aktif

H Lereng (m)	$\Delta Mr$ (kN-m)	P dorong (kN)
3	762.821	124.018
5	2415.223	318.287

### B. Kontrol Momen Guling Bronjong

Kontrol momen guling didapatkan dengan cara membandingkan momen penahan dari berat sendiri bronjong dengan momen aktif sesuai **Tabel 5.2** di atas. Perencanaan perkuatan harus mendapatkan SF lebih dari 1.5. Berikut adalah contoh perhitungan untuk perkuatan bronjong pada lereng dengan tinggi 3 meter dan gambar perencanaan bronjong dapat dilihat pada **Gambar 5.15** di bawah.

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis batu kali} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Volume 1 Bronjong} &= 2\text{m} \times 1\text{m} \times 0.5\text{m} \\ &= 1 \text{ m}^3 \\ \text{Berat 1 Bronjong} &= 22 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \\ &= 22 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Gambar 5. 15** Perencanaan Bronjong Lereng 3 meter

Momen dihitung terhadap titik O yang terletak di dasar lereng. Pada gambar tersebut terdapat 4 dan 5 bronjong di setiap barisnya. Dengan bantuan software AutoCAD, didapat lengan momen pada tiap baris bronjong. Lengan momen

dikalikan dengan berat akan mendapatkan momen penahan akibat bronjong. Rekapitulasi momen dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.

$$\begin{aligned} \text{Lengan baris 1} &= 3.19 \text{ m} \\ \text{Berat Bronjong} &= 110 \text{ kN} \\ \text{Momen} &= 110 \text{ kN} \times 3.19 \text{ m} \\ &= 350.9 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

**Tabel 5. 3** Rekapitulasi Perhitungan Momen

No	Tinggi (m)	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kN-m)
1	0.5	110	3.19	350.9
2	1	88	3.33	293.04
3	1.5	88	4.02	353.76
4	2	88	4.69	412.72
5	2.5	88	5.37	472.56
6	3	88	6.01	528.88
Total		550		2411.86

$$\begin{aligned} \Sigma MR \text{ Bronjong} &= 2411.86 \text{ kN-m} \\ \Sigma Md (\Delta MR) &= 762.821 \text{ kN-m} \\ SF &= \frac{\Sigma Mr \text{ Bronjong}}{\Sigma Md} \\ SF &= \frac{2411.86}{762.821} \\ SF &= 3.16 \end{aligned}$$

Dari hasil rekapitulasi **Tabel 5.3**, didapatkan jumlah momen penahan 2411.86 kN-m dan berat total Bronjong adalah 550 kN. Momen dorong yang terjadi adalah 762.821 kN-m. SF yang terjadi adalah  $3.16 > 1.5$ , maka perencanaan tersebut sudah memenuhi persyaratan.

### C. Kontrol Geser Bronjong

Kontrol geser bronjong didapatkan dengan cara membandingkan berat total bronjong dengan tekanan aktif yang terjadi pada lereng tersebut. berat total bronjong dapat dilihat pada **Tabel 5.3** yaitu sebesar 550 kN. Tekanan aktif

akibat lereng dapat dilihat pada **Tabel 5.2** sebesar 124.018 kN. SF yang terjadi harus lebih besar daripada 1.5.

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Berat Bronjong} &= 550 \text{ kN-m} \\ \Sigma P \text{ aktif} &= 124.018 \text{ kN-m} \\ \text{SF} &= \frac{\Sigma \text{Berat Bronjong} \times \tan \delta}{\Sigma P \text{ aktif}} \\ \text{SF} &= \frac{550 \times \tan\left(\frac{2}{3} \times 28.42\right)}{124.018} \\ \text{SF} &= 1.52 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan SF sebesar 1.52  $\geq 1.5$ . Maka dapat disimpulkan bahwa kontrol geser dari bronjong memenuhi syarat.

#### D. Kontrol *Bearing Capacity* Bronjong

*Bearing capacity* atau daya dukung untuk bronjong didapatkan dengan cara membandingkan kemampuan tanah dasar dengan berat total bronjong per satuan luas. Perhitungan kemampuan tanah dasar ( $Q_{ult}$ ) menggunakan teori *bearing capacity* dari pondasi dangkal. Nilai *bearing capacity* hanya memperhitungkan daya dukung akibat lebar bronjong. Daya dukung akibat kohesi diabaikan karena tanah dasar merupakan tanah pasir dan kedalaman pondasi diabaikan karena bronjong tidak dimasukkan kedalam tanah dasar. Nilai parameter perhitungan daya dukung menggunakan perumusan Terzaghi dengan koefisien  $N_c$ ,  $N_y$ , dan  $N_q$  dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Tanah } (\gamma') &= 5.37 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Lebar Bronjong } (B) &= 1 \text{ m} \\ \text{Panjang Bronjong } (P) &= 2 \text{ m} \\ \text{Sudut Geser Tanah } (\phi) &= 28.42^\circ \\ N_y &= 13.66 \\ Q_{ult} &= \frac{1}{2} \times B \times \gamma' \times N_y \\ &= \frac{1}{2} \times 5 \text{ m} \times 5.37 \text{ kN/m}^3 \times 13.66 \\ &= 183.34 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Total Bronjong} &= 550 \text{ kN} \\
 \text{Luasan dari Bronjong} &= \text{Lebar total bronjong baris ke 1} \\
 &\quad \times \text{Panjang Bronjong} \\
 \text{Luasan dari Bronjong} &= 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 10 \text{ m}^2 \\
 Q_{\max} &= \frac{550 \text{ kN}}{10 \text{ m}^2} \\
 &= 55 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= \frac{Q_{\text{ult}}}{Q_{\max}} \\
 &= \frac{183.34 \text{ kN/m}^2}{55 \text{ kN/m}^2} \\
 SF &= 3.33
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan SF sebesar 3.33 > 3, maka dapat disimpulkan bahwa control *bearing capacity* dari bronjong memenuhi syarat.

### E. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Rekapitulasi hasil perhitungan didapatkan dari masing-masing kontrol yaitu kontrol momen guling, geser, dan *bearing capacity*. Rekapitulasi kontrol momen dapat dilihat pada **Tabel 5.4**, kontrol geser dapat dilihat pada **Tabel 5.5**, dan kontrol *bearing capacity* pada **Tabel 5.6** untuk perkuatan lereng zona 1 dengan ketinggian lereng 3 dan 5 meter.

**Tabel 5. 4** Hasil Kontrol Momen

H Lereng (m)	$\Delta Mr$ (kN-m)	$\Sigma$ Momen (kN-m)	SF Momen	Ket
3	762.821	2411.86	3.16	OK
5	2415.223	11513.26	4.77	OK

**Tabel 5. 5** Hasil Kontrol Geser

H Lereng (m)	P dorong (kN)	Beratn Bronjong (kN)	SF Geser	Ket
3	124.018	550	1.60	OK
5	318.287	1562	1.70	OK

**Tabel 5. 6** Hasil Kontrol *Bearing Capacity*

H Lereng (m)	Qult (kN/m <sup>2</sup> )	Qmax (kN/m <sup>2</sup> )	SF <i>Bearing Capacity</i>	Ket
3	183.34	55	3.33	OK
5	293.34	97.6	3.00	OK

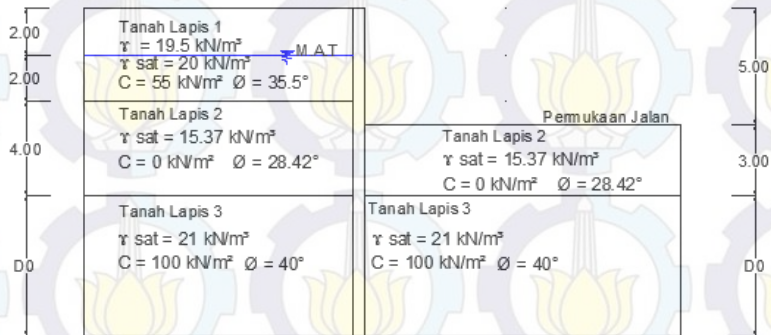
Dari hasil tersebut maka untuk zona 1 lereng dengan tinggi 3 dan 5 meter dapat digunakan perkuatan bronjong sebagai alternatif perkuatan lereng, karena hasil perencanaan tersebut sudah memenuhi semua syarat.

### 5.2.2 Perencanaan Perkuatan Turap *Soldier Pile*

Perencanaan *Soldier Pile* memiliki beberapa komponen yang harus diperhitungkan. Perhitungan *Soldier Pile* ini meliputi kedalaman pemasangan dan kontrol momen yang terjadi. Momen aktif yang terjadi diperoleh dari perhitungan tekanan aktif-pasif dari tanah pada lokasi. Dalam perencanaan ini *Soldier Pile* direncanakan seperti turap kantilever. Berikut ini merupakan contoh perhitungan perkuatan zona 2 pada ketinggian lereng 5 meter.

#### A. Tegangan Horizontal yang Terjadi

Tegangan horizontal yang terjadi meliputi tegangan aktif dan pasif dari tanah. Tegangan tanah aktif adalah tegangan tanah yang mendorong *Soldier Pile* dan tegangan tanah Pasif adalah tegangan tanah yang menahan *Soldier Pile*. Kedalaman yang dihitung adalah DO pada bagian layer tanah paling bawah. Berikut adalah penampakan gambar lapisan tanah yang akan direncanakan menggunakan *Soldier Pile* (**Gambar 5.16**).



**Gambar 5. 16** Lapisan Tanah Lereng 5 meter

Berdasarkan **Gambar 5.16**, maka dapat dihitung tegangan horizontal yang terjadi. Muka air tanah terdapat pada kedalaman 2 meter dari permukaan tanah, sehingga perhitungan dibawah muka air tanah menggunakan berat jenis tanah efektif. Berikut merupakan contoh perhitungan tegangan tanah aktif pada layer 1 dengan menentukan koefisien tanah aktif ( $K_a$ ) sesuai dengan **Persamaan 2.16** dan untuk tegangan tanah pasif menggunakan koefisien tegangan tanah pasif ( $K_p$ ) sesuai dengan **Persamaan 2.25**. hasil perhitungan tegangan tanah aktif dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dan tegangan tanah pasif pada **Tabel 5.8**.

Tegangan Tanah pada layer 1 titik tinjau b

$$\text{Berat Jenis Tanah } (\gamma) = 19.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Kedalaman Layer} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_v &= 19.5 \text{ kN/m}^3 \times 2 \text{ m} \\ &= 39 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Sudut Geser } (\phi) = 35.5^\circ$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$= \tan^2(45 - (35.5/2))$$

$$K_a = 0.265$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kohesi (c)} &= 55 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_h &= \sigma_v \times K_a - 2c \times \sqrt{K_a} \\
 \sigma_h &= 39 \times 0.265 - 2(55) \times \sqrt{0.265} \\
 &= -46.309 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Tidak berpengaruh})
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. 7** Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Aktif

Depth (m)	Titik Tinjau	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (o)	$\phi'$ (o)	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_u'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$K_a$	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	a	20.00	19.50	0.00	35.50	0.00	55.00	0.00	0.00	0.27	-56.65
	b	20.00	19.50	0.00	35.50	0.00	55.00	0.00	39.00	0.27	-46.31
2.00	a	20.00	0.00	10.00	0.00	23.67	0.00	36.67	39.00	0.43	-31.27
	b	20.00	0.00	10.00	0.00	23.67	0.00	36.67	59.00	0.43	-22.73
1.00	a	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	59.00	0.51	30.08
	b	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	64.37	0.51	32.81
3.00	a	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	64.37	0.51	32.81
	b	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	80.47	0.51	41.02
D0	a	21.00	0.00	11.00	0.00	26.67	0.00	66.67	80.47	0.38	-51.62
	b	21.00	0.00	11.00	0.00	26.67	0.00	66.67	80.47 + 11.00 D0	0.38	-51.62 + 4.18 D0

**Tabel 5. 8** Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Pasif

Depth (m)	Titik Tinjau	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (o)	$\phi'$ (o)	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_u'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$K_p$	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
3.00	a	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	15.00	15.00	1.96	29.42
	b	15.37	0.00	5.37	0.00	18.95	0.00	0.00	0.00	31.11	1.96	61.02
D0	a	21.00	0.00	11.00	0.00	26.67	0.00	66.67	0.00	31.11	2.63	297.92
	b	21.00	0.00	11.00	0.00	26.67	0.00	66.67	0.00	31.11 + 11.00 D0	2.63	297.92 + 28.91 D0

## B. Tekanan yang Terjadi

Tekanan tanah didapat dari hasil tegangan horizontal aktif maupun pasif. Selain itu juga memperhitungkan tekanan air yang terjadi. Dari tegangan tanah pada **Tabel 5.7** dan **Tabel 5.8** didapatkan diagram tanah seperti pada **Gambar 5.17**.





**Gambar 5. 17** Diagram Tegangan

Dari diagram tegangan tanah seperti pada **Gambar 5.17** maka dapat dihitung tekanan tanah yang terjadi. Tekanan tanah didapatkan dengan cara menghitung luasan pada masing masing area yang telah diberi nomor. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.9**. Contoh perhitungan tekanan pada luasan P1 adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \sigma_h &= 30.08 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Teinggi layer (h)} &= 4 \text{ m} \\
 P1 &= \sigma_h \times h \\
 P1 &= 30.08 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m} \\
 P1 &= 120.307 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. 9** Hasil Perhitungan Tekanan Tanah (P)

No	Gaya (kN)	
P1	120.307	
P2	21.894	
P3	-51.625 D0	
P4	0.000 D0	+ 2.092 D0 <sup>2</sup>
P5	-88.274	
P6	-47.389	
P7	-297.925 D0	
P8	0.000 D0	+ 14.456 D0 <sup>2</sup>

Untuk perhitungan tekanan air aktif dan tekanan air pasif dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

Tekanan Air Aktif (P<sub>wa</sub>)

$$\gamma_{\text{air}} = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$H_{\text{air}} = (6+D0) \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ air} &= \gamma_{\text{air}} \times H_{\text{air}} \\ &= 10 \text{ kN/m}^3 \times (6 + D0) \text{ m} \\ &= (60+10D0) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{wa} &= \frac{1}{2} \times \sigma_h \text{ air} \times H_{\text{air}} \\ &= \frac{1}{2} \times (60+10D0) \text{ kN/m}^2 \times (6+D0) \text{ m} \\ &= 5D0^2 + 60D0 + 180 \text{ kN/m (Mendorong)} \end{aligned}$$

Tekanan Air Pasif (P<sub>wp</sub>)

$$\gamma_{\text{air}} = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$H_{\text{air}} = (3+D0) \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ air} &= \gamma_{\text{air}} \times H_{\text{air}} \\ &= 10 \text{ kN/m}^3 \times (3+D0) \text{ m} \\ &= (30+10D0) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{wp} &= \frac{1}{2} \times \sigma_h \text{ air} \times H_{\text{air}} \\ &= \frac{1}{2} \times (30+10D0) \text{ kN/m}^2 \times (3+D0) \text{ m} \\ &= 5D0^2 + 30D0 + 45 \text{ kN/m (Menahan)} \end{aligned}$$

### C. Momen Terhadap Titik O

Momen didapatkan dengan cara mengalikan tekanan dengan lengan momen. Titik O terdapat pada ujung paling bawah *Soldier Pile*. Untuk tekanan pasif momen diberikan tanda (-) sebagai penanda bahwa gaya pasif adalah gaya yang melawan gaya aktif. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.10**. Berikut adalah contoh perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 P1 &= 120.32 \text{ kN} \\
 \text{Lengan momen (L)} &= (2+D0) \text{ m} \\
 \text{Momen} &= P1 \times L \\
 &= 120.307 \text{ kN} \times (2+D0) \text{ m} \\
 &= 120.307 + 240.614 D0 \text{ kN-m/m}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. 10** Hasil Perhitungan Momen Aktif-Pasif

No	Gaya (kN)		Lengan thd titik O (m)		Momen thd titik O (kN-m)	
P1	120.307		2.00	+	D0	240.614 + 120.307 D0
P2	21.894		1.333	+	D0	29.191 + 21.894 D0
P3	-51.625 D0		0.500	.	D0	-25.812 D0 <sup>2</sup>
P4	0.000 D0	+ 2.092 D0 <sup>2</sup>	0.333	.	D0	0.000 D0 <sup>2</sup> + 0.697 D0 <sup>3</sup>
P5	-88.274		1.5	+	D0	-132.411 + -88.274 D0
P6	-47.389		1	+	D0	-47.389 D0 + -47.389 D0 <sup>2</sup>
P7	-297.925 D0		0.5	.	D0	-148.962 D0 <sup>2</sup>
P8	0.000 D0	+ 14.456 D0 <sup>2</sup>	0.333	.	D0	0.000 D0 <sup>2</sup> + -4.819 D0 <sup>3</sup>

Untuk perhitungan momen air aktif dan momen air pasif dapat dilihat pada contoh berikut.

Momen Air Aktif

$$\begin{aligned}
 Pwa &= 5D0^2+60D0+180 \text{ kN/m} \\
 \text{Lengan Momen (L)} &= 1/3 \times (6+D0) \text{ m} \\
 &= (2+0.333D0) \text{ m} \\
 \text{Momen} &= P \times L \\
 &= 5D0^2+60D0+180 \text{ kN/m} \times (2+0.333D0) \text{ m} \\
 &= 1.667D0^3+30D0^2+180D0+360 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

Momen Air Pasif

$$\begin{aligned}
 Pwp &= 5D0^2 + 30D0 + 45 \text{ kN/m} \\
 \text{Lengan Momen (L)} &= 1/3 \times (3+D0) \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= (1+0.333D_0) \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= P \times L \\ &= -(5D_0^2+30D_0+45 \text{ kN/m} \times (1+0.333D_0)) \text{ m} \\ &= -1.667D_0^3-15D_0^2-45D_0-45 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Momen} &= \Sigma \text{Momen aktif} + \Sigma \text{Momen pasif} \\ \Sigma \text{Momen} &= -4.121D_0^3 - 207.164D_0^2 + 141.538D_0 \\ &\quad + 452.395 \end{aligned}$$

$$D_0 = 1.82 \text{ meter}$$

$$D \text{ pasang} = S_f \times D_0 = 1.82 \times 1.2 = 3 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang Total} = 5 + 3 + 3 = 11 \text{ meter}$$

Perhitungan Momen Maksimum

$$M_x = -4.121D_0^3 - 207.164D_0^2 + 141.538D_0 + 452.395$$

$$M_x/D_x = -12.364D_0^2 - 314.86D_0 + 141.538$$

$$X = 0.34$$

$$\begin{aligned} M \text{ maks} &= -4.121(0.34)^3 - 97.748(0.34)^2 + 141.538(0.34) + \\ &\quad 452.395 \\ &= 476.408 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Untuk hasil rekapitulasi panjang  $D_0$  dan momen maksimum untuk zona 2 yaitu pada lereng 5 dan 7 dapat dilihat pada **Tabel 5.11**.

**Tabel 5. 11** Hasil Rekapitulasi Panjang  $D_0$  dan Momen Max

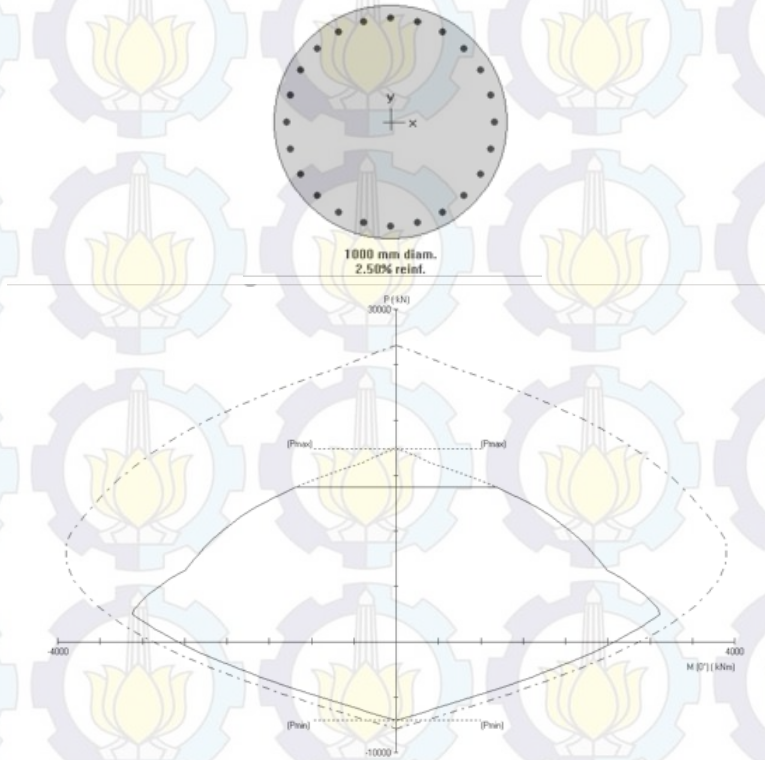
H lereng	Do thd O (m)	D0 Pasang (m)	L total (m)	Momen Maksimum
		Thd O	Thd O	(kNm)
5	1.82	3	11	476.41
7	3.97	5	15	1384.52

#### D. Perencanaan *Soldier Pile*

##### 1. Perencanaan Tulangan Utama

Dengan menggunakan program SPColumn, direncanakan *soldier pile* berukuran 1000 mm untuk lereng pada zona 2. Mutu beton yang digunakan adalah K350 ( $f_c = 29.05 \text{ MPa}$ ) dan mutu Baja 400 MPa. Direncanakan dengan tulangan utama berdiameter 32 mm dengan jumlah tulangan 24 buah.

Gambar diagram interaksi penulangan dai SPColumn dapat dilihat pada **Gambar 5.18**.



**Gambar 5. 18** Diagram Interaksi Penulangan *Soldier Pile*

Dari hasil *output* SPColumn, didapatkan data *soldier pile* sebagai berikut.

Diameter	= 1000 mm
$E_c$	= 25332 MPa
$I_x = I_y$	= 4908740 cm <sup>4</sup>
$\phi M_n$	= 2468.8 kNm
$Z$	= $\frac{2468.8 \text{ kNm}}{29050 \text{ kN/m}^2} \times 10^6 = 84984.51 \text{ cm}^3$

Cek Penampang Profil untuk H lereng 5 meter

$$\begin{aligned} Z_0 &= \frac{M_{desain}}{\sigma_{allow}} \times 10^6 \\ &= \frac{476.41 \text{ kNm}}{240000 \text{ kN/m}^2} \times 10^6 \\ &= 1985.03 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &\leq Z \\ 1985.03 \text{ cm}^3 &\leq 84984.51 \text{ cm}^3 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

## 2. Tulangan Geser

Dari Hasil SAP 2000 dipakai pembebanan gaya geser terbesar pada *soldier pile* dimana  $V_u = 792337 \text{ N}$ . Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ V_n &= V_c + V_s \\ V_u &= 792337 \text{ N} \\ V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'c} \times \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{29.05} \times \frac{1}{4} \pi \cdot 1000^2 \\ &= 719634 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan Senggang spiral D16 dengan jarak 75 mm.

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s} \\ A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot 16^2 \\ &= 402.12 \text{ mm}^2 \\ dx &= 1000 - 40 - 16 - (0.5 \times 32) = 928 \text{ mm} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ V_s &= \frac{402.12 \times 240 \times 928}{75} \\ &= 1194147 \text{ N} \\ V_n &= 719634 \text{ N} + 1194147 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 1913781 \text{ N}$$

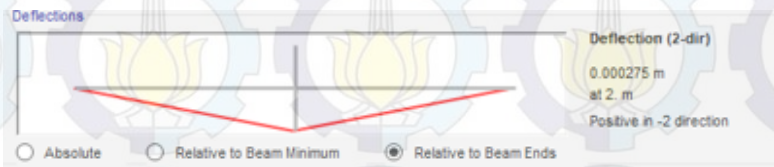
$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.75 \times 1913781 \text{ N} \geq 792337 \text{ N}$$

$$1435336 \text{ N} \geq 792337 \text{ N (OK)}$$

### 3. Defleksi *Soldier Pile*

Hasil analisa program SAP 2000, didapatkan defleksi *Soldier Pile* seperti pada **Gambar 5.19**.



**Gambar 5. 19** Defleksi *Soldier Pile* untuk H lereng 5 meter

$$\begin{aligned} \text{Defleksi} &= 0.000275 \text{ m} \\ &= 0.275 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan *Soldier Pile* untuk zona 2 yaitu pada lereng 5 dan 7 meter. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 5.12** dan **Tabel 5.13**.

**Tabel 5. 13** Hasil Perhitungan Penampang *Soldier Pile*

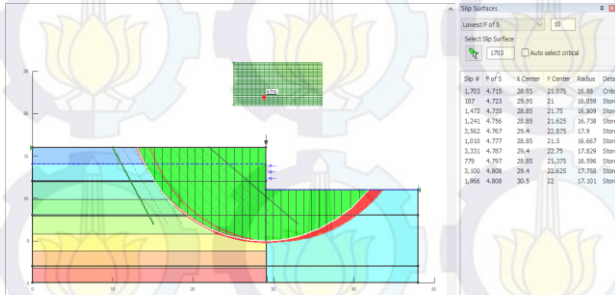
H Lereng (m)	D. Pile (m)	$\phi M_n$ (kNm)	$f_c$ (kPa)	Z (cm <sup>3</sup> )	M <sub>desain</sub> (kNm)	$\sigma$ allow (kN/m <sup>2</sup> )	Z <sub>o</sub> (cm <sup>3</sup> )	Cek	Defleksi (mm)
5	1	2468.8	29050	84984.51	476.41	240000	1985.031	OK	0.275
7	1	2468.8	29050	84984.51	1384.52	240000	5768.849	OK	1.52

**Tabel 5. 12** Hasil Perhitungan Tulangan Geser *Soldier Pile*

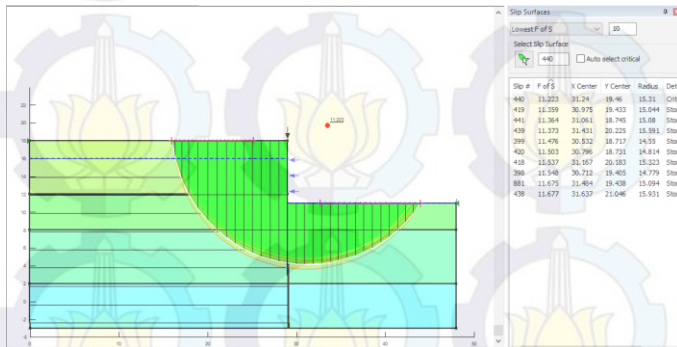
H Lereng (m)	D. Pile (m)	V <sub>u</sub> kN	V <sub>c</sub> N	dx mm	Senggang d (mm)	As mm <sup>2</sup>	V <sub>s</sub> N	∅V <sub>n</sub> (V <sub>c</sub> +V <sub>s</sub> ) N	Ket				
5	1	792.337	792337	719634	928	16	75	402.12	1194147	1194.15	1435336	1435.34	OK
7	1	1278.320	1278320	719634	928	16	75	402.12	1194147	1194.15	1435336	1435.34	OK

#### 4. Hasil Analisa Program Bantu *Geoslope*

Hasil analisa dengan program bantu *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.



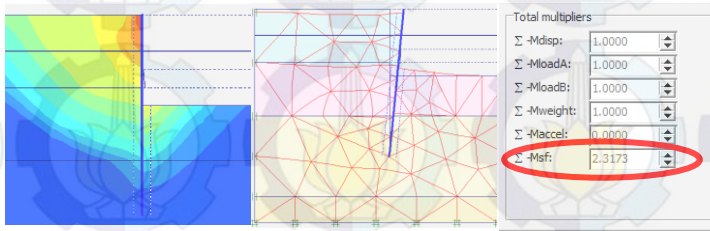
Gambar 5. 21 Hasil Analisa Lereng 5 meter



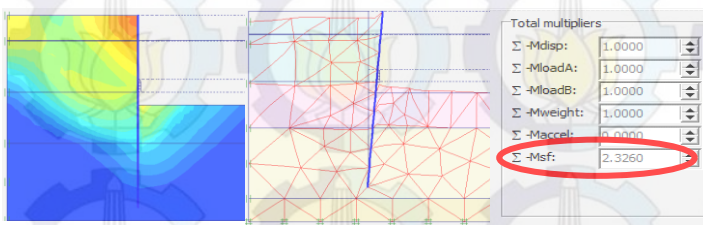
Gambar 5. 20 Hasil Analisa Lereng 7 meter

Dari hasil analisa tersebut didapatkan nilai SF untuk lereng 5 dan 7 meter masing-masing 4.715 dan 11.2 dimana hal tersebut lebih dari SF rencana = 1.5. Maka dari hasil tersebut lereng 5 meter dan 7 meter tersebut aman terhadap longsor. Namun untuk meningkatkan tingkat kepercayaan hasil analisa maka dilakukan perbandingan hasil analisa menggunakan program bantu lain yaitu menggunakan program Plaxis dengan hasil sesuai pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23.





**Gambar 5. 22** Hasil Analisa Lereng 5 meter



**Gambar 5. 23** Hasil Analisa Lereng 7 meter

Dari hasil analisa Plaxis pada **Gambar 5.22** dan **Gambar 5.23** didapatkan hasil SF untuk *overall stability* untuk lereng 5 dan 7 meter diperoleh nilai SF masing-masing 2.317 dan 2.326 dimana nilai SF yang terjadi lebih besar dari SF rencana 1.5 maka perkuatan yang direncanakan aman terhadap longsor.

##### 5. Perencanaan *Capping Beam*

Peencanaan *capping beam* pada Tugas Akhir ini hanya berfungsi sebagai pengikat antar *soldier pile*. Karena pada perencanaan *soldier pile* perhitungannya menggunakan tiang tunggal, sehingga momen yang terjadi pada *capping beam* tidak ada. Untuk penulangan *capping beam* hanya menggunakan tulangan susut sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 dengan data perencanaan sebagai berikut :

- b = 1.2 meter
- h = 1 meter

$$f_c' = 29.05 \text{ MPa (K350)}$$

$$\text{Cover} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$dx = 1000 - 40 - 13 - (0.5 \times 19) = 937.5 \text{ mm}$$

$$\rho \text{ perlu} = \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\text{As perlu} = 0.0018 \times 1000 \times 937.5 = 1687.5 \text{ mm}^2$$

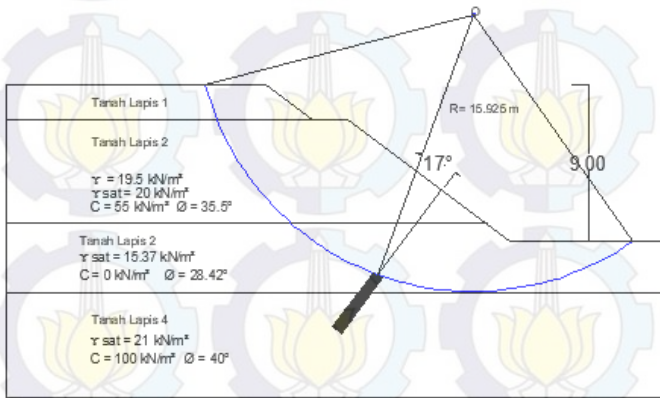
Maka digunakan tulangan D19-150

$$\text{Untuk tulangan Bagi memakai } 20\% \text{ As} = 337.5 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan D13-200

### 5.2.3 Perencanaan *Ground Anchor*

Pada perencanaan *ground anchor* dalam Tugas Akhir ini digunakan untuk perkuatan untuk zona 3 dimana ketinggian lereng rencana antara 9 meter – 16 meter. Perencanaan didasarkan pada nilai  $\Delta MR$  yang dibutuhkan. Nilai dari  $\Delta MR$  perlu inilah yang akan dipikul oleh *ground anchor*. Contoh perhitungan *ground anchor* berikut berdasarkan ketinggian lereng 9 meter. Potongan melintang lereng 9 meter dapat dilihat pada **Gambar 5.24**.



**Gambar 5. 24** Bidang Longsor dan rencana pemasangan *anchor*

Direncanakan 3 buah *ground anchor* dipasang dengan jarak 2 meter dengan diameter *grouting* sebesar 0.3 meter. Berikut adalah perhitungan N (gaya *anchor*) yang diterima tiap *anchor* dan juga lekatan atau panjang *grouting* (L) yang diperlukan.

$$\begin{aligned}
 \text{MR eksisting} &= 7709.276 \text{ kNm} \\
 \text{MD} &= 11682.72 \text{ kNm} \\
 \text{MR rencana} &= 11682.72 \times 1.1 \\
 &= 12851 \text{ kNm} \\
 \Delta \text{MR} &= \text{MR rencana} - \text{MR eksisting} \\
 &= 12851 \text{ kNm} - 7709.276 \text{ kNm} \\
 &= 51418.72 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Karena *ground anchor* direncanakan setiap 2 meter maka, nilai momen yang harus dipikul *ground anchor* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta \text{MR} &= 51418.72 \text{ kNm} \times 2 \\
 &= 10283.44 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan N (gaya pra-tegang tegak lurus bidang longsor) dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{anchor}} &= \frac{\Delta \text{MR}}{R \times \tan \phi} \\
 &= \frac{10283.44 \text{ kNm}}{15.925 \times \tan 40^\circ} \\
 &= 769.57 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

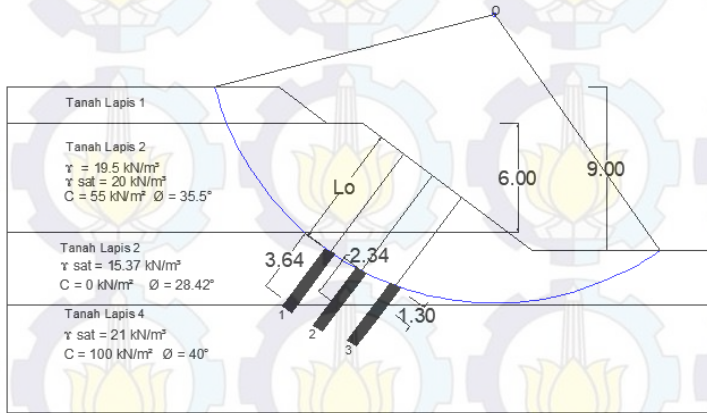
Setelah mendapat nilai N, maka dicari nilai P yaitu gaya prategang yang tegak lurus dengan lereng dimana memiliki nilai  $\beta=17^\circ$ , maka nilai P:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{\cos \beta} \\
 &= \frac{769.57 \text{ kN}}{\cos 17^\circ} \\
 &= 804.73 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 3 buah *anchor*, maka  $\Delta MR$  dibagi 3 untuk mendapatkan gaya tiap 1 *anchor*.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{3} \\
 &= \frac{804.73 \text{ kN}}{3} \\
 &= 268.24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan **Persamaan 2.30** dan **Persamaan 2.31** sesuai dengan letak angkur pada lapisan tanah kohesif atau tanah pasir. Berikut ini merupakan perhitungan panjang *grouting* pada tiap angkur sesuai dengan letak yang ditunjukkan pada **Gambar 5.25**.



**Gambar 5.25** Posisi *ground anchor*

Perhitungan panjang *grouting* menggunakan nilai  $SF = 2.5$  sesuai dengan SNI 8460-2017 Tabel 49. Untuk perhitungan panjang *grouting* pada masing-masing angkur pada lereng dengan tinggi 9 meter dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut:

1. Perhitungan panjang *grouting* untuk angkur no 1 menggunakan **Persamaan 2.31**, karena letak angkur tersebut berada pada lapisan tanah pasir.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= (20-10) \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} + (15.37-10) \text{ kN/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \\ &= 73.42 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$K_s = 2 \text{ (sesuai pada Tabel 2.6)}$$

$$D = 0.3 \text{ meter}$$

$$R_{ult} = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L$$

$$P \times SF = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L$$

$$\begin{aligned}L &= \frac{P \times SF}{\frac{\sigma_v \times A_s \times K_s}{268.24 \times 2.5}} \\ &= \frac{73.42 \times \pi \times 0.3 \times 2}{268.24 \times 2.5} \\ &= 4.85 \text{ m} \approx 5 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Perhitungan panjang *grouting* untuk angkur no 2 menggunakan **Persamaan 2.30** dan **Persamaan 2.31** karena *grouting* melalui 2 lapisan tanah yaitu lapisan tanah pasir dan tanah kohesif.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= (20-10) \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} + (15.37-10) \\ &\text{ kN/m}^3 \times 3.1 \text{ m} \\ &= 76.64 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$K_s = 2 \text{ (sesuai pada Tabel 2.6)}$$

$$D = 0.3 \text{ meter}$$

$$L_{\text{pasir}} = 2.30 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.8 \text{ (sesuai dengan Gambar 2.17)}$$

$$S_u = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{ult} = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$P \times SF = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$268.24 \times 2.5 = 76.64 \times \pi \times 0.3 \times 2 \times 2.3 + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$670.6 - 332.265 = 0.8 \times 100 \times \pi \times 0.3 \times L$$

$$\begin{aligned}L &= \frac{338.335}{75.4} \\ &= 4.49 \text{ m}\end{aligned}$$

$$L_{\text{total}} = 2.3 \text{ m} + 4.49 \text{ m}$$

$$= 6.79 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

3. Perhitungan panjang *grouting* untuk angkur no 3 menggunakan **Persamaan 2.30** dan **Persamaan 2.31** karena *grouting* melalui 2 lapisan tanah yaitu lapisan tanah pasir dan tanah kohesif.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= (20-10) \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} + (15.37-10) \\ &\text{kN/m}^3 \times 3.5 \text{ m} \\ &= 78.79 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$K_s = 2 \text{ (sesuai pada Tabel 2.6)}$$

$$D = 0.3 \text{ meter}$$

$$L \text{ pasir} = 1.3 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.8 \text{ (sesuai dengan Gambar 2.17)}$$

$$S_u = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{ult} = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$P \times SF = \sigma_v \times A_s \times K_s \times L + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$268.24 \times 2.5 = 78.79 \times \pi \times 0.3 \times 2 \times 1.3 + \alpha \times S_u \times A_s \times L$$

$$670.6-193.07 = 0.8 \times 100 \times \pi \times 0.3 \times L$$

$$L = \frac{477.53}{75.4}$$

$$= 6.33 \text{ m}$$

$$L \text{ total} = 1.3 \text{ m} + 6.33 \text{ m}$$

$$= 7.63 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas sebagai acuan pemasangan *grouting* dipilih dengan panjang *grouting* terpanjang yaitu 8 meter. Untuk hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.14**.

**Tabel 5.14** Hasil rekapitulasi perhitungan *ground anchor*

H Lereng (m)	SF	Mr (kN-m)	Md (kN-m)	SF Rencana	Mr Rencana (kN-m)	$\Delta$ Mr untuk 2 m (kN-m)	$\emptyset$ (o)	R (m)	P Dorong (kN)	$\beta$ (o)	P pangkur (kN)	Jumlah angkur
9	0.66	7709.276	11682.72	1.1	12851.00	10283.44	40	15.925	769.57	17	804.73	3
11	0.58	8072.81	13933.66	1.1	15327.03	14508.44	40	16.869	1024.99	15	1061.14	3
13	0.54	12022.2	22258.87	1.1	24484.75	24925.12	40	20.963	1417.00	15	1466.99	4
16	0.48	15450.99	31941.79	1.1	35135.97	39369.97	40	22.914	2047.63	13	2101.49	5

**(Lanjutan Tabel 5.14)**

H Lereng (m)	P rencana (kN)	SF Anchor	Kapasitas Angkur (kN)	D (m)	$\alpha$	Su kN/m <sup>2</sup>	Tanah Lanau (m)	Tanah Pasir (m)	L pasir (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	Ks
9	268.24	2.5	670.61	0.3	0.80	100.00	6.00	2.50	3.60	73.42	2
	268.24	2.5	670.61	0.3	0.80	100.00	6.00	3.10	2.30	76.64	2
	268.24	2.5	670.61	0.3	0.80	100.00	6.00	3.50	1.30	78.79	2
11	353.71	2.5	884.29	0.3	0.80	100.00	6.00	2.80	3.00	75.03	2
	353.71	2.5	884.29	0.3	0.80	100.00	6.00	3.30	1.85	77.72	2
	353.71	2.5	884.29	0.3	0.80	100.00	6.00	3.60	0.90	79.33	2
13	366.75	2.5	916.87	0.3	0.80	100.00	6.00	2.50	3.70	73.42	2
	366.75	2.5	916.87	0.3	0.80	100.00	6.00	3.00	2.50	76.11	2
	366.75	2.5	916.87	0.3	0.80	100.00	6.00	3.60	1.60	79.33	2
	366.75	2.5	916.87	0.3	0.80	100.00	6.00	3.60	0.90	79.33	2
16	420.30	2.5	1050.74	0.3	0.80	100.00	6.00	2.40	3.90	72.88	2
	420.30	2.5	1050.74	0.3	0.80	100.00	6.00	2.90	2.70	75.57	2
	420.30	2.5	1050.74	0.3	0.80	100.00	6.00	3.30	1.80	77.72	2
	420.30	2.5	1050.74	0.3	0.80	100.00	6.00	3.60	0.90	79.33	2
	420.30	2.5	1050.74	0.3	0.80	100.00	6.00	3.80	0.40	80.40	2

(Lanjutan Tabel 5.14)

H Lereng (m)	FL (m)	Panjang FL (m)	FL Pakai (m)	Lo (m)	L total (m)	L pakai (m)	Ket
9	4.85	5.00	8.00	6.77	14.77	15	Angkur 1
	4.49	7.00	8.00	6.57	14.57	15	Angkur 2
	6.33	8.00	8.00	6.11	14.11	15	Angkur 3
11	6.10	10.00	11.00	6.73	17.73	18	Angkur 1
	8.13	10.00	11.00	6.32	17.32	18	Angkur 2
	9.94	11.00	11.00	5.65	16.65	17	Angkur 3
13	5.37	10.00	12.00	7.44	19.44	20	Angkur 1
	7.40	10.00	12.00	7.02	19.02	20	Angkur 2
	8.99	11.00	12.00	6.39	18.39	19	Angkur 3
	10.38	12.00	12.00	5.53	17.53	18	Angkur 4
16	6.83	11.00	14.00	8.23	22.23	23	Angkur 1
	8.84	12.00	14.00	7.84	21.84	22	Angkur 2
	10.44	13.00	14.00	7.27	21.27	22	Angkur 3
	12.15	14.00	14.00	6.51	20.51	21	Angkur 4
	13.13	14.00	14.00	5.53	19.53	20	Angkur 5

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 5.14** spesifikasi *ground anchor* yang dipakai adalah dari Freyssinet dengan tipe 7T15.3 (**Lampiran 2**) dengan kapasitas maksimum 1820 kN. Perencanaan *ground anchor* ini dihitung berdasarkan ketinggian dari masing-masing lereng pada zona 3 sehingga kebutuhan *ground anchor* dan *fixed length* (FL) pada masing-masing lereng berbeda-beda tergantung dari gaya dorong pada masing-masing ketinggian lereng tersebut. Setelah merencanakan nilai gaya P dan panjang *grouting* (FL), direncanakan pelat beton penahan agar daya dukung dari pelat beton tersebut mampu menahan gaya tarik dari *anchor*. Perhitungan balok beton penahan *ground anchor* menggunakan pondasi telapak bujur sangkar dengan rumus sebagai berikut:

$$q_{ult} = 1.3 C N_c + q N_q + 0.4 \gamma' B N_\gamma \quad (\text{Terzaghi})$$

Keterangan:

C = Kohesi tanah C = Cu (kN/m<sup>2</sup>)

q =  $\gamma'$  x kedalaman pondasi



$\gamma'$  = Berat volume efektif ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $B$  = Lebar pondasi (m)  
 $q_{\text{ult}}$  = Daya dukung ultimate ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $q_{\text{ijin}}$  =  $q_{\text{ult}}/\text{SF}$  ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\text{SF}$  = 3  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung

Direncanakan:

$C$  lapisan permukaan =  $55 \text{ kN/m}^2$   
 Asumsi lebar pondasi ( $B$ ) = 2 meter  
 Asumsi panjang pondasi ( $H$ ) = 2 meter  
 Kedalaman pondasi,  $D_f$  = 0.3 meter  
 Sudut geser dalam,  $\phi$  =  $35.5^\circ$   
 $N_c$  = 61.59  
 $N_q$  = 45.39  
 $N_\gamma$  = 48.2

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ult}} &= 1.3 C N_c + q N_q + 0.4 \gamma' B N_\gamma \\
 &= (1.3 \times 55 \times 61.59) + (10 \times 0.3 \times 45.39) + (0.4 \times 10 \times 2 \times 48.2) \\
 &= 4925.455 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ijin}} &= \frac{q_{\text{ult}}}{\text{SF}} \\
 &= \frac{4925.455}{3} \\
 &= 1641.82 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Gaya  $P_{\text{anchor}}$  tersebut sudah tegak lurus dengan pelat beton.  
 Untuk menentukan tegangan yang dihasilkan oleh gaya  $P$  adalah sebagai berikut:

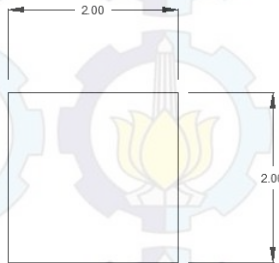
$$\begin{aligned}
 q_{\text{max}} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{670.61}{(2/2)} \\
 &= 167.65 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berikut hasil rekapitulasi nilai daya dukung tanah ( $q$  ijin) dengan  $q$  max yang terjadi dengan menggunakan pelat beton tebal 0.3 meter dimensi 2x2 meter. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.

**Tabel 5. 15** Hasil rekapitulasi daya dukung pelat beton

H lereng (m)	P anchor (kN)	q max (kN/m <sup>2</sup> )	q ijin (kN/m <sup>2</sup> )	Ket
9	670.61	167.65	1641.818	OK
11	884.29	221.07	1641.818	OK
13	916.87	229.22	1641.818	OK
16	1050.74	262.69	1641.818	OK

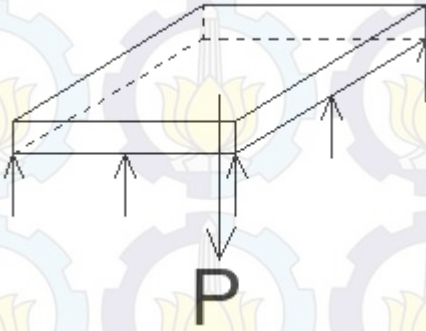
Menghitung tulangan pelat beton penahan



**Gambar 5. 26** Dimensi pelat penahan

Data-data perencanaan untuk balok beton penahan adalah sebagai berikut:

- Dimensi pelat : (2x2) m<sup>2</sup>
- Tebal pelat : 300 mm
- Tebal decking : 20 mm
- D tulangan : 16 mm
- Mutu tulangan : 400 MPa
- Mutu beton : K350 ( $f_c = 29.05$ )
- d :  $300 - 20 - \frac{1}{2} (16) = 272$  mm



**Gambar 5. 27** Gaya dan tegangan pada pelat penahan

### Perhitungan Beban Merata Pelat Penahan

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{670.61}{(2 \times 2)} \\
 &= 167.65 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \frac{\beta \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 \rho_b &= 0.85 \times \frac{0.85 \times 29.05}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0.0315
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0315 \\
 &= 0.0236
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{400} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

102

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 29.05} \\
 &= 16.2
 \end{aligned}$$

**Momen Ultimate Pelat Penahan**

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/8 \times q \times b^2 \\
 &= 1/8 \times 167.65 \times 2^2 \\
 &= 83.83 \text{ kNm/m}^2
 \end{aligned}$$

**Momen Nominal Pelat Penahan**

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{0.8} \\
 &= \frac{83.83}{0.8} = 104.78 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{104.78 \times 10^6}{1000 \times 272^2} \\
 &= 1.416 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Rasio Penulangan**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.2} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.2 \times 1.416}{400}} \right) \\
 &= 0.00365
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.00365 \\
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.00365 \times 1000 \text{ mm} \times 272 \text{ mm} \\
 &= 992.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times x b}{A_s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{992.4}$$

$$= 202.6 \text{ mm}^2 \approx 200 \text{ m}$$

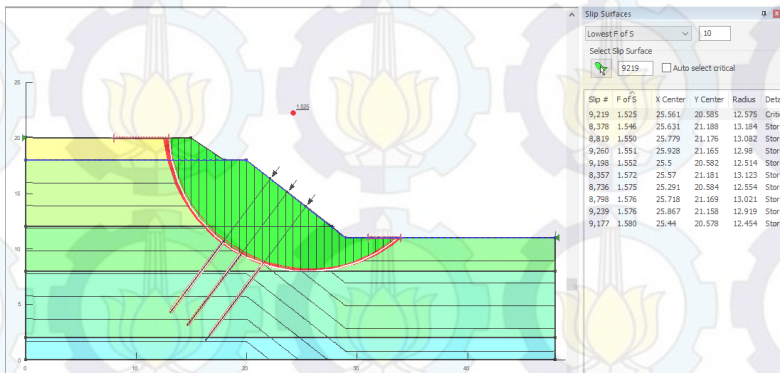
Maka memakai tulangan D16-200

Hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan tulangan pelat beton penahan dapat dilihat pada **Tabel 5.16**.

**Tabel 5. 16** Hasil rekapitulasi perhitungan tulangan pelat beton penahan

H lereng (m)	P anchor (kN)	Qt (kN/m <sup>2</sup> )	Mu (kNm/m)	As (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakai
9	670.61	167.65	83.83	992.40	D16 - 200
11	884.29	221.07	110.54	1321.98	D16 - 150
13	916.87	229.22	114.61	1372.86	D16 - 150
16	1050.74	262.69	131.34	1583.68	D16 - 125

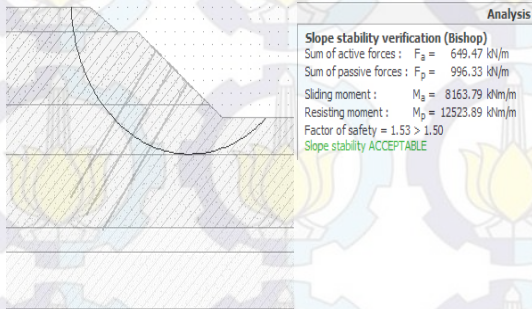
### Hasil Analisa Software *Geoslope* (*Geostudio v2012*)



**Gambar 5. 28** Hasil Analisa Software *Geoslope*

Berdasarkan hasil analisa software *Geoslope* pada **Gambar 5.28** diketahui bahwa SF yang terjadi setelah dipasang ankur

adalah 1.525. Dengan nilai  $SF=1.525$  maka desain dari *ground anchor aman* terhadap kelongsoran. Namun untuk meningkatkan kepercayaan terhadap hasil analisa tersebut dilakukan perbandingan dengan program bantu lain yaitu Geo5 2017 dengan hasil dapat dilihat pada **Gambar 5.29**.



**Gambar 5. 29** Hasil Analisa Software Geo5

Dari hasil analisa pada **Gambar 5.29** diperoleh nilai  $SF = 1.53$  dimana  $SF$  yang terjadi lebih besar dari nilai  $SF$  rencana 1.5 maka untuk perkuatan tersebut dinyatakan aman terhadap longsor. Untuk hasil analisa software Geoslope dan Geo5 dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

### 5.3 Perkuatan Timbunan Sisi Tegak

Dalam perencanaan timbunan pada Tugas Akhir ini menggunakan perkuatan sisi tegak dimana akan direncanakan menggunakan *getextile wall* dan *keystone wall* sebagai alternative perencanaan. Dalam perencanaan terbagi 2 wilayah timbunan dimana ada yang tanah dasarnya memiliki nilai  $C_u=100 \text{ kN/m}^2$  (wilayah 1) dan nilai  $C_u=55 \text{ kN/m}^2$  (wilayah 2). Wilayah 1 meliputi STA 51+450-STA 51+500, STA 51+700, STA 52+000-STA 52+050, dan STA 52+600-STA 52+825. Sedangkan untuk wilayah 2 meliputi STA 53+450-STA 53+575.

Dari data tanah tersebut dapat disimpulkan bahwa, lapisan tanah dasar yang akan ditimbun merupakan tanah keras sesuai dengan **Tabel 4.2** sehingga dalam perencanaan timbunan ini tidak menghitung besar konsolidasi (penurunan) tanah karena tanah keras dianggap sudah mampat. Dalam perencanaan perhitungan pembagian zona ketinggian lereng masing-masing wilayah ditinjau mulai dari ketinggian timbunan 2, 4, 6, 8, dan 10 meter.

### 5.3.1 Perencanaan *Geotextile Wall*

Dalam perencanaan *geotextile wall* untuk timbunan sisi tegak dihitung berdasarkan teori yang sudah dijelaskan pada sub bab 2.4.1. *Geotextile* disini dikondisikan akan menerima semua beban tekanan tanah yang terjadi, sedangkan turap hanya digunakan sebagai *facing* atau penutup sisi *geotextile* tersebut. Untuk contoh perhitungan disini diambil pada zona ketinggian timbunan 10 meter. Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

Diketahui:	
H timbunan	= 10 m
Lebar jalan	= 30 m
q	= 27 kPa (lalin + Pavement)
SF rencana	= 1.5
C atas	= 0 kPa
C bawah	= 100 kPa (wilayah 1)
C bawah	= 55 kPa (wilayah 2)
$\Phi$ atas	= 30°
$\Phi$ bawah	= 40° (wilayah 1)
$\Phi$ bawah	= 35.5° (wilayah 2)
$\gamma$ timbunan	= 19 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ atas	= (2/3) x 30° = 20°
$\delta$ bawah	= (2/3) x 40° = 26.67° (wilayah 1)
$\delta$ bawah	= (2/3) x 35.5° = 23.67° (wilayah 1)

1. Menghitung kuat tarik ijin *geotextile* dengan jenis dan tipe *geotextile* yang digunakan adalah produk dari stabilenka yang memiliki kuat tarik ultimate sebesar 200 kN/m'.

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= T_{\text{ult}} / (FS_{\text{id}} \times FS_{\text{cr}} \times FS_{\text{cd}} \times FS_{\text{bd}}) \\ &= 200 / (1.5 \times 3 \times 1.25 \times 1.15) \\ &= 30.918 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Menghitung pemasangan *geotextile* ( $S_v$ ) berdasarkan **Persamaan 2.34** untuk wilayah 1 dan 2. Contoh perhitungan berdasar H lereng 10 m dengan  $H_z = 10$  m, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tanah}} &= \gamma_{\text{timbunan}} \times H_z \\ &= 19 \times 10 \\ &= 190 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\Sigma v_q = 27 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 - 30/2) \\ &= 0.333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{HS}} (\text{tanah}) &= \sigma_{\text{tanah}} \times K_a \\ &= 190 \times 0,333 \\ &= 63.33 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{HQ}} &= \Sigma v (\text{lalin} + \text{Pavement}) \times K_a \\ &= 27 \text{ kN/m}^2 \times 0,333 \\ &= 9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{H total}} &= \sigma_{\text{HS}} + \sigma_{\text{HQ}} \\ &= 63.33 + 9 \\ &= 72.33 \text{ kn/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_v &= \frac{T_{\text{allow}}}{\text{SF} \times \sigma_{\text{H total}}} \\ &= \frac{30.918}{1,5 \times 72.33} \\ &= 0.28 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 0.25 \text{ m} \end{aligned}$$



Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.17.**

**Tabel 5. 17** Hasil rekapitulasi perhitungan Sv untuk wilayah 1&2

No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	Ø (o)	Ka	ghz (kN/m <sup>2</sup> )	ghq (kN/m <sup>2</sup> )	gh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geotextile
1	10	19	10	30	0.333	63.33	9	72.333	30.918	1.5	0.28	0.25	4
2	10	19	9	30	0.333	57.00	9	66.000	30.918	1.5	0.31	0.25	4
3	10	19	8	30	0.333	50.67	9	59.667	30.918	1.5	0.35	0.25	4
4	10	19	7	30	0.333	44.33	9	53.333	30.918	1.5	0.39	0.25	4
5	10	19	6	30	0.333	38.00	9	47.000	30.918	1.5	0.44	0.25	4
6	10	19	5	30	0.333	31.67	9	40.667	30.918	1.5	0.51	0.5	2
7	10	19	4	30	0.333	25.33	9	34.333	30.918	1.5	0.60	0.5	2
8	10	19	3	30	0.333	19.00	9	28.000	30.918	1.5	0.74	0.5	2
8	10	19	2	30	0.333	12.67	9	21.667	30.918	1.5	0.95	1	1
8	10	19	1	30	0.333	6.33	9	15.333	30.918	1.5	1.34	1	1
<b>Total</b>												<b>28</b>	

3. Selanjutnya menghitung kebutuhan panjang *geotextile* untuk wilayah 1 dan 2. Contoh perhitungan dengan meninjau Hz = 10 m.

$$\sigma H \text{ total} = 72.33 \text{ kN/m}^2$$

$$Le = \frac{0.25 \times 72.33 \times 1.5}{[100 + (217 \times \tan 26.67)] + [0 + (217 \times \tan 20)]}$$

$$Le = 0.09 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m}$$

$$Lr = (H - Z) \times \tan (45 - (\phi/2)) \\ = (10 - 10) \times \tan (45 - (30/2)) \\ = 0 \text{ m}$$

$$Lo = \frac{1}{2} \times Le \\ = \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} \\ = 0.5 \text{ m}$$

$$L \text{ total} = Le + Lr + Sv + Lo \\ = 1 + 0 + 0.25 + 0.5 \\ = 1.75 \text{ m}$$

Untuk seluruh perhitungan dapat dilihat dalam **Tabel 5.18**.

**Tabel 5. 18** Hasil rekapitulasi perhitungan panjang *geotextile*

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	Lo Pakai (m)	L Total (m)
Tanah Dasar	10	10	0	217	208.98									
1	10	10	0.25	217	78.98	72.33	0.09	1.00	0.00	1.00	1.0	5.0	0.5	5.80
2	10	9.75	0.25	212.25	31.94	70.75	0.42	1.00	0.14	1.14	1.20	5.0	0.5	5.80
3	10	9.5	0.25	207.5	31.12	69.17	0.42	1.00	0.29	1.29	1.30	5.0	0.5	5.80
4	10	9.25	0.25	202.75	30.30	67.58	0.42	1.00	0.43	1.43	1.50	5.0	0.5	5.80
5	10	9	0.25	198	29.48	66.00	0.42	1.00	0.58	1.58	1.60	5.0	0.5	5.80
6	10	8.75	0.25	193.25	28.66	64.42	0.42	1.00	0.72	1.72	1.80	5.0	0.5	5.80
7	10	8.5	0.25	188.5	27.84	62.83	0.42	1.00	0.87	1.87	1.90	5.0	0.5	5.80
8	10	8.25	0.25	183.75	27.02	61.25	0.42	1.00	1.01	2.01	2.10	5.0	0.5	5.80
9	10	8	0.25	179	26.21	59.67	0.43	1.00	1.15	2.15	2.20	5.0	0.5	5.80
10	10	7.75	0.25	174.25	25.39	58.08	0.43	1.00	1.30	2.30	2.30	5.0	0.5	5.80
11	10	7.5	0.25	169.5	24.57	56.50	0.43	1.00	1.44	2.44	2.50	5.0	0.5	5.80
12	10	7.25	0.25	164.75	23.75	54.92	0.43	1.00	1.59	2.59	2.60	5.0	0.5	5.80
13	10	7	0.25	160	22.93	53.33	0.44	1.00	1.73	2.73	2.80	5.0	0.5	5.80
14	10	6.75	0.25	155.25	22.11	51.75	0.44	1.00	1.88	2.88	2.90	5.0	0.5	5.80
15	10	6.5	0.25	150.5	21.29	50.17	0.44	1.00	2.02	3.02	3.10	5.0	0.5	5.80
16	10	6.25	0.25	145.75	20.47	48.58	0.44	1.00	2.17	3.17	3.20	5.0	0.5	5.80
17	10	6	0.25	141	19.65	47.00	0.45	1.00	2.31	3.31	3.40	5.0	0.5	5.80
18	10	5.75	0.25	136.25	18.84	45.42	0.45	1.00	2.45	3.45	3.50	5.0	0.5	5.80
19	10	5.5	0.25	131.5	18.02	43.83	0.46	1.00	2.60	3.60	3.60	5.0	0.5	5.80
20	10	5.25	0.25	126.75	17.20	42.25	0.46	1.00	2.74	3.74	5.00	5.0	0.5	5.80

(Lanjutan Tabel 5.18)

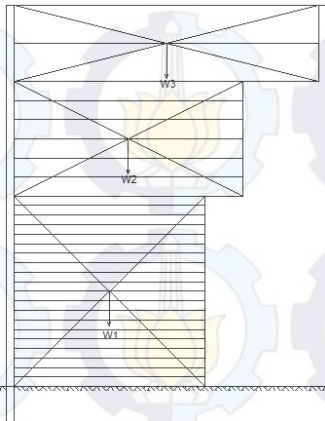
Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	Lo Pakai (m)	L Total (m)
21	10	5	0.5	122	16.38	40.67	0.93	1.00	2.89	3.89	3.90	6.0	0.5	7.00
22	10	4.5	0.5	112.5	14.74	37.50	0.95	1.00	3.18	4.18	4.20	6.0	0.5	7.00
23	10	4	0.5	103	13.10	34.33	0.98	1.00	3.46	4.46	4.50	6.0	0.5	7.00
24	10	3.5	0.5	93.5	11.47	31.17	1.02	2.00	3.75	5.75	5.80	6.0	1	7.50
25	10	3	0.5	84	9.83	28.00	1.07	2.00	4.04	6.00	6.00	6.0	1	7.50
26	10	2.5	0.5	74.5	8.19	24.83	1.14	2.00	4.33	6.33	6.00	6.0	1	7.50
27	10	2	1	65	6.55	21.67	2.48	3.00	4.62	7.62	7.70	8.0	1.5	10.50
28	10	1	1	46	3.28	15.33	3.51	4.00	5.20	9.20	8.00	8.0	2	11.00

4. Memeriksa kontrol stabilitas terhadap geser dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Pa_1 (\text{tanah}) &= \frac{1}{2} \times \gamma \text{ timb.} \times H^2 \times Ka \\
 &= \frac{1}{2} \times 19 \times (10^2) \times 0.333
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 316.67 \text{ kN} \\
 P_{a1} (H) &= P_{a1} \times \cos \delta \\
 &= 316.67 \times \cos 20^\circ \\
 &= 297.57 \text{ kN} \\
 P_{a1} (V) &= P_{a1} \times \sin \delta \\
 &= 316.67 \times \sin 20^\circ \\
 &= 108.31 \text{ kN} \\
 P_q &= K_a \times q \times H \\
 &= 0.333 \times 27 \times 10 \\
 &= 90 \text{ kN} \\
 P_q (H) &= P_q \times \cos \delta \\
 &= 90 \times \cos 20^\circ \\
 &= 84.57 \text{ kN} \\
 P_q (V) &= P_q \times \sin \delta \\
 &= 90 \times \sin 20^\circ \\
 &= 30.78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung berat tanah sendiri dengan pembagian seperti **Gambar 5.30**.



**Gambar 5. 30** Pembagian beban tanah

$$W_1 = \gamma_{\text{timb}} \times H_1 \times L_1$$

$$= 19 \times 5 \times 5$$

$$= 475 \text{ kN}$$

$$W2 = \gamma \text{ timb} \times H2 \times L2$$

$$= 19 \times 3 \times 6$$

$$= 342 \text{ kN}$$

$$W3 = \gamma \text{ timb} \times H3 \times L3$$

$$= 19 \times 2 \times 8$$

$$= 304 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = W1 + W2 + W3$$

$$= 475 + 342 + 304$$

$$= 1121 \text{ kN}$$

Setelah menghitung seluruh gaya yang bekerja maka kemudian menghitung stabilitas geser dengan contoh perhitungan berikut:

$$FS = \frac{\Sigma FP}{\Sigma FD}$$

$$FS = \frac{\left[ C + \left( \frac{W_{\text{total}} + Pa1(v) + Pq(v)}{L} \right) x \tan \delta \right]}{\left( \frac{Pa1(h) + Pq(h)}{L} \right)}$$

$$= \frac{100 + \left( \frac{1121 + 108.31 + 30.78}{5} \right) x \tan 20}{\left( \frac{297.57 + 84.57}{5} \right)}$$

$$= 2.41 > 1.5 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 1}$$

Dengan cara yang sama kontrol stabilitas geser untuk H timbunan 10 m pada wilayah 2 adalah sebagai berikut:

$$FS = \frac{55 + \left( \frac{1121 + 108.31 + 30.78}{5} \right) x \tan 20}{\left( \frac{297.57 + 84.57}{5} \right)}$$

$$= 1.82 > 1.5 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 2}$$

5. Kontrol terhadap daya dukung (*bearing capacity*) sesuai dengan **Persamaan 2.41**. Untuk mengetahui tegangan ijin tanah menggunakan rumus Terzaghi dan nilai koefisien

sesuai dengan **Tabel 2.5**, contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\Phi = 40^\circ \text{ (wilayah 1)}$$

$$\Phi = 35.5^\circ \text{ (wilayah 2)}$$

$$N_c = 95.6 \text{ (wilayah 1)} \text{ dan } 61.58 \text{ (wilayah 2)}$$

$$N_q = 81.2 \text{ (wilayah 1)} \text{ dan } 45.38 \text{ (wilayah 2)}$$

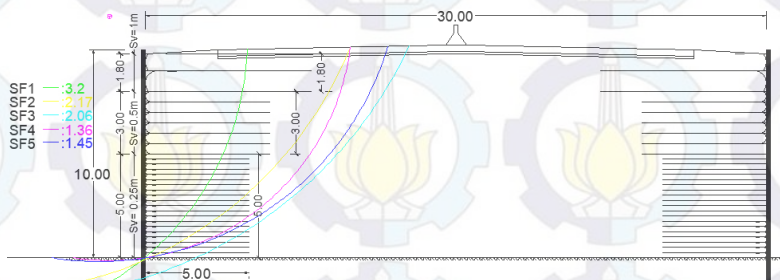
$$N_\gamma = 114 \text{ (wilayah 1)} \text{ dan } 51 \text{ (wilayah 2)}$$

$$\begin{aligned} FS &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{c \times N_c + 0.5 \times \gamma \times N_\gamma \times B}{(\gamma \times h) + q} \\ &= \frac{100 \times 95.6 + 0.5 \times (21 - 10) \times 114 \times 30}{(19 \times 10) + 27} \\ &= 130.73 > 3 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 1} \end{aligned}$$

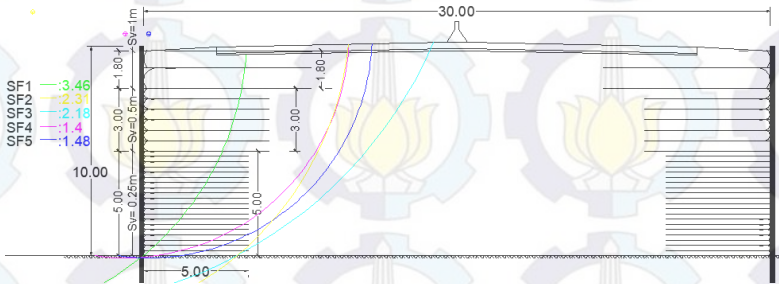
Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh kontrol daya dukung untuk timbunan dengan  $H = 10$  m pada wilayah 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FS &= \frac{55 \times 61.58 + 0.5 \times (20 - 10) \times 51 \times 30}{(19 \times 10) + 27} \\ &= 50.86 > 3 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 2} \end{aligned}$$

Timbunan tegak dengan perkuatan *geotextile* aman terhadap geser dan aman terhadap daya dukung. Untuk *overall stability* kemudian dicek menggunakan program bantu XSTABL untuk mengetahui angka keamanan yang terjadi. Hasil analisa XSTABL dapat dilihat pada **Gambar 5.31** dan **Gambar 5.32**.



**Gambar 5.31** Hasil analisa XSTABL wilayah 1



**Gambar 5. 32** Hasil analisa XSTABL wilayah 2

Dari hasil tersebut diketahui SF terkritis untuk wilayah 1 dan 2 masing-masing adalah 1.4 dan 1.36 dimana nilai SF ini masih tergolong aman. Dikarenakan tanah dasar timbunan adalah tanah keras sehingga kelongsoran yang terjadi bukan secara *overall* namun secara internal sehingga tidak memerlukan perkuatan tambahan untuk menahan kelongsoran *overall*. Namun untuk menjadikan lebih aman maka panjang *geotextile* dapat dipanjangkan sampai 1 m dibelakang bidang longsor kritis.

Berdasarkan langkah perhitungan 1 s/d 5 diatas selanjutnya dapat direkap perhitungan *geotextile* untuk ketinggian timbunan lainya sebagai berikut :

- Untuk timbunan dengan H = 0 s/d 2 meter untuk wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan Sv ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 19** Perhitungan Sv *geotextile* dengan H timbunan 0 s/d 2 m

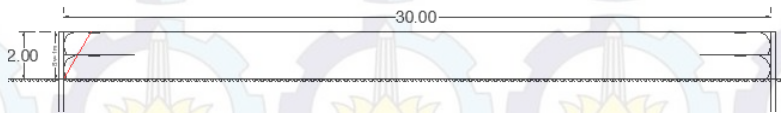
No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	Ø (o)	Ka	σ <sub>hz</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>hq</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>h total</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geotextile
1	2	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	30.918	1.5	0.95	1	1
2	2	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	30.918	1.5	1.34	1	1
												Total	2

- Perhitungan Le, Lr, dan Lo ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 20** Perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$ , dan  $L_o$  *geotextile* pada  $H= 0$  s/d 2 m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{hg}$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	$L_e$ Pakai (m)	$L_r$ (m)	$L$ (m)	$L$ Pakai (m)	$L$ pasang (m)	$L_o$ Pakai (m)	$L$ Total (m)
Tanah Dasar	2	2	0	65	132,644									
1	2	2	1	65	23,658	21,67	0,21	1,00	0,00	1,00	1	1	0,5	2,50
2	2	1	1	46	16,743	15,33	0,69	1,00	1,73	2,73	3,00	3	0,5	4,50

➤ **Gambar 5.33** adalah instalasi *geotextile*.

**Gambar 5. 33** Instalasi *geotextile* untuk  $H$  timbunan 0 s/d 2 m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 129.9 \text{ kN} / 28.2 \text{ kN} = 4.51 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 91.82 \text{ kN} / 28.2 \text{ kN} = 3.19 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 65 \text{ kN/m}^2 = 436.46 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 65 \text{ kN/m}^2 = 169.8 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 2$  s/d 4 meter pada wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan  $S_v$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 21** Perhitungan  $S_v$  *geotextile* dengan  $H$  timbunan 2 s/d 4 m

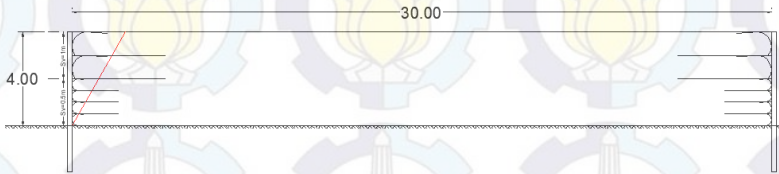
No	H	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	$\phi$ (o)	$K_a$	$\sigma_{hz}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{hg}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{hg}$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$T_{all}$ (kN/m)	SF	$S_v$ (m)	$S_v$ pakai (m)	Kebutuhan Geotextile
1	4	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	30.918	1.5	0.60	0.5	2
2	4	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	30.918	1.5	0.74	0.5	2
3	4	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	30.918	1.5	0.95	1	1
4	4	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	30.918	1.5	1.34	1	1
												Total	6

- Perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$ , dan  $L_o$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 22** Perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$ , dan  $L_o$  *geotextile* pada  $H= 2$  s/d  $4$  m

Layer	H (m)	Z (m)	$S_v$ (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	$L_e$ Pakai (m)	$L_r$ (m)	$L$ (m)	$L$ Pakai (m)	$L$ pasang (m)	$L_o$ Pakai (m)	$L$ Total (m)
Tanah Dasar	4	4	0	103	151.729									
1	4	4	0.5	103	37.489	34.33	0.14	1.00	0.00	1.00	1.0	2.0	0.5	3.00
2	4	3.5	0.5	93.5	34.031	31.17	0.34	1.00	0.29	1.29	1.2	2.0	0.5	3.00
3	4	3	0.5	84	30.573	28.00	0.34	1.00	0.58	1.58	1.6	2.0	0.5	3.00
4	4	2.5	0.5	74.5	27.116	24.83	0.34	1.00	0.87	1.87	2	2.0	0.5	3.00
5	4	2	1	65	23.658	21.67	0.69	1.00	1.15	2.15	3.2	4	0.5	5.50
6	4	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	1.73	2.73	4	4	0.5	5.50

➤ **Gambar 5.34** adalah instalasi *geotextile*.

**Gambar 5. 34** Instalasi *geotextile* untuk  $H$  timbunan 2 s/d  $4$  m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 144.47\text{kN} / 39.84 \text{ kN} = 3.63 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 99.47 \text{ kN} / 39.84 \text{ kN} = 2.50 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 103 \text{ kN/m}^2 = 275.44 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 103 \text{ kN/m}^2 = 107.15 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 4$  s/d  $6$  meter pada wilayah 1 dan 2 :



- Perhitungan Sv ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 23** Perhitungan Sv *geotextile* dengan H timbunan 4 s/d 6 m

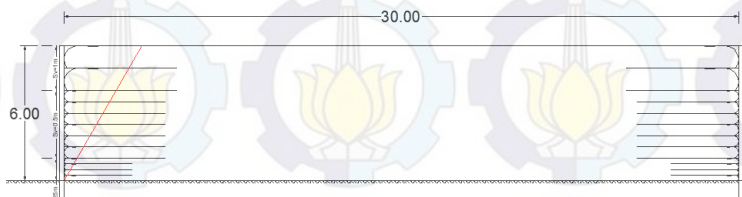
No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	Ø (o)	Ka	ohz (kN/m <sup>2</sup> )	ohq (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geotextile
1	6	19	6	30	0,333	38.000	9	47.000	30.918	1,5	0,44	0,25	4
2	6	19	5	30	0,333	31.667	9	40.667	30.918	1,5	0,51	0,5	2
3	6	19	4	30	0,333	25.333	9	34.333	30.918	1,5	0,60	0,5	2
4	6	19	3	30	0,333	19.000	9	28.000	30.918	1,5	0,74	0,5	2
5	6	19	2	30	0,333	12.667	9	21.667	30.918	1,5	0,95	1	1
6	6	19	1	30	0,333	6.333	9	15.333	30.918	1,5	1,34	1	1
												Total	12

- Perhitungan Le, Lr, dan Lo ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 24** Perhitungan Le, Lr, dan Lo *geotextile* pada H= 4 s/d 6 m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	ov (kN/m <sup>2</sup> )	τ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	Lo Pakai (m)	L Total (m)
Tanah Dasar	6	6	0	141	100.000									
1	6	6	0,25	141	51.320	47.00	0,12	1,00	0,00	1,00	1,0	3,0	0,5	3,80
2	6	5,75	0,25	136,25	49.591	45.42	0,17	1,00	0,14	1,14	1,2	3,0	0,5	3,80
3	6	5,5	0,25	131,5	47.862	43.83	0,17	1,00	0,29	1,29	1,3	3,0	0,5	3,80
4	6	5,25	0,25	126,75	46.133	42.25	0,17	1,00	0,43	1,43	3	3,0	0,5	3,80
5	6	5	0,5	122	44.404	40.67	0,34	1,00	0,58	1,58	1,6	4,5	0,5	5,50
6	6	4,5	0,5	112,5	40.947	37.50	0,34	1,00	0,87	1,87	3	4,5	0,5	5,50
7	6	4	0,5	103	37.489	34.33	0,34	1,00	1,15	2,15	3	4,5	0,5	5,50
8	6	3,5	0,5	93,5	34.031	31.17	0,34	1,00	1,44	2,44	2,5	4,5	0,5	5,50
9	6	3	0,5	84	30.573	28.00	0,34	1,00	1,73	2,73	4	4,5	0,5	5,50
10	6	2,5	0,5	74,5	27.116	24.83	0,34	1,00	2,02	3,02	4,5	4,5	0,5	5,50
11	6	2	1	65	23.658	21.67	0,69	1,00	2,31	3,31	5	5,0	0,5	6,50
12	6	1	1	46	16.743	15.33	0,69	1,00	2,89	3,89	5	5,0	0,5	6,50

- **Gambar 5.35** adalah instalasi *geotextile*.



**Gambar 5. 35** Instalasi *geotextile* untuk H timbunan 4 s/d 6 m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 163.33 \text{ kN} / 52.62 \text{ kN} = 3.1 > 1.5 \text{ (OK)}$   
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 118.33 \text{ kN} / 52.62 \text{ kN} = 2.25 > 1.5 \text{ (OK)}$
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 141 \text{ kN/m}^2 = 201.21 > 3 \text{ (OK)}$   
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 141 \text{ kN/m}^2 = 78.28 > 3 \text{ (OK)}$

- Untuk timbunan dengan H = 6 s/d 8 meter pada wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan Sv ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 25** Perhitungan Sv geotextile dengan H timbunan 6 s/d 8 m

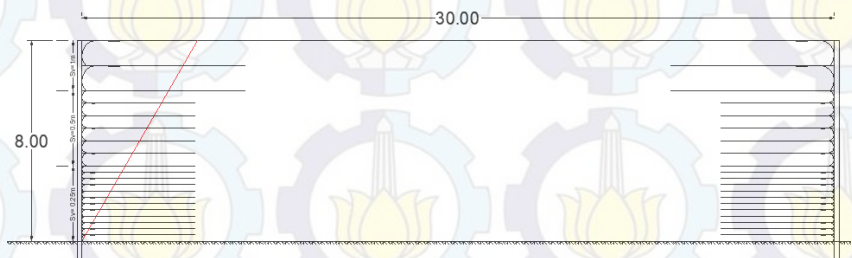
No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	O (o)	Ka	ohz (kN/m <sup>2</sup> )	ohq (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geotextile
1	8	19	8	30	0.333	50.667	9	59.667	30.918	1.5	0.35	0.25	4
2	8	19	7	30	0.333	44.333	9	53.333	30.918	1.5	0.39	0.25	4
3	8	19	6	30	0.333	38.000	9	47.000	30.918	1.5	0.44	0.25	4
4	8	19	5	30	0.333	31.667	9	40.667	30.918	1.5	0.51	0.5	2
5	8	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	30.918	1.5	0.60	0.5	2
6	8	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	30.918	1.5	0.74	0.5	2
7	8	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	30.918	1.5	0.95	1	1
8	8	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	30.918	1.5	1.34	1	1
<b>Total</b>													20

- Perhitungan Le, Lr, dan Lo ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 26** Perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$ , dan  $L_o$  *geotextile* pada  $H= 6$  s/d  $8$  m

Layer	H (m)	Z (m)	$S_v$ (m)	$ov$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$oh$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	$L_e$ Pakai (m)	$L_r$ (m)	$L$ (m)	$L$ Pakai (m)	$L$ pasang (m)	$L_o$ Pakai (m)	$L$ Total (m)
Tanah Dasar	8	8	0	179	189.897									
1	8	8	0.25	179	65.151	59.67	0.09	1.00	0.00	1.00	1.0	4.5	0.5	5.30
2	8	7.75	0.25	174.25	63.422	58.08	0.17	1.00	0.14	1.14	1.20	4.5	0.5	5.30
3	8	7.5	0.25	169.5	61.693	56.50	0.17	1.00	0.29	1.29	1.30	4.5	0.5	5.30
4	8	7.25	0.25	164.75	59.964	54.92	0.17	1.00	0.43	1.43	1.50	4.5	0.5	5.30
5	8	7	0.25	160	58.235	53.33	0.17	1.00	0.58	1.58	1.60	4.5	0.5	5.30
6	8	6.75	0.25	155.25	56.506	51.75	0.17	1.00	0.72	1.72	1.80	4.5	0.5	5.30
7	8	6.5	0.25	150.5	54.778	50.17	0.17	1.00	0.87	1.87	1.90	4.5	0.5	5.30
8	8	6.25	0.25	145.75	53.049	48.58	0.17	1.00	1.01	2.01	2.10	4.5	0.5	5.30
9	8	6	0.25	141	51.320	47.00	0.17	1.00	1.15	2.15	2.20	4.5	0.5	5.30
10	8	5.75	0.25	136.25	49.591	45.42	0.17	1.00	1.30	2.30	2.30	4.5	0.5	5.30
11	8	5.5	0.25	131.5	47.862	43.83	0.17	1.00	1.44	2.44	2.50	4.5	0.5	5.30
12	8	5.25	0.25	126.75	46.133	42.25	0.17	1.00	1.59	2.59	4.50	4.5	0.5	5.30
13	8	5	0.5	122	44.404	40.67	0.34	1.00	1.73	2.73	2.80	4.5	0.5	5.50
14	8	4.5	0.5	112.5	40.947	37.50	0.34	1.00	2.02	3.02	3.10	4.5	0.5	5.50
15	8	4	0.5	103	37.489	34.33	0.34	1.00	2.31	3.31	3.40	4.5	0.5	5.50
16	8	3.5	0.5	93.5	34.031	31.17	0.34	1.00	2.60	3.60	3.60	4.5	0.5	5.50
17	8	3	0.5	84	30.573	28.00	0.34	1.00	2.89	3.89	3.90	4.5	0.5	5.50
18	8	2.5	0.5	74.5	27.116	24.83	0.34	1.00	3.18	4.18	4.50	4.5	0.5	5.50
19	8	2	1	65	23.658	21.67	0.69	1.00	3.46	4.46	6.50	6.5	0.5	8.00
20	8	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	4.04	5.04	6.50	6.5	0.5	8.00

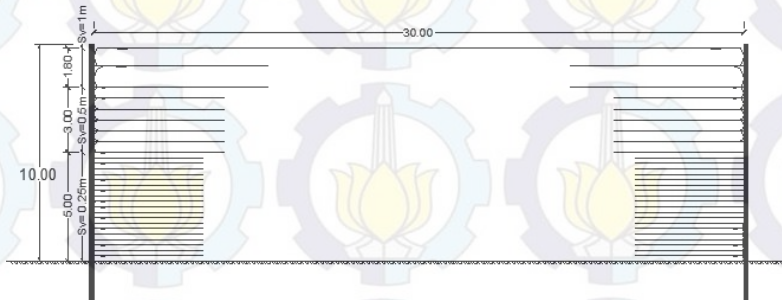
➤ **Gambar 5.36** adalah instalasi *geotextile*.



**Gambar 5. 36** Instalasi *geotextile* untuk  $H$  timbunan  $6$  s/d  $8$  m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 163.46 \text{ kN} / 57.36 \text{ kN} = 2.85 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 118.46 \text{ kN} / 57.36 \text{ kN} = 2.07 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 179 \text{ kN/m}^2 = 158.49 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 179 \text{ kN/m}^2 = 61.66 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 8$  s/d 10 meter untuk wilayah 1 dan 2 :
  - Seluruh perhitungan sesuai dengan contoh perhitungan pada poin 1 s/d 5 diatas.
  - **Gambar 5.37** adalah instalasi *geotextiles* dan *keystone-wall*



**Gambar 5. 37** Instalasi *geotextile* untuk H timbunan 8 s/d 10 m

### 5.3.2 Perencanaan *Geogrid* dan *Keystone Wall*

Dalam perencanaan *geogrids wall reinforcement* untuk timbunan sisi tegak dihitung berdasarkan teori yang sudah dijelaskan pada sub bab 2.4.2. *Geogrids* disini dikondisikan akan menerima semua beban tekanan tanah yang terjadi, sedangkan *keystone* hanya digunakan sebagai *facing* atau penutup sisi *geotextile* tersebut. untuk contoh perhitungan disini diambil pada zona ketinggian timbunan 10 meter. Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

Diketahui:	
H timbunan	= 10 m
Lebar jalan	= 30 m
q	= 27 kPa (Lalin + Pavement)
SF rencana	= 1.5
C atas	= 0 kPa
C bawah	= 100 kPa (wilayah 1)
C bawah	= 55 kPa (wilayah 2)
$\Phi$ atas	= $30^\circ$

$$\begin{aligned}\Phi \text{ bawah} &= 40^\circ \text{ (wilayah 1)} \\ \Phi \text{ bawah} &= 35.5^\circ \text{ (wilayah 2)} \\ \gamma \text{ timbunan} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ \delta \text{ atas} &= (2/3) \times 30^\circ = 20^\circ \\ \delta \text{ bawah} &= (2/3) \times 40^\circ = 26.67^\circ \text{ (wilayah 1)} \\ \delta \text{ bawah} &= (2/3) \times 35.5^\circ = 23.67^\circ \text{ (wilayah 1)}\end{aligned}$$

1. Menghitung kuat tarik ijin *geogridse* dengan jenis dan tipe *geogrids* yang digunakan adalah produk dari Tenax *uni-Axial grids* dan tipe TT160 Samp yang memiliki kuat tarik ultimate sebesar  $160 \text{ kN/m}^2$ .

$$\begin{aligned}T \text{ allow} &= T \text{ ult} / (FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}) \\ &= 160 / (1.5 \times 3 \times 1.25 \times 1.15) \\ &= 24.734 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

2. Menghitung pemasangan *geotextile* ( $S_v$ ) berdasarkan **Persamaan 2.34** untuk wilayah 1 dan 2. Contoh perhitungan berdasar H lereng 10 m dengan  $H_z = 10 \text{ m}$ , sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma_v \text{ tanah} &= \gamma \text{ timbunan} \times H_z \\ &= 19 \times 10 \\ &= 190 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma v \ q \\ K_a &= \tan^2 (45 - \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 - 30/2) \\ &= 0.333\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{HS} \text{ (tanah)} &= \sigma_v \text{ tanah} \times K_a \\ &= 190 \times 0.333 \\ &= 63.33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{HQ} &= \Sigma v \text{ (Lalin + Pavement)} \times K_a \\ &= 27 \text{ kN/m}^2 \times 0.333 \\ &= 9 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_H \text{ total} &= \sigma_{HS} + \sigma_{HQ} \\ &= 63.33 + 9 \\ &= 72.33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$S_v = \frac{T_{\text{allow}}}{\frac{SF \times \sigma_H \text{ total}}{24.734}} = \frac{1,5 \times 72,33}{24.734} = 0.23 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 0.2 \text{ m}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.27**.

**Tabel 5. 27** Hasil rekapitulasi perhitungan  $S_v$  untuk wilayah 1&2

No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	Ø (°)	Ka	σ <sub>hz</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>hq</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>h total</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	T <sub>all</sub> (kN/m)	SF	S <sub>v</sub> (m)	S <sub>v</sub> pakai (m)	Kebutuhan Geogrid
1	10	19	10	30	0.333	63.333	9	72.333	24.734	2	0.23	0.2	5
2	10	19	9	30	0.333	57.000	9	66.000	24.734	2	0.25	0.2	5
3	10	19	8	30	0.333	50.667	9	59.667	24.734	2	0.28	0.2	5
4	10	19	7	30	0.333	44.333	9	53.333	24.734	2	0.31	0.2	5
5	10	19	6	30	0.333	38.000	9	47.000	24.734	2	0.35	0.2	5
6	10	19	5	30	0.333	31.667	9	40.667	24.734	2	0.41	0.4	2
7	10	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	24.734	2	0.48	0.4	2
8	10	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	24.734	2	0.59	0.6	2
9	10	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	24.734	2	0.76	0.6	2
10	10	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	24.734	2	1.08	1	1
Total												34	

3. Selanjutnya menghitung kebutuhan panjang *geotextile* untuk wilayah 1 dan 2. Contoh perhitungan dengan meninjau  $H_z = 10 \text{ m}$ .

$$\sigma_H \text{ total} = 72.33 \text{ kN/m}^2$$

$$L_e = \frac{0.25 \times 63.33 \times 1.5}{[100 + (217 \times \tan 26.67)] + [0 + (217 \times \tan 20)]}$$

$$L_e = 0.09 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m}$$

$$L_r = (H - Z) \times \tan(45 - (\phi/2)) \\ = (10 - 10) \times \tan(45 - (30/2)) \\ = 0 \text{ m}$$

$$L_o = \frac{1}{2} \times L_e \\ = \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} \\ = 0.5 \text{ m}$$

$$L \text{ total} = L_e + L_r + S_v + L_o \\ = 1 + 0 + 0.25 + 0.5 \\ = 1.75 \text{ m}$$

Untuk seluruh perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 5.28.

**Tabel 5. 28** Hasil rekapitulasi perhitungan panjang *geogrids*

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	L Total (m)
Tanah Dasar	10	10	0	217	208.981								
1	10	10	0.2	217	78.982	72.33	0.08	1.00	0.00	1.00	1.0	6.0	6.00
2	10	9.8	0.2	213.2	77.598	71.07	0.14	1.00	0.12	1.12	1.1	6.0	6.00
3	10	9.6	0.2	209.4	76.215	69.80	0.14	1.00	0.23	1.23	1.2	6.0	6.00
4	10	9.4	0.2	205.6	74.832	68.53	0.14	1.00	0.35	1.35	1.3	6.0	6.00
5	10	9.2	0.2	201.8	73.449	67.27	0.14	1.00	0.46	1.46	1.5	6.0	6.00
6	10	9	0.2	198	72.066	66.00	0.14	1.00	0.58	1.58	1.6	6.0	6.00
7	10	8.8	0.2	194.2	70.683	64.73	0.14	1.00	0.69	1.69	1.7	6.0	6.00
8	10	8.6	0.2	190.4	69.300	63.47	0.14	1.00	0.81	1.81	1.8	6.0	6.00
9	10	8.4	0.2	186.6	67.917	62.20	0.14	1.00	0.92	1.92	1.9	6.0	6.00
10	10	8.2	0.2	182.8	66.534	60.93	0.14	1.00	1.04	2.04	2.0	6.0	6.00
11	10	8	0.2	179	65.151	59.67	0.14	1.00	1.15	2.15	2.2	6.0	6.00
12	10	7.8	0.2	175.2	63.768	58.40	0.14	1.00	1.27	2.27	2.3	6.0	6.00
13	10	7.6	0.2	171.4	62.384	57.13	0.14	1.00	1.39	2.39	2.4	6.0	6.00
14	10	7.4	0.2	167.6	61.001	55.87	0.14	1.00	1.50	2.50	2.5	6.0	6.00
15	10	7.2	0.2	163.8	59.618	54.60	0.14	1.00	1.62	2.62	2.6	6.0	6.00
16	10	7	0.2	160	58.235	53.33	0.14	1.00	1.73	2.73	2.7	6.0	6.00
17	10	6.8	0.2	156.2	56.852	52.07	0.14	1.00	1.85	2.85	2.8	6.0	6.00
18	10	6.6	0.2	152.4	55.469	50.80	0.14	1.00	1.96	2.96	3.0	6.0	6.00
19	10	6.4	0.2	148.6	54.086	49.53	0.14	1.00	2.08	3.08	3.1	6.0	6.00
20	10	6.2	0.2	144.8	52.703	48.27	0.14	1.00	2.19	3.19	3.2	6.0	6.00

(Lanjutan Tabel 5.28)

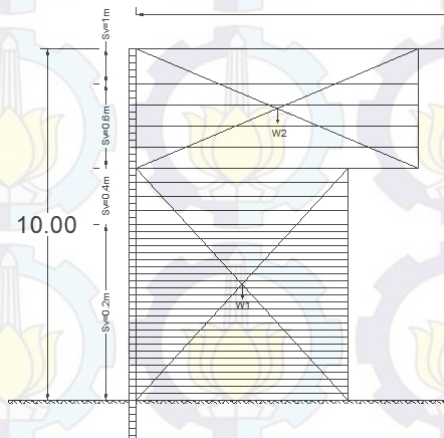
Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	L Total (m)
21	10	6	0.2	141	51.320	47.00	0.14	1.00	2.31	3.31	3.3	6.0	6.00
22	10	5.8	0.2	137.2	49.937	45.73	0.14	1.00	2.42	3.42	3.4	6.0	6.00
23	10	5.6	0.2	133.4	48.554	44.47	0.14	1.00	2.54	3.54	3.5	6.0	6.00
24	10	5.4	0.2	129.6	47.171	43.20	0.14	1.00	2.66	3.66	4.0	6.0	6.00
25	10	5.2	0.2	125.8	45.787	41.93	0.14	1.00	2.77	3.77	6.0	6.0	6.00
26	10	5	0.4	122	44.404	40.67	0.27	1.00	2.89	3.89	3.9	6.0	6.00
27	10	4.6	0.4	114.4	41.638	38.13	0.27	1.00	3.12	4.12	4.1	6.0	6.00
28	10	4.2	0.4	106.8	38.872	35.60	0.27	1.00	3.35	4.35	4.3	6.0	6.00
29	10	3.8	0.4	99.2	36.106	33.07	0.27	1.00	3.58	4.58	6.0	6.0	6.00
30	10	3.4	0.6	91.6	33.340	30.53	0.41	1.00	3.81	4.81	6.0	8.0	8.00
31	10	2.8	0.6	80.2	29.190	26.73	0.41	1.00	4.16	5.16	6.0	8.0	8.00
32	10	2.2	0.6	68.8	25.041	22.93	0.41	1.00	4.50	5.50	6.0	8.0	8.00
33	10	1.6	0.6	57.4	20.892	19.13	0.41	1.00	4.85	5.85	8.0	8.0	8.00
34	10	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	5.20	6.20	8.0	8.0	8.00

4. Memeriksa kontrol stabilitas terhadap geser dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Pa_1 (\text{tanah}) &= \frac{1}{2} \times \gamma \text{ timb.} \times H^2 \times Ka \\
 &= \frac{1}{2} \times 19 \times (10^2) \times 0.333
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 316.67 \text{ kN} \\
 Pa1 (H) &= Pa1 \times \cos \delta \\
 &= 316.67 \times \cos 20^\circ \\
 &= 297.57 \text{ kN} \\
 Pa1 (V) &= Pa1 \times \sin \delta \\
 &= 316.67 \times \sin 20^\circ \\
 &= 108.31 \text{ kN} \\
 Pq &= Ka \times q \times H \\
 &= 0.333 \times 27 \times 10 \\
 &= 90 \text{ kN} \\
 Pq (H) &= Pq \times \cos \delta \\
 &= 90 \times \cos 20^\circ \\
 &= 84.57 \text{ kN} \\
 Pq (V) &= Pq \times \sin \delta \\
 &= 90 \times \sin 20^\circ \\
 &= 30.78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung berat tanah sendiri dengan pembagian seperti **Gambar 5.38**.



**Gambar 5.38** Pembagian beban tanah



$$\begin{aligned} W1 &= \gamma \text{ timb} \times H1 \times L1 \\ &= 19 \times 6.6 \times 4 \\ &= 752.4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= \gamma \text{ timb} \times H2 \times L2 \\ &= 19 \times 3.4 \times 6 \\ &= 516.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W1 + W2 \\ &= 752.4 + 516.8 \\ &= 1269.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Setelah menghitung seluruh gaya yang bekerja maka kemudian menghitung stabilitas geser dengan contoh perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} FS &= \frac{\sum FP}{\sum FD} \\ FS &= \frac{\left[ C + \left( \frac{W_{\text{total}} + Pa1(v) + Pq(v)}{L} \right) x \tan \delta \right]}{\left( \frac{Pa1(h) + Pq(h)}{L} \right)} \\ &= \frac{\left[ 100 + \left( \frac{1269.2 + 108.31 + 30.78}{6} \right) x \tan 20 \right]}{\left( \frac{297.57 + 84.57}{6} \right)} \\ &= 2.81 > 1.5 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 1} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kontrol stabilitas geser untuk H timbunan 10 m pada wilayah 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FS &= \frac{\left[ 55 + \left( \frac{1269.2 + 108.31 + 30.78}{6} \right) x \tan 20 \right]}{\left( \frac{297.57 + 84.57}{6} \right)} \\ &= 2.1 > 1.5 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 2} \end{aligned}$$

5. Kontrol terhadap daya dukung (*bearing capacity*) sesuai dengan **Persamaan 2.41**. Untuk mengetahui tegangan ijin tanah menggunakan rumus Terzaghi dan nilai koefisien sesuai dengan **Tabel 2.5**, contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\Phi = 40^\circ \text{ (wilayah 1)}$$

$$\Phi = 35.5^\circ \text{ (wilayah 2)}$$

$$N_c = 95.6 \text{ (wilayah 1) dan } 61.58 \text{ (wilayah 2)}$$

$$Nq = 81.2 \text{ (wilayah 1) dan } 45.38 \text{ (wilayah 2)}$$

$$N\gamma = 114 \text{ (wilayah 1) dan } 51 \text{ (wilayah 2)}$$

$$\begin{aligned} FS &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{c \times Nc + 0.5 \times \gamma \times N\gamma \times B}{(\gamma \times h) + q} \\ &= \frac{100 \times 95.6 + 0.5 \times (21-10) \times 114 \times 30}{(19 \times 10) + 27} \\ &= 130.73 > 3 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 1} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh kontrol daya dukung untuk timbunan dengan  $H = 10$  m pada wilayah 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FS &= \frac{55 \times 61.58 + 0.5 \times (20-10) \times 51 \times 30}{(19 \times 10) + 27} \\ &= 50.86 > 3 \text{ (OK)} \rightarrow \text{untuk wilayah 2} \end{aligned}$$

Untuk *overall stability* dari timbunan sama dengan analisa pada *geotextile wall* pada sub bab 5.3.1 diatas dikarenakan tanah dasar yang keras kelongsoran yang terjadi bukan secara *overall* melainkan secara internal jadi stabilitas yang dihitung akibat kelongsoran internal.

Berdasarkan langkah perhitungan 1 s/d 5 diatas selanjutnya dapat direkap perhitungan *geotextile* untuk ketinggian timbunan lainya sebagai berikut :

- Untuk timbunan dengan  $H = 0$  s/d 2 meter untuk wilayah 1 dan 2 :

➤ Perhitungan  $S_v$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 29** Perhitungan  $S_v$  *geogrid* dengan  $H$  timbunan 0 s/d 2 m

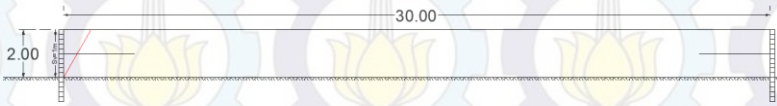
No	H	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	O (o)	$K_a$	$oh_z$ (kN/m <sup>2</sup> )	$oh_q$ (kN/m <sup>2</sup> )	$oh_{total}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	$S_v$ (m)	$S_v$ pakai (m)	Kebutuhan Geogrid
1	2	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	24.734	2	0.76	1	1
2	2	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	24.734	2	1.08	1	1
Total													2

- Perhitungan  $Le$  dan  $Lr$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 30** Perhitungan  $Le$ ,  $Lr$ , dan  $Lo$  *geogrids* pada  $H= 0$  s/d 2 m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$Le$ (m)	$L_e$ Pakai (m)	$L_r$ (m)	$L$ (m)	$L$ Pakai (m)	$L$ pasang (m)	$L$ Total (m)
Tanah Dasar	2	2	0	65	132.644								
1	2	2	1	65	23.658	21.67	0.21	1.00	0.00	1.00	1		3.00
2	2	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	1.73	2.73	3.00	3	3.00

- **Gambar 5.39** adalah instalasi *geogrids* dan *keystone-wall*



**Gambar 5. 39** Instalasi *geogrids* untuk  $H$  timbunan 0 s/d 2 m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 114.58 \text{ kN} / 9.61 \text{ kN} = 11.93 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 69.58 \text{ kN} / 9.61 \text{ kN} = 7.24 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 65 \text{ kN/m}^2 = 436.46 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 65 \text{ kN/m}^2 = 169.8 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 2$  s/d 4 meter untuk wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan  $S_v$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 31** Perhitungan  $S_v$  *geogrid* dengan  $H$  timbunan 2 s/d 4 m

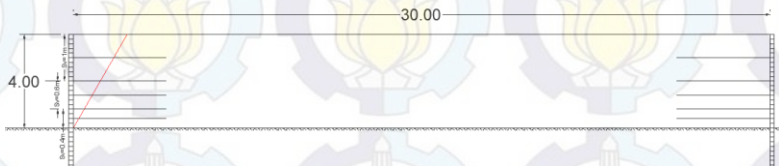
No	H	$y$ (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	O (o)	$K_a$	$\sigma_{hz}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{hq}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	$S_v$ (m)	$S_v$ pakai (m)	Kebutuhan Geogrid
1	4	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	24.734	2	0.48	0.4	2
2	4	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	24.734	2	0.59	0.6	2
3	4	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	24.734	2	0.76	1	1
4	4	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	24.734	2	1.08	1	1
												Total	6

- Perhitungan  $Le$  dan  $Lr$  ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 32** Perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$ , dan  $L_o$  *geogrids* pada  $H= 2$  s/d  $4$  m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	$L_e$ Pakai (m)	$L_r$ (m)	$L_r$ (m)	$L$ Pakai (m)	$L$ pasang (m)	$L$ Total (m)
Tanah Dasar	4	4	0	103	151.729								
1	4	4	0.4	103	37.489	34.33	0.11	1.00	0.00	1.00	1.0	3.0	3.00
2	4	3.6	0.4	95.4	34.723	31.80	0.27	1.00	0.23	1.23	1.2	3.0	3.00
3	4	3.2	0.6	87.8	31.957	29.27	0.41	1.00	0.46	1.46	1.6	3.0	3.00
4	4	2.6	0.6	76.4	27.807	25.47	0.41	1.00	0.81	1.81	2	3.0	3.00
5	4	2	1	65	23.658	21.67	0.69	1.00	1.15	2.15	3	3.0	3.00
6	4	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	1.73	2.73	3	3.0	3.00

➤ **Gambar 5.40** adalah instalasi *geogrids* dan *keystone-wall*

**Gambar 5. 40** Instalasi *geogrids* untuk  $H$  timbunan 2 s/d  $4$  m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 129.645 \text{ kN} / 26.56 \text{ kN} = 4.88 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 84.645 \text{ kN} / 26.56 \text{ kN} = 3.19 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 103 \text{ kN/m}^2 = 275.44 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 103 \text{ kN/m}^2 = 107.154 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 4$  s/d  $6$  meter untuk wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan Sv ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 33** Perhitungan Sv *geogrid* dengan H timbunan 4 s/d 6 m

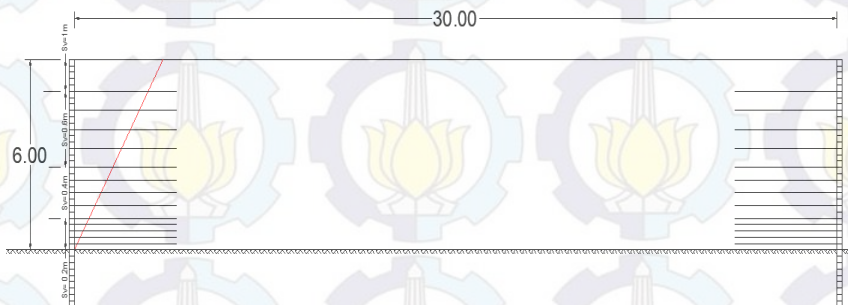
No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	Ø (o)	Ka	ohz (kN/m <sup>2</sup> )	ohq (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geogrid
1	6	19	6	30	0.333	38.000	9	47.000	24.734	2	0.35	0.2	5
2	6	19	5	30	0.333	31.667	9	40.667	24.734	2	0.41	0.4	2
3	6	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	24.734	2	0.48	0.4	2
4	6	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	24.734	2	0.59	0.6	2
5	6	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	24.734	2	0.76	0.6	2
6	6	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	24.734	2	1.08	1	1
Total												14	

- Perhitungan Le dan Lr ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 34** Perhitungan Le, Lr, dan Lo *geogrids* pada H= 4 s/d 6 m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	σv (kN/m <sup>2</sup> )	τ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	L Total (m)
Tanah Dasar	6	6	0	141	170.813								
1	6	6	0.2	141	51.320	47.00	0.06	1.00	0.00	1.00	1.0	4.0	4.00
2	6	5.8	0.2	137.2	49.937	45.73	0.14	1.00	0.12	1.12	1.2	4.0	4.00
3	6	5.6	0.2	133.4	48.554	44.47	0.14	1.00	0.23	1.23	1.3	4.0	4.00
4	6	5.4	0.2	129.6	47.171	43.20	0.14	1.00	0.35	1.35	1.5	4.0	4.00
5	6	5.2	0.2	125.8	45.787	41.93	0.14	1.00	0.46	1.46	4	4.0	4.00
6	6	5	0.4	122	44.404	40.67	0.27	1.00	0.58	1.58	2	4.0	4.00
7	6	4.6	0.4	114.4	41.638	38.13	0.27	1.00	0.81	1.81	2	4.0	4.00
8	6	4.2	0.4	106.8	38.872	35.60	0.27	1.00	1.04	2.04	3.5	4.0	4.00
9	6	3.8	0.4	99.2	36.106	33.07	0.27	1.00	1.27	2.27	4	4.0	4.00
10	6	3.4	0.6	91.6	33.340	30.53	0.41	1.00	1.50	2.50	4	4.0	4.00
11	6	2.8	0.6	80.2	29.190	26.73	0.41	1.00	1.85	2.85	4	4.0	4.00
12	6	2.2	0.6	68.8	25.041	22.93	0.41	1.00	2.19	3.19	4	4.0	4.00
13	6	1.6	0.6	57.4	21.892	19.13	0.39	1.00	2.54	3.54	4	4.0	4.00
14	6	1	1	46	18.743	15.33	0.61	1.00	2.89	3.89	4	4.0	4.00

- **Gambar 5.41** adalah instalasi *geogrids* dan *keystone-wall*.



**Gambar 5. 41** Instalasi *geogrids* untuk H timbunan 4 s/d 6 m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 143.17 \text{ kN} / 39.47 \text{ kN} = 3.63 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 98.17 \text{ kN} / 33.83 \text{ kN} = 2.49 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 141 \text{ kN/m}^2 = 201.21 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 141 \text{ kN/m}^2 = 78.28 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan H = 6 s/d 8 meter untuk wilayah 1 dan 2 :

- Perhitungan Sv ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 35** Perhitungan Sv *geogrid* dengan H timbunan 6 s/d 8 m

No	H	y (kN/m <sup>3</sup> )	Z (m)	O (o)	Ka	ohz (kN/m <sup>2</sup> )	ohq (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tall (kN/m)	SF	Sv (m)	Sv pakai (m)	Kebutuhan Geogrid
1	8	19	8	30	0.333	50.667	9	59.667	24.734	2	0.28	0.2	5
2	8	19	7	30	0.333	44.333	9	53.333	24.734	2	0.31	0.2	5
3	8	19	6	30	0.333	38.000	9	47.000	24.734	2	0.35	0.2	5
4	8	19	5	30	0.333	31.667	9	40.667	24.734	2	0.41	0.4	2
5	8	19	4	30	0.333	25.333	9	34.333	24.734	2	0.48	0.4	2
6	8	19	3	30	0.333	19.000	9	28.000	24.734	2	0.59	0.6	2
7	8	19	2	30	0.333	12.667	9	21.667	24.734	2	0.76	0.6	2
8	8	19	1	30	0.333	6.333	9	15.333	24.734	2	1.08	1	1
Total													24

- Perhitungan Le dan Lr ditabelkan sebagai berikut :

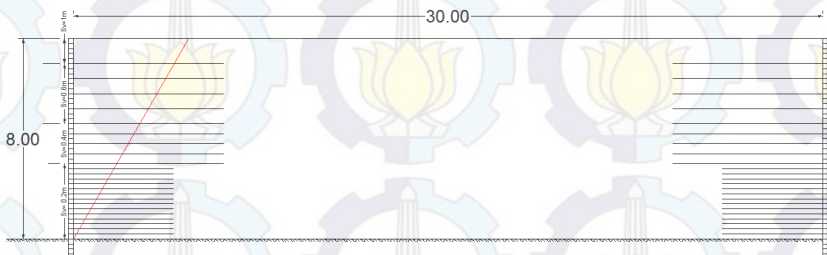
**Tabel 5. 36** Perhitungan Le, Lr, dan Lo *geogrids* pada H= 6 s/d 8 m

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	L Total (m)
Tanah Dasar	8	8	0	179	189.897								
1	8	8	0.2	179	65.151	59.67	0.07	1.00	0.00	1.00	1.0	4.0	4.00
2	8	7.8	0.2	175.2	63.768	58.40	0.14	1.00	0.12	1.12	1.5	4.0	4.00
3	8	7.6	0.2	171.4	62.384	57.13	0.14	1.00	0.23	1.23	1.5	4.0	4.00
4	8	7.4	0.2	167.6	61.001	55.87	0.14	1.00	0.35	1.35	1.5	4.0	4.00
5	8	7.2	0.2	163.8	59.618	54.60	0.14	1.00	0.46	1.46	2.0	4.0	4.00
6	8	7	0.2	160	58.235	53.33	0.14	1.00	0.58	1.58	2.0	4.0	4.00
7	8	6.8	0.2	156.2	56.852	52.07	0.14	1.00	0.69	1.69	2.0	4.0	4.00
8	8	6.6	0.2	152.4	55.469	50.80	0.14	1.00	0.81	1.81	2.5	4.0	4.00
9	8	6.4	0.2	148.6	54.086	49.53	0.14	1.00	0.92	1.92	2.5	4.0	4.00
10	8	6.2	0.2	144.8	52.703	48.27	0.14	1.00	1.04	2.04	2.5	4.0	4.00
11	8	6	0.2	141	51.320	47.00	0.14	1.00	1.15	2.15	2.5	4.0	4.00
12	8	5.8	0.2	137.2	49.937	45.73	0.14	1.00	1.27	2.27	3.0	4.0	4.00

## (Lanjutan Tabel 5.36)

Layer	H (m)	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Le (m)	Le Pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L Pakai (m)	L pasang (m)	L Total (m)
13	8	5.6	0.2	133.4	48.554	44.47	0.14	1.00	1.39	2.39	3.0	4.0	4.00
14	8	5.4	0.2	129.6	47.171	43.20	0.14	1.00	1.50	2.50	3.0	4.0	4.00
15	8	5.2	0.2	125.8	45.787	41.93	0.14	1.00	1.62	2.62	4.0	4.0	4.00
16	8	5	0.4	122	44.404	40.67	0.27	1.00	1.73	2.73	3.0	6.0	6.00
17	8	4.6	0.4	114.4	41.638	38.13	0.27	1.00	1.96	2.96	3.5	6.0	6.00
18	8	4.2	0.4	106.8	38.872	35.60	0.27	1.00	2.19	3.19	4.0	6.0	6.00
19	8	3.8	0.4	99.2	36.106	33.07	0.27	1.00	2.42	3.42	6.0	6.0	6.00
20	8	3.4	0.6	91.6	33.340	30.53	0.41	1.00	2.66	3.66	4.5	6.0	6.00
21	8	2.8	0.6	80.2	29.190	26.73	0.41	1.00	3.00	4.00	4.5	6.0	6.00
22	8	2.2	0.6	68.8	25.041	22.93	0.41	1.00	3.35	4.35	6.0	6.0	6.00
23	8	1.6	0.6	57.4	20.892	19.13	0.41	1.00	3.70	4.70	6.0	6.0	6.00
24	8	1	1	46	16.743	15.33	0.69	1.00	4.04	5.04	6.0	6.0	6.00

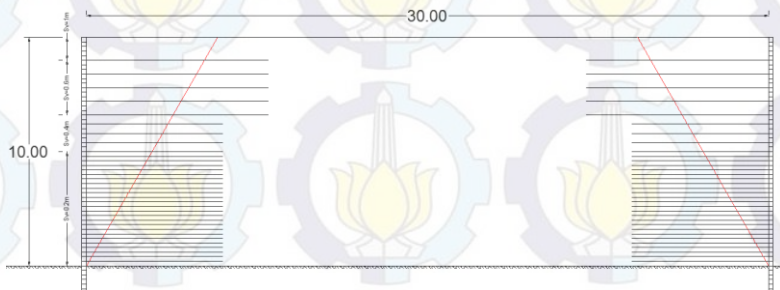
➤ **Gambar 5.42** adalah instalasi *geogrids* dan *keystone-wall*.



**Gambar 5.42** Instalasi *geogrids* untuk H timbunan 6 s/d 8 m

- Kontrol geser wilayah 1 :  
 $SF = 174.85 \text{ kN} / 64.53 \text{ kN} = 2.71 > 1.5$  (OK)  
 Kontrol geser wilayah 2  
 $SF = 129.85 \text{ kN} / 64.53 \text{ kN} = 2.01 > 1.5$  (OK)
- Kontrol daya dukung wilayah 1 :  
 $SF = 28370 \text{ kN/m}^2 / 179 \text{ kN/m}^2 = 158.49 > 3$  (OK)  
 Kontrol daya dukung wilayah 2 :  
 $SF = 11036.9 \text{ kN/m}^2 / 179 \text{ kN/m}^2 = 61.66 > 3$  (OK)

- Untuk timbunan dengan  $H = 8$  s/d 10 meter untuk wilayah 1 dan 2 :
  - Seluruh perhitungan sesuai dengan contoh perhitungan pada poin 1 s/d 5 diatas.
  - **Gambar 5.43** adalah instalasi *geogrids* dan *keystone-wall*



**Gambar 5. 43** Instalasi *geogrids* untuk  $H$  timbunan 8 s/d 10 m

Perencanaan *keystone-wall* dengan *Keystone Compac IV (straight-Face)*. *Keystone-wall* yang direncanakan tidak menerima gaya horizontal dari tanah karena sudah diterima oleh *geogrids*. Oleh karena itu hanya dilakukan kontrol daya dukung akibat beban sendiri. Sedangkan untuk perletakan *keystone-wall* yaitu didukung dengan pondasi talaak dangkal dengan tebal 50 cm dengan lebar 100 cm serta dihitung penulangannya. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- Tipe *keystone-wall compact IV (straight-face)*:  
 Width/Thickness/Length (mm) = 305/200/455  
 Unit weight = 30 kg/unit  
 Unit per  $m^2 = 11$  unit  
 Length from top soil = 10 m  
 Depth wall = 2 m  
 Total length = 14 m
- Kontrol daya dukung akibat beban sendiri *keystone* menggunakan rumus daya dukung Terzaghi. Diasumsi sebagai model pondasi dangkal dengan data sebagai berikut :



C tanah dasar	= 100 kN/m <sup>2</sup> (wilayah 1) dan 55 kN/m <sup>2</sup> (wilayah 2)
Φ tanah dasar	= 40° (wilayah 1) dan 35.5° (wilayah 2)
Nc/ Nq / Nq	= 95.6 / 81.2 / 114.9 (wilayah 1) = 61.58 / 45.38 / 51 (wilayah 2)
B poer	= 1 m
Depth keystone	= 2 m
Maka Q ijin	= 0.5y.B.Nγ + C Nc + (γ.Df) .Nq = 11973 kN/m <sup>2</sup> (wilayah 1) = 4514 kN/m <sup>2</sup> (wilayah 2)
Dengan Q keystone	= berat 1 buah x panjang total x jumlah keystone per meter memanjang = 30 kg/unit x 11 unit x 12 m = 39.6 kN/m <sup>2</sup>
SF	= 11973/39.6 = 302.36 > 3 (OK) wilayah 1 = 4514/39.6 = 113.99 > 3 (OK) wilayah 2

Maka daya dukung memenuhi.

- Penulangan pondasi dangkal untuk keystone dengan dimensi lebar 1 m dan tebal 0.5 m, maka dihitung penulangan sebagai berikut :

Mutu Slab beton	= 25 MPa
Mutu baja Tulangan	= BJ 55; Teg. Leleh, $f_y = 410$ MPa
Momen, Mu	= 4.95 kNm
Decking; d'	= 50 mm
dx	= 423 mm
Tul. Utama	= D-19 mm ; A tul. = 283.52 mm <sup>2</sup>
Tul. Bagi	= D-16 mm ; A tul. = 201.06 mm <sup>2</sup>

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{\beta x f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0262$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.0196$$

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0.003415$$

$$M_n = M_u / \phi = 6.1875 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) = 0.0346 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00008$$

didapat  $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0.003415$

- Tulangan Utama :

- Maka As tulangan perlu =  $\rho \times B \times dx = 0.003415 \times 423 \times 1000 = 1444.39 \text{ mm}^2$
- Maka dipakai 6 D-19 x Luas tul.  $283.52 \text{ mm}^2 = 1701.17 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{OK}$
- Jarak tulangan dai as-as =  $(Bx-(2d'))/(\text{jumlah tulangan} + 1) = 128.57 \text{ mm} \rightarrow 125 \text{ mm}$

- Perhitungan tulangan bagi :

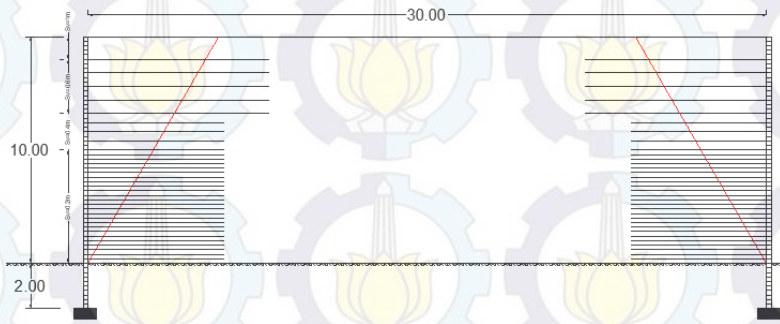
- Maka As tulangan perlu = (20% As tulangan utama) =  $288.878 \text{ mm}^2$
- Maka dipakai 4 D-16 x Luas tul. =  $4 \times 201.06 \text{ mm}^2 = 804.24 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{OK}$
- Jarak Tulangan dari as-as =  $(By - 2d')/(\text{jumlah tul.} + 1) = 180 \text{ mm.}$

Penulangan pondasi *keystone-wall* memanjang sepanjang timbunan digambarkan pada **Gambar 5.44**.



**Gambar 5.44** Penulangan pondasi *keystone*

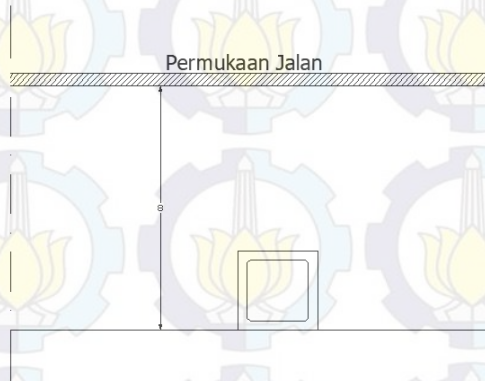
- Dengan instalasi *keystone* untuk  $H = 10$  m digambarkan pada **Gambar 5.45**.



**Gambar 5. 45** Instalasi *keystone wall* pada H timbunan 10 m

### 5.3.3 Perencanaan *Box Culvert*

Pada Tugas Akhir ini membahas juga perencanaan *box culvert* dimana *box culvert* ini disyaratkan mampu menerima beban dari timbunan tanah di atasnya dikarenakan posisinya yang berada tepat di dasar tanah timbunan (**Gambar 5.46**). Terdapat 3 tipe *box culvert* sepanjang ruas jalan. Tipe *box culvert* diantaranya, yaitu tipe 1 (2m x 2m), tipe 2 (3m x 3m), tipe 3 (2m x 3m).



**Gambar 5. 46** Posisi *Box Culvert*

Dengan begitu dilakukan perhitungan tulangan agar *box culvert* mampu menerima beban yang terjadi. Contoh perhitungan berikut diambil untuk box culvert tipe 1 dengan dimensi 2 x 2 m :

Data perencanaan :

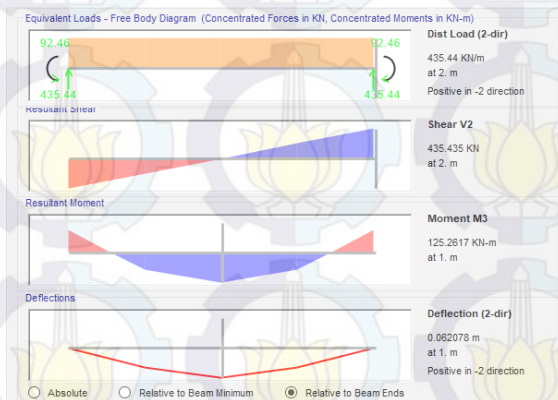
$$\begin{aligned}
 B &= 2 \text{ m} \\
 H &= 2 \text{ m} \\
 t_b &= 0.3 \text{ m} \\
 t_h &= 0.3 \text{ m} \\
 f_c &= 30 \text{ MPa} \\
 \gamma_{\text{beton}} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\
 f_y &= 390 \text{ MPa } (>\phi 12\text{mm}) \\
 &= 240 \text{ MPa } (<\phi 12\text{mm}) \\
 \text{Timb.} &= 8 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{timb.}} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\
 \phi_{\text{timb}} &= 30^\circ \\
 \gamma_{\text{tanah dasar}} &= 21 \text{ kN/m}^3 \\
 c &= 100 \text{ kPa} \\
 \phi_{\text{tanah dasar}} &= 40^\circ \\
 N_c/N_q/N_\gamma &= 95.6/81.2/114
 \end{aligned}$$

Data pembebanan :

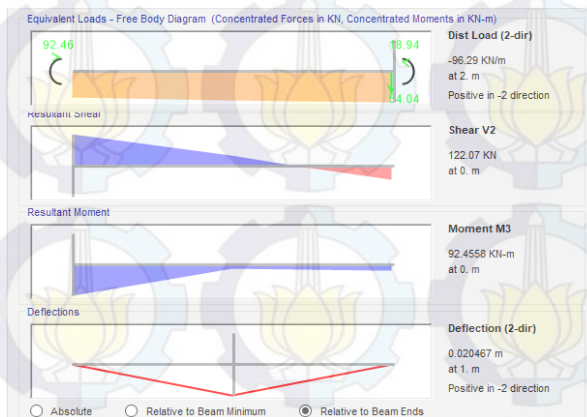
$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri} &= 0.3 \times 24 \times 2 = 14.4 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat timbunan} &= ((0.5 \times (8.3+2) \times 6) \times 19)/2 \\
 &= 293.55 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat pavement} &= 12 \text{ kN/m}^2 \text{ (asumsi tebal perkerasan 0.5 m)} \\
 \text{Beban Lalin} &= 15 \text{ kN/m}^2 \\
 K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\
 &= \tan^2(45 - 30/2) = 0.333 \\
 q &= q_{\text{lalin}} + q_{\text{pavement}} \\
 &= 15 + 12 = 27 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_h \text{ atas} &= [(\gamma_{\text{timb}} \times h_1) + q] \times K_a \\
 &= [(19 \times (8-2)) + 27] \times 0.333 \\
 &= 47 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_h \text{ bawah} &= [(\gamma_{\text{timb}} \times h_2) + q] \times K_a \\
 &= [(19 \times (8)) + 27] \times 0.333
 \end{aligned}$$

$$= 59.67 \text{ kN/m}^2$$

Kemudian dari data pembebanan tersebut dimodelkan dengan program bantu SAP 2000 untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi dengan faktor pembesaran beban 1.3. Hasil analisa dapat dilihat pada **Gambar 5.47** dan **Gambar 5.48**.



**Gambar 5. 47** Hasil analisa untuk pelat sisi atas



**Gambar 5. 48** Hasil analisa untuk pelat dinding

Pada **Gambar 5.47** dan **Gambar 5.48** diketahui momen ultimate untuk pelat sisi atas  $M_u = 124.554 \text{ kNm}$  dan untuk pelat dinding  $M_u = 91.86 \text{ kNm}$ . Kemudian dari hasil tersebut direncanakan kebutuhan tulangan.

1. Perencanaan penulangan pelat *box culvert* sisi atas :

$$\begin{aligned} M_u &= 125.26 \text{ kNm} \\ t_b &= 300 \text{ mm} \\ \text{Dia. Tul.} &= 19 \text{ mm} \\ \text{Decking} &= 40 \text{ mm} \\ d_x &= 300 - 40 - (19/2) \\ &= 250.5 \text{ mm} \\ \rho_b &= 0.85 \times \frac{\beta \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0337 \\ m &= \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = 15.29 \\ \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b = 0.0253 \\ \rho_{\min} &= 1.4/f_y = 0.0036 \\ M_n &= M_u/\phi \\ &= 125.26 \times 10^6 / 0.8 \\ &= 156575000 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n/(b \cdot d^2) \\ &= 156575000 / (1000 \times 250.2^2) \\ &= 2.495 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00675 \end{aligned}$$

Syarat  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ , maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00675 \times 1000 \times 250.5 = 1689.867 \text{ mm}^2 \\ S &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s \\ &= (0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000) / 1689.867 \\ &= 168.78 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai jarak } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan utama D19-150 mm

$$\text{Tulangan Bagi} = 30\% A_s \text{ tul. Utama} = 506.96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dia. Tul.} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s \\ &= (0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000) / 506.96 \\ &= 154.92 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tulangan bagi  $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

2. Perencanaan penulangan pelat dinding *box culvert* :

$$M_u = 92.46 \text{ kNm}$$

$$t_b = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tul.} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$d_x = 300 - 40 - (19/2)$$

$$= 250.5 \text{ mm}$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{\beta \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0337$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = 15.29$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.0253$$

$$\rho_{\min} = 1.4 / f_y = 0.0036$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 92.46 \times 10^6 / 0.8$$

$$= 115575000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 115575000 / (1000 \times 250.2^2)$$

$$= 1.84$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00491$$

Syarat  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ , maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

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

$$= 0.00491 \times 1000 \times 250.5 = 1229.138 \text{ mm}^2$$

$$S = (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s$$

$$= (0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000) / 1229.138$$

$$= 230.67 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai jarak } 200 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan utama D19-200 mm

$$\text{Tulangan Bagi} = 30\% A_s \text{ tul. Utama} = 368.74 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dia. Tul.} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s \\ &= (0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000) / 368.74 \\ &= 212.99 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tulangan bagi  $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

### 3. Perencanaan penulangan pelat bawah *box culvert* :

$$\text{Reaksi 1 dan 2} = 435.44 \text{ kN}$$

$$A \text{ (luasan)} = 2 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_u &= (R_1 + R_2) / A \\ &= (435.44 + 435.44) / 2 \\ &= 435.44 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/8 \times Q_u \times b^2 \\ &= 1/8 \times 435.44 \times 2^2 \\ &= 217.72 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$t_b = 300 \text{ mm}$$

$$\text{decking} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tul.} = 22 \text{ mm}$$

$$d_x = 249 \text{ mm}$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{\beta \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0337$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = 15.29$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.0253$$

$$\rho_{\min} = 1.4 / f_y = 0.0036$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 216.42 \times 10^6 / 0.8 \\ &= 272150000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 272150000 / (1000 \times 249^2) \\ &= 4.389 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0124$$

Syarat  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ , maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0124 \times 1000 \times 250.5 = 3097.067 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 S &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s \\
 &= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 3097.067 \\
 &= 122.74 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai jarak 100 mm}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan utama D22-100 mm

$$\text{Tulangan Bagi} = 30\% A_s \text{ tul. Utama} = 929.12 \text{ mm}^2$$

Dia. Tul. = 12 mm

$$\begin{aligned}
 S &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / A_s \\
 &= (0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000) / 929.12 \\
 &= 121.72 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai 100 mm}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan tulangan bagi  $\emptyset 12 - 100 \text{ mm}$

#### 4. Kontrol daya dukung *Box Culvert*

Diketahui :

$$Q_{\text{max}} = 435.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ijin}} &= c N_c + 0.5 \gamma N_y B \\
 &= 100 \times 95.6 + 0.5 \times 19 \times 114 \times 2 \\
 &= 10814 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= 10814 / 435.44 \\
 &= 24.83 > 3 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan langkah perhitungan 1 s/d 4 diperoleh hasil untuk tipe *box culvert* yang lain sesuai pada **Tabel 5.37**.

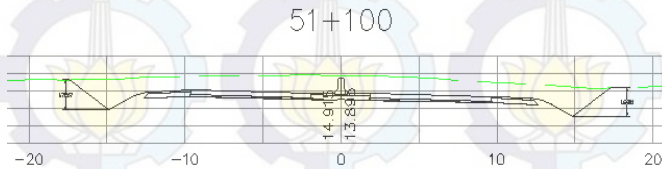
**Tabel 5. 37** Hasil rekapitulasi perhitungan tulangan *box culvert*

Tipe	Dimensi (m)	Bagian	Mu	Tul. Utama	Tul. Bagi	Q max (kN/m <sup>2</sup> )	Q ult (kN/m <sup>2</sup> )	SF daya dukung	Keterangan
			(kNm)	(mm)	(mm)				
1	2x2	Pelat atas	125.26	D19-150	$\emptyset 10-150$	435.44	10814.00	24.83	OK
		Pelat dinding	92.46	D19-200	$\emptyset 10-200$				
		Pelat bawah	217.72	D22-100	$\emptyset 12-100$				
2	3x3	Pelat atas	195.48	D22-100	$\emptyset 12-100$	329.20	11441.00	34.75	OK
		Pelat dinding	175.01	D19-100	$\emptyset 12-100$				
		Pelat bawah	370.35	D25-100	D13-100				
3	2x3	Pelat atas	91.88	D19-200	$\emptyset 10-200$	356.23	10814.00	30.36	OK
		Pelat dinding	91.88	D19-200	$\emptyset 10-200$				
		Pelat bawah	178.115	D25-150	$\emptyset 12-150$				

## 5.4 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Perhitungan volume galian dan timbunan berdasarkan luasan potongan melintang jalan. Dengan bantuan program AutoCAD untuk mengetahui luasan area lereng galian dan timbunan. Contoh perhitungan sebagai berikut :

1. Menentukan luasan lereng galian/timbunan seperti pada **Gambar 5.49** dan **Gambar 5.50**.



**Gambar 5. 49** Potongan melintang STA 51+100



**Gambar 5. 50** Potongan melintang STA 51+125

2. Berdasarkan **Gambar 5.49** dan **Gambar 5.50** merupakan lereng galian. Dengan menggunakan software AutoCAD didapatkan luasan penampang galian STA 51+100 adalah 33.595 m<sup>2</sup> dan untuk STA 51+125 adalah 88.47 m<sup>2</sup>. Kemudian hasil tersebut dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Vol. galian} &= [(33.595+88.47)/2] \times 25 \text{ m} \\ &= 1525.8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan cara yang sama dapat dihitung jumlah volume galian dan timbunan sepanjang ruas jalan yang ditinjau. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.38**.

Tabel 5. 38 Hasil perhitungan volume galian dan timbunan

STA	Jarak (m)	Luas galian (m <sup>2</sup> )	Luas timbunan (m <sup>2</sup> )	Vol. Galian (m <sup>3</sup> )	Vol. Timbunan (m <sup>3</sup> )
51+100	0	33.595			
51+125	25	88.47		1525.8	0.0
51+150	25	137.18		2820.6	0.0
51+175	25	181.04		3977.8	0.0
51+200	25	228.36		5117.5	0.0
51+225	25	291.41		6497.1	0.0
51+250	25	412.84		8803.1	0.0
51+275	25	633.19		13075.4	0.0
51+300	25	692.99		16577.3	0.0
51+325	25	623.425		16455.2	0.0
51+350	25	359.88		12291.3	0.0
51+375	25	170.77		6633.1	0.0
51+400	25	85.74		3206.4	0.0
51+425	25	20.02		1322.0	0.0
51+450	25		76.79	250.3	959.9
51+475	25		106.37	0.0	2289.5
51+500	25	15.23	8.58	190.4	1436.9
51+525	25	64.36		994.9	107.3
51+550	25	97.06		2017.8	0.0
51+575	25	114.27		2641.6	0.0
51+600	25	109.99		2803.3	0.0
51+625	25	98.95		2611.8	0.0
51+650	25	64.3		2040.6	0.0
51+675	25	15.67	5.35	999.6	66.9
51+700	25		188.92	195.9	2428.4
51+725	25	27.33	3.13	341.6	2400.6
51+750	25	92.57		1498.8	39.1
51+775	25	170.04		3282.6	0.0
51+800	25	300.34		5879.8	0.0
51+825	25	371.87		8402.6	0.0
51+850	25	348.59		9005.8	0.0
51+875	25	278.28		7835.9	0.0
51+900	25	208.96		6090.5	0.0
51+925	25	131.39		4254.4	0.0

(Lanjutan Tabel 5.38)

STA	Jarak (m)	Luas galian (m <sup>2</sup> )	Luas timbunan (m <sup>2</sup> )	Vol. Galian (m <sup>3</sup> )	Vol. Timbunan (m <sup>3</sup> )
51+950	25	93.37		2809.5	0.0
51+975	25	37.75		1639.0	0.0
52+000	25		67.98	471.9	849.8
52+025	25		240.74	0.0	3859.0
52+050	25	62.45	183.92	780.6	5308.3
52+075	25	21.9		1054.4	2299.0
52+100	25	96.97		1485.9	0.0
52+125	25	159.79		3209.5	0.0
52+150	25	267.59		5342.3	0.0
52+175	25	429		8707.4	0.0
52+200	25	551.29		12253.6	0.0
52+225	25	608.31		14495.0	0.0
52+250	25	618.5		15335.1	0.0
52+275	25	609.39		15348.6	0.0
52+300	25	594.75		15051.8	0.0
52+325	25	569.16		14548.9	0.0
52+350	25	541.2		13879.5	0.0
52+375	25	494.78		12949.8	0.0
52+400	25	422.62		11467.5	0.0
52+425	25	339.77		9529.9	0.0
52+450	25	267.62		7592.4	0.0
52+475	25	204.62		5903.0	0.0
52+500	25	160.15		4559.6	0.0
52+525	25	107.85		3350.0	0.0
52+550	25	54.72		2032.1	0.0
52+575	25	15	4.8	871.5	60.0
52+600	25	20.49	54.85	443.6	745.6
52+625	25	10.83	76.72	391.5	1644.6
52+650	25	36.5	242.93	591.6	3995.6
52+675	25	11.99	216.98	606.1	5748.9
52+700	25	14.51	254.64	331.3	5895.3
52+725	25		240.34	181.4	6187.3
52+750	25		151.64	0.0	4899.8
52+775	25		96.68	0.0	3104.0
52+800	25		56.89	0.0	1919.6

(Lanjutan Tabel 5.38)

STA	Jarak (m)	Luas galian (m <sup>2</sup> )	Luas timbunan (m <sup>2</sup> )	Vol. Galian (m <sup>3</sup> )	Vol. Timbunan (m <sup>3</sup> )
52+825	25		21.43	0.0	979.0
52+850	25	13.17		164.6	267.9
52+875	25	46.63		747.5	0.0
52+900	25	79.34		1574.6	0.0
52+925	25	107.02		2329.5	0.0
52+950	25	142.79		3122.6	0.0
52+975	25	149.86		3658.1	0.0
53+000	25	148.73		3732.4	0.0
53+025	25	150		3734.1	0.0
53+050	25	148.51		3731.4	0.0
53+075	25	151.41		3749.0	0.0
53+100	25	151.68		3788.6	0.0
53+125	25	150.13		3772.6	0.0
53+150	25	146.63		3709.5	0.0
53+175	25	115.95		3282.3	0.0
53+200	25	108.91		2810.8	0.0
53+225	25	98.33		2590.5	0.0
53+250	25	96.02		2429.4	0.0
53+275	25	87.6		2295.3	0.0
53+300	25	72.95		2006.9	0.0
53+325	25	38.49		1393.0	0.0
53+350	25	27.19		821.0	0.0
53+375	25	26.86		675.6	0.0
53+400	25	16.45		541.4	0.0
53+425	25	8.5	8.51	311.9	106.4
53+450	25	3.14	84.66	145.5	1164.6
53+475	25		214.52	39.3	3739.8
53+500	25	29.31	56.04	366.4	3382.0
53+525	25	28.8	51.91	726.4	1349.4
53+550	25	18.59	54.73	592.4	1333.0
53+575	25	16.71	6.19	441.3	761.5
53+600	25	34.56		640.9	77.4
53+625	25	45.99		1006.9	0.0
53+650	25	71.67		1470.8	0.0
53+675	25	99.79		2143.3	0.0
53+700	25	118.92		2733.9	0.0
<b>Total</b>				<b>414133.8</b>	<b>69406.0</b>

Dari hasil rekapitulasi tersebut diketahui pekerjaan galian lereng dengan volume sebesar 414133.8 m<sup>3</sup> sedangkan pekerjaan timbunan memerlukan volume 69406 m<sup>3</sup>. Jadi dapat disimpulkan bahwa sepanjang ruas jalan memerlukan pekerjaan galian yang sangat besar sekali.

## 5.5 Perhitungan Biaya Material

Perhitungan biaya material merupakan biaya total yang akan dikeluarkan dengan mengacu pada pekrkuatan yang sudah direncanakan sebelumnya. Analisa biaya material akan dihitung per 25 meter pada arah memanjang STA. Hal ini dikarenakan tinggi tebing yang berbeda-beda sehingga harus menggunakan perkuatan yang berbeda-beda pula sesuai dengan zona yang sudah direncanakan. Berikut ini adalah analisa biaya material yang diperlukan.

### A. Biaya Material Bronjong (Zona 1)

Biaya material bronjong yang harus dikeluarkan dapat dihitung dengan cara mengalikan volume bronjong dengan harga satuan bronjong yang sudah siap pakai. Harga satuan Bronjong adalah Rp. 350.000 (batu+kawat). Volume dihitung sesuai dengan kebutuhan dilapangan sesuai dengan tinggi lereng eksisting. Hasil perhitungan analisa biaya untuk Zona 1 ( lereng 3 dan 5 meter) dapat dilihat pada **Tabel 5.39**.

**Tabel 5. 39** Hasil Analisa Biaya Material Bronjong

Volume (m3)	Harga Satuan	Harga Total
150	Rp 350,000.00	Rp 52,500,000.00

### B. Biaya Material *Soldier Pile* (Zona 2)

Material *Soldier Pile* merupakan beton bertulang yang di cor ditempat. Biaya material beton dan tulangan didapatkan dengan melihat brosur *Readymix* dan took bangunan di daerah Lampung. Volume yang dihitung sesuai dengan kebutuhan di lapangan sesuai dengan kondisi eksisting dan ditinjau 25 meter memanjang. Analisa biaya untuk perkuatan pada zona 2 (lereng 5 dan 7 meter) dapat dilihat pada **Tabel 5.40**.

**Tabel 5. 40** Hasil analisa biaya untuk perkuatan *Soldier Pile*

Material	Volume	Sat	Harga Satuan	Harga Total
Beton K-350	590.1	M3	Rp 930,000.00	Rp 548,833,697.07
Besi	102263.94	Kg	Rp 9,800.00	Rp 1,002,186,651.65
		Total		Rp 1,551,020,348.73

### C. Biaya Material *Ground Anchor* (Zona 3)

Analisa biaya material *Ground Anchor* dihitung berdasarkan jumlah titik pemasangan dan ditinjau per 25 memanjang jalan pada zona 3. Hasil analisa biaya *Ground Anchor* dapat dilihat pada **Tabel 5.41**.

**Tabel 5. 41** Hasil analisa biaya material *Ground Anchor*

H lereng (m)	Jumlah titik	Harga Ground Anchor per titik	Harga Total
9	39	Rp 55,000,000.00	Rp 2,145,000,000.00
11	39	Rp 55,000,000.00	Rp 2,145,000,000.00
13	52	Rp 55,000,000.00	Rp 2,860,000,000.00
16	65	Rp 55,000,000.00	Rp 3,575,000,000.00

#### D. Biaya Material *Geotextile Wall*

Biaya material untuk perkuatan *geotextile wall* ditinjau dari metrial *geotextile* dan *sheetpile*. Material *sheetpile* disini hanya sebagai *facing* atau penutup dari pemasangan *geotextile*. Hasil analisa biaya *geotextile wall* dapat dilihat pada **Tabel 5.42**.

**Tabel 5. 42** Hasil analisa biaya material *geotextile wall*

Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
Pengadaan <i>geotextile woven</i>	m2	89688	Rp 18,000.00	Rp 1,614,384,000.00
Pemasangan <i>geotextile woven</i>	m2	89688	Rp 3,400.00	Rp 304,939,200.00
Pengadaan <i>Sheetpile</i>	m'	25640	Rp 725,000.00	Rp 18,589,000,000.00
Pemasangan <i>Sheetpile</i>	m'	25640	Rp 100,000.00	Rp 2,564,000,000.00
			Total	Rp 23,072,323,200.00

#### E. Biaya Material *Keystone Wall*

Biaya material untuk perkuatan *keystone wall* ditinjau dari material *geogrids* dan *keystone*. Biaya material perkuatan *keystone wall* yang diperlukan dapat dilihat pada **Tabel 5.43**.

**Tabel 5. 43** Hasil aalisa biaya material *keystone wall*

Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
Pengadaan <i>gegrids uniaxial</i>	m2	99792	Rp 13,000.00	Rp 1,297,296,000.00
Pemasangan <i>geogrids uniaxial</i>	m2	99792	Rp 3,400.00	Rp 339,292,800.00
Pengadaan <i>Keystonewall</i>	m2	4518	Rp 550,000.00	Rp 2,484,900,000.00
Pemasangan <i>Keystonewall</i>	m2	4518	Rp 20,000.00	Rp 90,360,000.00
			Total	Rp 4,211,848,800.00

#### F. Biaya Material *Box Culvert*

Biaya material *box culvert* ditinjau dari material beton dengan mutu K300 dan material tulangan dengan  $f_y$  390 MPa. Hasil analisa biaya material pekerjaan *box culvert* dapat dilihat pada **Tabel 5.44**.



**Tabel 5. 44** Hasil analisa biaya material *Box Culvert*

Tipe	Dimensi (m)	Material	Sat	Volume	Harga Satuan	Harga Total
1	2x2 (2 unit)	Beton	m <sup>3</sup>	144	Rp 930,000.00	Rp 133,920,000.00
		Tulangan	Kg	20660.15	Rp 9,800.00	Rp 202,469,450.40
2	3x3	Beton	m <sup>3</sup>	108	Rp 930,000.00	Rp 100,440,000.00
		Tulangan	Kg	19782.25	Rp 9,800.00	Rp 193,866,069.60
3	2x3	Beton	m <sup>3</sup>	90	Rp 930,000.00	Rp 83,700,000.00
		Tulangan	Kg	8908.43	Rp 9,800.00	Rp 87,302,565.00
Total						Rp 801,698,085.00

Berdasarkan hasil analisa harga diatas khusus untuk pemilihan alternatif berdasarkan dari segi harga yang lebih ekonomis adalah perkuatan timbunan sisi tegak. Dalam penentuan perkuatan sisi tegak timbunan dipilih perkuatan *Keystone Wall* dimana dari segi harga material lebih ekonomis dibandingkan perkuatan *Geotextile Wall* yang cenderung lebih mahal.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB VI

# KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini telah diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari rekapitulasi data borlog gabungan diketahui kondisi tanah pada lokasi perencanaan merupakan tanah dengan konsistensi sebagai berikut:
  - Untuk kedalaman tanah 0-8 meter merupakan jenis tanah pasir lanauan dengan konsistensi *Medium* yang memiliki nilai SPT rata-rata 16.
  - Untuk kedalaman tanah 9-14 meter merupakan jenis tanah lempung lanauan dengan konsistensi *Hard* yang memiliki nilai SPT rata-rata 25.
  - Untuk kedalaman tanah 15-18 meter merupakan jenis tanah pasir lanauan dengan konsistensi *Medium* yang memiliki nilai SPT rata-rata 28.
  - Untuk kedalaman tanah 19-24 meter merupakan jenis tanah lempung lanauan dengan konsistensi *Hard* yang memiliki nilai SPT rata-rata 50.
  - Untuk kedalaman tanah 25-26 meter merupakan jenis tanah batu pasiran dengan konsistensi *Very Dense* yang memiliki nilai SPT rata-rata 50.
2. Dari hasil analisa lereng tanpa menggunakan perkuatan menggunakan *Geoslope* terdapat nilai  $SF < 1.2$  maka lereng tersebut berpotensi longsor sehingga memerlukan perkuatan.
3. Tinggi lereng 3-5 meter (zona 1) menggunakan perkuatan Bronjong dengan dimensi per 1 bronjong adalah 2m x 1m x 0.5m dan tanpa adanya *cutslope*. Pada tinggi lereng 5-7 meter (zona 2) menggunakan perkuatan *Soldier Pile* dengan diameter 1 meter dengan total panjang yang diperlukan untuk lereng

dengan tinggi 5 dan 7 meter masing-masing 11 dan 15 meter tanpa adanya *cutslope*. Pada tinggi lereng 7-16 meter (zona 3) menggunakan perkuatan *Ground Anchor* dengan *fixed length* 8, 11, 12 dan 14 meter dan direncanakan *cutslope*.

4. Perencanaan perkuatan timbunan menggunakan 2 alternatif perkuatan yaitu *Geotextile Wall* dengan tipe *geotextile* 200/45 ( $T_u = 200\text{kN/m}$ ) dari Stablenka dan *Keystone Wall* dengan tipe *geogrids* TT SAMP 160 ( $T_u = 160\text{kN/m}$ ) dari Tenax diperoleh hasil kebutuhan *geotextile* dan *geogrids* sesuai pada **Tabel 6.1** dan **Tabel 6.2**.

**Tabel 6. 1** Kebutuhan *Geotextile*

H timbunan (m)	Jumlah lapis	Panjang Total <i>Geotextile</i> (m)
2	2	14
4	6	46
6	12	124
8	20	226
10	28	358

**Tabel 6. 2** Kebutuhan *Geogrids*

H timbunan (m)	Jumlah lapis	Panjang Total <i>Geogrids</i> (m)
2	2	12.00
4	6	36.00
6	14	112.00
8	24	228.00
10	34	428.00

5. Perhitungan analisa struktur *box culvert* diperoleh hasil untuk tipe 1 (2m x 2m), tipe 2 (3m x 3m), dan tipe 3 (2m x 3m) tebal pelat beton sebagai struktur *box culvert* yang dipakai adalah 30 cm. sedangkan untuk dimensi dan pemasangan tulangan dapat dilihat pada **Tabel 6.3**.

**Tabel 6. 3** Hasil perhitungan tulangan *box culvert*

Tipe	Dimensi (m)	Bagian	Mu	Tul. Utama	Tul. Bagi
			(kNm)	(mm)	(mm)
1	2x2	Pelat atas	125.26	D19-150	Ø10-150
		Pelat dinding	92.46	D19-200	Ø10-200
		Pelat bawah	217.72	D22-100	Ø12-100
2	3x3	Pelat atas	195.48	D22-100	Ø12-100
		Pelat dinding	175.01	D19-100	Ø12-100
		Pelat bawah	370.35	D25-100	D13-100
3	2x3	Pelat atas	91.88	D19-200	Ø10-200
		Pelat dinding	91.88	D19-200	Ø10-200
		Pelat bawah	178.115	D25-150	Ø12-150

6. Berdasarkan perhitungan volume diperoleh hasil untuk pekerjaan galian (*cut*) sepanjang ruas jalan dengan volume sebesar 414133,8 m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk volume timbunan (*fill*) sepanjang ruas jalan tersebut sebesar 69406 m<sup>3</sup>.
7. Biaya material pada perencanaan Tugas Akhir ini diperoleh sebagai berikut :
  - a. Untuk perkuatan lereng galian diantaranya zona 1 dengan perkuatan *Bronjong* Rp. 52.500.000, zona 2 dengan perkuatan *Soldier Pile* Rp. 1.551.020.348.73, zona 3 dengan perkuatan *Ground Anchor* Rp. 10.725.000.000. perkuatan lereng ini ditinjau per 25 meter memanjang jalan dikarenakan ketinggian lereng yang berbeda-beda dari tiap STA.
  - b. Untuk perkuatan timbunan *Geotextile Wall* diperoleh harga kebutuhan material Rp. 23.072.323.200 dan untuk perkuatan timbunan *Keystone-Wall* diperoleh harga material Rp. Rp. 4.211.848.800. Dari hasil perhitungan tersebut dipilih perkuatan *Keystone Wall* sebagai perencanaan perkuatan timbunan sisi tegak dikarenakan harga yang lebih ekonomis dan pemasangan yang lebih mudah.

- c. Sedangkan untuk analisa biaya material *Box Culvert* diperoleh total biaya material untuk 4 unit *Box culvert* sebesar Rp. 801.698.085.

## 6.2 Saran

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Data tanah yang disediakan seharusnya memiliki data tanah yang menyajikan *properties* yang lengkap agar perhitungan lebih akurat.
2. Diperlukan perhitungan biaya yang lebih cermat, teliti dan tepat sehingga sesuai dengan harga dipasaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E.(1988). **Analisis dan Desain Pondasi jilid 1&2.**, Jakarta : Erlangga.
- Cruden, D.M., Vernes, D.J., 1996, **Landslide Types and Process, Landslides Investigation and Mitigation, Special report 247**, Transport Research Board, National Research Council, Editors : K.A.Turner dan R. Schuster, National Academy Press, Washington, DC.
- Das, B.M (2007). **Principle of Foundation Engineering.** Toronto : Nelson.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B). 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip - prinsip Rekayasa Geoteknik)** Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B). 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip - prinsip Rekayasa Geoteknik)** Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- Murthy, V. N. S., (2002). **Principle and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering.** New York : CRC Press.
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soil).** Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Mochtar, Noor Endah 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah.** Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: ITS Press.

- Vernes, D.J., 1978, **Slope Movement Types and Process, Special Report 176; Landslide Analysis and Control**, Eds: R.L. Schuster dan R.J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- Wahyudi, Herman. 1997. **Teknik Reklamasi**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS Surabaya.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. “**Standar Nasional Indonesia Persyaratan Perancangan Geoteknik.**”
- Look, Burt G. 2007. *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. ed. Taylor & Francis Group. London: Taylor & Francis Group.
- Terzaghi, Karl; B. Peck, Ralph; Mesri, Gholamreza. 1996. “**Soil Mechanics in Engineering Practice 3Rd Edition.**”
- Tomlinson, M.J. 1994. *PILE DESIGN and CONSTRUCTION PRACTICE*. Fourth. ed. E & FN Spon. London.






**LAMPIRAN 1  
DATA TANAH**




# Data Tanah Titik B-61

The Geotechnical Of The Project PT. Widyadharma Karya The Designer Of The Project PT. Andhika Engineering SWP		Go Geotechnical Engineering		PROYEK JALAN TOL TERBANYAK BESAR - PEMATANG PANDANGAN DRUNG UDUS Rencana No. B-61 TA. 2016											
Coordinates		: X = 0322461.368 Y = 9511213.325 Z =		Driller : Nolan Start Date : 04/04/2017 Finish Date : 06/04/2017 Logged By : M. Sudirman											
Depth of Hole GWL		: 18,00 m : -5,75 m													
Casing (m)	Elevation (m)	Depth (m)	Soil Tests (m)	Logarit	Description	SPT			SPT Diagram				Sample No.		
						Depth (m)	Blow Count	N	N - Value / 30 cm					Depth (m)	
						N <sub>60</sub>	N <sub>63</sub>	N <sub>60</sub>	10	20	30	40	50	60	
-0,50	0,50	0,50			0,00 - 0,50 m Top Soil (PASIR Lanasuan), coklat gelap, ukuran butir pasir halus - kasar, lelap.										
-1,00	1,00	0,50			0,50 - 2,00 m PASIR Lanasuan, merah, ukuran butir pasir halus - kasar, lelap.	3	8	10	18						
		2,00			2,00 - 4,00 m LANAU Pasiran, merah dan abu-abu kasar, mengandung bahan tufa, sangat leleh.	2	7	11	18						053 (35,0 cm) 3,00 - 3,55
		3,00			4,00 - 5,40 m PASIR Lanasuan, abu-abu cerah, ukuran butir pasir halus - kasar, padet sedang.										
		4,00			5,40 - 6,02 m LEMPUNG Lanasuan, merah muda - abu-abu cerah, mengandung bahan tufa, sangat leleh.	4	7	10	17						052 (35,0 cm) 7,00 - 7,55
		5,40			6,00 - 8,10 m PASIR Lanasuan, merah muda - kuning, ukuran butir pasir halus - kasar, gradasi baik, mengandung lewasi, padet sedang.	5	10	12	22						
		6,00			8,10 - 9,30 m LEMPUNG Lanasuan, abu-abu cerah, mengandung bahan tufa, leleh.	6	12	13	25						053 (35,0 cm) 11,00 - 11,55
		8,10			9,30 - 12,50 m BATULANAU, abu-abu cerah - abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, sangat leleh.	5	24	30	>30						
		9,30			12,50 - 14,05 m PASIR Lanasuan, abu-abu kehijauan, ukuran butir pasir halus - kasar, gradasi baik, mengandung lewasi, sangat padet.	10	25	30	>50						054 (35,0 cm) 15,00 - 15,55
		12,50			14,05 - 15,95 m BATULANAU, abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, sangat leleh.	11	28	30	>50						
		14,05			15,95 - 18,00 m BATULANAU, abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, sangat leleh.	11	27	30	>50						
		15,95			18,00 - 18,00 m BATULANAU, abu-abu kehijauan, mengandung bahan tufa, sangat leleh.										
		18,00													

## Data Tanah Titik B-62

The Contractor Of The Project PT. Waskita Karya The Supplier Of The Project PT. Andriani Engineering SPT				<b>PROYEK JALAN TOL TERBANGSI BESAR - PEMATANG PANGGANG</b> <b>DRILLING LOGS</b> Dokumen No. 2 - 02 STA. 13+675												
Coordinates		X = 0520798.393	Y = 9902088.803	Dilar : Yayan S Start Date : 12/05/2017 Finish Date : 13/02/2017 Logged By : M. Sudman												
Depth of Hole BWL		-24,00 m														
Casing (m)	Elevation (m)	Depth (m)	Soil Area (m)	Log scale	Description	SPT			SPT Diagram					Sample No.		
						Depth (m)	Blow Count	N	N-Value / 30 cm						Depth (m)	
						N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	0	10	20	30	40	50	60	
-0,30		0,30			0,00 - 0,30 m : Top Soil (LAINAU Pasiran), coklat gelap-coklat, mengandung pasir.											
	1,0				0,30 - 4,30 m : LAINAU Pasiran Kerikilan, merah, mengandung bahan tufa, sangat kaku.	1,95	2,00		4	7	11	18				
	2,0															
	3,0															
	4,0															
-4,30		4,30			4,30 - 5,20 m : LAINAU, merah & abu-abu cerah, mengandung bahan tufa, sangat kaku.	3,55	4,00		3	7	9	16				
	5,0															
	5,60															
	6,0				5,20 - 5,60 m : PAGIR Lemasau, merah, ukuran butir pasir halus - kasar, padat sedang.	5,55	6,00		3	8	8	14				
	7,0															
	8,0				5,60 - 6,50 m : LEMPUNG Lemasau, abu-abu kebiruan - abu-abu, mengandung bahan tufa, kaku.	7,55	8,00		3	5	9	14				
	9,0															
-6,50		6,50			6,50 - 11,00 m : BATULAINAU, abu-abu, mengandung bahan tufa, sangat lemah.	8,55	10,00		7	14	20	34				
	10,0															
	11,0															
	12,0															
	13,0															
	14,0				11,00 - 16,00 m : LEMPUNG Lemasau, abu-abu cerah, mengandung bahan tufa, kaku.	13,55	14,00		3	5	10	15				
	15,0															
	16,0															
	17,0				16,00 - 17,00 m : PAGIR Lemasau, abu-abu cerah, ukuran butir pasir halus - sedang, padat sedang.	16,55	16,00		3	5	8	13				
	18,0															
	18,50				17,00 - 18,50 m : BATUPAGIR, abu-abu cerah, ukuran butir pasir halus - kasar, gradasi baik, mengandung lempau, kuat sedang.	17,55	17,85		18	50						
	19,0															
	20,0				18,50 - 24,00 m : BATULAINAU Pasiran, abu-abu, mengandung bahan tufa, lemah.	19,55	19,84		21	100						
-24,00		24,00														

The Contractor Of The Project PT. Waskita Karya The Engineer Of The Project PT. Ardhana Engineering SPT				<b>PROYEK JALAN TOL TERBESARI BESAR - PEMATANG PANGORANO</b> <b>DRILLING LOGS</b> Sample No. B- 62 STA. 33+075													
Coordinates : X = 05.30758.385 Y = 9932388.935 Z =		Driller : Yayan S Start Date : 12/05/2017 Finish Date : 13/05/2017 Logged By : M. Saadman															
Depth of Hole (m) : 24.00 SWL : -4.00																	
Casing (m)	Elevation (m)	Depth (m)	Thickness (cm)	Legend	Description	SPT			SPT Diagram					Sample No.			
						Depth (m)	Blow Count			N	N-Value / 30 cm					Depth (m)	
							N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		10	20	30	40	50		60
	21,0				18.30 - 24.00 m : SATULANAU Pasiran, abu-abu, mengandung bahan tufa, lemas.	21.55 - 21.85	10				>30						
	22,0	3,30				23.55 - 25.80	24	10	10		>30						006 (30,0 cm) 23,00 - 23,55
	23,0																
	24,0																



The Contractor Of The Project  
PT. Sribina Bumi  
The Engineer Of The Project  
PT. Aneka Engineering Ltd

**PROJEK JALAN TOL TERBANGGI BESAR - PEMATANG PANDANG**  
DISEKSI UDUS  
Kawasan No. B- 02  
T.M. 5/4/2017

Coordinates  
X = 632221.617  
Y = 631344.937  
Z =

Depth of Hole  
30.00 m  
- 5.00 m

Driller : Nurulien  
Start Date : 26/04/2017  
Field Date : 26/04/2017  
Logged By : M.Sukiman

Coring (m)	Elevation (m)	Depth (m)	Thickness (m)	Logarit	Description	SPT		SPT Diagram					Sample No.							
						Depth (m)	Blow Count			N	N - Blow / 30 cm					Depth (m)				
							N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		10	20	30	40	50		60			
21.00	21.00	7.00			21.00 - 24.50 m: BATU LUNAK Pasiran, abu-abu, mengandung bahan tuff, sangat leleh, lemah.	21.00 - 21.84	24	10	14	>50										
23.50	23.50				23.50 - 23.67		23.50	23.67	23.50	>50										
25.00	25.00	1.70			24.50 - 26.00 m: BATU PASIR, abu-abu kehijauan, ukuran sangat pasir halus - kasar, gradasi baik, sangat leleh.	25.00 - 25.80	34	10	14	>50										

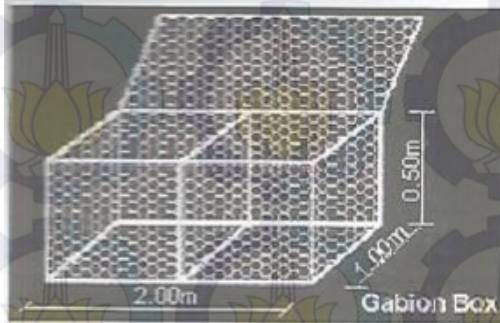






**LAMPIRAN 2**  
**SPESIFIKASI MATERIAL**

## 1. Brosur Material Bronjong



PT. SMS Bronjong Groups

## 2. Brosur Material *Ground Anchor*



### Capacity of the anchor strand anchors

Unit	Steel grade MPa	Nom. cross-section mm <sup>2</sup>	Weight of the strand kg/m	Elastic limit kN	Ultimate strength kN	
4T15.3	1,650 / 1,860	4x0"6	560	4.40	916	1,040
7T15.3		7x0"6	980	7.70	1,603	1,820
9T15.3		9x0"6	1,260	9.90	2,061	2,340
13T15.3		13x0"6	1,820	14.30	2,977	3,380
4T15.7	1,650 / 1,860	4x0"62	600	4.72	984	1,116
7T15.7		7x0"62	1,050	8.26	1,722	1,953
9T15.7		9x0"62	1,350	10.62	2,214	2,511
13T15.7		13x0"62	1,950	15.34	3,198	3,627

*Standard units / intermediate units are made by leaving one or more strand slots empty*

Freyssinet

3. Bosur Material *Geotextile* tipe 200/45 dengan  $T_u = 200\text{kN/m}$

**GEOTECH**  
ENGINEERING WITH GEOSYNTHETICS

**HUESKER STABLENKA® DATA SHEET**  
HIGH STRENGTH WOVEN GEOTEXTILE FOR SOIL REINFORCEMENT

PRODUCT		100/50	120/120	150/45	200/45	300/45	400/50	600/50	800/50	1000/100
<b>MECHANICAL</b>	TEST	UNIT								
Ultimate tensile strength Longitudinal Transverse	EN ISO 10319	kNm								
		≥ 100 ≥ 50	≥ 120 ≥ 120	≥ 150 ≥ 45	≥ 200 ≥ 45	≥ 300 ≥ 45	≥ 400 ≥ 50	≥ 600 ≥ 50	≥ 800 ≥ 50	≥ 1000 ≥ 100
Tensile strength @ 5% strain : Longitudinal	EN ISO 10319	kNm								
		≥ 60	—	≥ 85	≥ 120	≥ 180	≥ 230	≥ 320	≥ 400	≥ 600
Strain @ nominal tensile Strength : longitudinal Transverse	EN ISO 10319	%								
		≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20
Creep after two years @ 50% stress ratio		%								
		1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>HYDRAULIC</b>										
Permeability index normal to plane Tolerance		m/s								
		1x10 <sup>-7</sup> -3x10 <sup>-7</sup>	7x10 <sup>-8</sup> -1x10 <sup>-7</sup>	5x10 <sup>-8</sup> -2x10 <sup>-7</sup>	5x10 <sup>-8</sup> -2x10 <sup>-7</sup>	3x10 <sup>-8</sup> -1x10 <sup>-7</sup>	3x10 <sup>-8</sup> -1x10 <sup>-7</sup>	5x10 <sup>-8</sup> -2x10 <sup>-7</sup>	4x10 <sup>-8</sup> -1x10 <sup>-7</sup>	3x10 <sup>-8</sup> -1x10 <sup>-7</sup>
<b>PHYSICAL</b>										
Weight	EN ISO 9954	g / m <sup>2</sup>								
		~230	~400	~330	~390	~520	~605	~1010	~1380	~1900
<b>PACKAGING</b>										
Roll width x length	NA	m								
		5x300	5x300	5x300	5x300	5x300	5x200	5x200	5x100	5x100



Stablenka Data sheet, 03/2007 Rev. 1

4. Brosur Material *Geogrids* Tenax SAMP TT 160

PRODUCT DATA SHEET

Tenax Uni-axial Grids

**Tenax TT SAMP**  
Type 045 - 060 - 090 - 120 - 160  
Mono-oriented geogrids





Tenax **TT SAMP** are mono-oriented geogrids especially designed for soil reinforcement. **TENAX TT SAMP** geogrids are manufactured with a unique extrusion technology using high quality polymers. **TENAX TT SAMP** geogrids have high tensile modulus, great extension capacity and high strength, as well as superior long term design strength and durability.

Technical Characteristic	Test Method	Unit	TT 045 SAMP	TT 060 SAMP	TT 090 SAMP	TT 120 SAMP	TT 160 SAMP	Process
Strength at 2% Strain	ISO 10319	kN/m	11.0	17.0	26.0	36.0	45.0	u.v.
Strength at 5% Strain	ISO 10319	kN/m	25.0	32.0	50.0	72.0	90.0	u.v.
Peak Tensile Strength	ISO 10319	kN/m	45.0	60.0	90.0	130.0	160.0	u.v.
Yield Point Strain/extension	ISO 10319	%	11.5	13.0	13.0	13.0	13.0	u.v.
Maximum Strain/extension	ISO 10319	%	16.0	16.0	16.0	17.0	17.0	u.v.
Long Term Design Strength	ISO 15488	kN/m	31.2	38.3	57.4	76.5	95.4	u.v.

**Applications:**

- construction of steep slopes of road and railway embankments
- repair of slope failures
- construction of retaining walls
- widening the embankments cross
- systems preventing rock slides
- landfill embankments
- elements of retaining walls



## 5. Brosur Produk Keystone

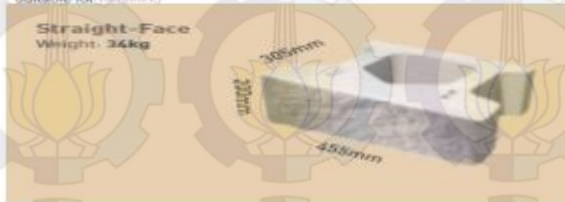
### Keystone Compac® IV

33 mm x 300 mm

Although the Keystone Compac® IV range is predominantly designed for commercial applications, the large and rugged units are also popular in DIY landscaping applications for reasons including such as:

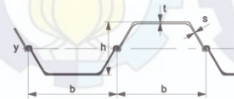
- ▶ They're crafted by two patented extrusion methods
- ▶ Long service with wide base level
- ▶ 2 x standard psi per positioning (weight properties, accurate weight & set screw adjustment)
- ▶ Standard 1/2" face for straight face units

Suitable for:



## 6. Brosur Sheetpile

### SHEET PILE



(OT Series)

(Type II / III / IV)



Daftar Harga Sheet Pile / Turap Baja

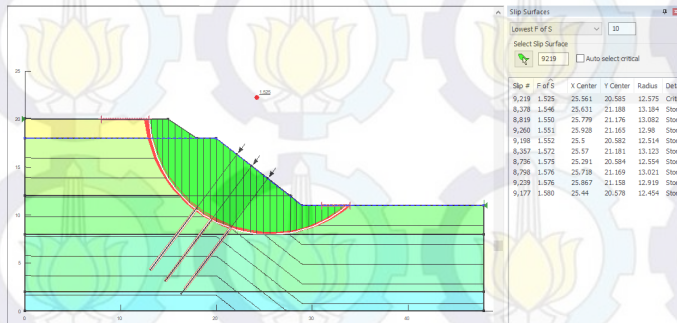
No	Type Sheet Pile	Harga Sheet Pile
1	Type II 400 x 100 x 10,5mm	Rp. 8.651.000
2	Type III 400 x 125 x 13,0mm	Rp. 10.814.000



**LAMPIRAN 3**  
**HASIL ANALISA *GROUND ANCHOR***  
**DENGAN *SOFTWARE***

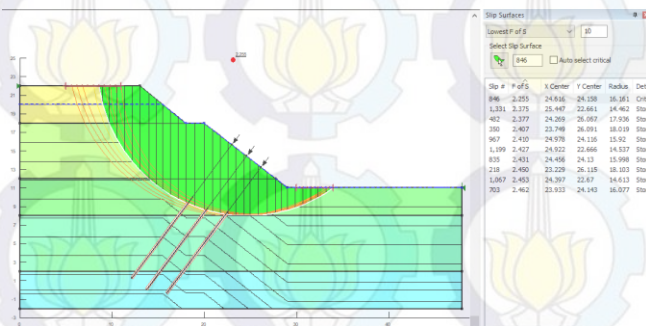
## Hasil analisa *Ground Anchor* dengan *Geoslope*:

### 1. Untuk tinggi lereng 9 meter :



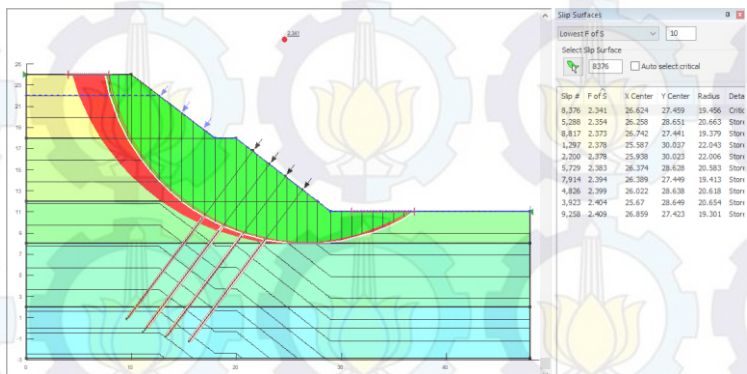
SF yang terjadi = 1.525 (Aman)

### 2. Untuk tinggi lereng 11 meter :



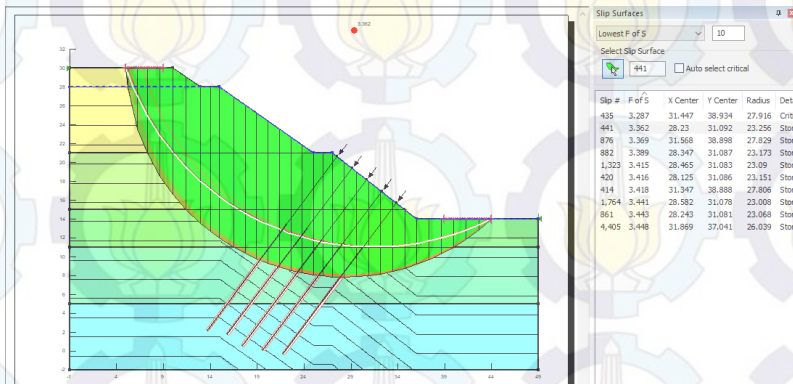
SF yang terjadi = 2.255(Aman)

### 3. Untuk tinggi lereng = 13 m



SF yang terjadi = 2.34 (Aman)

### 4. Untuk tinggi lereng = 16 m



SF yang terjadi = 3.28 (Aman)

## Hasil analisa *Ground Anchor* dengan *Geo5*:

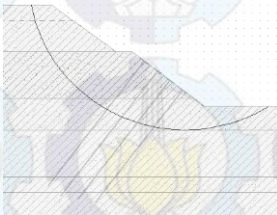
1. Untuk tinggi lereng 11 meter :



Analysis	
<b>Slope stability verification (Bishop)</b>	
Sum of active forces :	$F_A = 915.30 \text{ kN/m}$
Sum of passive forces :	$F_P = 1649.34 \text{ kN/m}$
Sliding moment :	$M_A = 14791.22 \text{ kNm/m}$
Resisting moment :	$M_P = 26653.38 \text{ kNm/m}$
Factor of safety =	$1.80 > 1.50$
Slope stability ACCEPTABLE	

SF yang terjadi = 1.8 (Aman)

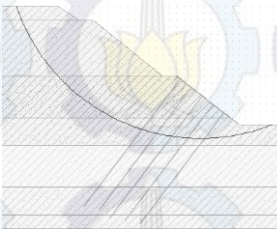
2. Untuk tinggi lereng 13 meter :



Analysis	
<b>Slope stability verification (Bishop)</b>	
Sum of active forces :	$F_A = 1034.58 \text{ kN/m}$
Sum of passive forces :	$F_P = 1864.29 \text{ kN/m}$
Sliding moment :	$M_A = 20132.97 \text{ kNm/m}$
Resisting moment :	$M_P = 36278.99 \text{ kNm/m}$
Factor of safety =	$1.80 > 1.50$
Slope stability ACCEPTABLE	

SF yang terjadi = 1.8 (Aman)

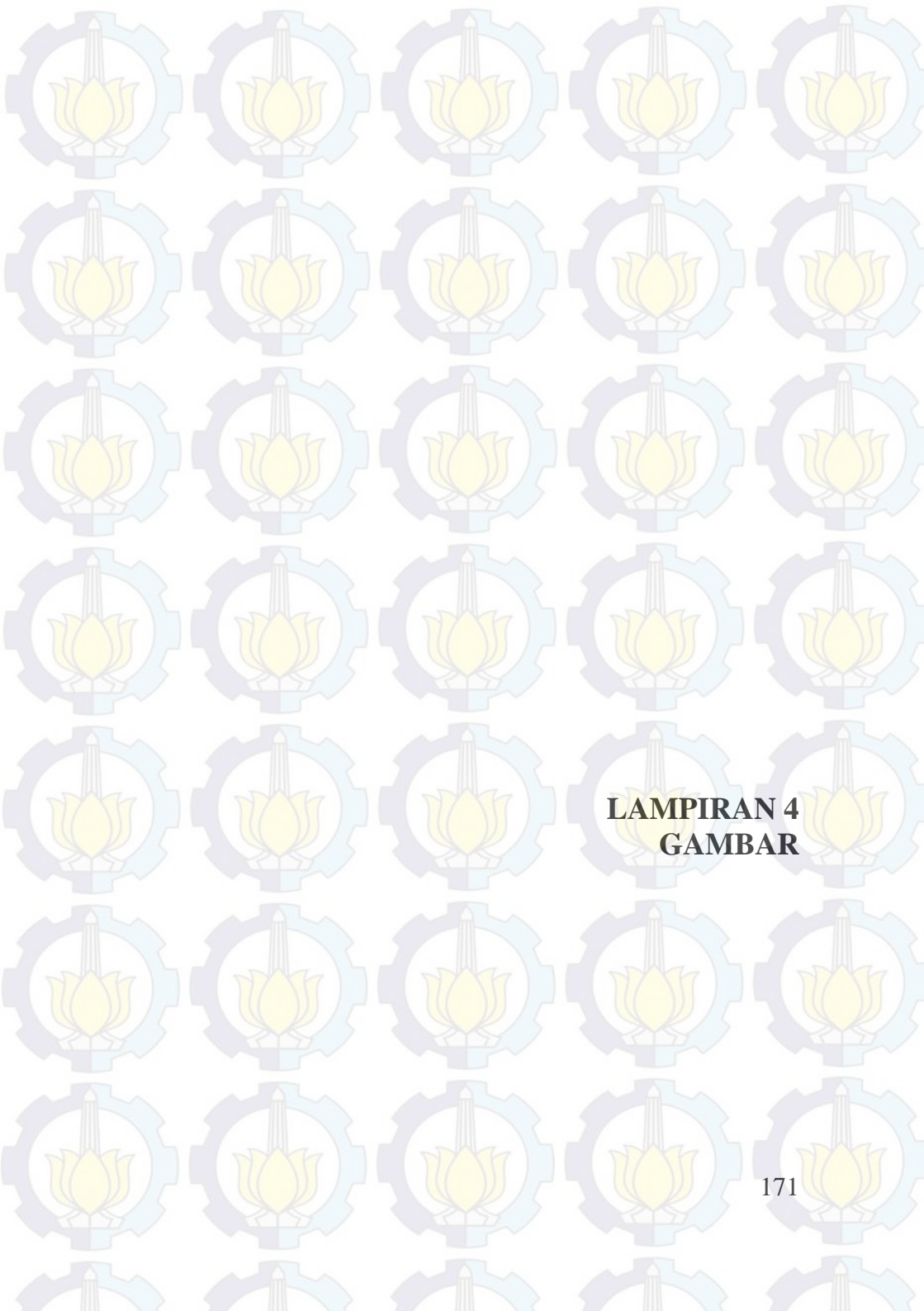
3. Untuk tinggi lereng 16 meter :



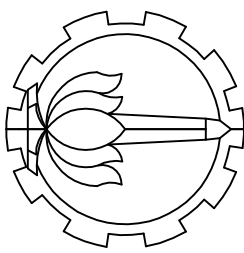
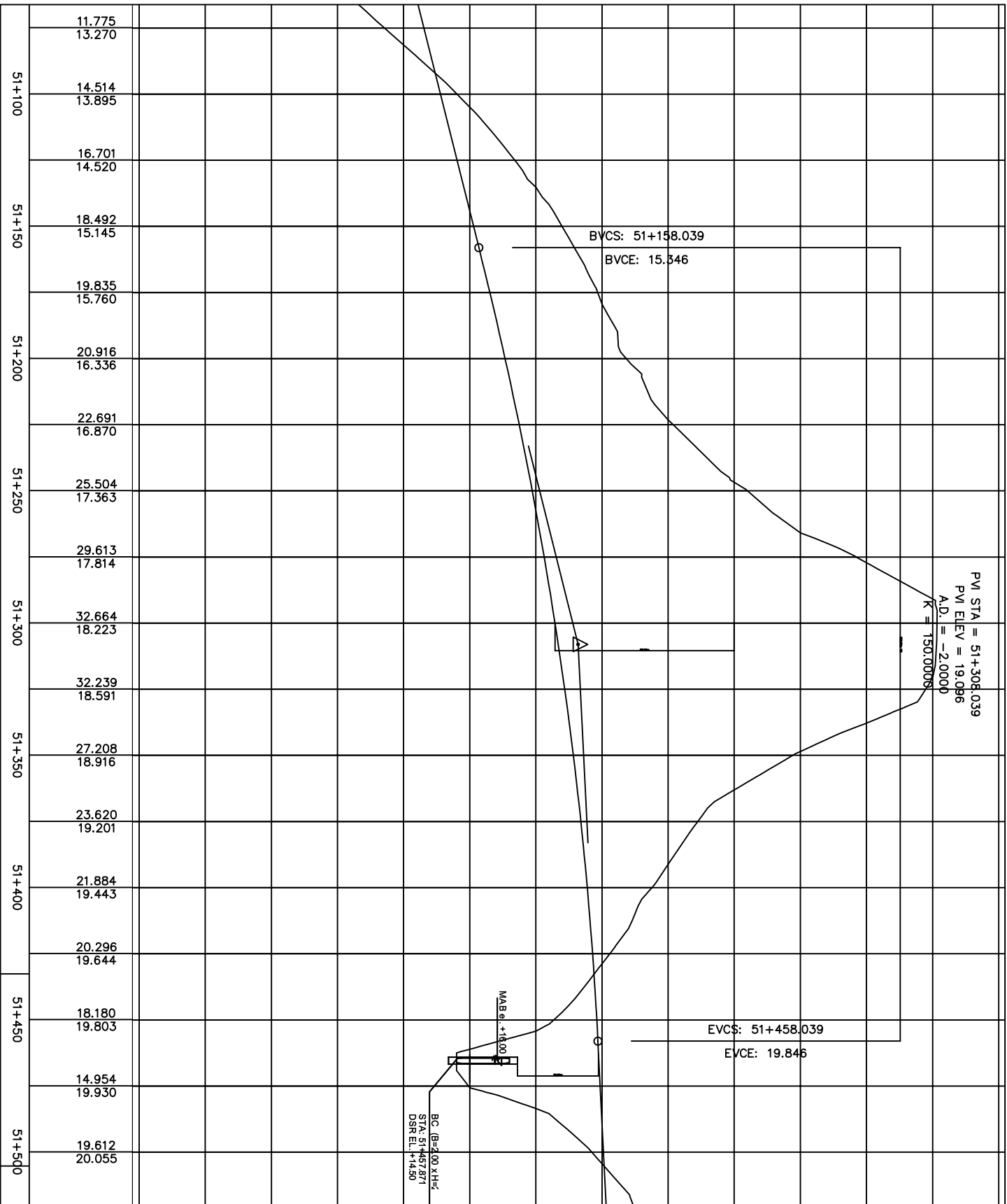
Analysis	
<b>Slope stability verification (Bishop)</b>	
Sum of active forces :	$F_A = 1654.61 \text{ kN/m}$
Sum of passive forces :	$F_P = 3262.29 \text{ kN/m}$
Sliding moment :	$M_A = 46196.69 \text{ kNm/m}$
Resisting moment :	$M_P = 91083.22 \text{ kNm/m}$
Factor of safety =	$1.97 > 1.50$
Slope stability ACCEPTABLE	

SF yang terjadi = 1.97 (Aman)





**LAMPIRAN 4  
GAMBAR**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

**NAMA DOSEN**

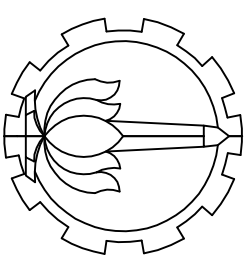
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

V = 1:200  
H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**1 21**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

**NAMA DOSEN**

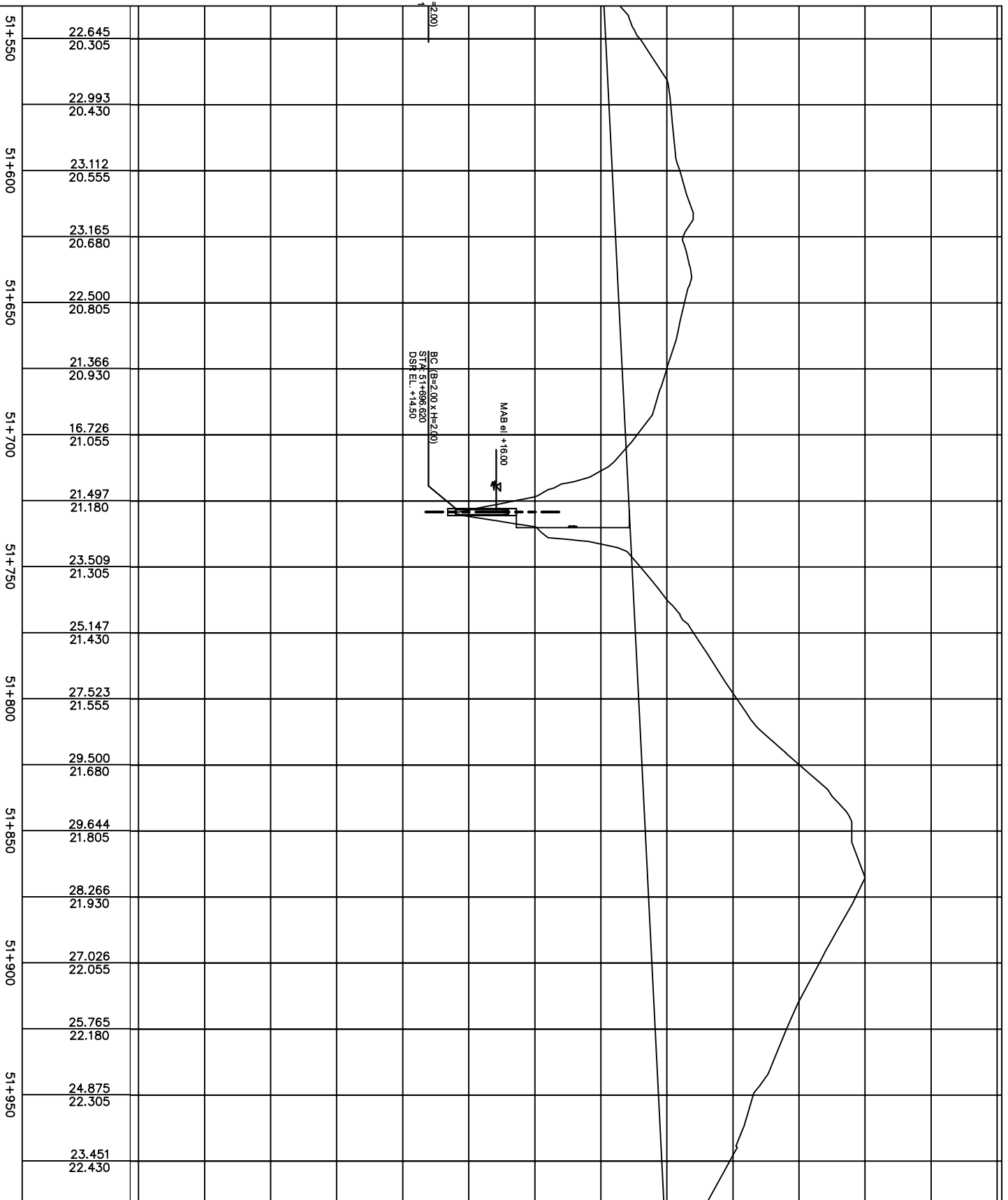
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

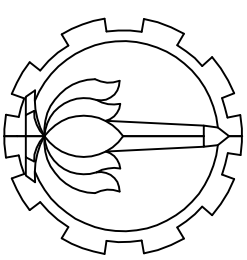
**SKALA GAMBAR**

V = 1:200  
H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**2 21**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
031174500007

**NAMA DOSEN**

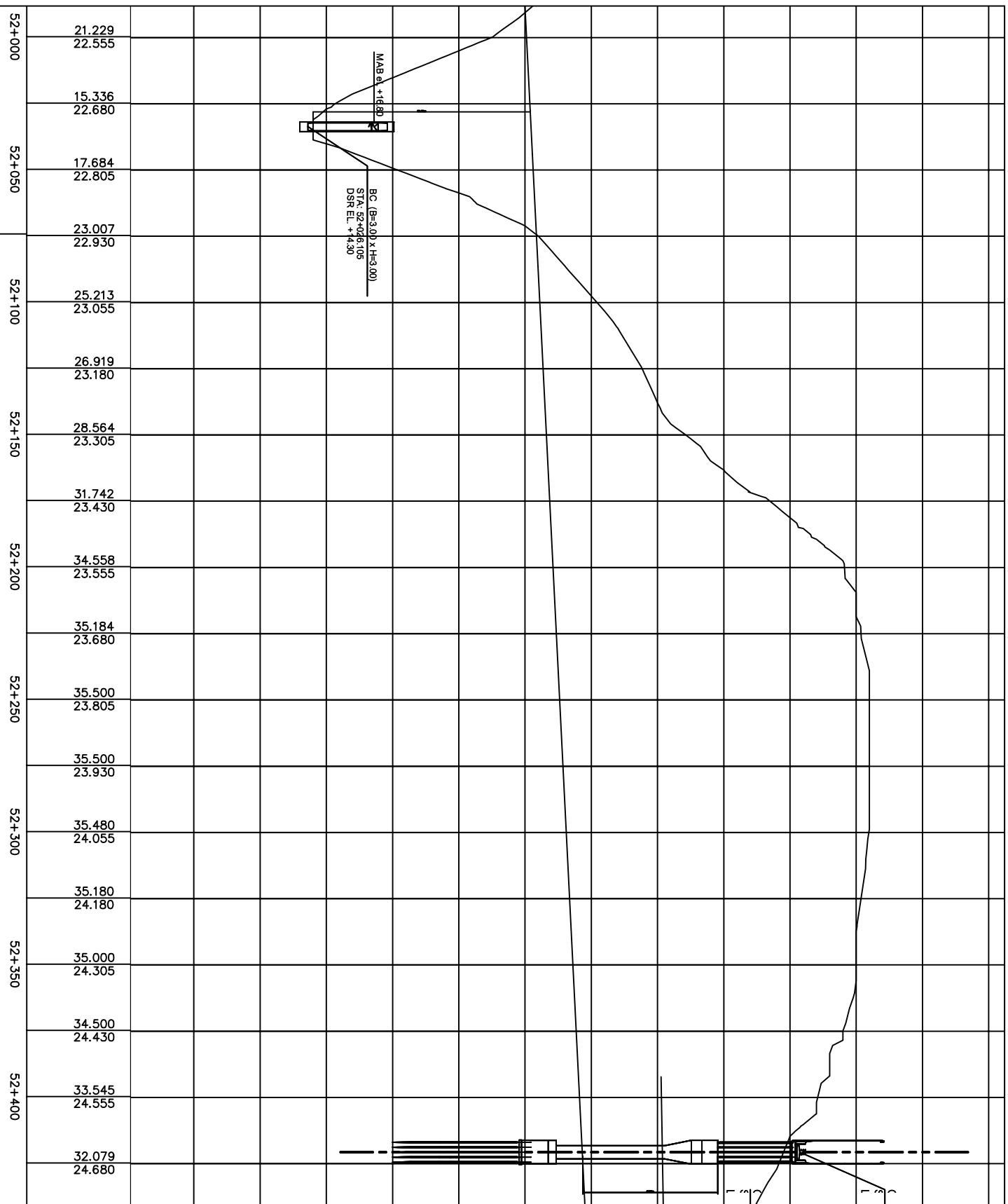
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

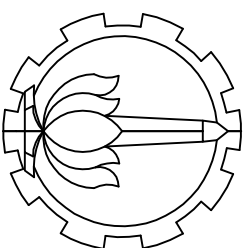
**SKALA GAMBAR**

V = 1:200  
H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**3 21**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
0311745000007

**NAMA DOSEN**

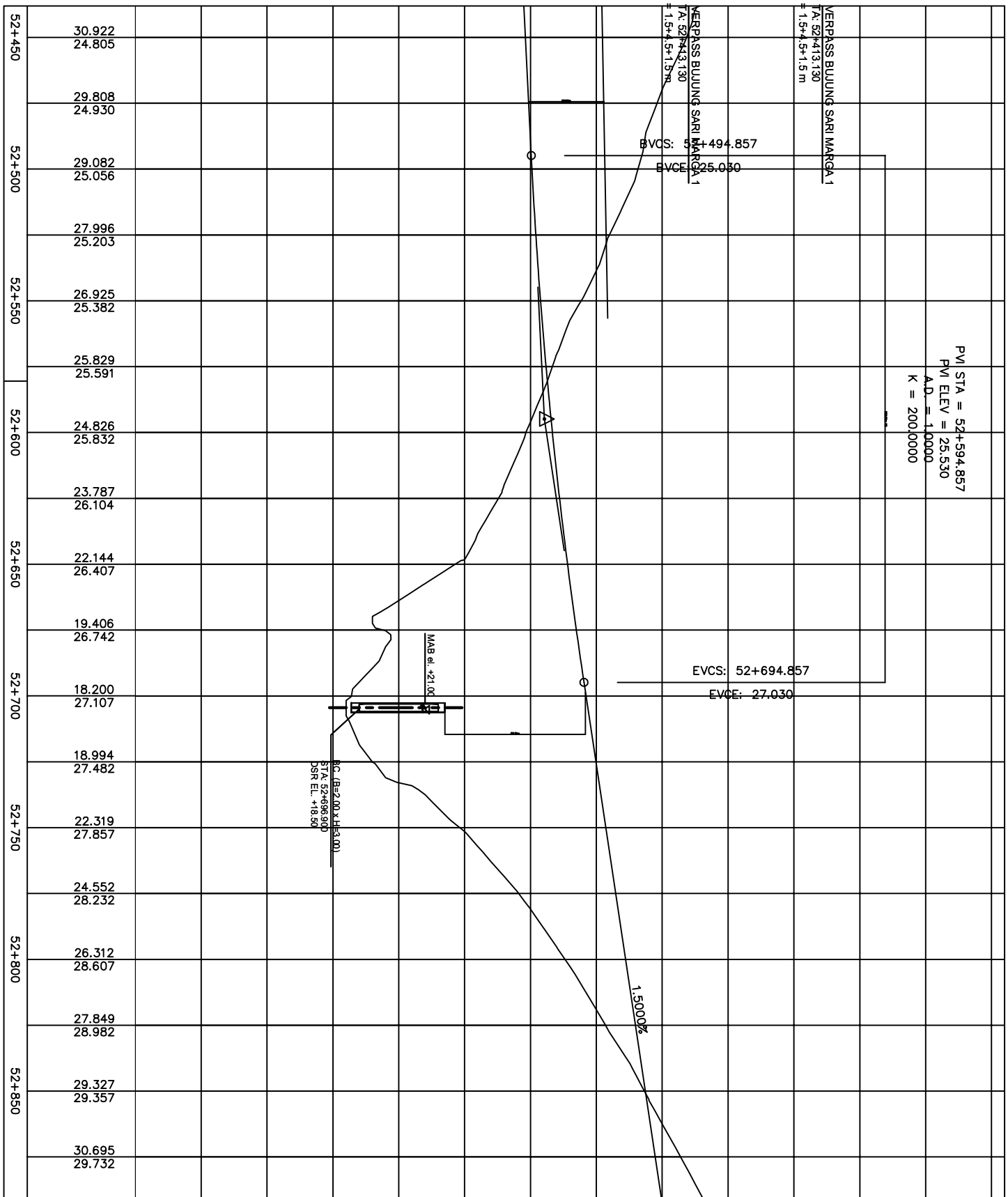
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

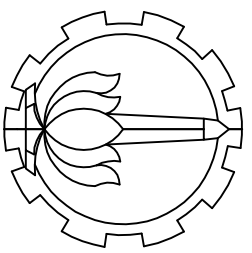
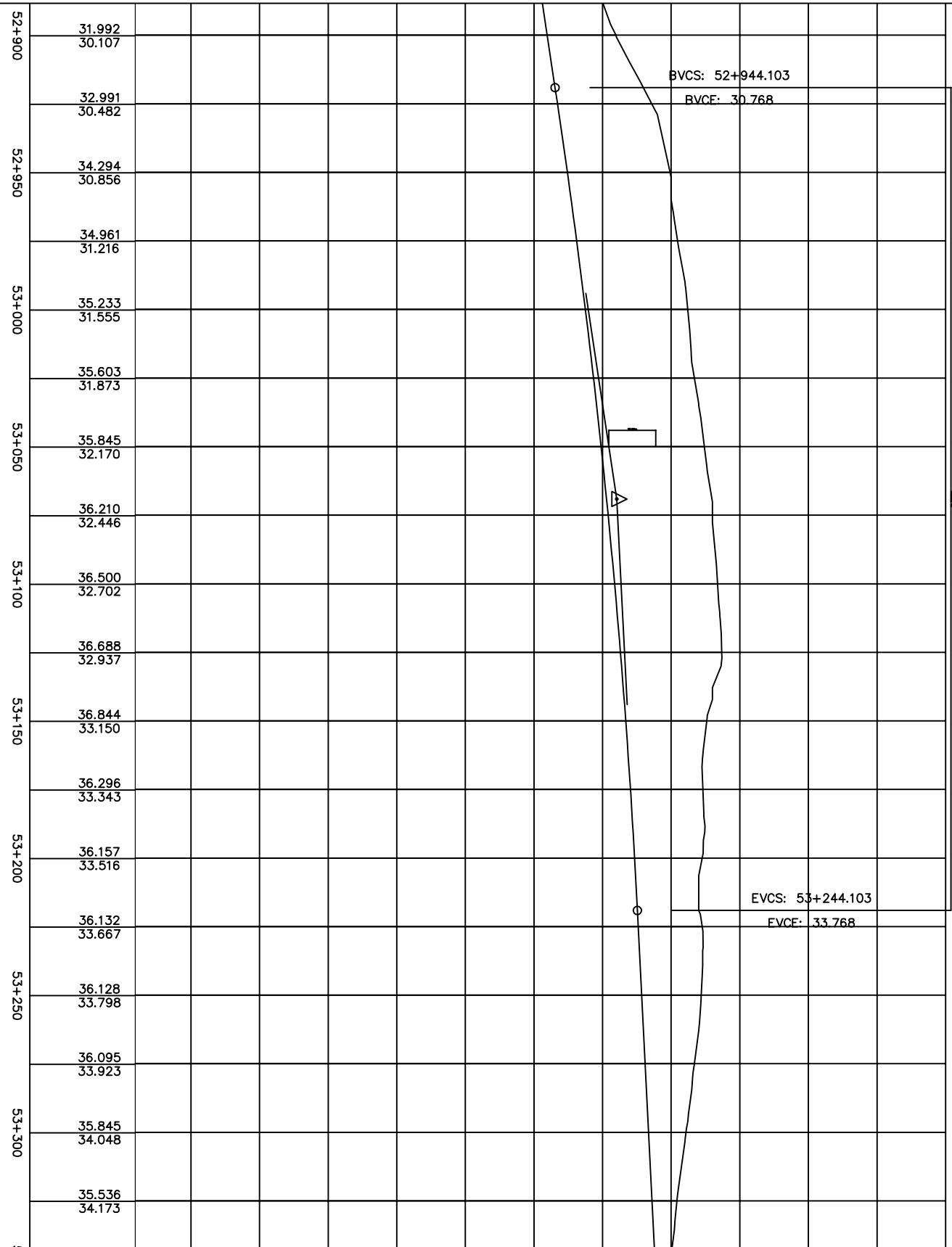
V = 1:200  
H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**4** **21**



PVI STA = 53+094.103  
 PVI ELEV = 33.018  
 A.D. = -1.0000  
 K = 300.0000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK  
 SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
 KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
 DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
 TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
 PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
 PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
 031174500007

**NAMA DOSEN**

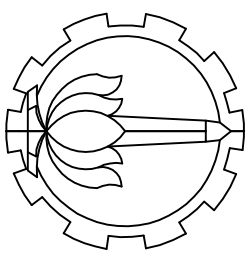
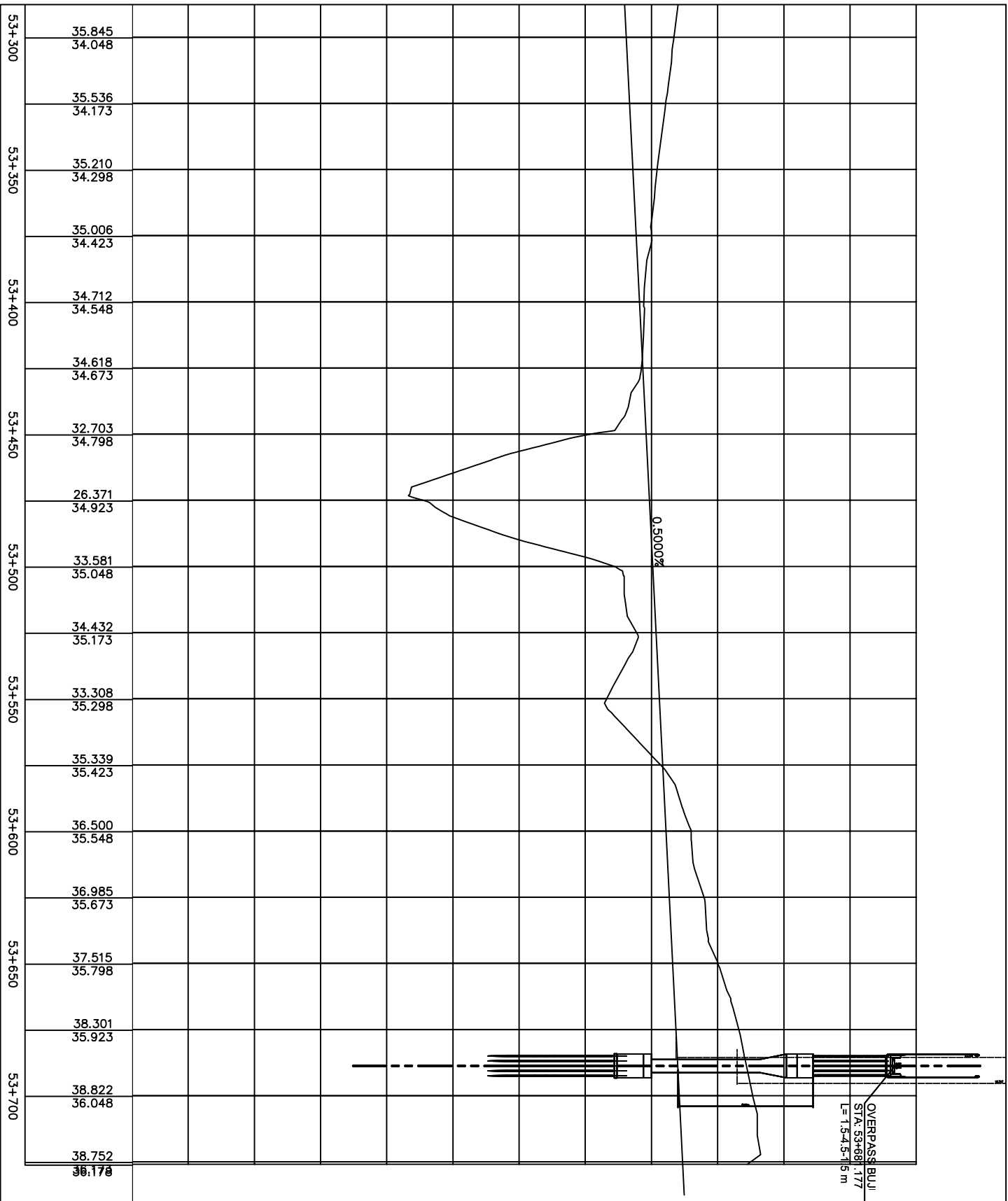
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
 Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

V = 1:200  
 H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**5 21**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
031174500007

**NAMA DOSEN**

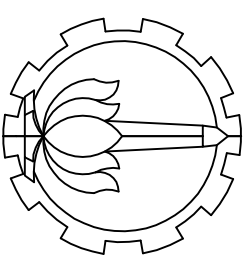
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

V = 1:200  
H = 1:2000

**NOMOR GAMBAR**

**6 21**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

**NAMA DOSEN**

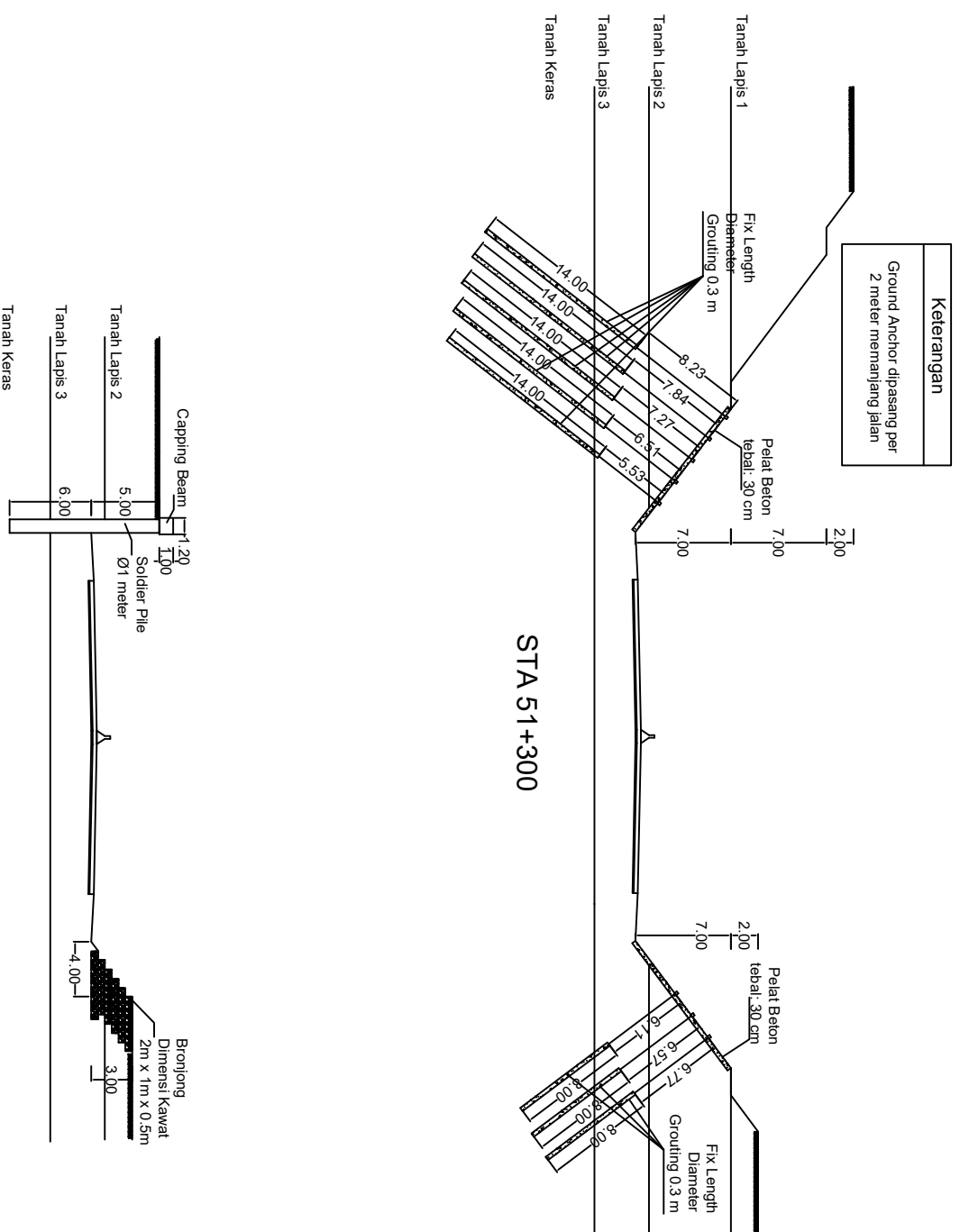
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

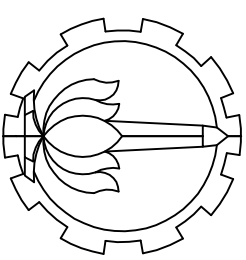
1:500

**NOMOR GAMBAR**

**7 21**







DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

**NAMA DOSEN**

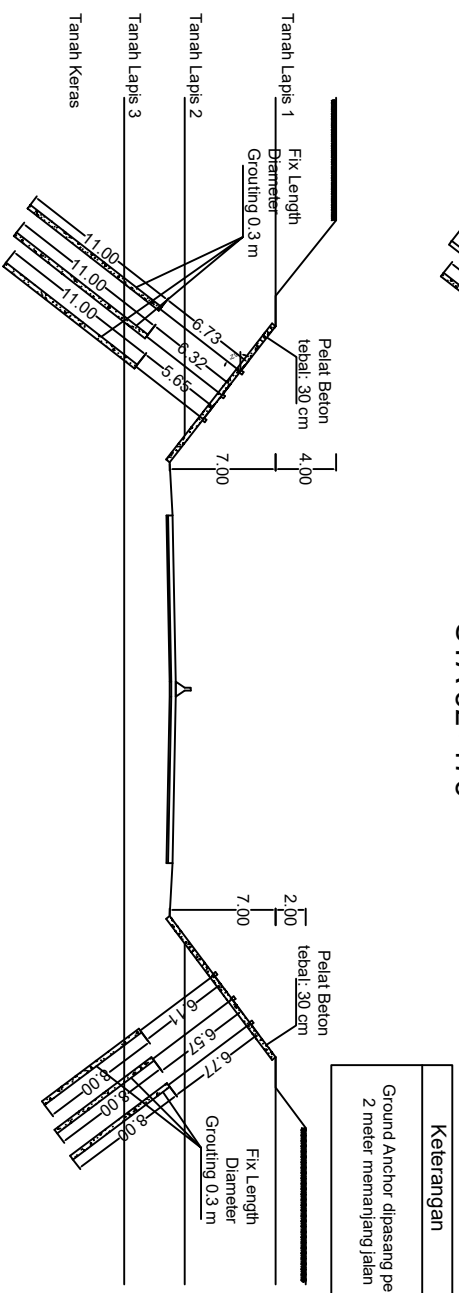
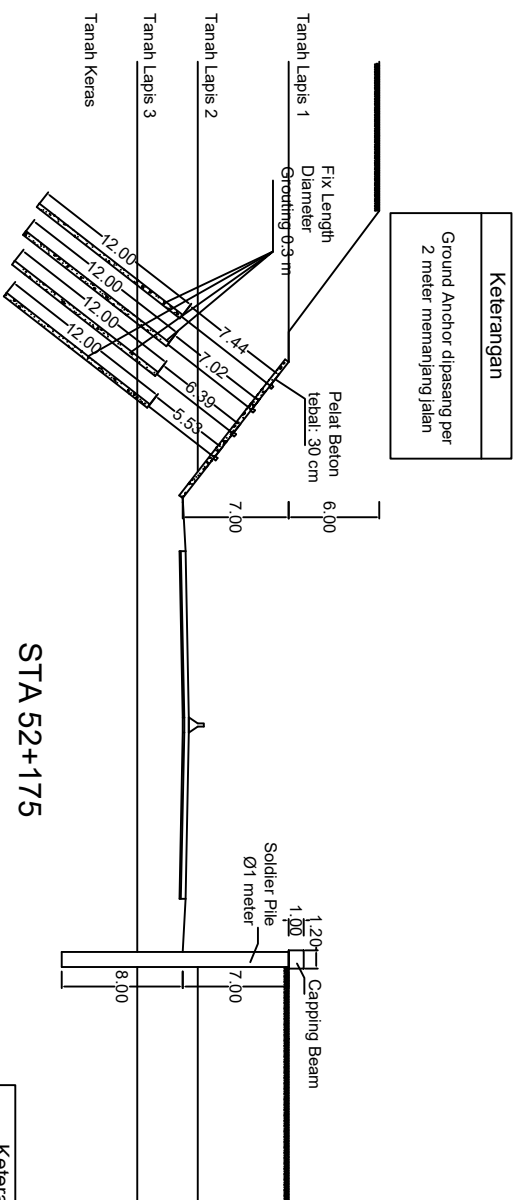
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

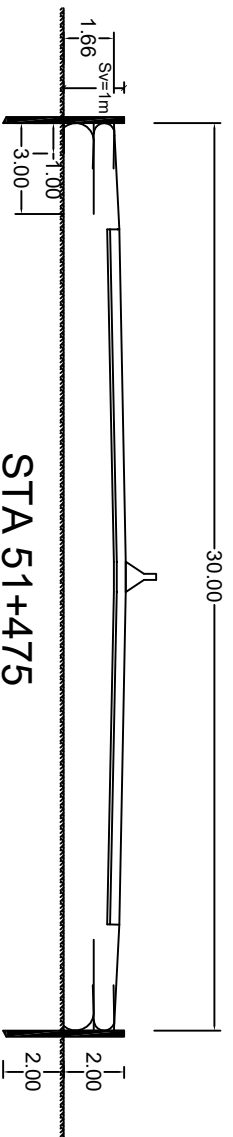
**SKALA GAMBAR**

1:500

**NOMOR GAMBAR**

**8 21**

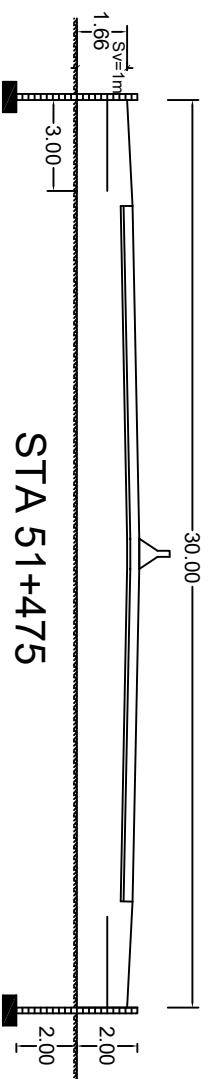




STA 51+475

### Alternatif Geotextile Wall

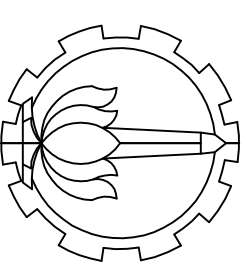
Keterangan	
H timbunan Reinforcement	1.66 m
Total Reinforcement	Geotextile woven 200/45 2 layer
Type retaining-wall	Sheetpile OT Series type III
Length retaining-wall	4 m



STA 51+475

### Alternatif Keystone Wall

Keterangan	
H timbunan Reinforcement	1.66 m
Total Reinforcement	Geogrids uniaxial TT160 2 layer
Type retaining-wall	Keystone wall compact IV
Length retaining-wall	4 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

TULUS SAPUTRO  
0311174500007

### NAMA DOSEN

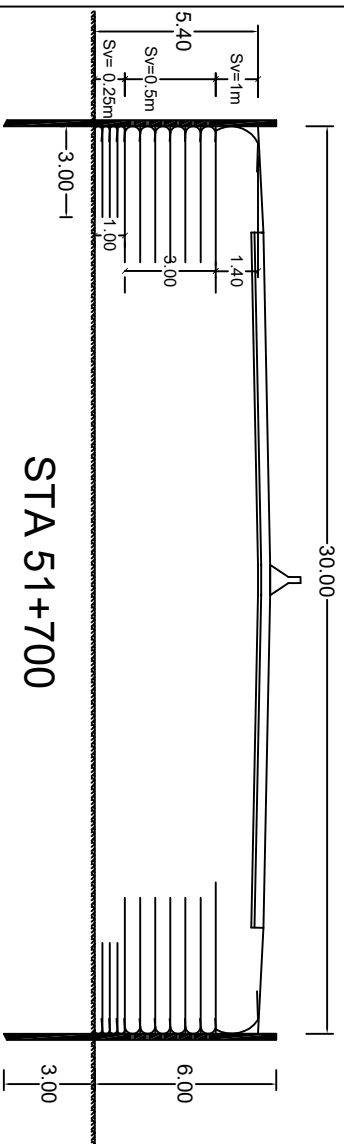
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

### SKALA GAMBAR

1:250

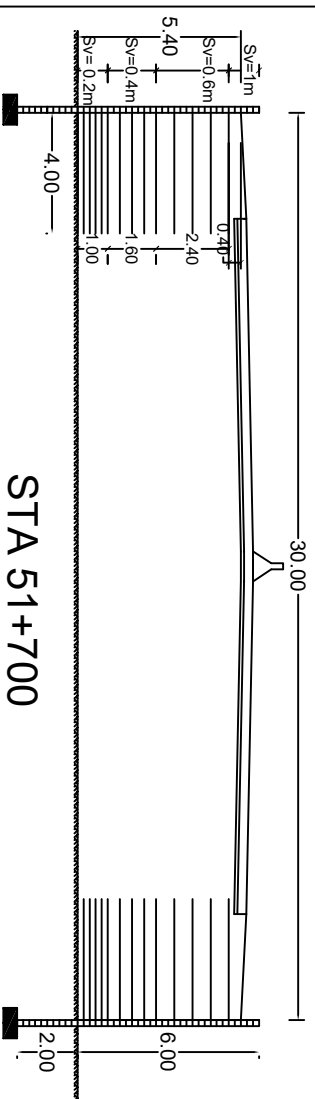
### NOMOR GAMBAR

9 21



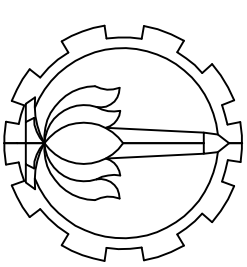
Alternatif Geotextile Wall

<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	5,4 m
Total Reinforcement	Geotextile woven 200/45 11 layer
Type retaining-wall	Sheetpile OT Series type III
Length retaining-wall	9 m



Alternatif Keystone Wall

<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	5,4 m
Total Reinforcement	Geogrids uniaxial TT160 14 layer
Type retaining-wall	Keystone wall compact IV
Length retaining-wall	8 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
0311174500007

**NAMA DOSEN**

Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

1:250

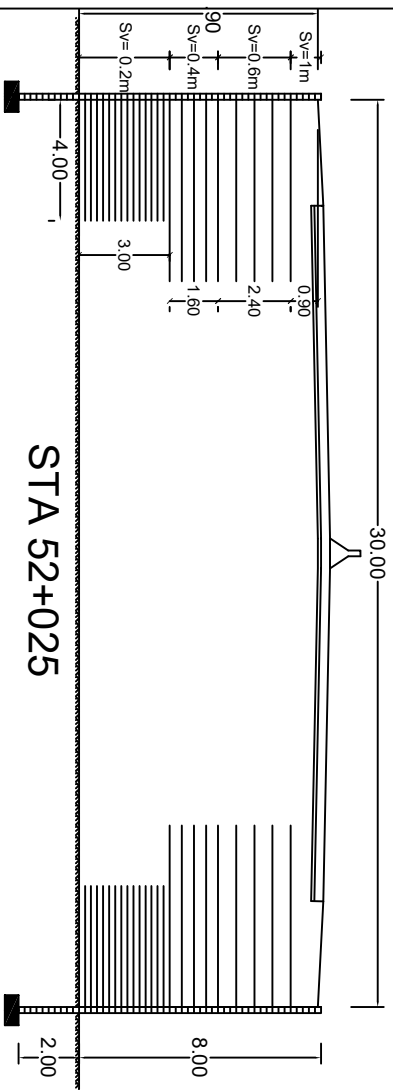
**NOMOR GAMBAR**

**10 21**



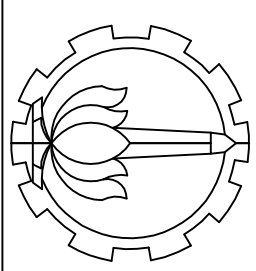
**Alternatif Geotextile Wall**

<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	7.9 m
Total Reinforcement	Geotextile woven 200/45 20 layer
Type retaining-wall	Sheeppile OT Series type III
Length retaining-wall	12 m



**Alternatif Keystone Wall**

<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	5.4 m
Total Reinforcement	Geogrids uniaxial TT160 24 layer
Type retaining-wall	Keystone wall compact IV
Length retaining-wall	10 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULLUS SAPUTRO  
0311174500007

**NAMA DOSEN**

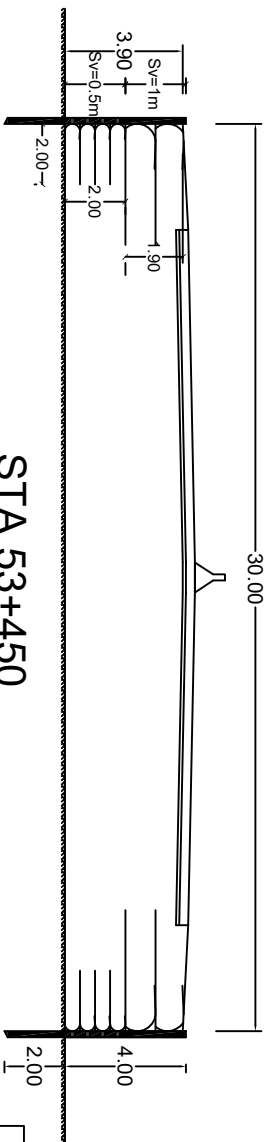
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

1:250

**NOMOR GAMBAR**

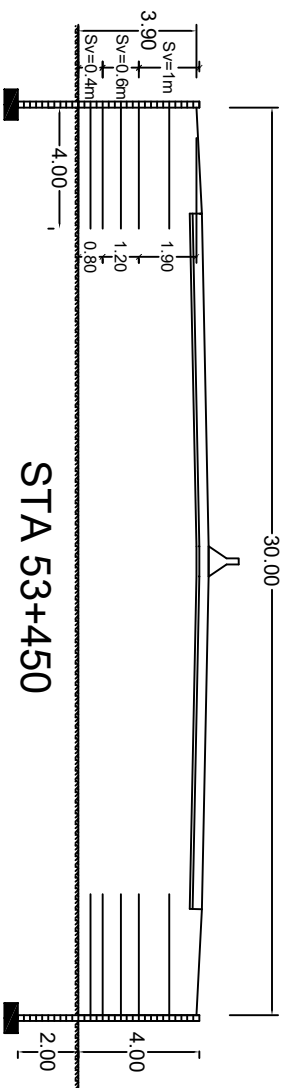
**11 21**



**STA 53+450**

**Alternatif Geotextile Wall**

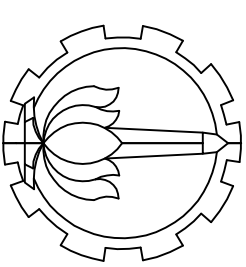
<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	3.9 m Geotextile woven 200/45
Total Reinforcement	6 layer
Type retaining-wall	Sheetpile OT Series type III
Length retaining-wall	6 m



**STA 53+450**

**Alternatif Keystone Wall**

<b>Keterangan</b>	
H timbunan Reinforcement	5.4 m Geogrids uniaxial TT160
Total Reinforcement	6 layer
Type retaining-wall	Keystone wall compact IV
Length retaining-wall	6 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULLUS SAPUTRO  
0311174500007

**NAMA DOSEN**

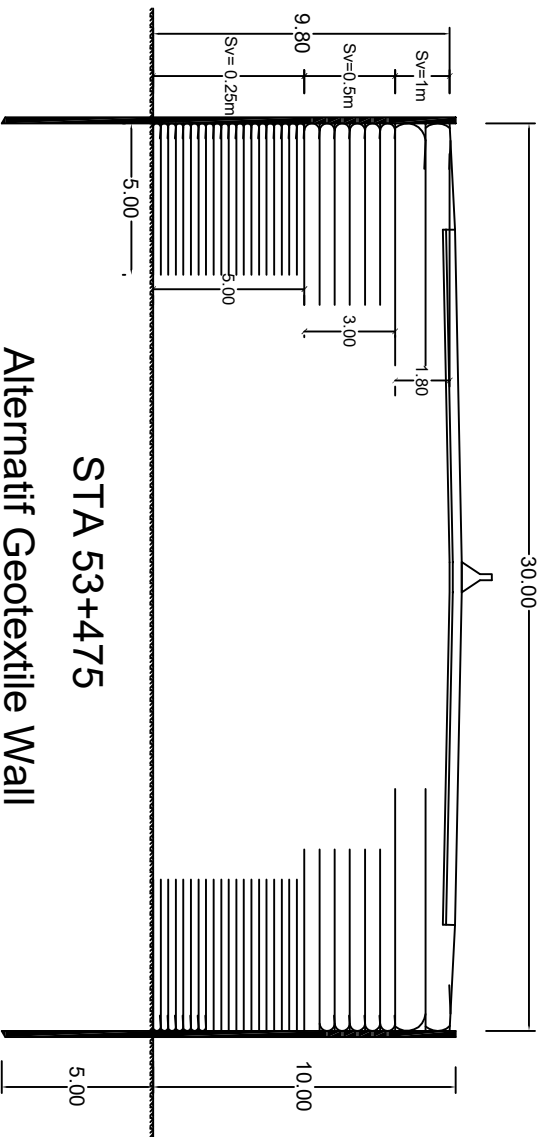
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

1:250

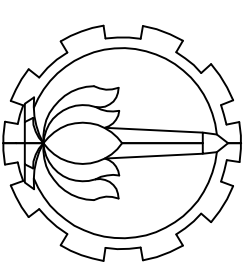
**NOMOR GAMBAR**

**12 21**



**STA 53+475**  
**Alternatif Geotextile Wall**

Keterangan	
H timbunan Reinforcement	9.8 m
Total Reinforcement	Geotextile woven 200/45 28 layer
Type retaining-wall	Sheetpile OT Series type III
Length retaining-wall	15 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
0311174500007

**NAMA DOSEN**

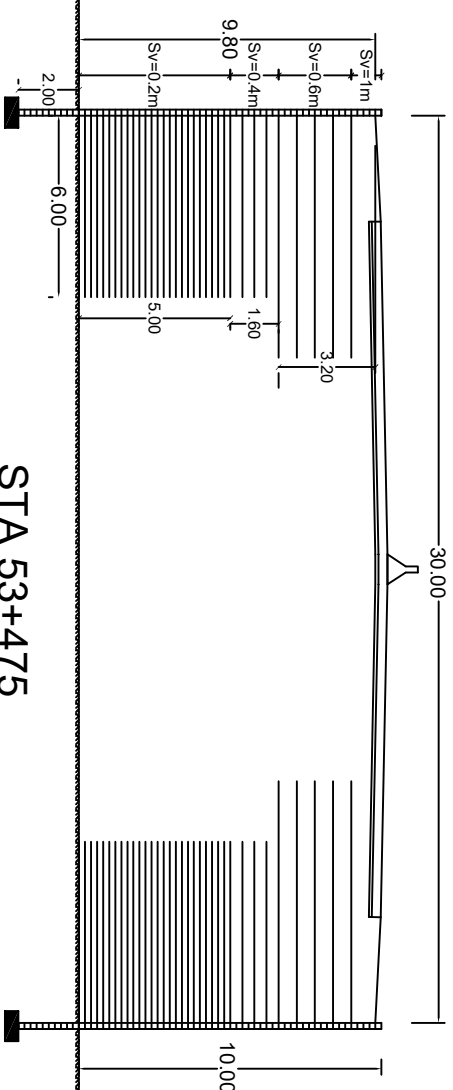
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

1:250

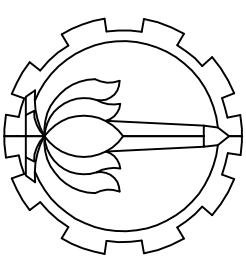
**NOMOR GAMBAR**

**13 21**



**STA 53+475**  
**Alternatif Keystone Wall**

Keterangan	
H timbunan Reinforcement	9.8 m
Total Reinforcement	Geogrids uniaxial TT160 34 layer
Type retaining-wall	Keystone wall compact IV
Length retaining-wall	12 m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

### NAMA DOSEN

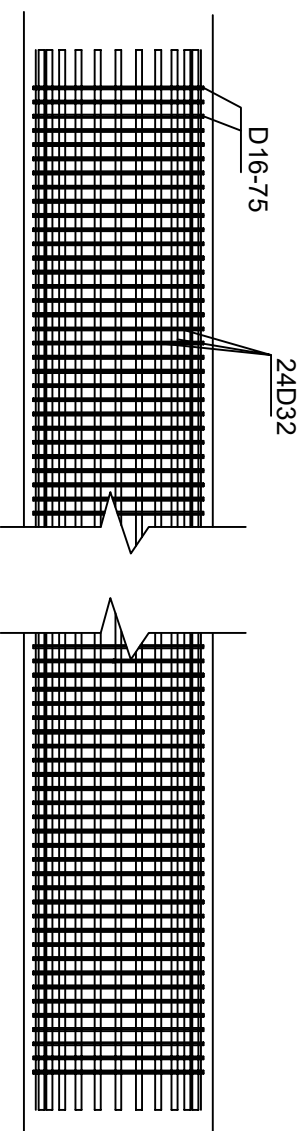
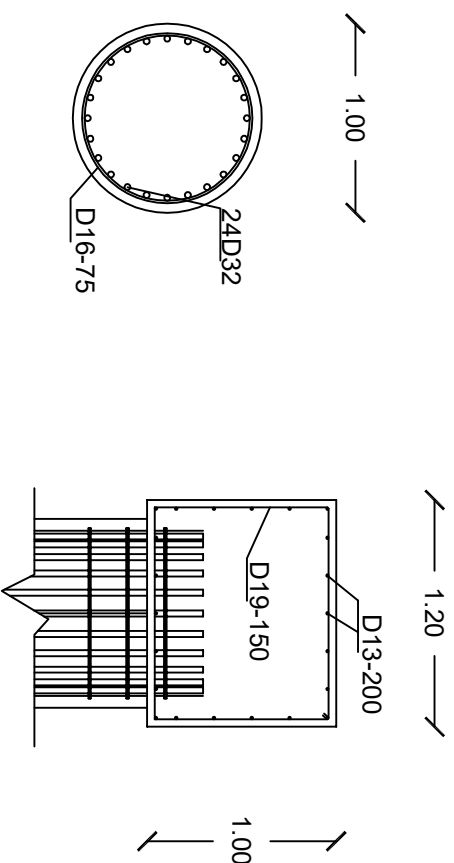
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

### SKALA GAMBAR

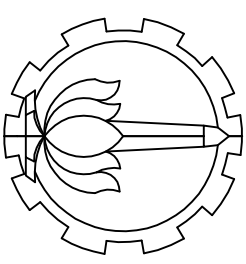
1:25

### NOMOR GAMBAR

14 21



## Detail Soldier Pile dan Capping Beam



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

NAMA MAHASISWA

TULLUS SAPUTRO  
0311174500007

NAMA DOSEN

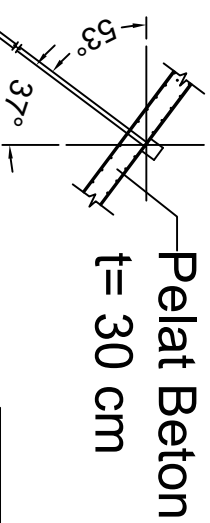
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

15 21



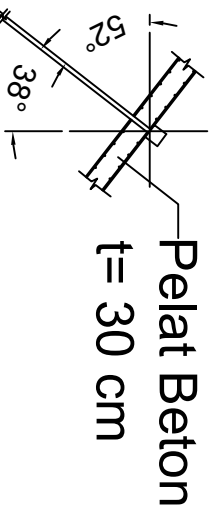
Fixed Length

## GROUND ANCHOR TIPE 1 (GA1)

### Keterangan

- Diameter Grouting: 0.3 m
- Luas Penampang GA1 : 980 mm<sup>2</sup>
- Ultimate Strength : 1820 kN
- Tulangan Pelat : D16-200 (arah x dan y)



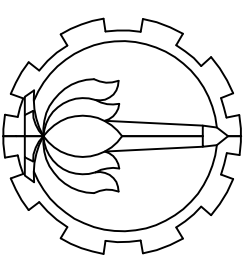


## GROUND ANCHOR TIPE 2 (GA2)

Fixed Length

### Keterangan

- Diameter Grouting: 0.3 m
- Luas Penampang GA1 : 980 mm<sup>2</sup>
- Ultimate Strength : 1820 kN
- Tulangan Pelat : D16-150 (arah x dan y)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

NAMA MAHASISWA

TULUS SAPUTRO  
0311174500007

NAMA DOSEN

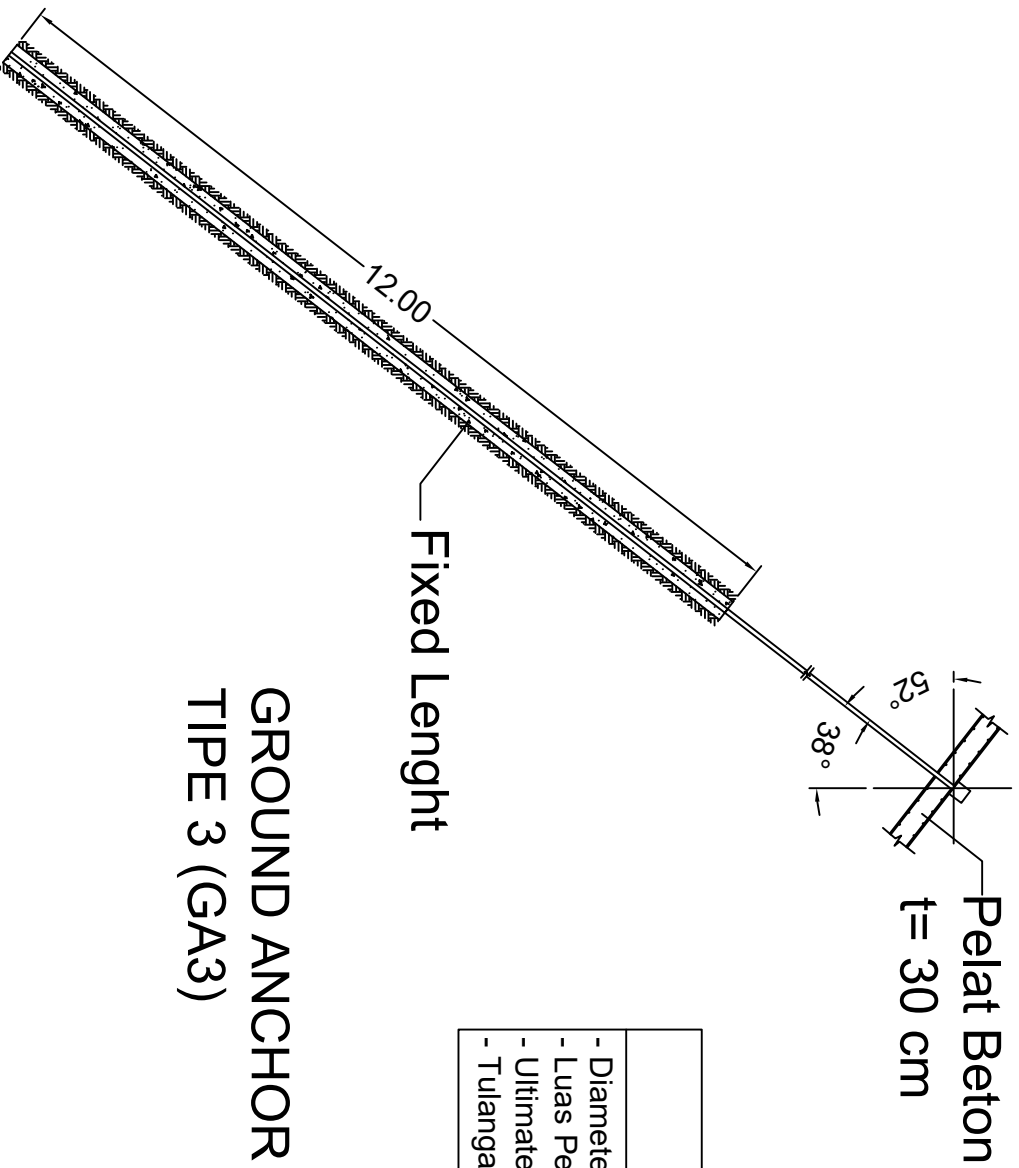
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

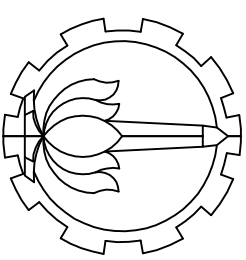
16 21



## GROUND ANCHOR TIPE 3 (GA3)

### Keterangan

- Diameter Grouting: 0.3 m
- Luas Penampang GA1 : 980 mm<sup>2</sup>
- Ultimate Strength : 1820 kN
- Tulangan Pelat : D16-150 (arah x dan y)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

TULLUS SAPUTRO  
0311174500007

### NAMA DOSEN

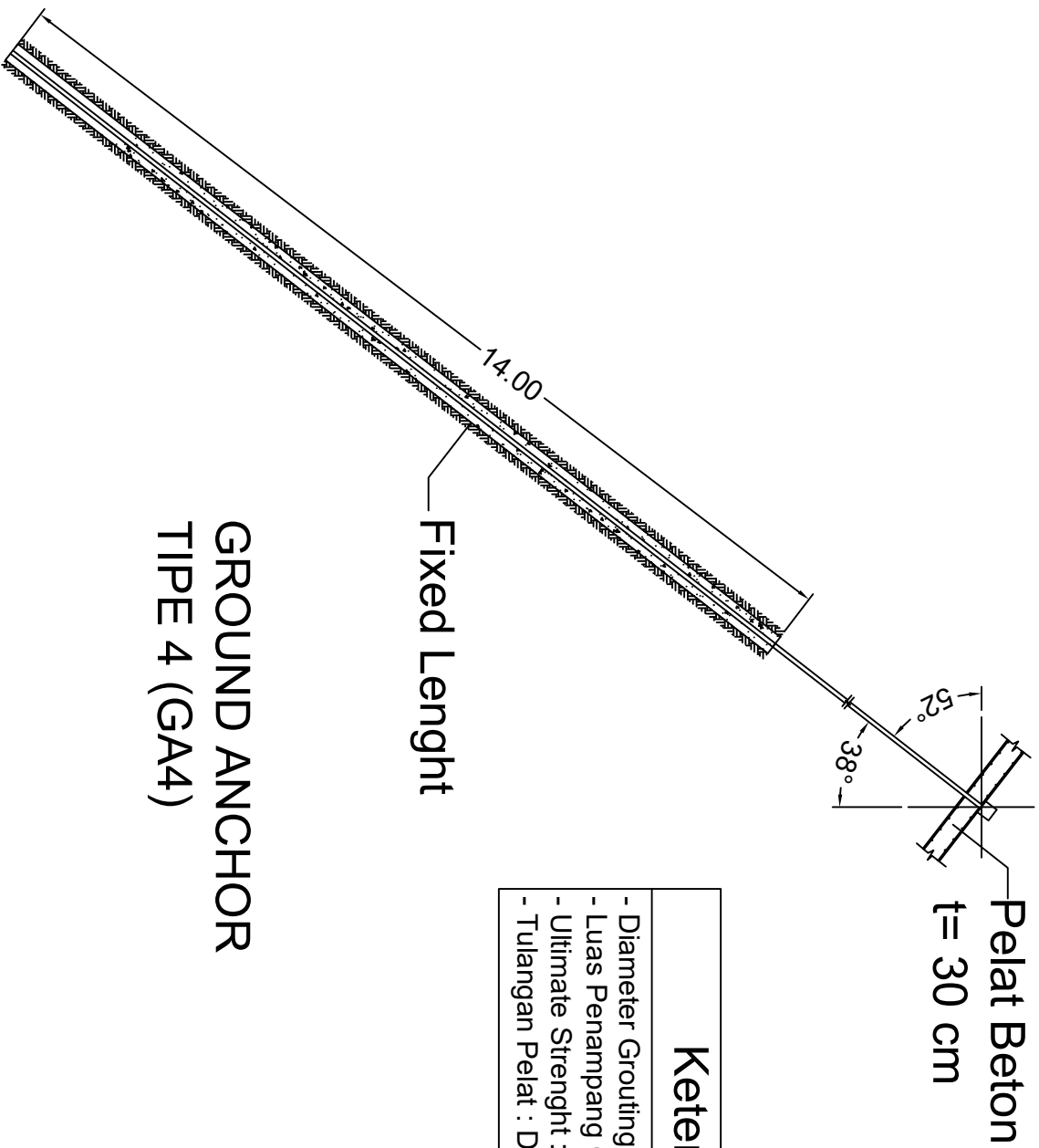
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

### SKALA GAMBAR

1 : 100

### NOMOR GAMBAR

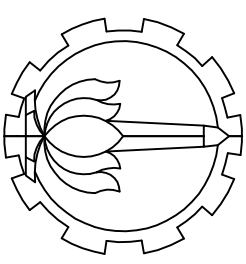
17 21



**GROUND ANCHOR  
TIPE 4 (GA4)**

<b>Keterangan</b>	
- Diameter Grouting: 0.3 m	
- Luas Penampang GA1 : 980 mm <sup>2</sup>	
- Ultimate Strength : 1820 kN	
- Tulangan Pelat : D16-125 (arah x dan y)	

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN	
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	
PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL TERBANGGI BESAR - PEMATANG PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700 PROVINSI LAMPUNG	
<b>NAMA MAHASISWA</b>	TULLUS SAPUTRO
	0311174500007
<b>NAMA DOSEN</b>	Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT
	Ir. SUWARNO, M.Eng
<b>SKALA GAMBAR</b>	1:100
<b>NOMOR GAMBAR</b>	18 21



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

TULUS SAPUTRO  
03111745000007

### NAMA DOSEN

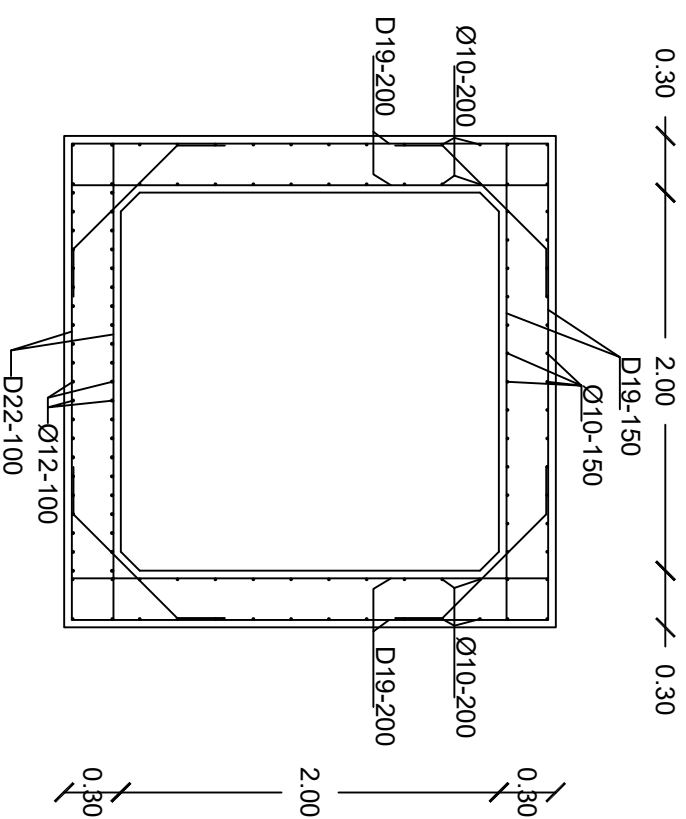
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

### SKALA GAMBAR

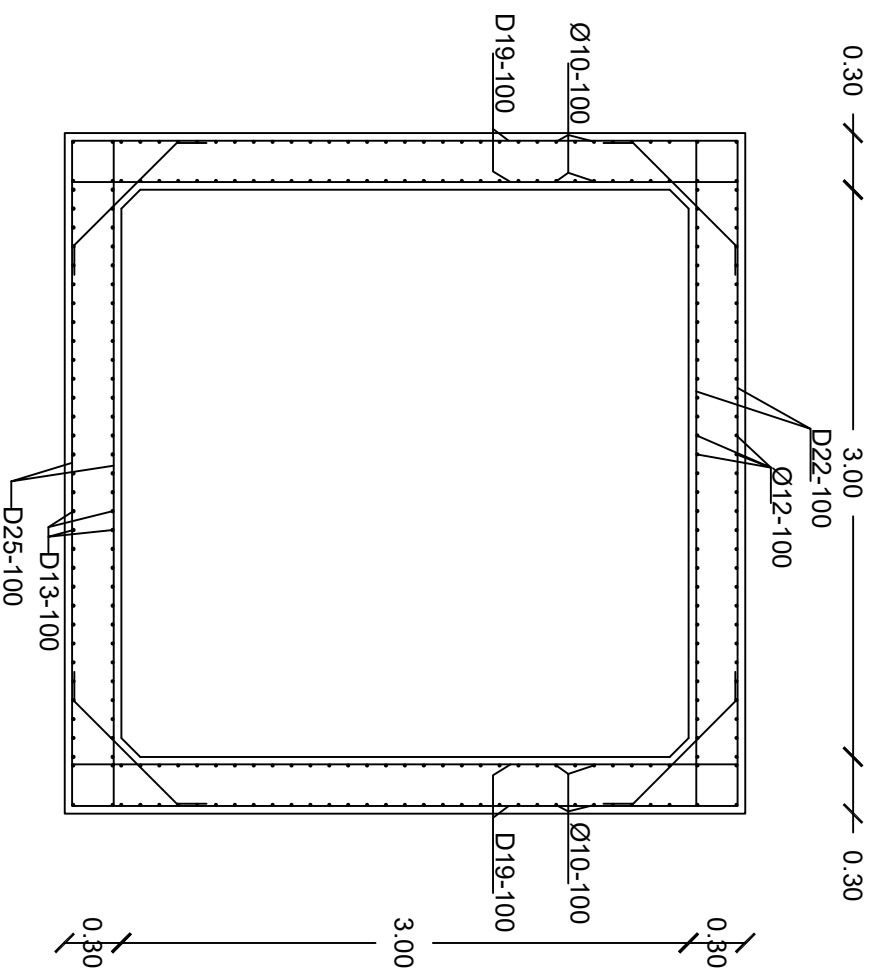
1:25

### NOMOR GAMBAR

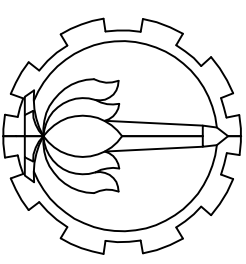
19 21



**Detail Box Culvert  
Tipe 1**



**Detail Box Culvert  
Tipe 2**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
0311745000007

**NAMA DOSEN**

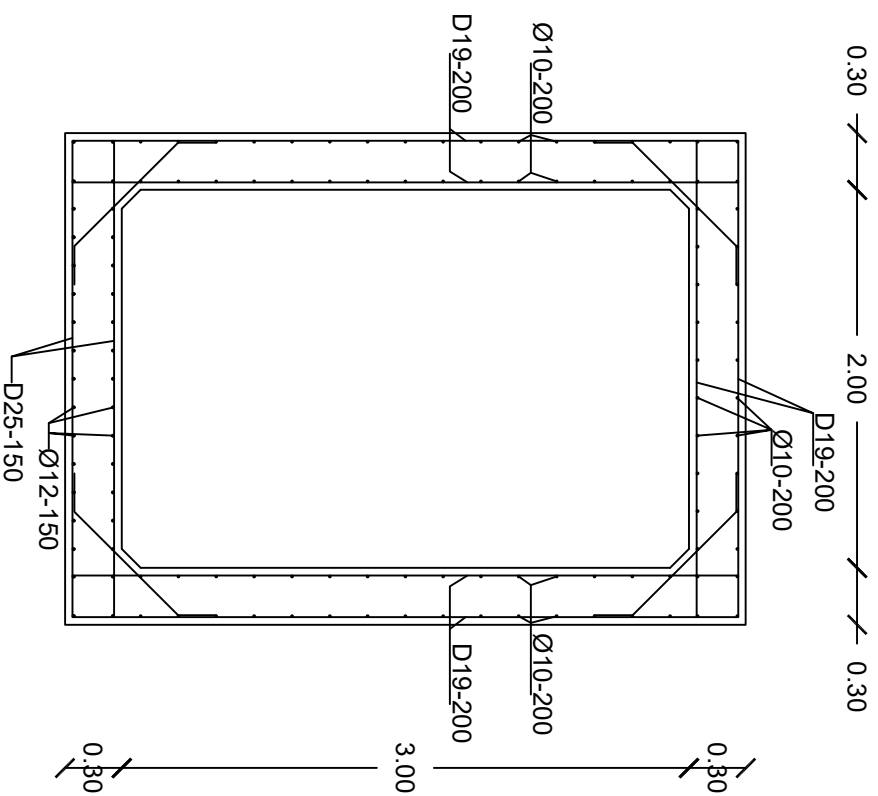
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

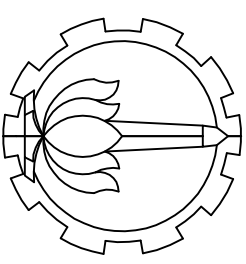
1:25

**NOMOR GAMBAR**

**20 21**



**Detail Box Culvert  
Tipe 3**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG  
DAN TIMBUNAN PADA JALAN TOL  
TERBANGGI BESAR - PEMATANG  
PANGGANG STA 51+100 - STA 53+700  
PROVINSI LAMPUNG

**NAMA MAHASISWA**

TULUS SAPUTRO  
031174500007

**NAMA DOSEN**

Dr. YUDHI LASTIASIH, ST. MT  
Ir. SUWARNO, M.Eng

**SKALA GAMBAR**

1:25

**NOMOR GAMBAR**

**21 21**



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: R. Yudhi Lasticasih, ST MT
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: Tulus Saputro
<b>NRP</b>	: 03111745000007
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: Perencanaan Perkuatan Lereng dan Timbunan pada Jalan Tol Terbangan Besar - Pemanggang Provinsi Lampung (STA 51100 - STA 53700)
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	:
<b>NO. SP-MMTA</b>	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	1-03-2019	Mengumpulkan jenis tanah berdasar kedalaman dan di selerhaskan	Remedierkan jenis tanah dan nilai N-SPT untuk tiap kedalaman pada ruas jalan yg ditinjau	MA
2	11-03-2019	Memberikan nilai untuk tanah melalui medium (kehas) acuan tipe tanah dasar	Mulai masuk perhitungan stabilitas lereng	MA
3	21-03-2019	Zoning ketinggian lereng untuk perencanaan perkuatan	Permodelan lereng sesuai dengan zoning ketinggian dan contoh perhitungan perkuatan	MA
4	29-03-2019	Permodelan sesuai dengan zoning ketinggian rencana existing	Perhitungan perkuatan untuk masing ketinggian lereng	MA
5	5-04-2019	Perencanaan brangy juga tol tanah negatif hingga dikontrol over all stabilitas, untuk Soldier Pile dan tirap untuk kontrol over all menaikan software kompi	hasil permodelan dan perhitungan perkuatan brangy dan soldier pile	MA
6	15-04-2019	Cek kembali perhitungan soldier pile	- masale analisa timbunan - perhitungan ground Anchor	MA
7	29-04-2019	hasil perhitungan perkuatan lereng dan timbunan	- Perhitungan tahanan box culvert dan ul saluran timbunan	MA
8	08-05-2019	perhitungan seluruh perkuatan dan box culvert serta volume galan timbunan	- Laporan draft TA untuk seluruh perhitungan	MA
9	27-05-2019	Laporan TA	- gambar	MA



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: Ip. Selicerno, M Eng
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: Tulus Sapuro
<b>NRP</b>	: 0311245000007
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: Perencanaan Perluasan Lereng dan Timbunan pada Jalan Tol Terbongg Besar- Pematang Peryang Promis Lampung (STA 51406 & STA 531700)
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	:
<b>NO. SP-MMTA</b>	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	4-03-2019	Beritium klasifikasi tanah sepanjang ruas untuk tiap kedalaman jalan	Pembentukan jenis tanah dan N-SPT untuk tiap kedalaman pada ruas jalan yg ditinjau	SW
2	27-03-2019	Zonifikasi ketinggian lereng	Pemodelan stabilitas lereng dan perkuatan sesuai zona	SW
3	16-04-2019	Cek hasil perhitungan. Untuk lereng yg tinggi memodelkan ground anchor	hasil perhitungan lereng	SW
4	6-05-2019	Revisi perkuatan lereng dan timbunan serta box culvert cek diagram tanah pada box culvert	Laporan tugas akhir (draft) untuk semua perkuatan volume galian dan timbunan	SW
5	17-5-2019	Laporan draft TA sampai perhitungan selcher-pile, cek lagi perhitungan	lengkapi laporan, lampiran	SW



**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Senin** tanggal **1 Juli 2019** jam **08:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
0311174500007	Tulus Saputro	Perencanaan Perkuatan Lereng dan Timbunan pada Jalan Tol Terbanggi Besar - Pematang Panggang Provinsi Lampung (STA 51+100 s/d STA 53+700)

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

Data tanah dibliskan dasar penyeragaman data tanah

Jelaskan kondisi tanah yg dipakai

Lebih didetailkan penjelasan penggunaan anchor

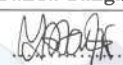


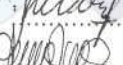
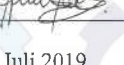
Tambahkan perhit. kedalaman lump tertanamnya

Bandingkan dengan program lain U/ 1 kasus sajin.

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah (A) AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan       Mengulang Ujian Seminar dan Lisan  
 Lulus Dengan Perbaikan       Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT (Pembimbing 1)	
Ir. Suwarno, M.Eng (Pembimbing 2)	
Dr. Trihanyndio Rendy S, ST, MT	
Mustain Arif, ST, MT	
Putu Tantri Kumala Sari ST, MT	

Surabaya, 1 Juli 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1



**Dr. techn. Umboro Lasminto, ST, MSc**

NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(.....PUTU TANTRI.....)

Nama terang

## BIODATA PENULIS



**TULUS SAPUTRO** Penulis dilahirkan di Sidoarjo 21 April 1995. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Wachid Hasjim Sedati Gede pada tahun 1999-2001, SD Negeri Sedati Gede 1 pada tahun 2001-2007, SMP Negeri 1 Sedati pada tahun 2007-2010, SMA Negeri 1 Waru pada tahun 2010-2013 dan Diploma III Teknik Sipil ITS

2013-2016. Setelah lulus dari jenjang Diploma III, penulis sempat bekerja selama 1 tahun dan akhirnya mengikuti ujian Seleksi Masuk S1 Lintas Jalur ITS dan diterima di jurusan S1 Teknik Sipil pada tahun 2017. Penulis terdaftar dengan nomor NRP 03111745000007. Di jenjang ini penulis mengambil konsentrasi bidang Geoteknik dan mengambil Tugas Akhir pada bidang yang sama yaitu Geoteknik. Penulis dapat dihubungi via email : [tulussaputro@gmail.com](mailto:tulussaputro@gmail.com) atau media sosial @tulussaputro (Instagram), Tulus Saputro (Facebook), dan @ztxsaputro (twitter).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam poses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini kami mendapat bantuan, bimbingan dan masukan dari berbagai pihak hingga penyelesaian. Oleh karena itu dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang ikut serta membantu penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Ucapan terima kasih terutama kami sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan kami.
2. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT dan Bapak Ir. Suwarno, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng, selaku Dosen Wali.
4. Segenap Dosen dan seluruh Civitas Akademika Teknik Sipil FTSLK ITS.
5. Orang Tua dan Keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan selama perjalanan kami menempuh jenjang pendidikan S1 ini, sehingga Saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh teman-teman yang tidak bisa Saya sebutkan satu per satu serta teman-teman seperjuangan LJ S1 Teknik Sipil FTSLK ITS.