

**TESIS**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERKUATAN DINDING  
PENAHAN TANAH DENGAN *SHEET PILE* DAN *GROUND  
ANCHOR* (STUDI KASUS : JALAN BUKIT REGENCY  
GOMBEL GOLF KOTA SEMARANG)**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

**ALIF SRI MULYATI**

**NIM : 20202100009**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

**2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN TESIS**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERKUATAN DINDING PERKUATAN  
TANAH DENGAN *SHEET PILE* DAN *GROUND ANCHOR* (STUDI KASUS  
: JALAN BUKIT REGENCY GOMBEL GOLF KOTA SEMARANG)**



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal, .....

Pembimbing I,

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si  
NIK.210288011

Tanggal, .....

Pembimbing II,

Dr. Abdul Rochim, ST., MT  
NIK.210200031

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERKUATAN DINDING PERKUATAN  
TANAH DENGAN *SHEET PILE* DAN *GROUND ANCHOR* (STUDI KASUS  
: JALAN BUKIT REGENCY GOMBEL GOLF KOTA SEMARANG)**

**Disusun oleh :**

**ALIF SRI MULYATI**

**NIM : 20202100009**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :

(16 Februari 2024)

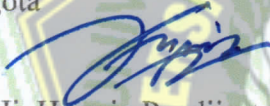
Tim Penguji:

1. Ketua



(Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si)

2. Anggota



(Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si)

3. Anggota

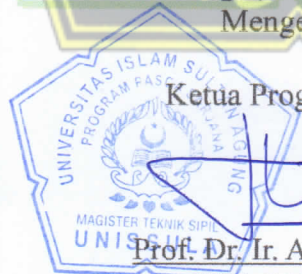


(Dr. Rifqy Brilliant Arif, ST., MT)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)  
Semarang, (16 Februari 2024)

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

NIK. 210202033

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NIK. 210200032

## MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ  
أَمَّنْ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

Artinya : “ Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makhruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlulkitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik” (QS. Ali-Imron/3:110)

Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik. (Ali bin Abi Thalib)



## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Tesis ini. Tesis ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Khapidin dan Ibu Muzaroah, atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, dan doa.
2. Untuk Kakak saya Munasikin, Fina Himatul Mukarromah, Nurul Inayah, Dwi Haryati, Ali Murtadho yang selalu mensupport.
3. Teman-teman yang selalu memberikan semangat.
4. Teman-teman Magister Teknik Sipil UNISSULA Angkatan 48 yang selalu mendukung dan memberi semangat.



## ABSTRAK

Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang sangat dinamis, perubahan tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu udara, air, dan pergeseran lempeng bumi. Salah satu akibat dari perubahan tersebut adalah adanya lereng. Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat mengalami pergeseran yang menyebabkan kelongsoran akibat berbagai pengaruh gaya-gaya yang ada dan membuat lereng menjadi tidak stabil. Upaya perkuatan pada lereng dilakukan agar dapat mencegah terjadinya bencana longsor, perlu dilakukan adanya upaya perkuatan pada lereng. Pada penelitian ini dilakukan perkuatan menggunakan *Ground Anchor* dan *Sheet Pile*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari nilai safety factor stabilitas dinding penahan tanah sebelum dilakukan perkuatan dan setelah dilakukan perkuatan. Selain itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan perkuatan antara *Ground Anchor* dan *sheet pile*. Penelitian ini berlokasi pada jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang. Metode analisis yang digunakan adalah mengumpulkan data-data lereng dan analisis kuantitatif komparatif. Analisis dilakukan dengan memodelkan lereng eksisting, kemudian dilakukan analisis geostudio.

Hasil dari analisis yang telah dilakukan didapatkan pada analisis menggunakan metode Hansen didapat nilai safety factor sebesar 0,958 sehingga dinding penahan tanah tidak aman dan perlu perkuatan. Pada perkuatan menggunakan *sheet pile* didapat nilai safety factor sebesar 1,901 dan pada perkuatan *Ground Anchor* didapat safety factor sebesar 1,754. Sehingga pada penelitian perkuatan menggunakan *sheet pile* lebih baik digunakan.

Kata kunci : DPT, *Sheet Pile*, *Ground Anchor*, Plaxis, Geosloop



## **ABSTRACT**

*Soil is a very dynamic layer of the earth's surface, soil changes are influenced by several factors, namely air, water, and shifting earth plates. One of the consequences of such changes is the presence of slopes. A slope is the surface of the earth that forms a certain angle of inclination with a horizontal plane. Slopes can experience shifts that cause avalanches due to sharing the influence of existing forces and make the slope unstable. Strengthening efforts on the slope are carried out in order to prevent landslides, it is necessary to strengthen the slope. In this study, reinforcement was carried out using Ground Anchor and Sheet Pile.*

*The purpose of this study is to find the value of the safety factor of soil retaining wall stability before reinforcement and after reinforcement. In addition, the purpose of this study was to compare the reinforcement between Ground Anchor and sheet pile. This research is located on Jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang. The analysis method used is to collect slope data and comparative quantitative analysis. The analysis was carried out by modeling the existing slopes, then geostudio analysis was carried out.*

*The results of the analysis that has been carried out are obtained in the analysis using the Hansen method obtained a safety factor value of 0.958 so that the soil retaining wall is not safe and needs strengthening. In reinforcement using sheet pile, a safety factor value of 1.901 was obtained and in Ground Anchor reinforcement, a safety factor of 1.754 was obtained. So that in retrofitting research using sheet piles it is better to use.*

*Keyword : DPT, Sheet Pile, Ground Anchor, Plaxis, Gesloop*

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ALIF SRI MULYATI

NIM : 20202100009

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**ANALISIS PERBANDINGAN PERKUATAN DINDING PERKUATAN TANAH DENGAN *SHEET PILE* DAN *GROUND ANCHOR* (STUDI KASUS : JALAN BUKIT REGENCY GOMBEL GOLF KOTA SEMARANG)**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 16 Februari 2024



ALIF SRI MULYATI



## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “**Analisis Perbandingan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dengan Sheet Pile dan *Ground Anchor* (Studi Kasus : Jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang)**” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik program studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tesis ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu dan saran selama penyusunan Tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil.
3. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tesis ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis juga bagi para Pembaca.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....	iii
MOTTO .....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACK .....	vii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Lokasi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tanah .....	5
2.1.1 Pengertian Tanah .....	5
2.1.2 Stabilitas Tanah .....	6
2.1.3 Sistem Klasifikasi Tanah .....	7
2.1.4 Klasifikasi Tanah .....	7

2.1.5	Daya Dukung Tanah .....	8
2.1.6	Analisis Daya Dukung Tanah .....	8
2.2	Dinding Penahan Tanah .....	9
2.2.1	Dinding Penahan Tanah Kantilever .....	9
2.2.2	Stabilitas Dinding Penahan Tanah .....	10
2.2.2.1	Stabilitas Guling .....	11
2.2.2.2	Stabilitas Geser .....	11
2.2.2.3	Kapasitas Daya Dukung Tanah .....	12
2.3	Lereng .....	13
2.3.1	Pengertian Lereng .....	13
2.3.2	Sudut atau Kemiringan Lereng .....	13
2.3.3	Stabilitas Lereng .....	14
2.4	Curah Hujan .....	15
2.4.1	Analisis Curah Hujan .....	16
2.4.1.1	Metode rata-rata Aljabar .....	17
2.4.1.2	Metode Poligon Thiessen .....	18
2.4.1.3	Metode Isohyet .....	19
2.5	<i>Ground Anchor</i> .....	20
2.5.1	Elemen-elemen <i>Ground Anchor</i> .....	23
2.5.2	Inkusi (Nail) .....	24
2.5.3	Lapisan Permukaan (Facing) .....	32
2.5.4	Drainase .....	35
2.5.5	Pengunci .....	36
2.6	Sheet Pile .....	37
2.6.1	Manfaat Penggunaan Sheet Pile .....	38
2.6.2	Macam-macam Sheet Pile .....	38
2.7	Plaxis .....	40
2.8	Geostudi (Sloope/w) .....	42
2.8.1	Analisis Stabilitas Lereng dengsn Geosloope .....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>43</b>
3.1	Pendahuluan .....	43
3.2	Pengumpulan Data .....	43

<b>3.3 Metode Analisis .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.1 Pembebanan Pada Lereng .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.2 Beban Merata .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.3 Perencanaan Permodelan Lereng.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.4 Analisis Curat Hujan .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3.5 Variabel Penelitian .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.6 Metode Pengolahan Data .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4 Bagan Alir Penelitian .....</b>	<b>58</b>
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
 <b>4.1 Pembebanan .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah Kantilever.....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Analisis Curah Hujan .....</b>	<b>72</b>
<b>4.4 Analisis Dinding Penahan Tanah dengan Plaxis .....</b>	<b>86</b>
<b>4.4.1 Analisis DPT Infiltrasi 1 .....</b>	<b>86</b>
<b>4.4.2 Analisis DPT Infiltrasi 2 .....</b>	<b>89</b>
<b>4.4.3 Analisis DPT Infiltrasi 3 .....</b>	<b>91</b>
<b>4.4.4 Analisis DPT menggunakan Perkuatan Sheet Pile .....</b>	<b>93</b>
<b>4.4.4.1 Analisis Perkuatan 1 .....</b>	<b>93</b>
<b>4.4.4.2 Analisis Perkuatan 2 .....</b>	<b>98</b>
<b>4.4.4.3 Analisis Perkuatan 3 .....</b>	<b>103</b>
<b>4.4.5 Analisis Dinding Penahan Tanah menggunakan Geosloop/W.....</b>	<b>105</b>
<b>4.4.5.1 Analisis Perkuatan 4 .....</b>	<b>106</b>
<b>4.4.5.2 Analisis Perkuatan 5 .....</b>	<b>109</b>
<b>4.4.5.3 Analisis Perkuatan 6 .....</b>	<b>112</b>
<b>4.6 Pembahasan .....</b>	<b>117</b>
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>118</b>
 <b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>118</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>119</b>
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xviii</b>
 <b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian .....	3
Gambar 2.1 Hubungan qc dan Fr menurut Robertson dan Camoanella .....	8
Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah tipe Kantilever.....	10
Gambar 2.3 Stabilitas Lereng.....	15
Gambar 2.4 Rata-rata Aljabar .....	17
Gambar 2.5 Poligon Theissen .....	18
Gambar 2.6 Metode Isohyet.....	19
Gambar 2.7 Perbedaab metode konvensional dengan metode <i>Ground Anchor</i> pada pekerjaan galian terowongan di Australia .....	21
Gambar 2.8 <i>Ground Anchor</i> sebagai struktur penahan tanah dan sebagai perkuatan.....	22
Gambar 2.9 Detail <i>Ground Anchor</i> .....	24
Gambar 2.10 Grouted Nails .....	27
Gambar 2.11 Jet Grout Nails.....	29
Gambar 2.12 Solrenfor Nails .....	30
Gambar 2.13 Infra Color Nails.....	31
Gambar 2.14 Lapis Permukaan prefabricated steel panels menghasilkan penampilan yang estetik.....	34
Gambar 2.15 Drainase menggunakan back facing draine.....	36
Gambar 2.16 Drainase menggunakan short tubes.....	36
Gambar 2.17 Dinding Penahan tanah tipe sheet pile .....	38
Gambar 3.1 Lereng pada jalan bukit regency gombel golf.....	44



Gambar 3.2 Geometri permodelan lereng.....	45
Gambar 3.3 Permodelan dinding penahan tanah eksisting .....	48
Gambar 3.4 Permodelan dinding penahan tanah dengan sheet pile.....	50
Gambar 3.5 Permodelan dinding penahan tanah perkuatan <i>Ground Anchor</i> ..	55
Gambar 4.1 Permodelan dinding penahan tanah kantilever.....	60
Gambar 4.2 Distribusi beban dinding penahan tanah .....	61
Gambar 4.3 Gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan tanah.....	65
Gambar 4.4 Nilai Safety Factor Infiltrasi 1.....	87
Gambar 4.5 Nilai safety factor infiltrasi 2 .....	88
Gambar 4.6 Nilai safety factor infiltrasi 3 .....	90
Gambar 4.10 Konsolidasi selama 1 tahun kondisi perkuatan 1 .....	91
Gambar 4.11 Konsolidasi selama 3 tahun kondisi perkuatan 1 .....	92
Gambar 4.12 Konsolidasi selama 10 tahun kondisi perkuatan 1 .....	92
Gambar 4.13 Nilai safety factor 1 tahun kondisi perkuatan 1.....	93
Gambar 4.14 Nilai safety factor 3 tahun kondisi perkuatan 1.....	94
Gambar 4.15 Nilai safety factor 10 tahun kondisi perkuatan 1.....	95
Gambar 4.16 Konsolidasi selama 1 tahun kondisi perkuatan 2 .....	98
Gambar 4.17 Konsolidasi selama 3 tahun kondisi perkuatan 2 .....	98
Gambar 4.18 Konsolidasi selama 10 tahun kondisi perkuatan 2 .....	99
Gambar 4.19 Nilai safety factor 1 tahun kondisi perkuatan 2.....	100
Gambar 4.20 Nilai safety factor 3 tahun kondisi perkuatan 2.....	101
Gambar 4.21 Nilai safety factor 10 tahun kondisi perkuatan 2.....	102
Gambar 4.22 Konsolidasi perkuatan 3 .....	103

Gambar 4.23 Nilai safety factor perkuatan 3 .....	104
Gambar 4.24 Permodelan node perkuatan 4 .....	106
Gambar 4.25 Permodelan lapisan tanah perkuatan 4 .....	107
Gambar 4.26 Ketinggian muka air tanah perkuatan 4.....	107
Gambar 4.27 Pore-Water Pressure perkuatan 4 .....	108
Gambar 4.28 Nilai safety factor pada perkuatan 4.....	108
Gambar 4.29 Surchage loads 15,01 kN perkuatan 5.....	109
Gambar 4.30 Permodelan reinforcement loads perkuatan 5 .....	110
Gambar 4.31 Permodelan slip surface perkuatan 5.....	110
Gambar 4.32 Pure-water pressure perkuatan 5 .....	111
Gambar 4.33 Nilai safety factor perkuatan 5 .....	111
Gambar 4.34 Permodelan lapis tanah perkuatan 6 .....	112
Gambar 4.35 Ketinggian muka air tanah perkuatan 6 .....	113
Gambar 4.36 Surchage loads perkuatan 6.....	113
Gambar 4.37 Pore-water pressure perkuatan 6 .....	114
Gambar 4.38 Nilai safety factor perkuatan 6 .....	114
Gambar 4.39 Potongan pemasangan <i>Ground Anchor</i> .....	115
Gambar 4.40 Tampak deoan pemasangan <i>Ground Anchor</i> .....	115

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi lereng menurut Van Zuilan.....	14
Tabel 2.2 Data curah hujan tahun 2016 – tahun 2018.....	16
Tabel 2.3 Properti Baja ulir .....	23
Tabel 2.4 Rangkuman karakteristik berbagai jenis nail .....	31
Tabel 3.1 Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas.....	44
Tabel 3.2 Pembobotan kelas curah hujan.....	46
Tabel 3.3 Permodelan dinding penahan tanah.....	47
Tabel 4.1 Beban lalu lintas jalan .....	60
Tabel 4.2 Hasil perhitungan momen akibat gaya vertical.....	64
Tabel 4.3 Hasil perhitungan momen akibat gaya horizontal.....	67
Tabel 4.4 Nilai-nilai faktor gaya dukung tanah.....	70
Tabel 4.5 Klasifikasi intensitas air hujan .....	72
Tabel 4.6 Data curah hujan tahunan rata-rata kota semarang .....	73
Tabel 4.7 Data curah hujan harian rata-rata kota semarang .....	75
Tabel 4.8 Intensitas hujan yang digunakan .....	78
Tabel 4.9 Koefisien Limpasan.....	78
Tabel 4.10 Perhitungan curah hujan dalam jam .....	80
Tabel 4.11 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 1 jam.....	82
Tabel 4.12 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 5 jam.....	82
Tabel 4.13 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 12 jam.....	83
Tabel 4.14 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 24 jam.....	83

Tabel 4.15 Perhitungan curah hujan dalam menit .....	84
Tabel 4.16 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 5 menit.....	84
Tabel 4.17 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 15 menit.....	85
Tabel 4.18 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 30 menit.....	85
Tabel 4.19 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 60 menit.....	86
Tabel 4.20 Parameter Tanah .....	105
Tabel 4.21 Parameter Turap .....	105
Tabel 4.22 Resume analisis dinding penahan tanah.....	116



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan bagian kerak bumi yang memiliki susunan dari mineral serta bahan organik. Selain itu tanah juga merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam dunia Teknik sipil, segala sesuatu bangunan sipil pasti dibangun diatas tanah. Tanah memiliki jenis yang berbeda-beda dan memiliki karakteristik masing-masing. Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang sangat dinamis, perubahan tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu udara, air, dan pergeseran lempeng bumi. Salah satu akibat dari perubahan tersebut adalah adanya lereng. Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk alami misalnya lereng- lereng perbukitan, tebing sungai dll, sedangkan lereng buatan antara lain galian dan timbunan badan jalan, bendungan, jalan kereta api, tanggul sungai, dll. Lereng dapat mengalami pergeseran yang menyebabkan kelongsoran akibat berbagai pengaruh gaya-gaya yang ada dan membuat lereng menjadi tidak stabil.

Dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug. Dinding penahan tanah pada pekerjaan ini termasuk dalam jenis dinding penahan tanah berupa struktur kaku Rigid wall, dengan kestabilan dinding diperoleh dari berat sendiri konstruksi tersebut (Ariyani, 2016).

Upaya perkuatan pada lereng dilakukan agar dapat mencegah terjadinya bencana longsor, perlu dilakukan adanya upaya perkuatan pada lereng. Pada saat ini telah banyak alternatif perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan *Ground Anchor*. *Ground Anchor* adalah merupakan metode perbaikan tanah asli (insitu) dengan cara dilakukannya pemakuan batang-batang seperti cerucuk, baja, bambu dan mini pile (Lazarte, 2003).

Selain dengan *Ground Anchor* perkuatan yang dapat dilakukan untuk menghindari dari kelongsoran tanah dalam pekerjaan konstruksi sipil adalah dinding turap (*Sheet Pile*). Struktur yang direncanakan dan dibangun



sedemikian rupa sehingga mampu menahan tekanan lateral (horizontal) pada lahan yang miring atau terjal disebut tiang pancang. Tiang pancang diharapkan dapat mengurangi terjadinya bahaya seperti keruntuhan atau tanah longsor pada galian atau timbunan. Tiang pancang akan sangat efektif di daerah miring karena dirancang untuk mencerminkan bentuk dinding dan terdiri dari banyak tiang pancang yang akan ditancapkan ke tanah. Maka dari itu, *Sheet Pile* memiliki beragam tipe atau jenis tergantung pada tingkat penggunaannya. Kelebihan dalam menggunakan *Sheet Pile* beton memiliki tingkat ketahanan yang baik terhadap korosi, dan dapat bertahan dalam usia penggunaan yang cukup Panjang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas yang telah dijelaskan, maka didapat rumusan masalah dalam pernyataan berikut :

1. Bagaimana Stabilitas Dinding Penahan Tanah tanpa Perkuatan?
2. Bagaimana Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Sheet Pile*?
3. Bagaimana Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Ground Anchor*?
4. Bagaimana Perbandingan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Sheet Pile* dengan *Ground Anchor* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Ada beberapa Batasan masalah dalam penelitian ini, dimaksudkan agar pembahasan yang dibahas sesuai dengan yang diharapkan sebagai berikut:

1. Data yang dipakai merupakan data yang berhubungan dengan proyek DED Jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang
2. Data penyelidikan tanah dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung
3. Lokasi Penelitian berada di Gombel Golf Kota Semarang
4. Perkuatan Dinding Penahan Tanah menggunakan *Ground Anchor* dan *Sheet Pile*

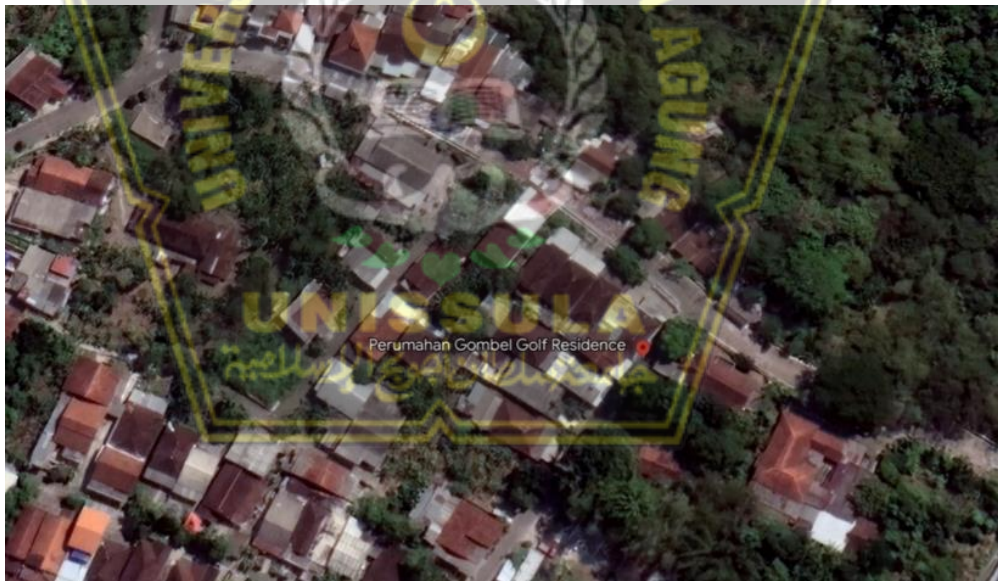
#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui Stabilitas Dinding Penahan Tanah tanpa Perkuatan
2. Mengetahui Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Sheet Pile*
3. Mengetahui Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Ground Anchor*
4. Mengetahui Perbandingan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Sheet Pile* dengan *Ground Anchor*

#### 1.5 Lokasi Penelitian

Untuk Lokasi Penelitian yang dilakukan berada pada jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian  
(Google Earth)

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan Laporan Tesis ini terdiri dari 5 bab, dimana masing-masing bab terdiri dari :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika Penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka dinding penahan tanah secara umum serta tentang hal-hal yang berkaitan dengan penelitian dalam laporan tesis ini.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

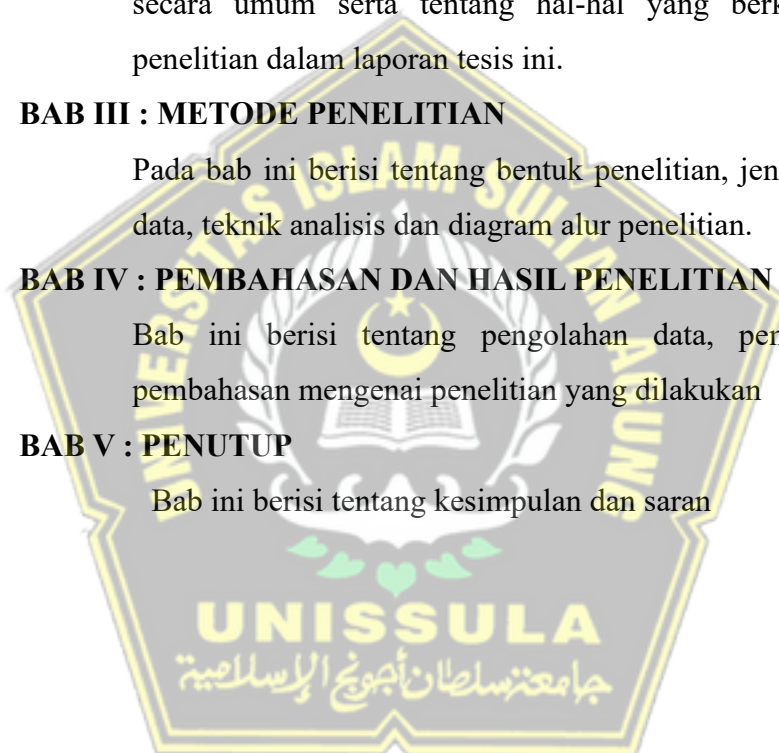
Pada bab ini berisi tentang bentuk penelitian, jenis dan sumber data, teknik analisis dan diagram alur penelitian.

### **BAB IV : PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang pengolahan data, pemodelan serta pembahasan mengenai penelitian yang dilakukan

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

##### 2.1.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan lapisan bumi yang paling atas. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut (Dokuchaev, Soil Mechanics, 1870), tanah adalah lapisan permukaan bumi yang dihasilkan dari bahan induk yang telah mengalami proses lanjutan karena pengaruh air, udara, dan organisme tak hidup dan hidup lainnya. Tingkat transformasi diwakili dalam komposisi, struktur, dan warna produk pelapukan. Dalam pengertian teknis, menurut (Das, 1995), tanah adalah suatu bahan yang terdiri dari agregat mineral padat (butiran) yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan partikel-partikel komponen organik yang lapuk. Cairan dan gas mengisi ruang antara partikel materi padat.

Sesuai (Bowles, 1991), tanah terdiri dari satu atau lebih jenis partikel berikut:

- ✚ Batu yang berukuran lebih dari 250 hingga 300 milimeter dianggap sebagai batu besar. Boulders adalah lempengan batu besar. Istilah "batu bulat" mengacu pada pecahan batu yang ukurannya berkisar dari 150 milimeter hingga 250 milimeter.
- ✚ Kerikil didefinisikan sebagai bit batuan mulai dari ukuran 5 milimeter hingga 150 milimeter.
- ✚ Pasir didefinisikan sebagai partikel batuan dengan kisaran ukuran 0,074 mm sampai 5 mm, dengan partikel terbesar 3-5 mm dan terkecil 0,074 mm (kurang dari 1 mm).
- ✚ Lanau didefinisikan sebagai potongan batuan dengan kisaran ukuran 0,002 hingga 0,074 milimeter. Sedimen yang menumpuk di danau atau di dekat muara sungai biasanya mengandung lumpur dan tanah liat tingkat tinggi.

- ✚ Tanah liat terdiri dari partikel mineral yang berdiameter lebih kecil dari 0,002 milimeter. Partikel-partikel ini adalah kontributor utama kohesi di tanah yang memiliki sifat itu.
- ✚ Koloid, juga dikenal sebagai partikel koloid, adalah partikel mineral "diam" yang lebih kecil dari 0,001 milimeter.

Menurut Hardiyatmo, tanah terdiri dari mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ada kemungkinan bahwa karbonat, senyawa organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel akan melemahkan hubungan antar butir. Air, udara, atau campuran keduanya dapat mengisi celah antar partikel. Proses pelapukan batuan dan proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi merupakan kontributor utama penciptaan tanah. Dalam proses pembentukan tanah, mekanisme fisik dan kimia dapat dimanfaatkan untuk membangun tanah dari batuan induk. Selama pembentukan fisik tanah, batuan pecah menjadi partikel yang lebih kecil karena aksi erosi, angin, air, es, manusia, atau penghancuran partikel tanah yang disebabkan oleh perubahan suhu atau cuaca. Beberapa variabel berkontribusi terhadap kemunculannya. Partikel mungkin memiliki bentuk bulat, bentuk bergerigi, atau bentuk peralihan. Pelapukan kimia adalah proses yang sering terjadi yang dipengaruhi oleh udara, karbon dioksida, air (terutama cairan yang mengandung asam atau basa), dan interaksi kimia lainnya. Tanah ini disebut residu jika pengaruh pelapukan belum dihilangkan, sedangkan tanah transpor adalah material yang telah dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain.

### 2.1.2 Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah adalah proses peningkatan sifat fisik tanah. Stabilitas tanah sering dicapai melalui dua metode: stabilitas mekanik dan stabilitas kimia. Stabilitas mekanis meningkatkan daya dukung tanah dengan meningkatkan struktur dan kualitas mekanisnya, sedangkan stabilitas kimia meningkatkan kekebalan dan daya dukung tanah dengan mengurangi



kualitas teknisnya. Namun, menggabungkan tanah dengan bahan kimia kurang menguntungkan.

### **2.1.3 Sistem Klasifikasi Tanah**

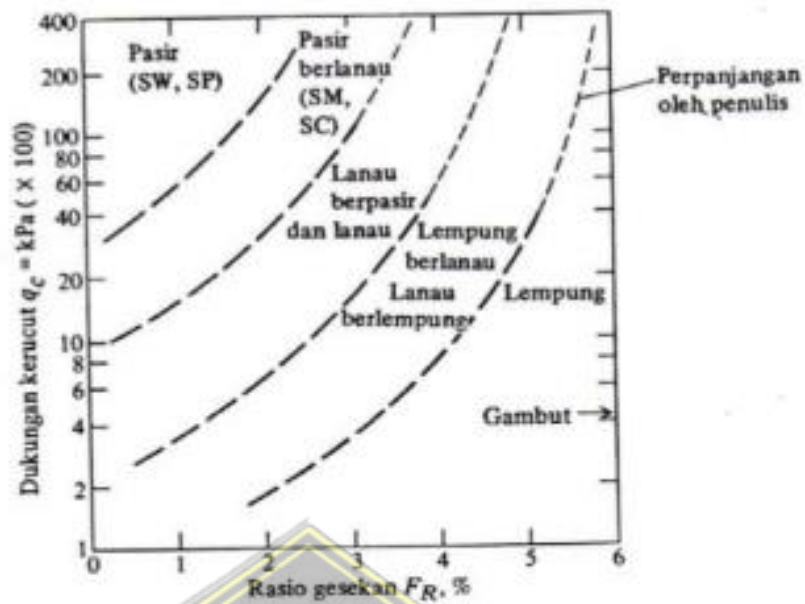
Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem untuk mengklasifikasikan spesies ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan tujuan penggunaannya. Pengelompokan ini terdiri dari spesies yang memiliki sifat umum.. (Das B.M., 1995).

Sistem kategorisasi sangat penting untuk mengidentifikasi jenis tanah. Klasifikasi ini membantu dalam mengklasifikasikan tanah menurut sifat dan fitur fisiknya. Ada berbagai bentuk kategorisasi tanah, termasuk sistem AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) dan metode unifed (USCS). Ada dua sistem kategorisasi tanah berdasarkan tekstur dan fungsinya. Kategori USDA didasarkan pada tekstur, sedangkan klasifikasi AASHTO dan USCS didasarkan pada penggunaan. USDA biasanya digunakan dalam pertanian, sementara AASHTO dan USCS banyak digunakan di bidang konstruksi

### **2.1.4 Klasifikasi Tanah**

Tujuan dari klasifikasi tanah ini adalah menentukan kecocokan untuk aplikasi tertentu dan untuk menyampaikan informasi tentang kondisi tanah dari satu daerah ke daerah lain dalam bentuk data dasar seperti sifat kompresi, ketebalan tanah, berat isi, dll. (1989, Bowles J. E.)

(Bowles J. E., Foundation analysis and design volume 2, 1997) telah mengutip hasil penelitian Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara  $q_c$  dan  $F_r$  pada beberapa jenis tanah, seperti yang di tunjukan pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Hubungan  $q_c$  dan  $F_r$  menurut Robertson dan Camoanella (Bowles, 1997)

### 2.1.5 Daya Dukung Tanah

Kemampuan tanah untuk menahan beban tekan atau konstruksi tanah tanpa mengalami keruntuhan geser atau penurunan tanah yang signifikan disebut sebagai daya dukung tanah (Najoan, 2020).

### 2.1.6 Analisis Daya Dukung Tanah

Untuk menentukan daya dukung tanah dalam memanfaatkan struktur pondasi, perlu dilakukan perhitungan daya dukung tanah. Nilai batas dibatasi oleh batas di mana kegagalan dimulai. Sebelum memutuskan jenis pondasi yang akan digunakan, perlu ditentukan kekuatan yang diijinkan ( $q_a$ ). Itu berasal dari hasil bagi kekuatan marginal ( $q_{ult}$ ) dan faktor keamanan ( $SF = 3$ ).

$$q_a = \frac{q_{ult}}{FK} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan :

- $q_a$  = Daya dukung ijin (Ton)
- $q_{ult}$  = Daya dukung *ultimate* ( $t/m^2$ )
- $FK$  = *Safety Factor*

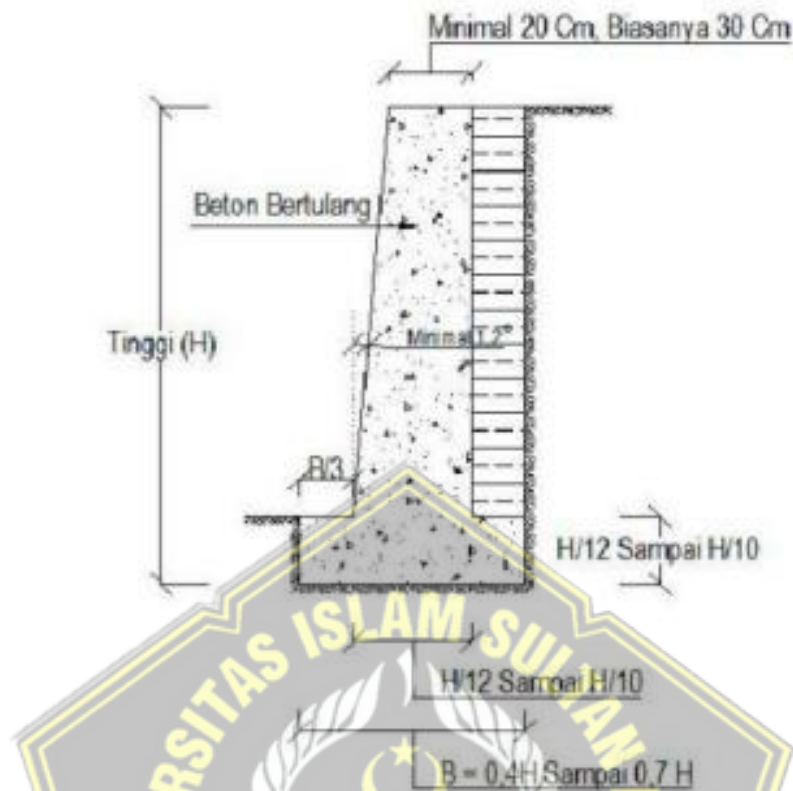
## 2.2 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (Retaining Wall) merupakan suatu istilah dalam bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Menurut Sudarmanto (1996) konstruksi beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

Konstruksi dinding penahan tanah memiliki peranan yang sangat penting pada lereng, diantaranya yaitu : menahan tekanan lateral tanah aktif yang berpotensi longsor, menahan tekanan lateral air yang berpotensi tanah runtuh akibat tekanan air yang besar, dan mencegah rembesan aliran air akibat elevasi yang cukup tinggi pada lereng. Suatu lereng yang di atasnya akan diberi struktur perlu diperkuat menggunakan dinding penahan tanah (Retaining Wall).

### 2.2.1 Dinding Penahan Tanah Kantilever

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (heel). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (stem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe) (Tanjung, 2016).



Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever  
(Hardiyatmo, 2014)

### 2.2.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Banyak faktor yang dapat memengaruhi kestabilan dinding penahan tanah, beberapa penyebabnya adalah tekanan tanah lateral, tekanan tanah lateral dapat berakibat pada kestabilan berupa stabilitas guling dan geser, hal lain yang dapat mempengaruhi kestabilan adalah bentuk dan berat dari konstruksi dinding penahan tanah tersebut. Maka dari itu diperlukan perhitungan yang matang untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah. Beberapa diantaranya adalah kestabilan guling, kestabilan geser dan daya dukung tanah (Ramdhani, 2010). Faktor-faktor tersebut dikatakan baik dan aman apabila mampu memenuhi nilai safety factor (SF).

### 2.2.2.1 Stabilitas Guling

Stabilitas guling merupakan stabilitas yang ditinjau atas dasar kondisi tanah yang mengalami guling karena diakibatkan oleh tekanan tanah aktif, tekanan tanah aktif yang berada dibagian belakang dinding menghasilkan momen yang menyebabkan terjadinya guling dengan pusat penggulingan berada dibagian bawah pondasi (Hardiyatmo, 2002).

Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan  $\geq 2,0$  (tanah kohesif). Dengan rumus :

$$F_{gl} = \frac{M_b}{M_o} > 1,5 \dots\dots\dots 2.2$$

dengan:

- $F_{gl}$  = Faktor keselamatan penggulingan
- $M_b$  = Momen terhadap berat sendiri (kNm)
- $M_o$  = Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

### 2.2.2.2 Stabilitas Geser

Stabilitas terhadap geser adalah gaya geser yang diakibatkan oleh tekanan yang bersifat mendorong dinding penahan tanah tersebut, gaya-gaya tersebut diimbangi dengan gaya menahan akibat tekanan tanah pasif yang berada pada dinding bagian depan dan dasar tanah yang berada dibawah pondasi. Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan  $\geq 2,0$  (tanah kohesif).

Dengan rumus :

$$F_{gs} = \frac{V_b}{V_o} > 1,5 \dots\dots\dots 2.3$$

dengan:

- $F_{gs}$  = Faktor keselamatan penggeser
- $V_b$  = Gaya vertical (kN)
- $V_o$  = Gaya horizontal (kN)



### 2.2.2.3 Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung dan menopang struktur yang ada di atasnya (Hakim dan Zaika, 2015). Kapasitas daya dukung tanah digunakan untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah, beberapa metode perhitungan daya dukung ultimit ( $q_u$ ) menurut Terzaghi dan Hansen. Teori Terzaghi berlaku untuk pondasi dengan pembebanan vertikal dan sentris, sedangkan Hansen digunakan untuk menghitung beban yang eksentris dan miring.



Terzaghi

$$q_u = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma \dots\dots\dots 2.4$$

dengan:

- $c$  = Kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
- $D_f$  = Kedalaman Pondasi (m)
- $\gamma$  = Berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
- $B$  = Lebar kaki dinding penahan (m)
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi



Hansen

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma \dots\dots\dots 2.5$$

dengan:

- $d_c, d_q, d_\gamma$  = Faktor Kedalaman
- $i_c, i_q, i_\gamma$  = Faktor kemiringan beban
- $B$  = Lebar kaki dinding penahan (m)
- $e$  = Eksentrisitas beban (m)
- $\gamma$  = Berat Volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor- faktor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

Faktor keamanan yang harus dipenuhi dalam perhitungan kapasitas daya dukung tanah dapat ditentukan melalui rumus berikut :

$$SF = \frac{qu}{q'} > 3 \dots\dots\dots 2.6$$

dengan:

q = Tekanan akibat beban struktur (kN/m<sup>2</sup>)

qu = Tekanan tanah ultimit (kN/m<sup>2</sup>)

## **2.3 Lereng**

### **2.3.1 Pengertian Lereng**

Lereng merupakan permukaan bumi yang kenampakan permukaan alam yang memiliki beda tinggi. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi, contohnya lereng yang membentuk bukit atau lereng – lereng yang terdapat di tebing sungai. Lereng juga dapat terbentuk karena perbuatan manusia, seperti : lereng galian dan lereng timbunan yang diperlukan untuk pembangunan sebuah konstruksi.

Menurut (Sahara, 2014) bentuk lereng merupakan wujud visual lereng. Kemiringan lereng biasanya terdiri dari bagian puncak (crest), cembung (convex), cekung (voncave), dan kaki lereng (lower slope). Daerah puncak merupakan daerah gerusan erosi yang paling tinggi di banding daerah bawahnya, demikian pula lereng tengah yang kadang cekung atau cembung mendapat gerusan aliran permukaan relief lebih besar dari puncaknya sendiri, sedangkan kaki lereng merupakan daerah endapan.

### **2.3.2 Sudut atau Kemiringan Lereng**

Kemiringan lereng adalah hubungan antara kemiringan tanah dengan bidang horizontal. Ada perbedaan ketinggian bumi, diukur dalam persen atau derajat, karena energi endogen dan eksternal. Menurut (Zuidam, 1985), lereng diklasifikasikan sebagai berikut tergantung pada fitur dan kondisi lapangan:

Tabel 2.1 Klasifikasi Lereng Menurut Van Zuidan, 1985

Kelas Lereng (%)	Ciri-ciri dan Kondisi Lapangan	Warna yang disarankan
0 - 2	Datar (flat) atau hamper datar. Proses denudasional tidak cukup besar dan pengikisan permukaan tidak intensif dibawah kondisi kering.	Hijau Gelap
2 - 7	Sedikit miring (gently sloope) proses pergerakan massa berkecepatan rendah dari berbagai proses periglacial,slifluction dan fluvia	Hijau Cerah
7 - 15	Miring (slooping) memiliki kondisi yang hamper sama senfan gently soft, namun lebih mudah mengalami pengikisan permukaan, dengan erosi permukaan	Kuning Cerah
15 - 30	Agak curam (moderately steep) semua jenis pergerakan terjadi terutama periglacial solifluction, rayapan, pengikisan dan ada kalanya landslide	Kuning Oranye
30 - 70	Curam (steep) proses denudasional dari semua jenis terjadi secara intensif (erosi,rayapan,pergerakan lereng)	Merah Cerah
70 - 140	Sangat curam (very steep) proses denudasional terjadi secara intensif	Merah Gelap
>140	Curam ekstrem (extreme steep) proses denudasional sangat kuat, terutama wall denudational	Ungu Gelap

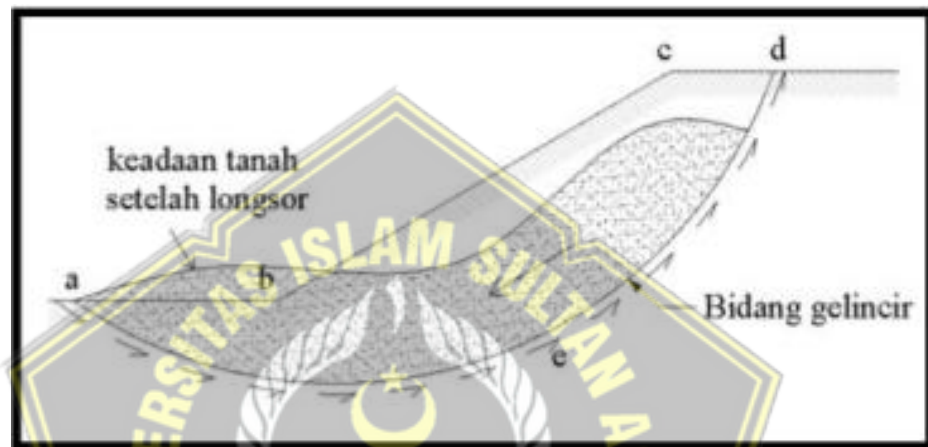
(Zuidam, 1985)

### 2.3.3 Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng merupakan hal yang penting didalam pelaksanaan pekerjaan yang bersangkutan dengan galian tanah dan penyimpanan tanah, batuan dan bahan penggalian, disebabkan berkaitan dengan keselamatan makhluk hidup serta peralatan dan kelancaran operasi produksi.

Permukaan tanah yang miring dapat membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal lereng (slope). Lereng dapat terjadi secara alami

atau dibentuk oleh manusia dengan tujuan tertentu. Jika permukaan ini membentuk suatu kemiringan maka komponen massa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak ke arah bawah akibat gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, bisa mengakibatkan kelongsoran pada lereng tersebut. Hal ini dapat di atasi jika gaya dorong (driving force) tidak melewati gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Stabilitas Lereng  
(Das, 1994)

#### 2.4 Curah Hujan

Curah hujan adalah besarnya ketinggian air hujan yang jatuh dan dapat diperiksa selama periode tertentu dalam satuan milimeter (mm) di dalam alat penakar hujan yang diletakkan pada tempat datar dengan asumsi air yang terkumpul tersebut tidak menguap (evaporate), tidak meresap (infiltrate) dan tidak mengalir (run off). Artinya bahwa dalam luasan satu meter persegi di alat penakar air hujan tersebut memiliki volume sebanyak satu liter setiap ketinggian satu milimeter (Firmansyah, 2021).

Curah hujan yang besar, intensitas dan distribusi hujan tersebut menentukan banyak dan kecepatan aliran permukaan, menentukan kekuatan tekanan air terhadap tanah (Sriyono, 2012), meningkatkan massa tanah sekaligus memperlemah ikatan partikel dalam tanah sehingga memicu longsor (Darmawan dkk., 2021).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Semarang mencatat jumlah curah hujan pada tahun 2021 sebesar 2.360 mm atau rata-rata 6,47 mm/tahun, dengan 156 hari hujan. Angka tersebut masih lebih rendah dari curah hujan pada tahun 2020 yaitu sebesar 2.507,7 mm, dengan rerata sebesar 6,87 mm/tahun dengan hari hujan sebanyak 159 hari dalam setahun. Angka tersebut meningkat dari rekaman curah hujan rata-rata selama tahun 2019 yaitu sebesar 5,64 mm/tahun (BPS, diolah).

Tabel 2.2 Data Curah Hujan Tahun 2016 – Tahun 2018

Bulan	Curah Hujan Kota Semarang (mm)		
	2016	2017	2018
Januari	399.00	399.00	10.37
Februari	298.00	298.00	19.21
Maret	250.00	250.00	7.42
April	188.00	188.00	7.13
Mei	165.00	165.00	0.58
Juni	79.00	79.00	1.50
Juli	82.00	82.00	0.00
Agustus	50.00	50.00	0.00
September	67.00	67.00	0.67
Oktober	132.00	132.00	4.35
November	204.00	204.00	8.70
Desember	268.00	268.00	7.80

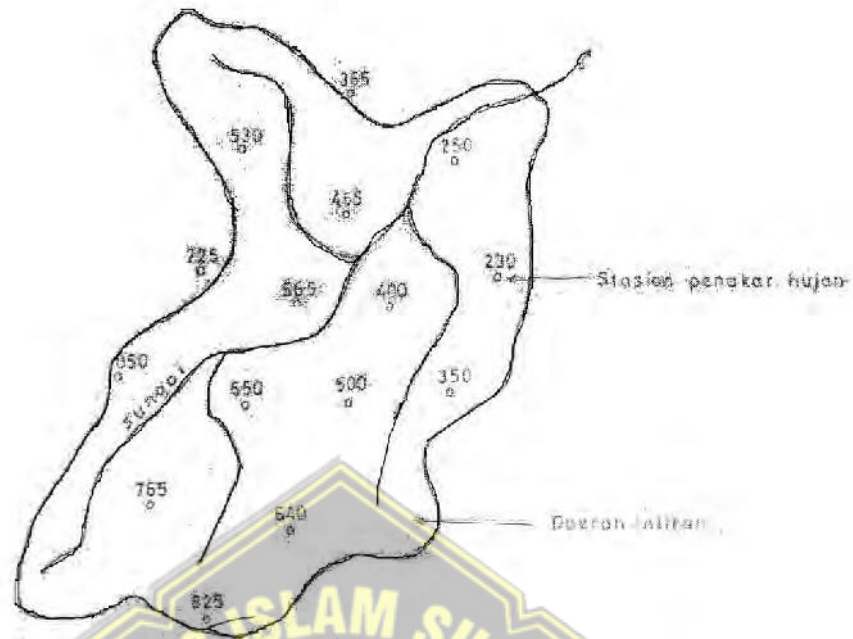
(semarangkota.bps.go.id)

#### 2.4.1 Analisis Curah Hujan

Analisa yang digunakan dalam pembuatan rancangan atau rencana adalah distribusi curah hujan pada wilayah atau areal yang diamati. Yaitu dengan menentukan curah hujan areal. Ada tiga metode yang digunakan dalam menghitung hujan rata-rata daerah, yaitu :

1. Metode rata-rata Aljabar (Rata-rata Aritmatik)
2. Metode Poligon Thiessen
3. Metode Isoyhet

### 2.4.1.1 Metode Rata-rata Aljabar



Gambar 2.4 Rata-rata Aljabar  
(Sri Harto Br, 1993)

Merupakan metode atau cara yang paling sederhana. Metode ini menganggap setiap stasiun mempunyai bobot yang setara. Hal ini dapat digunakan jika hujan yang terjadi dalam DAS homogen dan variasi tahunnya tidak terlalu besar. Dengan kata lain harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$P_r = 1/n (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

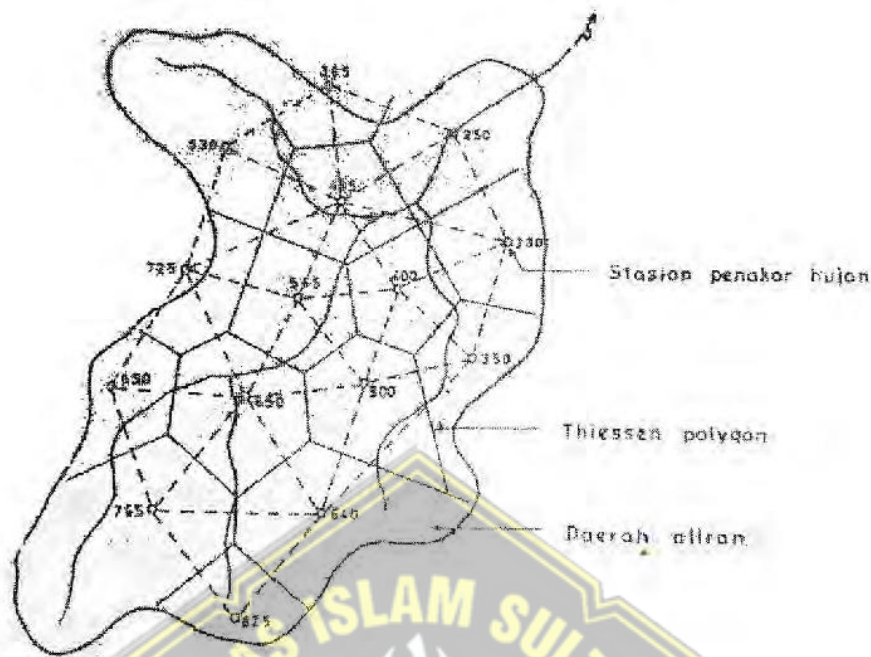
P = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah pos penakaran hujan

$P_1+P_2+\dots+P_n$  = Curah hujan yang tercatat di pos penakaran hujan (mm)



### 2.4.1.2 Metode Poligon Thiessen



Gambar 2.5 Poligon Thiessen

(Sri Harto Br, 1993)

Hitungan dengan Poligon Thiessen dilakukan seperti pada gambar 2.5. Cara ini memberikan nilai tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu. Prosedur penerapan metode ini meliputi Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Semua stasiun yang terdapat di dalam atau di luar DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga
2. Tarik garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung sehingga membentuk polygon
3. Luas daerah hujannya dianggap mewakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis polygon tersebut (atau dengan batas DAS)

4. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan polygon
5. Hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.8$$

dengan :

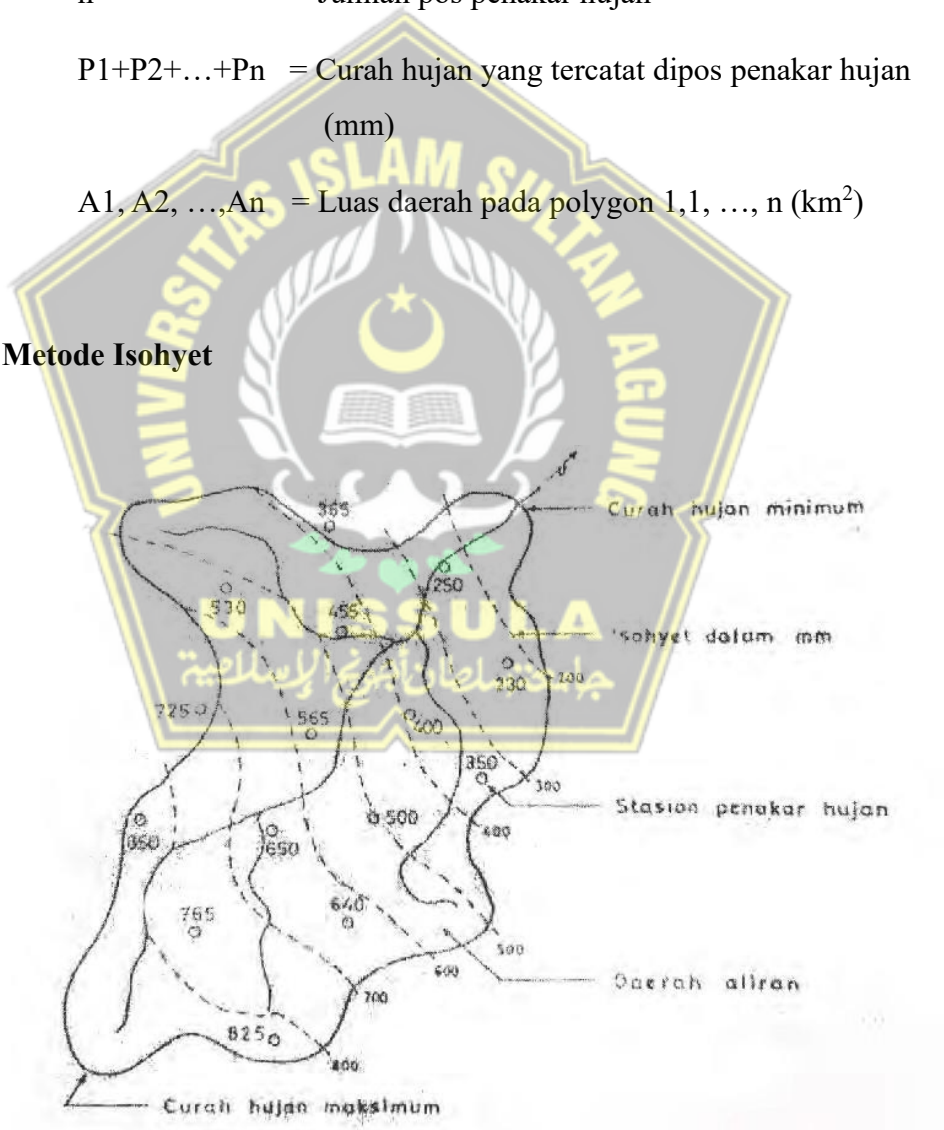
P = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah pos penakar hujan

$P_1 + P_2 + \dots + P_n$  = Curah hujan yang tercatat dipos penakar hujan (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada polygon 1, 1, ..., n (km<sup>2</sup>)

### 2.4.1.3 Metode Isohyet



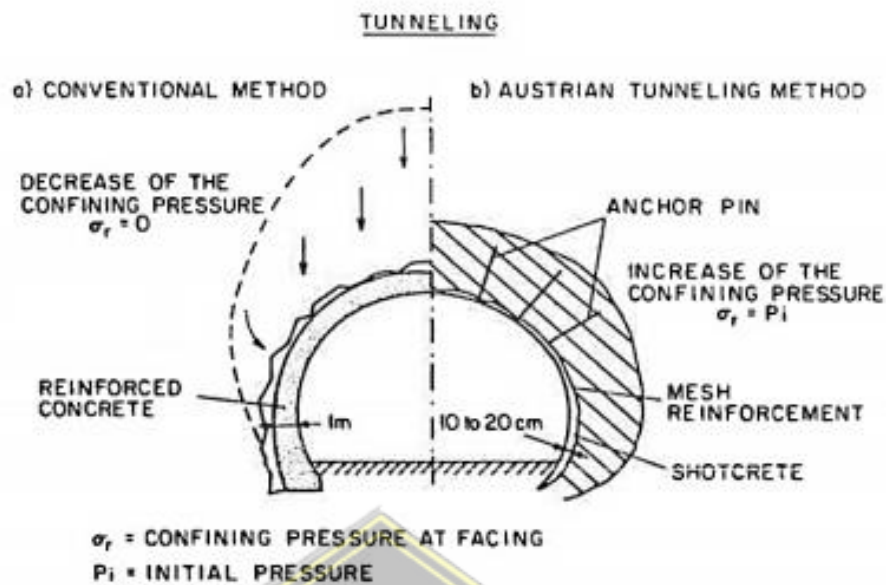
Gambar 2.6 Metode Isohyet  
(Sri Harto Br, 1993)

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang terus menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat bersamaan.

## 2.5 *Ground Anchor*

*Ground Anchor* merupakan jenis perkuatan pasif pada tanah dengan menancapkan potongan – potongan baja (nails) yang kemudian di-grout. *Ground Anchor* digunakan secara khusus untuk menstabilisasi lereng atau galian yang lebih menguntungkan dibandingkan sistem dinding penahan tanah yang lain. Pada beberapa kondisi, *Ground Anchor* memberikan alternatif yang bisa dilakukan dilihat dari sisi kemungkinan pelaksanaan, biaya pembuatan, dan lamanya waktu pengerjaan jika dibandingkan dengan sistem perkuatan lereng yang lain (Lazarte, 2003).

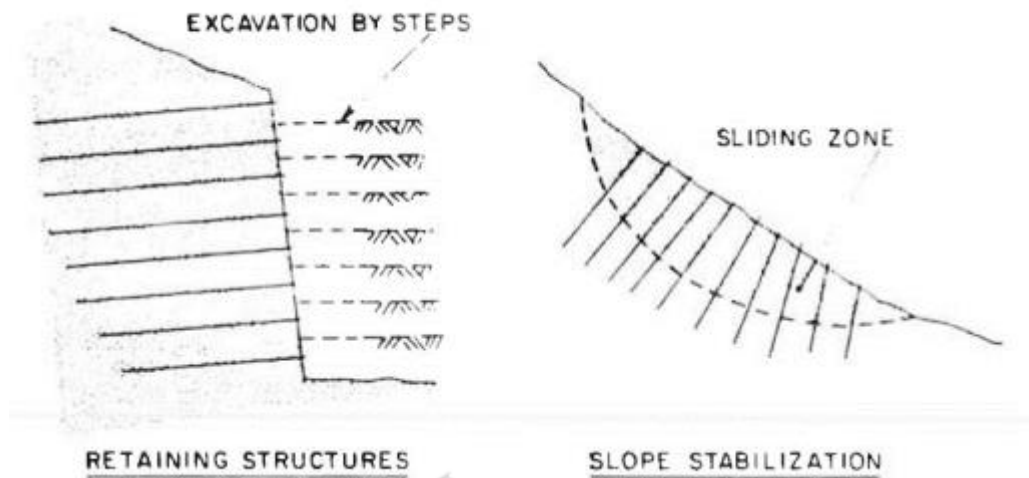
Metode *Ground Anchor* berasal dari suatu pengembangan antara shotcrete dan rockbolting digunakan sebagai sistem penunjang pada galian terowongan oleh New Austrian Tunneling Methode (NATM). Pada umumnya metode ini dapat disebut struktur reinforced earth, perbedaan utama dari keduanya yaitu untuk *Ground Anchor* digunakan pada pekerjaan galian (excavation) sedangkan pada reinforced earth digunakan pada pekerjaan penanggulan “embankment”.



Gambar 2.7 Perbedaan Metode Konvensional dengan Metode *Ground Anchor* pada Pekerjaan Galian Terowongan di Austria (Juran, 1990)

Pada dasarnya aplikasi metode *Ground Anchor* merupakan perkuatan lereng dan struktur perkuatan dinding galian (Gambar 2.4). Perbedaan dari keduanya yaitu :

1. Pada *Ground Anchor* sebagai perkuatan lereng penempatan inklusinya mendekati tegak lurus terhadap bidang kelongsoran, gaya yang bekerja dominan yaitu tegangan geser dan kekakuan dari inklusi tersebut.
2. Pada *Ground Anchor* sebagai struktur perkuatan dinding galian, penempatan inklusinya cenderung kearah horizontal dan gaya yang bekerja dominan yaitu kuat tarik (pull out).



Gambar 2.8 *Ground Anchor* (a) sebagai struktur dinding penahan tanah dan (b) sebagai perkuatan lereng (Juran, 1990)

Nilai ekonomis dan efektif pada metode ini didasarkan pada pelaksanaan yang fleksibel serta komponen utama yang mudah diperoleh. Karenanya sangat diperlukan pengetahuan tentang teknologi pemasangan dan pengetahuan tentang material komponen itu sendiri.

Batang baja (Nails Bars), besarnya nilai kuat Tarik yang dianjurkan oleh Federal highway Administration (FHWA) adalah sebesar 420 MPa - 520 MPa dengan diameter bervariasi yaitu 19 mm, 22 mm, 25 mm, 29 mm, 32 mm, 36 mm, dan 43mm tergantung kebutuhan (Lazarte, 2003).

Menurut standar ASTM A615 baja yang umum digunakan pada *Ground Anchor* adalah baja ulir dengan daya dukung Tarik 420 MPa (60ksi atau grade 60) atau 520 MPa ( 75ksi atau grade 75 ). Ukuran diameternya yang tersedia adalah 19,22,25,29,32,36, dan 43 mm, serta ukuran panjang mencapai 18m (Tabel 2.3)



Tabel 2.3 Properti Baja Ulir

Diameter		Luas Penampang		Berat Jenis		Kuat Leleh		Kapasitas Beban Aksial	
inggris	Mm	Inch <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	Lsb/ft	Kg/m	Ksi	Mpa	Kips	kN
#6	19	0,44	284	0,86	21,8	60	414	26,4	118
						75	517	33,0	118
#7	22	0,66	387	0,99	25,1	60	414	36,0	160
						75	517	45,0	200
#8	25	0,79	510	1,12	28,4	60	414	47,4	211
						75	517	59,3	264
#9	29	1,00	645	1,26	32,0	60	414	60,0	267
						75	517	75,0	334
#10	32	1,27	819	1,43	36,3	60	414	76,2	339
						75	517	95,3	424
#11	36	1,56	1006	1,61	40,9	60	414	93,6	417
						75	517	117,0	520
#14	43	2,25	1452	1,86	47,2	60	414	135,0	601
						75	517	168,8	751

(Byrne et al, 1998)

Mengacu pada struktur ASTM baja yang umum digunakan pada *Ground Anchor* adalah baja ulir dengan daya dukung Tarik 420 MPa, pada penelitian ini dipakai baja ulir diameter 32 mm, dengan  $f_y$  520 MPa dan kapasitas beban aksial 339 kN.

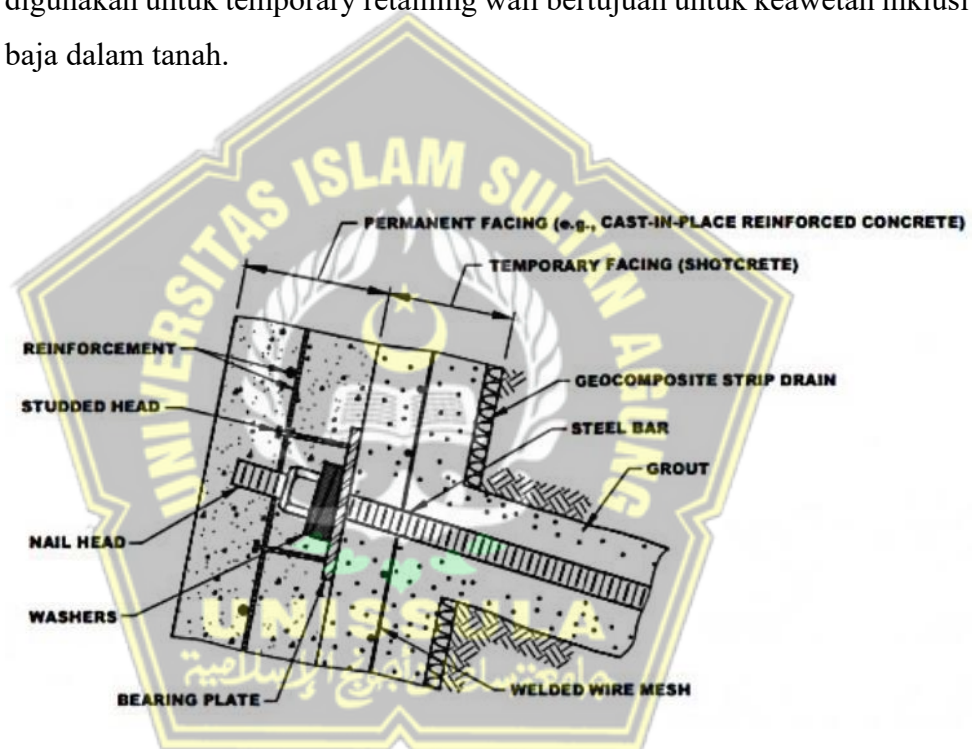
### 2.5.1 Elemen – elemen *Ground Anchor*

Elemen struktur adalah bagian struktur yang langsung berhubungan dengan beban yang ditahan, dimana struktur beruoa inklusi. Sedangkan bagian elemen non-struktur atau bagian pelengkap yaitu berupa facing , drainase dan pengunci.

Inklusi yang umum digunakan yaitu beruoa baja tulangan atau jenis baja lainnya yang dapat menahan gaya tarik, geser dan momen lentur.



Inklusi tersebut ditempatkan dalam lubang-lubang bor dan diisi adukan beton cair (grouting) sepanjang total panjang lubang, atau dipancang kedalam tanah. Pemancangan inklusi tersebut diberi jarak yang sama rata antar spasi horizontal dan spasi vertikalnya. Facing sebagai elemen non-struktur memiliki fungsi menjamin kestabilan lokal tanah antar lapis perkuatan dan mencegah erosi permukaan tanah dan pengaruh cuaca. Inklusi dan facing harus segera dikerjakan setelah penggalian tiap lapis telah selesai hal ini bertujuan agar mengatasi dekompresi tanah juga mencegah perubahan karakteristik mekanik tanah tersebut. *Ground Anchor* seringkali digunakan untuk temporary retaining wall bertujuan untuk keawetan inklusi baja dalam tanah.



Gambar 2.9 Detail *Ground Anchor*  
([Geoengineer.org/news/new](http://Geoengineer.org/news/new))

### 2.5.2 Inklusi (Nail)

Inklusi memiliki berbagai jenis karakteristik yang berbeda dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

## 1. Driven Nail

Inklusi jenis ini tanpa tanah dibor lebih dulu langsung dipancangkan kedalam tanah. Alat yang digunakan yaitu vibropercussion pneumatic dan hydraulic hammer. Pemasangan dengan vibropercussion pneumatic memanfaatkan detaran yang dihasilkan mesin memudahkan nail terpancang ke dalam tanah akibat bergetarnya struktur tanah. Alat ini memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan polusi suara maupun getaran, karena getaran yang dihasilkan sangat lembut sehingga tidak mengganggu bangunan disekitarnya. Dibandingkan dengan hydraulic hammer pada dasarnya nail dipukul ke dalam tanah dengan hammer yang bergerak dengan tenaga hidrolik.

Inklusi yang digunakan biasanya baja mutu sedang dengan kuat leleh 350 Mpa dipasang dengan jarak rapat (2-4 nail per-m<sup>2</sup> ) dan dapat berupa :

- a. Pipa baja ataupun baja tulangan ulir diameter (15-46 mm)
- b. Baja profil siku ukuran 5x50x50 dan 6x60x60 mm

Inklusi seperti ini cocok digunakan pada kondisi tanah granular sebab dengan metode driven nails berarti tanah ini menjadi lebih padat sehingga dapat mengikat sepanjang inklusi dan cukup meningkatkan kuat geser tanah pada areal yang diperkuat. Keuntungan menggunakan driven nails yaitu teknik pemasangan yang cepat dan ekonomis mencapai 4-6 nail per-jam. Sedsngksn kekurangannya yaitu panjang inklusi terbatas pada panjang baja yang tersedia dipasaran yang umumnya 12 meter dan ketukan yang dilakukan terhadap inklusi dapat menghilangkan lapisan proteksi dan mengurangi batas waktu korosi.

Driven nail memiliki sifat yang mirip dengan tiang pancang, yaitu pertahanan sepanjang inklusi baja dilakukan oleh gesekan atau lekatan tanah dengan baja. Untuk tanah dengan nilai sudut gesek dalam tinggi (seperti jenis tanah pasir) maka beban akan ditahan oleh gesekan antar nail dengan tanah disekelilingnya (sifat friction pile). Apabila

kondisi tanah yang nilai kohesinya tinggi, beban akan ditahan oleh pelekatan antara tanah dengan nail (sifat adhesive pile). Dengan sifat-sifat tersebut, maka penggunaan baja tulangan ulir akan lebih efektif dibanding baja dengan tulangan polos dikarenakan pertahanan gesekan atau lekatan akan lebih luas pada baja dengan tulangan ulir, selain itu daerah antar tulangan ulir akan memberikan tahanan pasif cukup tinggi.

Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu adanya bahaya tekuk (buckling) pada pemancangan nail khususnya pada penampang baja yang kecil, jika jarak antara alat pemancangan dengan muka dinding galian terlalu jauh. Apabila dibiarkan dan pada suatu batas tertentu maka baja dapat patah akibat tekuk yang terjadi.

## 2. Grouted Nails

Inklusi jenis ini pada umumnya menggunakan baja tulangan dengan kuat leleh rata-rata 1050 Mpa. Diklasifikasikan sebagai grouted nail karena inklusi ini dimasukkan ke dalam tanah yang sudah dibor terlebih dahulu (diameter lubang 10- 15 cm) kemudian lubang bor tersebut diisi dengan adukan beton cair (grouting). Penempatan antar inklusi yaitu tergolong sedang (1-3 meter) dibuat seragam pada arah horizontal maupun vertikal.

Berikut beberapa metode dalam melakukan pengeboran lubang, diantaranya :

- a. Rotary wash boring, pengeboran lubang dilakukan dengan cara menekan tanah secara berputar diikuti tekanan air untuk masuknya alat bor ke dalam tanah sekaligus untuk memadatkan tanah disekeliling lubang. Akan efektif pada tanah granular seperti medium dense sand karena karakteristik butiran tanah ang berongga menjadi mungkin dipadatkan dengan alat ini.
- b. Rotary percussive boring, dengan cara hampir sama pada metode rotary wash boring tetapi cara ini menggunakan tekanan udara sebagai pendorongnya. Cara ini sangat tidak cocok pada kawasan

padat penghuni, dikarenakan kebisingan suara mesin sangat mengganggu.

- c. Dry auger boring yaitu cara pengeboran yang cocok pada daerah yang memiliki tanah lempung dan berbatu soft rock. Karena dengan dengan pengeboran ini tanah akan tetap kering, sehingga ketika akan diisi adukan beton cair maka lubang bor akan tetap bersih dan dapat mempertahankan kualitas adukan beton cair.



Gambar 2.10 Grouted Nails  
([google.com/grouted nails](http://google.com/grouted%20nails))

Komponen grouted nails yang lain yaitu material adukan beton cair yang terdiri atas campuran air dan semen dengan perbandingan berat 1:2. Tujuan pengisian adukan beton cair yaitu guna menurunkan permeabilitas dan kompresibilitas tanah serta kuat geser tanah (Robert, 1984).

Untuk mempercepat pengerasan campuran tersebut dapat dilakukan penambahan zat additive tertentu seperti Conbex 100, Interplast Z dan lain-lain. Pengisian adukan beton cair ke dalam lubang bor dilakukan dengan tekanan rendah (>150 psi) yang

disalurkan dari tempat pencampuran bahan menuju ke lubang bor melalui pipa tremie.

Lekatkan antara nail dan tanah akan bertambah kuat dengan adanya adukan beton cair yang menyelubungi baja. Hal ini disebabkan luas permukaan gesek tanah dengan nail bertambah diakibatkan pembesaran diameter oleh adukan beton cair. Sedangkan pada tulangan baja terdapat kekuatan lekat yang dihasilkan oleh adhesi kimiawi dan gesekan mekanis antara adukan beton cair dan tulangan baja. Karenanya penggunaan baja tulangan ulir lebih efektif dibanding baja tulangan polos. Hal ini dikarenakan ulir pada permukaan tulangan akan meekan beton cair disekitarnya dan memberikan kekuatan lekat yang besar. Berdasarkan percobaan yang dilakukan di Universitas Texas dan Biro Standarisasi Ameriks, Winter G. & Nilson Arthur (1993) besarnya gaya lekat batas dapat dicari dengan rumus :

$$U_n = 35 (f'_c)^{1/2} \dots\dots\dots 2.9$$

dengan:

$f'_c$  merupakan kuat tekan beton karakteristik.

Supaya tidak terjadi kegagalan lekat antara tulangan baja dan beton maka gaya tarik yang terjadi sehubungan dengan kekuatan baja tidak boleh melebihi gaya lekat batas, yaitu :

$$U = (A_s \cdot F_y) / L \dots\dots\dots 2.10$$

$$U_n > U$$

dengan:

$f_y$  = merupakan tegangan luluh baja

$A_s$  = Luas baja tulangan

$L$  = Panjang baja tulangan

Untuk memeriksa apakah kuat tekan adukan beton cair tersebut mencapai kuat tekan rencana maka perlu diadakan pengujian dengan



mengambil sampel benda uji kubus untuk adukan beton cair setiap 20 buah nail.

### 3. Jet Grouted Nails

Inklusi ini berupa pipa baja khusus dengan diameter 30- 40 mm yang dipasang dengan vibropercussion hammer berfrekuensi tinggi mencapai 70 Hz. Pengisian adukan beton cair dilaksanakan bersamaan dengan pemasangan pipa baja menggunakan alat khusus jet grout melalui lubang kecil pada ujung pipa naj. Adukan beton cair ini memiliki fungsi sebagai pelumas untuk mempercepat pemasangan pipa baja. Pemasangan dengan teknik jet grouting cocok untuk kondisi tanah berbutir sebab teknik ini dapat memadatkan tanah sekitar dan meningkatkan ketahanan pull out pada inklusi komposit ini.



Gambar 2.11 Jet Grout Nails

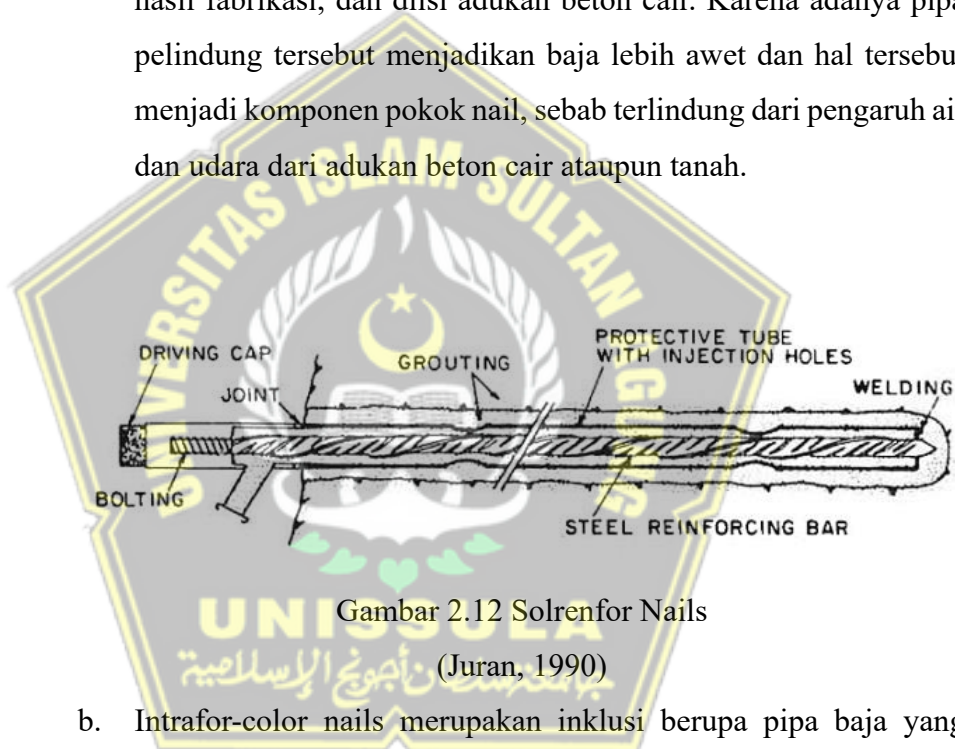
(Juran, 1990)



4. Corrossium Protected Nails

Inklusi ini dikembangkan untuk *Ground Anchor* sebagai struktur peremanan akibat semakin bervariasi kebutuhan di lapangan. Inklusi ini berupa nail yang dilapisi oleh lapisan proteksi sehingga mampu melawan tekanan air yang dapat menyebabkan korosi. Ada dua tipe inklusi yang dikembangkan oleh ahli dari Perancis, diantaranya :

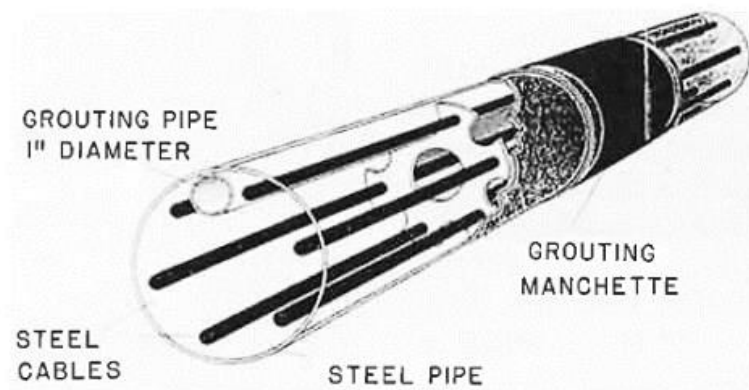
- a. Solrenfor nails merupakan inklusi berupa baja tulangan dan dilapisi oleh pipa pelindung yang terbuat dari baja atau plastik hasil fabrikasi, dan diisi adukan beton cair. Karena adanya pipa pelindung tersebut menjadikan baja lebih awet dan hal tersebut menjadi komponen pokok nail, sebab terlindung dari pengaruh air dan udara dari adukan beton cair ataupun tanah.



Gambar 2.12 Solrenfor Nails

(Juran, 1990)

- b. Intrafor-color nails merupakan inklusi berupa pipa baja yang dilengkapi beberapa kabel baja didalamnya. Karena inklusi ini cara kerjanya sama dengan beton prategang, maka sebelum pipa diisi dengan adukan beton cair kabel baja yang terletak didalam pipa ditarik terlebih dahulu. Dengan adanya prategang ini tekanan pengisian adukan beton cair akan selalu konstan sehingga terjadinya retakan-retakan kecil (*microcracking*) dapat dihindari



Gambar 2.13 Infra Color Nail  
(Juran, 1990)

Tabel 2.4 Rangkuman karakteristik berbagai jenis nail

Keterangan	Driven Nail	Grouted Nail	Jet Grouted Nail	Corossion Protected Nail
Jenis Nail	a. Tulangan Baja b. Baja profil siku	Tulangan baja dengan grouting	Pipa baja komposit	a. Baja tulangan dilapisi pipa b. Pelindung fabrikasi c. Pipa baja pra-tarik
Pemasangan	Dipancang dengan Vibropercussion atau hydraulic hammer	Tanah dibor dahulu, kemudian nail dimasukkan dengan manual	Dipasang dengan Vibripercussion hammer berfrekuensi tinggi	Tanah dibor dahulu kemudian nail dimasukkan
Keuntungan	a. Pemasangan cepat (4-6/jam)	a. Dapat dipasang pada	a. cocok untuk tanah berbutir	a. Tanah korosi

Keterangan	Driven Nail	Grouted Nail	Jet Grouted Nail	Corosion Protected Nail
	b. Cocok untuk tanah berbutir c. Dapat meningkatkan kuat geser	berbagai jenis tanah b. Material grouting memperluas daerah pertahanan	b. Dapat memadatkan tanah sekitar c. Grouting berlangsung dengan rapi	b. Dapat mencegah terjadinya micro cracking c. Cocok untuk permanent retaining wall
Kerugian	a. Pemancangan mengurangi lapis proteksi baja b. Kemungkinan bahaya tekuk pada baja	a. Perlu pengawasan mutu dan pelaksanaan grouting b. Hanya cocok untuk temporary retaining wall	Perlu pengawasan pelaksanaan grouting, karena tekanan grouting yang tinggi menyebabkan keretakan tanah sekitar	Dibutuhkan biaya besar

### 2.5.3 Lapis Permukaan (Facing)

Fungsi utama dari lapis permukaan yaitu guna melindungi tanah dari erosi dan efek cuaca, menajmin stabilitas tanah lokal antar lapis perkuatan dan membatasi dekompresi segera setelah penggalian. Maka, pelaksanaan lapis permukaan harus dikerjakan secara terus menerus setelah pemasangan nail selesai. Lapis permukaan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai aplikasi dan tipe tanah, diantaranya :

#### 1. Shotcrete Facing

Lapis permukaan ini diperkuat menggunakan welded wire wash, berupa jaringan kawat baja yang dilas dan terdiri dari serangkaian

kawat-kawat baja disusun membujur dan melintang dengan arah tegak lurus. Dilakukan pengelasan pada kawat arah membujur dan melintang sebagai pengikat. Jaringan kawat baja tersebut dipasang menempel pada dinding struktur, kemudian diberi lapisan Shotcrete dimana campuran dari air + semen + pasir + kerikil dengan ukuran 4-8 mm dengan perbandingan (2:5:3) dengan fas 0,4 dan nilai slump 5-15 setebal 10-25 cm.

Lapis permukaan ini cukup fleksibel untuk menutup lubang atau retak-retak pada sekitar tanah dengan cara menyemprotkan bahan shotcrete dengan sprayer berupa pipa PVC. Tidak terlalu cocok untuk struktur permanen jika dilihat dari segi keawetan dan keindahannya mengingat mutu shotcrete yang digunakan bukan beton mutu tinggi. Keawetannya dipengaruhi oleh air tanah, rembesan dan faktor lingkungan seperti perubahan iklim dan udara yang sangat dingin dapat menyebabkan retak.

2. Welded Wire Mesh Facing

Pada dasarnya sama dengan lapis permukaan shotcrete facing, yaitu menggunakan jaringan kawat baja yang dipasang pada dinding struktur, namun yang membedakan yaitu tidak ada pekerjaan shotcrete pada lapis permukaan ini. Cocok untuk kondisi tanah fragmented rock atau intermediete soil seperti tanah kapur dan tanah serpih, dimana kemungkinan longsor pada dinding struktur tidak terlalu besar.

3. Cast-in-place Concrete Facing

Lapis permukaan ini terbuat dari beton yang dituangkan ditempat dan menggunakan struktur permanen. Cocok untuk tanah soft rock dimana dapat dilakukan penggalian pada kedalaman lebih dari 2 meter sehingga lebih efisien.

Berikut urutan pelaksanaan konstruksi cast-in-place concrete facing :

- a. Penggalian diikuti dengan pemasangan nail
- b. Pelapisan dinding dengan material shotcrete secara tipis
- c. Pemasangan bekisting untuk pekerjaan beton

d. Pengecoran lapis permukaan

Namun lapis permukaan ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu pengerjaan yang lama dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Sehingga dikembangkan lapis permukaan beton fabrikasi.

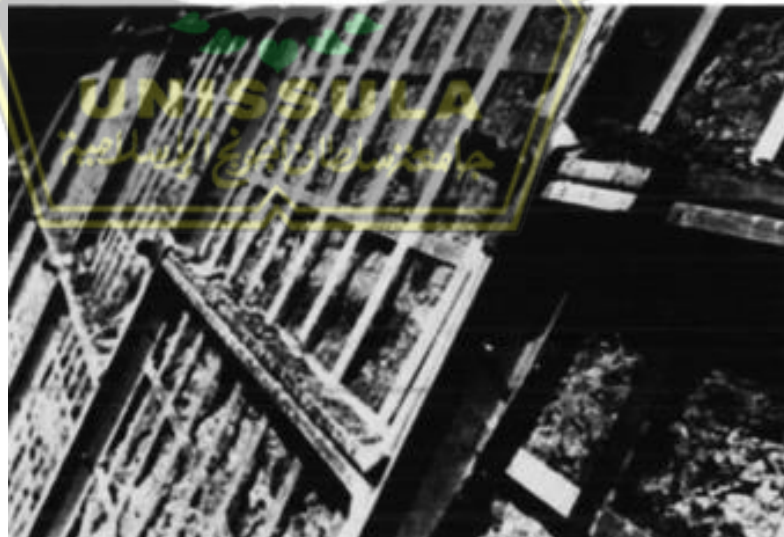
4. Prefabricated Facing Element

Lapis permukaan ini berupa beton cetakan atau panil baja hasil fabrikasi sehingga bentuknya bisa dibuat lebih artistik dan cocok untuk struktur permanen. Cocok untuk tanah kohesif dan soft rock dimana galian vertikal dapat mencapai 1,5 meter masih dapat dilakukan tanpa pendukung.

Keuntungan menggunakan elemen fabrikasi, diantaranya :

- a. Mutu beton cetakan dan panel baja lebih terjamin karena dikerjakan dengan ketelitian yang tinggi
- b. Memberikan keindahan visual yang menarik
- c. Mendukung penghijauan dan penataan lingkungan

Secara langsung akan membebani terhadap penggalian selanjutnya sedangkan stabilitas local harus tetap terjamin.



Gambar 2.14 Lapis permukaan prefabricated steel panels menghasilkan penampilan yang estetik

(Juran,1990)



#### 2.5.4 Drainase

Drainase merupakan sistem penunjang pada *Ground Anchor* yang sangat penting seperti struktur perkuatan galian yang lain, dikarenakan pada umumnya struktur perkuatan dinding galian tidak di desain adanya muka air tanah. Muka air tanah dapat meningkatkan tekanan tanah efektif secara drastis, sehingga struktur perkuatan dinding galian perlu dilengkapi dengan sistem drainase untuk mencegah naiknya permukaan air tanah dibelakang dinding tersebut. Sistem drainase diletakkan pada daerah bidang luncur berupa pipa buangan atau material yang mudah menyerap air seperti geotekstil. Tergantung dari kondisi lapangan yang ada. Berikut beberapa tipe drainase yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan :

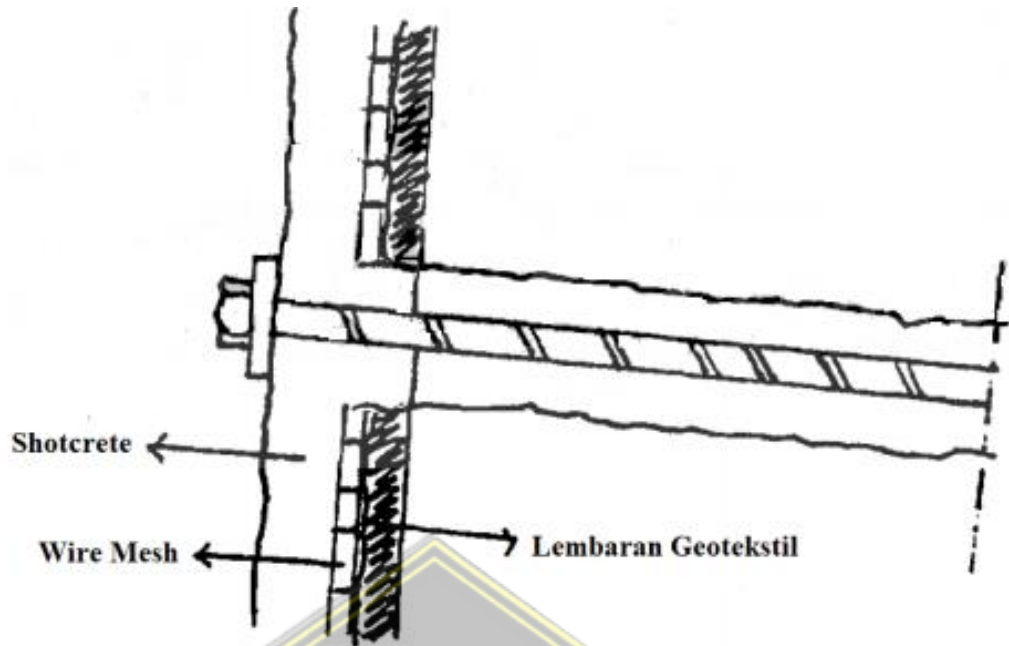
1. Short Tubes

Berbentuk pipa pendek berukuran 300 mm diameter 50-80 mm dan mampu mengeluarkan air tanah dibelakang lapis permukaan dengan cepat. Pipa ini diletakkan pada lapis permukaan antar nail dimana jumlah dan jarak pemasangannya tergantung dari kondisi air tanah di lapangan. Penting untuk diperhatikan yaitu pada drainase yang menggunakan short tubes aliran air yang keluar dari pipa dapat membekas pada lapis permukaan dinding, sehingga dapat mengurangi keindahan lapis permukaan pada lapis permukaan struktur permanen.

2. Back Facing Drain

Terdiri dari vertical strip filter berupa lembaran geotekstil dengan tebal 30 mm ditempatkan secara vertikal di belakang lapis permukaan sepanjang tinggi penggalian dengan jarak 1,5-2 meter. Pada akhir penggalian, seluruh vertical strip filter dihubungkan dengan pipa memanjang horizontal yang berfungsi mengumpulkan dari seluruh vertical strip filter di atasnya.





Gambar 2.15 Drainase menggunakan Back Facing Draine  
(Juran, 1990)



Gambar 2.16 Drainase menggunakan Short Tubes  
(Juran, 1990)

### 2.5.5 Pengunci

Proses akhir dari pekerjaan *Ground Anchor* yaitu pemasangan plat baja dan baut sebagai pengunci nail. Nail yang dipasang menyisakan bagian

panjangnya di luar tanah dengan panjang 20-30 cm dan pada sisa panjang tersebut telah dipersiapkan ulir drat sebagai tempat memasang baut. Setelah lapis permukaan selesai, terlebih dahulu dipasang plat baja dengan dimensi 150x150x10 mm diikuti dengan baut yang kemudian dikencangkan secara manual.

Pekerjaan ini harus dilakukan agar nail tidak bergeser dari posisinya dan selama pekerjaan pemasangan nail secara keseluruhan belum selesai, dilakukan pengontrolan terhadap penguncian tersebut secara berkala agar baut tetap terpasang dengan kencang. Desain dari kuat geser baut dan plat didasarkan pada kapasitas punching shear yaitu  $(0,58f_y \times A_s)$  agar lebih besar dari gaya tarik yang bekerja pada nail.

## 2.6 Sheet Pile

*Sheet Pile* adalah sebuah struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral (horizontal) tanah. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung kepada sudut geser dalam tanah dan kohesi (gaya Tarik menarik antara partikel tanah). Tekanan lateral tersebut bekerja dari atas sampai ke bagian paling bawah pada dinding penahan tanah.

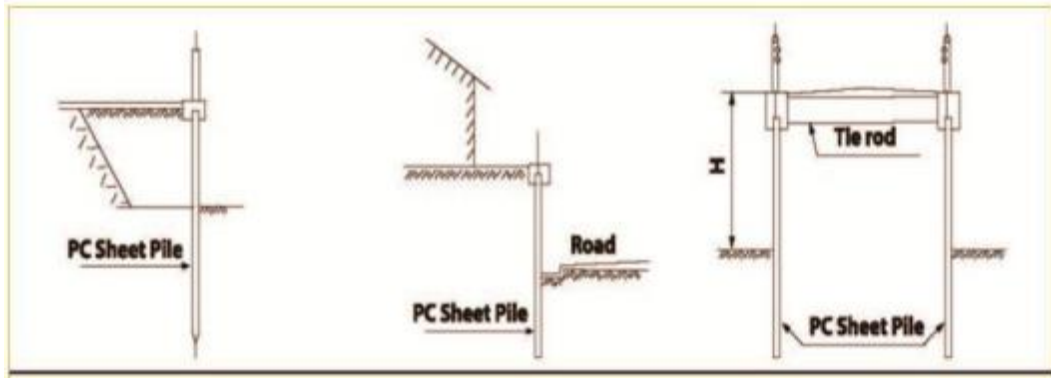
*Sheet Pile* sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah, bisa berupa konstruksi berskala besar hingga kecil. Karena fungsinya sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga sebagai jenis lain dinding penahan tanah (retaining walls) (Utami dan Surjandari, 2016). Perbedaan antara *Sheet Pile* dan dinding penahan tanah ini terdapat pada keuntungan penggunaan *Sheet Pile* pada saat kondisi yang tidak diperlukannya pengeringan air (dewatering). Beberapa jenis *Sheet Pile* yang umum digunakan dalam konstruksi yaitu kayu, beton, dan baja. *Sheet Pile* dapat dibagi menjadi dua kategori dasar:

1. Cantilever

Stabilitas jenis ini sangat tergantung pada Panjang penanaman tiang

2. Anchored

*Sheet Pile* yang di angker, disamping ujung *Sheet Pile*, di sekitar ujung lainnya dipasang angker yang akan memberikan gaya tarik melawan tanah.



Gambar 2.17 Dinding Penahan Tanah Tipe *Sheet Pile*

### 2.6.1 Manfaat Penggunaan *Sheet Pile*

Dinding *Sheet Pile* dari beton bertulang banyak digunakan didaerah perkotaan karena memiliki kelebihan, tidak mudah rusak, karena pemasangan yang lumayan mudah dan biaya pekerjaan yang relatif murah, *Sheet Pile* banyak digunakan pada pekerjaan konstruksi karena memiliki kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat cocok untuk digunakan sebagai penahan tebing di tepi sungai dan pantai yang memiliki kekuatan dukung tanah yang rendah
2. Memiliki performa yang baik dengan harga yang relative murah
3. Tahan terhadap korosif
4. Dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama
5. Dapat dipertanggung jawabkan karena merupakan hasil produksi dari pabrik
6. Bisa diaplikasikan di tanah yang lunak dan berbatuan.

### 2.6.2 Macam-macam *Sheet Pile*

Tipe material ini dapat dibedakan menurut bahan yang digunakan. Bahan material tersebut bermacam – macam, contohnya : kayu, beton bertulang, dan baja. (Utami dsn Surjandi, 2016).

1. *Sheet Pile* Beton

*Sheet Pile* beton merupakan balok – balok yang sudah di cetak sebelum dilakukan pemasangan dengan bentuk tertentu. Balok – balok

*Sheet Pile* ini di buat dengan cara saling mengikat antara satu *Sheet Pile* dengan *Sheet Pile* yang lain. Setiap dua *Sheet Pile* dirancang agar *Sheet Pile* tersebut mempunyai kekuatan dan ketahanan yang tinggi saat membendung benda yang berat dan juga akan bekerja pada saat pengangkatannya.

*Sheet Pile* beton ini rata – rata difungsikan untuk pekerjaan konstruksi yang berat, pembangunan konstruksi ini memerlukan sebuah penampang tiang yang biasanya memiliki ukuran sekitar 500 – 800 mm dan ketebalan 120 – 150 mm penghabisan bawah plester rata – rata dibentuk melancip agar memudahkan saat melakukan pemancangan.

## 2. *Sheet Pile* Kayu

Penggunaan *Sheet Pile* kayu biasanya di gunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi. Dikarenakan *Sheet Pile* kayu tidak kuat untuk menahan beban – beban lateral yang sangat besar. *Sheet Pile* kayu juga tidak cocok diaplikasikan di area tanah yang memiliki banyak material batuan kecil ( kerikil) karena akan cenderung akan retak saat di lakukan pemancangan.

*Sheet Pile* kayu ini umumnya digunakan di sebuah bangunan permanen yang berada di atas permukaan air, tetapi agar *Sheet Pile* kayu tidak gampang lapuk sebaiknya di beri pelapis pelindung, *Sheet Pile* kayu banyak digunakan pada pekerjaan sementara, misal untuk penahan tebing galian. *Sheet Pile* kayu yang digunakan adalah dari bahan dasar papan kayu yang kemudian digabungkan menjadi satu. Dengan ukuran biasanya sekitar 50 mm x 300 mm. Sebuah tiang pile dihasilkan dengan cara memasukan 3 papan secara bersamaan dimana papan tengahnya di offset sejauh 50 – 75 mm.

## 3. *Sheet Pile* Baja

*Sheet Pile* baja adalah salah satu jenis *Sheet Pile* yang paling mudah dicari dan juga mempunyai kualitas yang baik. Penggunaan *Sheet Pile* baja ini sering digunakan di sebuah proyek pembangunan

permanen namun tidak jarang juga digunakan untuk sementara. Karena *Sheet Pile* baja lebih menguntungkan dan juga penanganannya yang mudah, beberapa keuntungan penggunaan *Sheet Pile* baja ini seperti kuat saat menahan gaya benturan saat di lakukan proses pemancangan.

*Sheet Pile* baja ini pada umumnya berbentuk Z, deep arch (lengkung dalam), low arch (lengkung rendah) dan juga sayap lurus (straight website). Dengan memiliki ketebalan sekitar 10 – 13 mm, *Sheet Pile* baja memiliki interlock yang disusun seperti jempol telunjuk atau bola kelanjang yang bisa dikaitkan dengan *Sheet Pile* lainnya. Ini dilakukan supaya *Sheet Pile* baja dapat menahan air.

## 2.7 Plaxis

Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses) merupakan program yang berupa elemen hingga dan telah dikembangkan guna menganalisis deformasi dan stabilitas geoteknik pada perencanaan di bidang teknik sipil. Grafik prosedur – prosedur input data atau biasa disebut soil properties yang sederhana dapat menciptakan model – model elemen hingga yang kompleks, selain itu program ini juga dapat menampilkan output secara detail berupa hasil – hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur penulisan angka yang tepat (Plaxis, 2012).

Pada penelitian kali ini data yang diperlukan yaitu nilai parameter yang penting untuk analisis stabilitas lereng, diantaranya yaitu :

- a. Geometri Jalan
- b. Sifat-sifat fisik tanah
- c. Nilai Kohesi
- d. Sudut geser dalam
- e. Berat isi tanah

Sampel tanah yang digunakan diambil dari Proyek DED jalan bukit regency gombel golf kota semarang, selanjutnya sampel tanah tersebut diuji di laboratorium mekanika tanah universitas islam sultan agung. Data yang telah



dihasilkan pada uji laboratorium tersebut digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng dan penanganannya dengan kondisi lereng yang sama dan jenis tanah yang sama. Data yang didapatkan digunakan sebagai input, berikut merupakan langkah – langkah pada program plaxis :

1. Menentukan judul, model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah yang akan dipakai
2. Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah
3. Merangkai bentuk dimensi dari tanah yang telah dibuat kemudian diberi beban
4. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol Material Sets diantaranya yaitu, kohesi, rasio poisson, dan lain sebagainya
5. Prosedur selanjutnya terdapat pada literatur yang diperoleh dari program plaxis.

Selain langkah – langkah untuk menggunakan program Plaxis, berikut merupakan cara analisis menggunakan program Plaxis v.8.2 :

1. Plaxis Input, merupakan program yang digunakan untuk membuat permodelan sesuai di lapangan.
2. Plaxis Calculation, program ini secara otomatis akan terbuka ketika memilih toolbar `calculate` pada akhir input program, jika kalkulasi tidak dilakukan langsung setelah proses input, kita dapat membuka program ini dengan memilih Calculation Program pada start menu.
3. Plaxis Output, muncul ketika memilih toolbar plaxis output atau dari start menu yang bersesuaian dengan program plaxis. Toolbar Calculation pada Calculation Program pun dapat juga dipakai untuk masuk ke output program.
4. Plaxis Curves Program dapat dipakai untuk menggambar kurva hubungan beban atau waktu terhadap displacement, diagram tegangan – tegangan dari lokasi yang sebelumnya dipilih pada Calculation Program (select point for curve).



## 2.8 Geostudio (*SLOPE/W*)

Geostudio merupakan perangkat lunak dibidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Untuk menganalisa stabilitas lereng maka digunakan program geoslope. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut menggunakan menu *SLOPE/W*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah metode Limit Equilibrium. Metode Limit Equilibrium adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, metode ini juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam metode Limit Equilibrium terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk circular dan bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk non-circular. Pada metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk circular.

### 2.8.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan *Geoslope*

*Slope/w* adalah suatu program yang menggunakan metode kestimbangan batas untuk memecahkan (mencari faktor keamanan). Program ini dibuat oleh *Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada*. software ini melingkupi *slope w, seep w, sigma w, quake w, temp w, dan ctran w*. Bersifat terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan dinding penahan tanah dan membandingkan perkuatan antara *Ground Anchor* dengan *Sheet Pile* pada proyek jalan bukit regency gombel golf kota semarang.

Perhitungan pada struktur dinding penahan tanah dilakukan dengan menggunakan software Plaxis 8.6 dan perhitungan manual menggunakan beberapa metode. Dengan memasukkan data identifikasi tanah yang terdapat di lokasi.

Hasil dari kedua perhitungan tersebut akan dibandingkan dan ditentukan mana yang lebih efisien untuk digunakan.

#### 3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian adalah menggunakan data sekunder yang dilakukan melalui studi literasi serta menggunakan data-data yang dimiliki oleh laboratorium mekanika tanah universitas islam sultan agung. Data yang dibutuhkan antara lain:

1. Data sondir dan handbor
2. Data indeks properties tanah
3. Data parameter kuat geser tanah

#### 3.3 Metode Analisis

##### 3.3.1 Pembebanan Pada Lereng

Dalam menganalisis stabilitas lereng sangat diperlukan suatu data beban yang bekerja di atas lereng tersebut. Dalam kasus ini, beban yang akan bekerja di atas lereng adalah beban konstruksi jalan, karena beban tersebut akan sangat berpengaruh terhadap kestabilan suatu lereng.

### 3.3.2 Beban Merata

Beban lalu lintas ditambahkan pada seluruh lebar permukaan jalan dan besarnya ditentukan berdasarkan kelas jalan yang diberikan pada tabel 3.1 Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas (DPU, 2001) dan beban di luar jalan.

Tabel 3.1 Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas

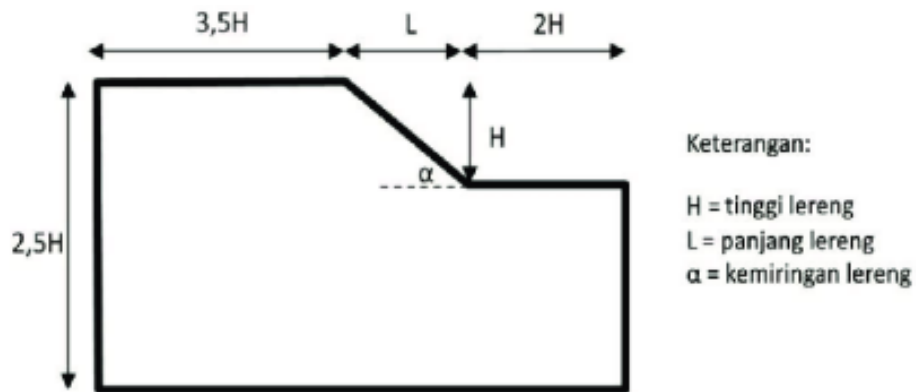
Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di Luar Jalan (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

(SNI 8460 – 2017)

### 3.3.3 Perencanaan Permodelan Lereng



Gambar 3.1 Lereng pada jalan bukit regency gombel golf kota semarang  
(Data Primer, 2023)



Gambar 3.2 Geometri Permodelan Lereng  
(Syahbana, Arifin, dkk, 2013)

### 3.3.4 Analisis Curah Hujan

Variabel curah hujan dinilai dapat berpengaruh secara signifikan terhadap terjadinya longsor lereng diantaranya karena meningkatnya curah hujan yang berakibat pada penambahan tekanan air pori, naiknya kandungan air dalam tanah yang mengakibatkan mengembangnya lempung dan pengurangan tegangan geser, serta terjadinya lapisan tanah yang jenuh air. Peningkatan curah hujan juga mengakibatkan rembesan air yang masuk ke dalam retakan tanah serta tentunya genangan air pada permukaan tanah.

Terdapat dua tipe hujan yang memicu terjadinya longsor lereng, diantaranya turunnya hujan deras yang mencapai 70 – 100 mm/hari serta hujan yang kurang deras tapi kejadian tersebut berlangsung terus menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari dan jika disusul turunnya hujan deras sesaat selama satu hingga dua jam kejadian.

Curah hujan berpengaruh pada terjadinya gerakan tanah, sehingga suatu area yang memiliki curah hujan relatif tinggi dapat memberikan potensi bahaya gerakan tanah yang lebih tinggi dibanding area lain yang lebih rendah. Pembobotan dan pembagian hierarki intensitas curah hujan disajikan dalam Tabel 3. 2 berikut.

Tabel 3.2 Pembobotan kelas curah hujan

<i>Intensitas hujan (mm/th)</i>	<i>Parameter</i>	<i>Bobot</i>
2.000 – 2.500	Sedang/lembab	1
2.500 – 3.000	Basah	2
>3.000	Sangat basah	3

(Sumber: Puslittanak, 2004)

Penaksiran debit bulanan digunakan untuk masukan dalam pacu model hidrodinamika dan sedimentasi, sedangkan penaksiran debit banjir untuk mengetahui besar debit banjir yang terjadi di sungai-sungai daerah studi.

- a. Curah Hujan Titik (*Point Rainfall*)
- b. Hujan titik merupakan data-data yang sudah diperbaiki termasuk data yang hilang untuk analisis selanjutnya. Data curah hujan yang digunakan untuk analisis adalah data curah hujan maksimum masing-masing pos pengamatan hujan.
- c. Curah Hujan Area
- d. Dalam penentuan curah hujan dari data pencatat atau penakar hanya didapatkan curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Untuk mendapatkan curah hujan area dapat dihitung dengan Metode Thiessen, metode retata arimatik (aljabar), dan Metode Isohyet. Pada daerah studi ini perhitungan hujan area digunakan metode rerata aljabar, pada persamaan berikut.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan:

$\bar{R}$  = Curah hujan area rata-rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah huna di tiap titik atau pos hujan (mm)

$n$  = Jumlah titik atau pos hujan



### 3.3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan parameter-parameter dalam satuan nilai variative yang dilakukan untuk pengamatan. Variasi penelitian yang dicari dalam penelitian ini mencakup beberapa parameter, dimana dapat dilakukan perbandingan setelah diperoleh hasil, yang dapat dijadikan sebagai dasar menarik kesimpulan.

Tabel 3.3 Permodelan Dinding Penahan Tanah

No	Kode	Keterangan
1	Eksisting	Analisis dengan kondisi normal
2	Infiltrasi 1	Analisis dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek
3	Infiltrasi 2	Analisis dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang
4	Infiltrasi 3	Analisis dengan kondisi hujan suction $C = 0$
5	Perkuatan 1	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek menggunakan <i>Sheet Pile</i>
6	Perkuatan 2	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang menggunakan <i>Sheet Pile</i>
7	Perkuatan 3	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan suction $C = 0$ menggunakan <i>Sheet Pile</i>
8	Perkuatan 4	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek menggunakan <i>Ground Anchor</i>
9	Perkuatan 5	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang menggunakan <i>Ground Anchor</i>
10	Perkuatan 6	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan suction $C = 0$ menggunakan <i>Ground Anchor</i>



Pada penelitian ini dilakukan beberapa analisis dengan beberapa kondisi tanah. Pada kondisi eksisting analisis dilakukan dengan keadaan tanah normal. Pada kondisi infiltrasi dilakukan beberapa analisis dengan berbagai intensitas hujan. Kemudian pada analisis perkuatan dilakukan dengan beberapa perkuatan yaitu menggunakan *Ground Anchor* dan *Sheet Pile*.

### 3.3.6 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data menjelaskan mengenai prosedur atau tahapan yang akan digunakan untuk mengolah data yang diperoleh dari pengumpulan data baik primer maupun sekunder.

#### 1. Perhitungan Manual Tanpa Perkuatan Menggunakan Metode Hansen



Langkah-langkah perhitungan Dinding Penahan Tanah menggunakan metode Hansen adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Beban Merata
2. Menentukan data propertis lapisan tanah
3. Menghitung berat dinding penahan tanah
4. Menghitung jarak beban terhadap ujung dinding penahan
5. Menghitung momen terhadap ujung dinding penahan
6. Menghitung Tekanan Tanah Aktif

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots 3.2$$

7. Menghitung Tekanan Tanah Pasif

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \dots\dots\dots 3.3$$

8. Menghitung l Lengan terhadap titik O

9. Menghitung Momen Akibat Gaya Horizontal

10. Menghitung momen yang mengakibatkan penggulingan

11. Menghitung Stabilitas Terhadap Penggeseran

$$\sum R_h = c_d \times B + W \tan \delta_b \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana :

$\sum R_h$  = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

$c_d$  = Adhesi antara tanah dasar dinding

$B$  = Lebar pondasi (m)

$W$  = Berat total dinding penahan dan tanah diatas plat pondasi

$\delta_b$  = Sudut geser antara tanah dan dasar pondasi

12. Menghitung Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_g} \geq 1,5 \dots\dots\dots 3.5$$

13. Menghitung Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah

$$\chi_e = \frac{\sum M_w - \sum M_g}{\sum W} \dots\dots\dots 3.6$$

14. Menghitung Faktor Kemiringan Beban

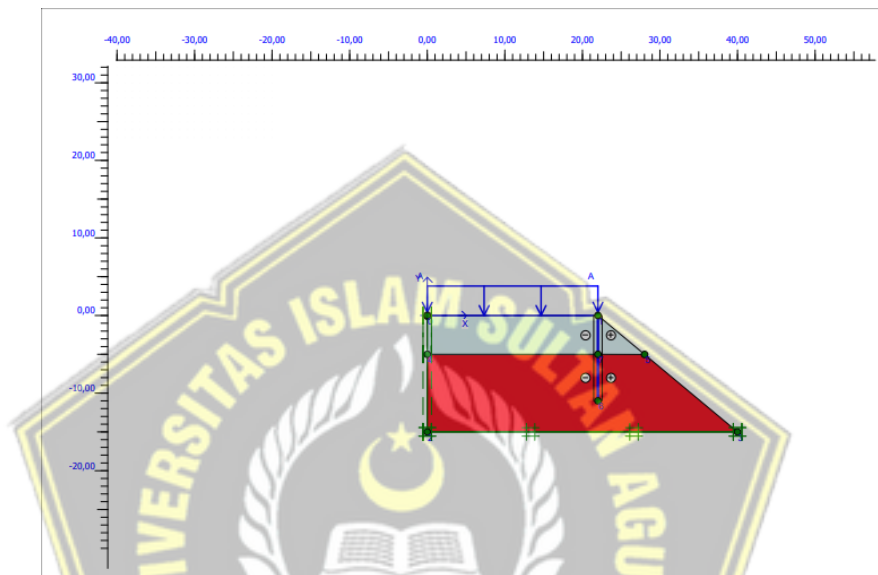
$$i_q = \left[ 1 - \left[ \frac{0,5 \sum H}{\sum V + A' \times C_3 \times \tan \phi} \right] \right]^5 \dots\dots\dots 3.7$$

15. Menghitung Kapasitas Dukung Ultimit Untuk Pondasi di Permukaan Menurut Hansen

$$Q_u = i_q \times C \times N_c + i_y \times 0,5 \times B' \times \gamma_3 \times N_\gamma \dots\dots\dots 3.8$$

## 2. Permodelan Menggunakan Aplikasi Plaxis dengan Perkuatan *Sheet Pile*

Plaxis merupakan program yang berupa elemen hingga dan telah dikembangkan guna untuk memudahkan dalam menganalisis deformasi dan stabilitas geoteknik pada perencanaan dibidang Teknik sipil. Dalam penelitian kali program plaxis digunakan untuk perencanaan perkuatan dinding penahan tanah menggunakan sheet pile.



Gambar 3.4 Permodelan Dinding Penahan Tanah dengan Sheet Pile  
(Permodelan Penulis)

Berikut adalah Langkah-langkah permodelan dengan perkuatan

1. Gambar geometri 2 dimensi permodelan lereng yang dihitung  
Untuk membuat model geometri, berikut langkah-langkahnya:
  - a. Mulailah program masukan dan pilih proyek baru dalam kotak dialog buka/buka proyek
  - b. Dalam lembar-tab proyek dari jendela pengaturan global, masukkan judul yang sesuai, pastikan agar model dipilih pada regangan bidang dan elemen dipilih pada 15 titik nodal
  - c. Dalam lembar-tab dimensi, diterima satuan pra-pilih (panjang = m; gaya = kN; waktu = hari) dan masukkan dimensi horizontal (kiri, kanan) dan masukkan dimensi vertikal (bawah, atas). Terima

nilai pra-pilih untuk spasi grid (Spasi = 0.1 m dan jumlah interval = 1)

- d. Klik tombol <OK> yang akan diikuti dengan munculnya lembar kerja
- e. Pilih garis geometri dari toolbar dan gambarkan geometri dari lereng
- f. Geometri yang digambar adalah lapisan-lapisan tanah, geogrid dan dinding penahan tanah

## 2. Kondisi Batas

Untuk membentuk kondisi batas, klik tombol jepit standar pada toolbar. Program kemudian akan membentuk jepit penuh pada bagian dasar dan jepit rol pada sisi-sisi vertical

## 3. Sifat-sifat Material

Setelah memasukkan kondisi batas, sifat material untuk klaster-klaster tanah dan objek geometri lainnya harus dimasukkan dalam kumpulan data

- a. Klik tombol kumpulan data material pada toolbar
- b. Pilih tanah dan antarmuka untuk jenis kumpulan data
- c. Klik tombol <Baru> untuk membuat kumpulan data baru
- d. Untuk lapisan tanah 1, ketik 'Tanah 1' untuk identifikasi dan pilih Mohr Coulomb untuk model material. Jenis material diatur ke tak-terdrainase (undrained)
- e. Masukkan sifat lapisan tanah 1 pada kotak isian yang sesuai dalam lembar tab umum dan parameter
- f. Untuk lapisan tanah 2, ketik 'Tanah 2' untuk identifikasi dan pilih Mohr Coulomb untuk model material. Jenis material diatur ke tak-terdrainase (undrained)
- g. Masukkan sifat lapisan tanah 2 pada kotak isian yang sesuai dalam lembar-lembar tab umum dan parameter
- h. Untuk lapisan tanah 3, ketik 'Tanah 3' untuk identifikasi dan pilih Mohr Coulomb untuk model material. Jenis material diatur ke tak terdrainase (undrained)

- i. Masukkan sifat lapisan tanah 3 pada kotak isian yang sesuai dalam lembar tab umum dan parameter
- j. Untuk lapisan tanah 4, ketik 'Tanah 4' untuk identifikasi dan pilih Mohr Coulomb untuk model material. Jenis material diatur ke tak-terdrainase (undrained)
- k. Masukkan sifat lapisan tanah 4 pada kotak isian yang sesuai dalam lembar tab umum dan parame
- l. Untuk lapisan tanah timbunan, ketik 'Tanah Timbunan' untuk identifikasi dan pilih Mohr-Coulomb untuk model material. Jenis material diatur ke tak-terdrainase (undrained)
- m. Masukkan sifat lapisan tanah timbunan pada kotak isian yang sesuai dalam lembar-tab umum dan parameter
- n. Untuk perkuatan, pada menu jenis kumpulan pilih "jenis material", ketik '*Sheet Pile*' kemudian isi nilai EA, EI, dan poison ratio sesuai dengan spesifikasi rencana
- o. Seret kumpulan tanah timbun, lempung lunak dan batuan pasir ke masing-masing klaster yang telah ditentuka
- p. Seret kumpulan data *Sheet Pile* dan *Ground Anchor* ke dinding dalam model Pelat dan lepaskan pada pelat saat bentuk kursor telah berubah menjadi warna merah yang mengindikasikan bahwa aplikasi kumpulan data material telah dapat dilakukan pada elemen tersebut
- q. Penyusunan jaring elemen (Generated Mesh). Klik tombol susun jaring elemen pada toolbar. Beberapa detik kemudian sebuah jaring elemen yang kasar akan ditampilkan dalam jendela keluaran. Klik tombol <perbarui> untuk kembali ke masukkan geometri. Dari menu jaring elemen, pilih kekasaran global. Distribusi elemen dalam combo box akan menunjukkan kasar, yang merupakan nilai pra pilih. Untuk menghaluskan kekasaran global, ubah pilihan dalam combo box menjadi sedang dan klik tombol <susun>. Alternatif lain adalah dengan menggunakan pilihan perhalus global dari menu jaring elemen. Jaring elemen



yang lebih halus akan ditampilkan dalam jendela keluaran. Klik tombol <perbarui> untuk kembali.

#### 4. Kondisi Awal

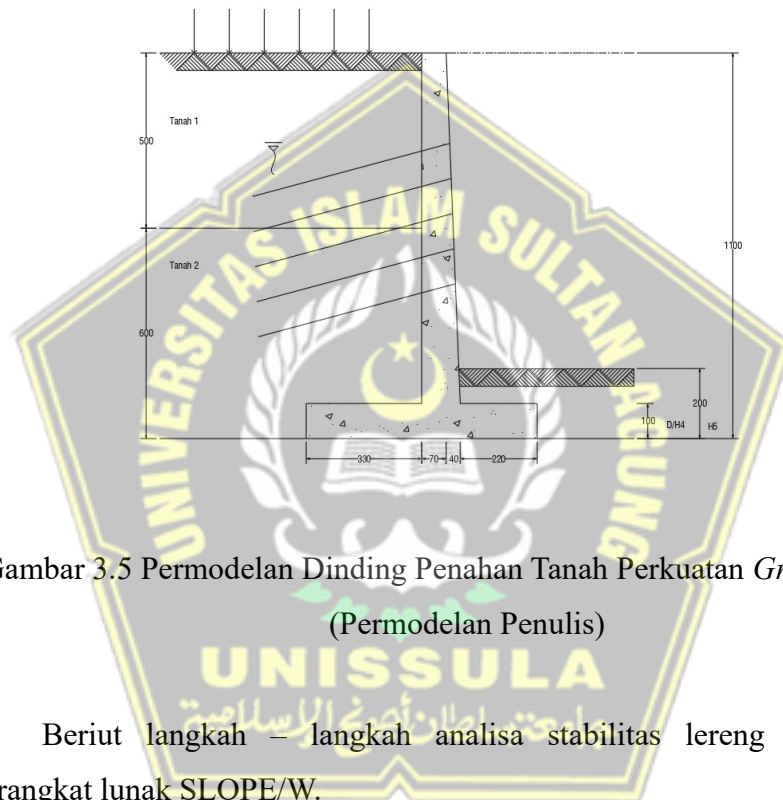
Dari proyek ini membutuhkan perhitungan tekanan air, penonaktifan dari struktur dan beban serta perhitungan tegangan tanah awal. Tekanan air (tekanan air pori dan tekanan air pada kondisi batas eksternal) dapat dihitung dengan dua cara, yaitu dengan perhitungan secara langsung berdasarkan masukan dari garis freatik dan tinggi tekan dari permukaan air dalam tanah, atau berdasarkan hasil dari perhitungan secara langsung saja

- a. Klik tombol kondisi awal pada toolbar
- b. Klik <OK> untuk menerima nilai prapilih dari berat isi air sebesar  $10 \text{ kN/m}^3$ . Modus kondisi air sekarang akan menjadi aktif, dimana tombol garis freatik telah terpilih. Secara prapilih, garis freatik global akan terbentuk di dasar geometri
- c. Klik tombol hitung tekanan air (tanda positif berwarna biru) pada toolbar. Jendela perhitungan tekanan air akan muncul
- d. Pada jendela perhitungan tekanan air, pilih garis freatik dari kotak dihitung berdasarkan dan klik tombol <OK>
- e. Setelah tekanan air terbentuk, hasilnya akan ditampilkan dalam jendela keluaran. Klik tombol <Perbarui> untuk kembali pada modus kondisi air
- f. Lanjutkan ke modus konfigurasi geometri awal dengan mengklik tombol sebelah kanan dari 'switch' pada toolbar
- g. Aktifkan struktur *Sheet Pile* atau *Ground Anchor* pada struktur lereng
- h. Klik tombol hitung tegangan awal pada toolbar. Kotak dialog Prosedur-K0 akan muncul
- i. Jaga agar faktor pengali total untuk berat tanah adalah 1.0. Terima nilai pra pilih untuk K0 dan klik tombol <OK>

- j. Setelah tegangan efektif awal terbentuk, hasilnya akan ditampilkan dalam jendela keluaran. Klik tombol <Perbarui> untuk kembali pada modus konfigurasi awal
  - k. Klik tombol <hitung>. Pilih <Ya> untuk menjawab pertanyaan apakah data akan disimpan dan masukkan nama yang diinginkan
5. Perhitungan
- a. Selain tahap awal (Initial Condition), tahap perhitungan pertama telah dibuat secara otomatis oleh program. Dalam lembar-tab umum, terima seluruh nilai pra-pilih
  - b. Lalu memilih titik noda. Pemilihan titik noda ini adalah untuk penggambaran kurva beban perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan
  - c. Pada fase 1, buat judul “Installing *Sheet Pile* + Galian”, pilih jenis perhitungan plastic analysis lalu klik parameter dan masukkan waktu selama 15 hari. Lalu klik define dan aktifkan *Sheet Pile*. Lakukan tahap diatas sesuai dengan yang akan dilakukan
  - d. Pada fase 2 buat judul “Penimbunan” pilih jenis perhitungan plastic analysis lalu klik parameter dan masukkan waktu selama 10 hari., lalu klik update
  - e. Pada fase 3 buat judul “Pembebanan” pilih jenis perhitungan plastic analysis lalu klik parameter dan masukkan waktu selama 1 hari. Lalu klik define aktifkan beban, lalu update
  - f. Pada fase 4 buat judul “Safety Factor setelah” pilih jenis perhitungan reduksi Phi-c, lalu klik define, update
  - g. Klik calculate, perhitungan akan berjalan dan akan berhenti jika semua fase telah bertanda ceklis berwarna hijau. Klik output untuk melihat besar penurunan yang terjadi dan klik multiplier pada fase safety factor untuk melihat faktor keamanan lereng

### 3. Permodelan Menggunakan Aplikasi Geo-Slop dengan Perkuatan *Ground Anchor*

Geostudio merupakan perangkat lunak dibidang geoteknik yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Dalam penelitian ini aplikasi geoslop digunakan untuk perencanaan dinding penahan tanah dengan perkuatan *Ground Anchor*. Selain itu metode yang digunakan adalah metode limit equilibrium.



Gambar 3.5 Permodelan Dinding Penahan Tanah Perkuatan *Ground Anchor*  
(Permodelan Penulis)

Berikut langkah – langkah analisa stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak SLOPE/W.

1. Buka GeoStudio SLOPE/W untuk analisa stabilitas lereng
2. Memilih Toolbars yang tersedia untuk digunakan
3. Mengatur area gambar
4. Mengatur ukuran halaman area gambar
5. Mengatur skala
6. Mengatur jarak pada grid
7. Mengatur dan menampilkan grid
8. Menyimpan data ke file

9. Menentukan axes untuk mempermudah pembacaan jarak dan lebar dan tinggi
10. Penggambaran geometri lereng
11. Menentukan metode analisis
12. Menentukan opsi yang digunakan dalam analisis
13. Menentukan sifat – sifat materila tanah
14. Menggambar Piezometric Line untuk menentukan garis pada muka air tanah
15. Simpan Analisa
16. Lihat Analisa

Ada beberapa metode perhitungan faktor keamanan (SF) antara lain dengan metode ordinary, bishop, dan janbu, yang dapat dipilih sesuai keinginan. Hasil gambar output perhitungan bisa di export ke dalam bentuk (bmp, wmf, dan emf) dan gambar dalam bentuk auto cad dengan format dxf.

Untuk metode bishop yang disederhanakan yang telah diperkuat *Ground Anchor*, perangkat lunak SLOPE/W memerlukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk menginput data pada *Ground Anchor*.

- a. Bond safety factor/pullout strength safety factor dan bar safety factor/nail-tensile strength safety factor ialah angka keamanan yang diatur dalam riset Amit Prashant et al. Mengenai *Ground Anchor for stabilization of steep slopes near railway tracks*.
- b. Bond parameter ialah besaran nilai diameter dari baja tulangan ulir yang digunakan untuk perkuatan, Amit Prashant et al. dalam risetnya mengenai *Ground Anchor for stabilization of steep slopes near railway tracks* menggunakan baja tulangan ulir dengan diameter 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 28, dan 32 mm.
- c. Bar capacity merupakan nilai dari kapasitas kuat tarik nailing.

$$Rt = \frac{\pi d^2 f_y}{4} \dots\dots\dots 3.9$$

Dimana :

d = Diameter *Ground Anchor*

f<sub>y</sub> = Tegangan leleh ijin dari nailing (415 Mpa atau 520 Mpa)

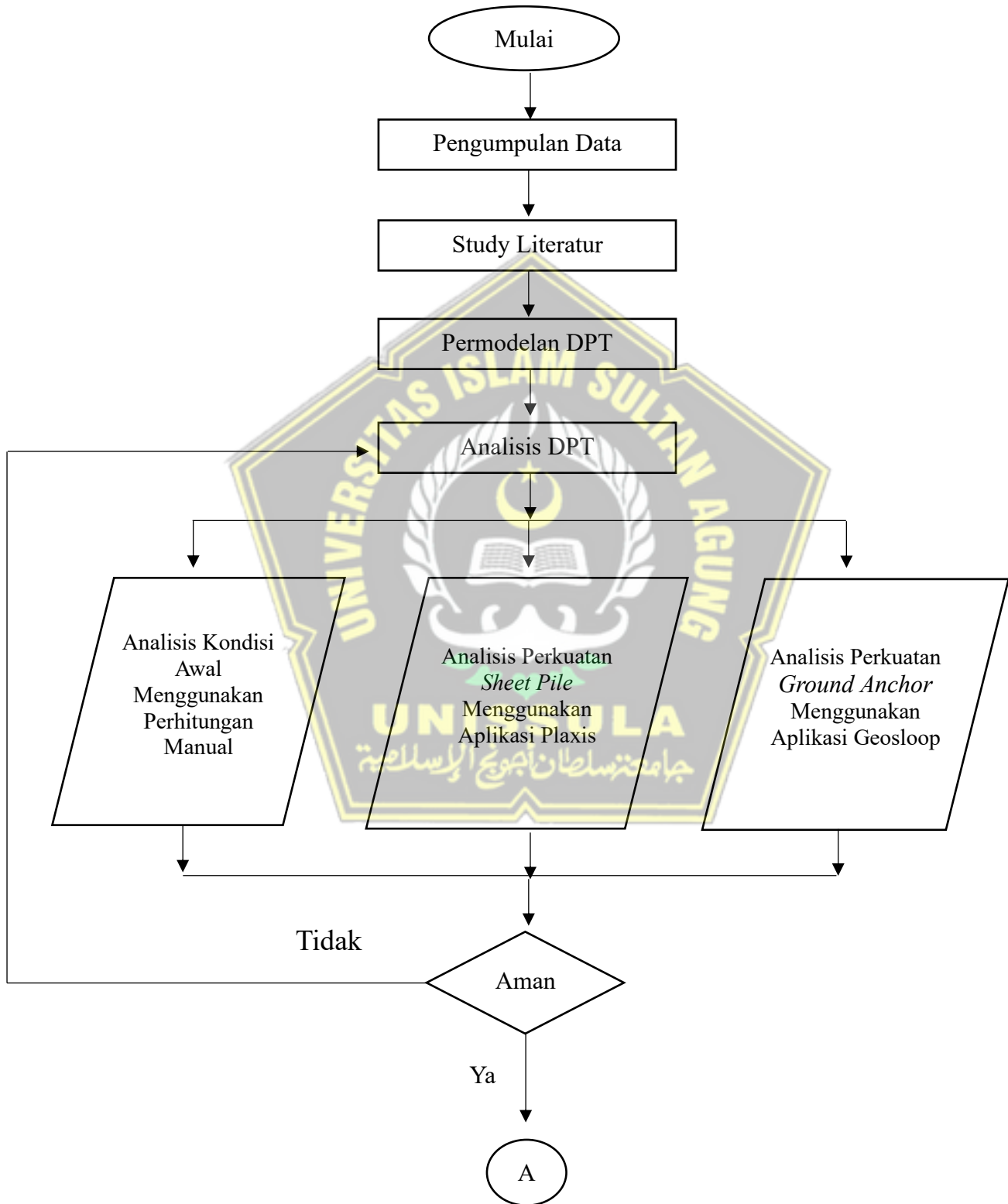
- d. Bond skin friction/pullout resistance menurut Amit Prashant et al. dalam risetnya mengenai *Ground Anchor* for stabilization of steep slopes near railway tracks nilai  $q_u$  (bond strength) telah dihitung atau diestimasi.

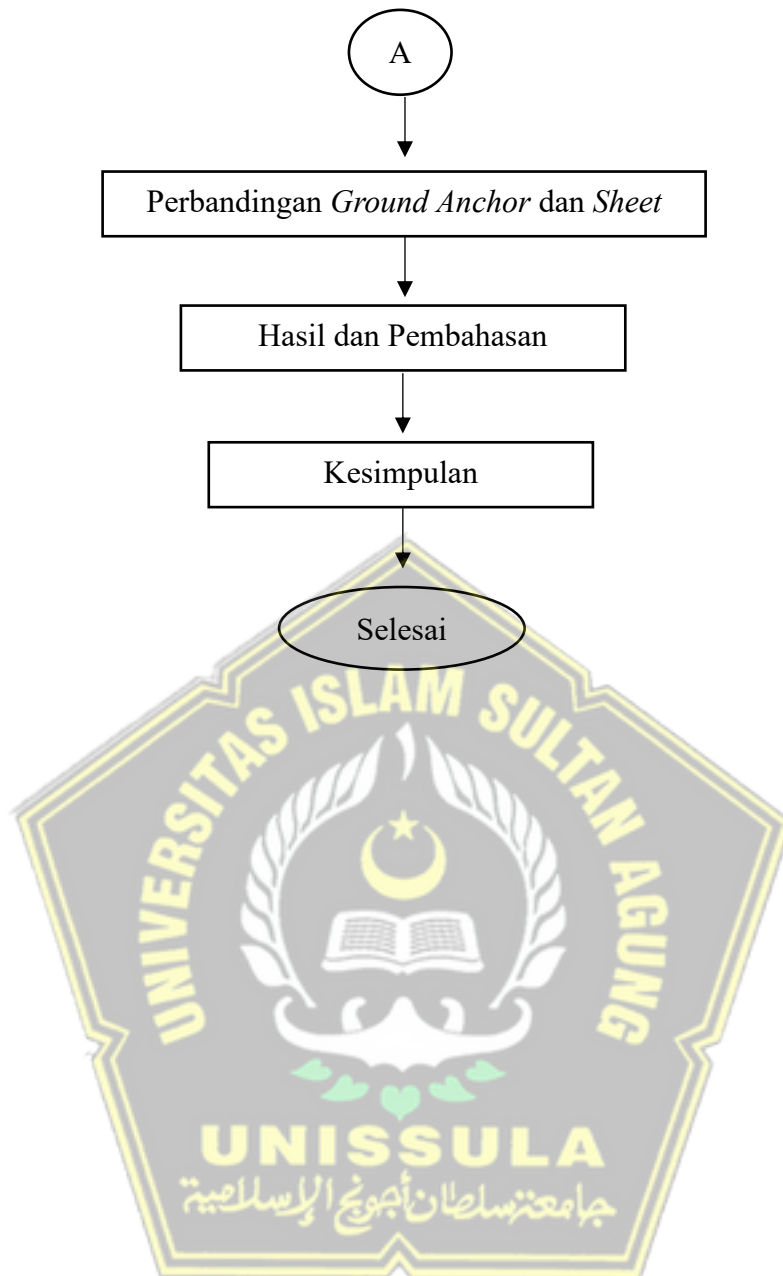




### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah bagan alir dari metode perencanaan yang dilakukan pada penelitian analisis satbilitas dinding penahan tanah





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembebanan

Beban yang ada pada jalan bukit regency gombel golf kota semarang merupakan beban lalu lintas. Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas yang digunakan pada studi kasus ini adalah kelas jalan I dengan beban lalu lintas sebesar 12 kPa atau 12 kNm<sup>2</sup>.

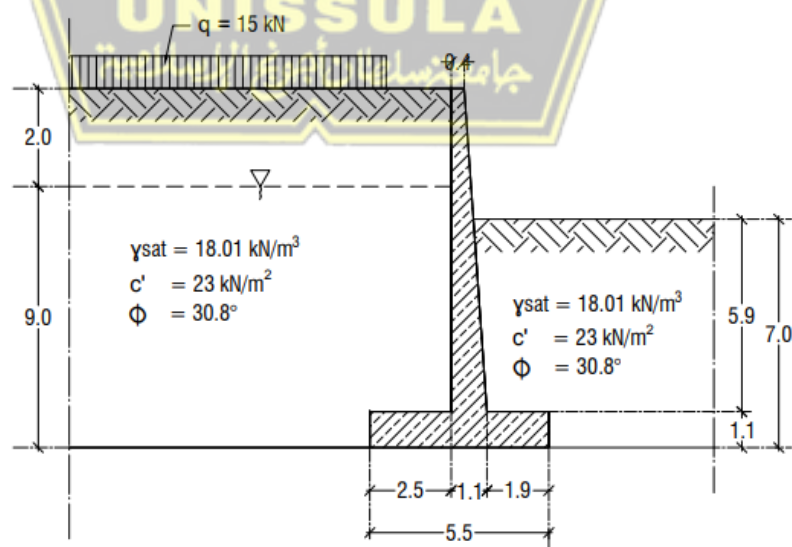
Berikut adalah table data lalu lintas yang dapat dilihat pada table 4.1

Tabel 4.1 Beban Lalu Lintas Jalan

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)
I	15
II	12
III	12

(SNI 8460 – 2017)

### 4.2 Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah Kantilever



Gambar 4.1 Permodelan Dinding Penahan Tanah Kantilever

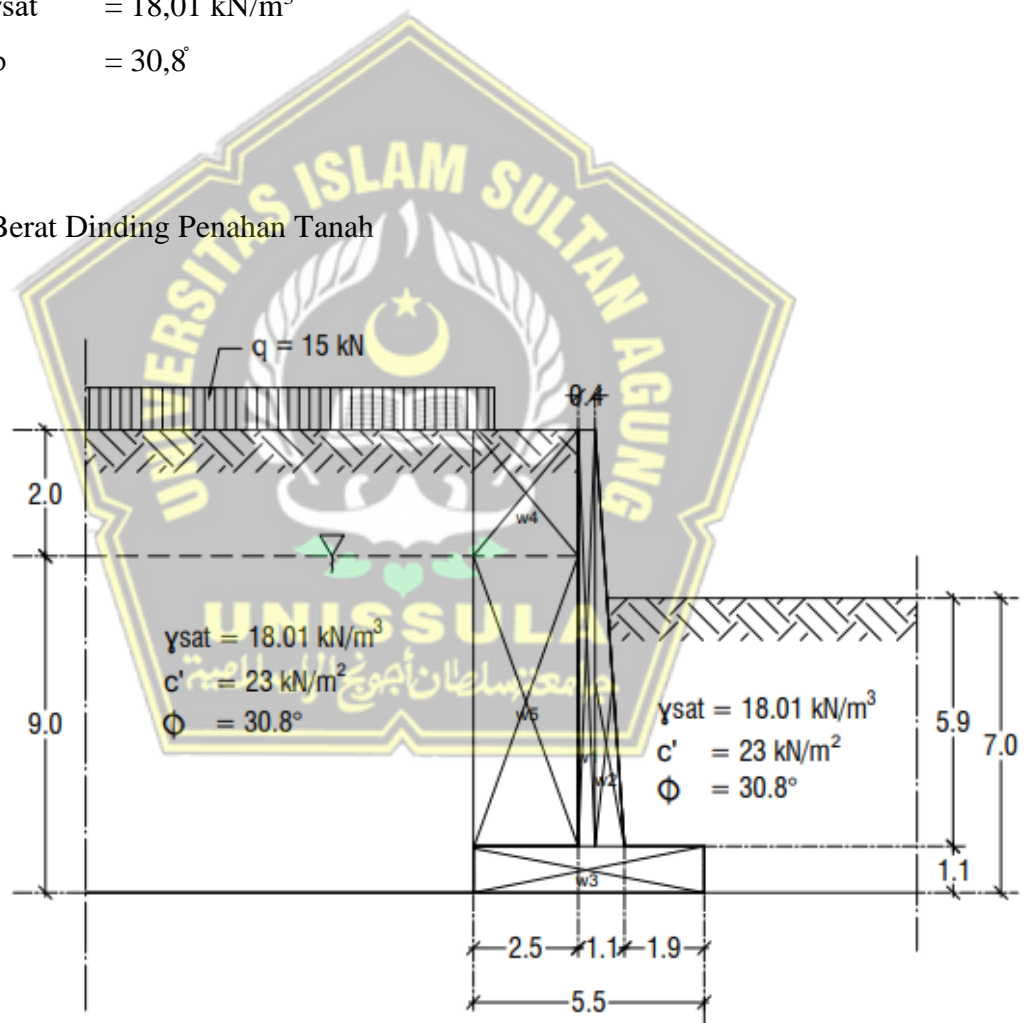
(Permodelan Penulis)

H1	= 2 m	B1	= 2,5 m
H2	= 9 m	B2	= 0,4 m
H3	= 1,1 m	B3	= 0,7 m
H4	= 7 m	B4	= 1,9 m
q	= 15 kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_w$	= 10 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{\text{beton}}$	= 24 kN/m <sup>3</sup>		

- Data Tanah

C	= 23 kN/m <sup>2</sup>
$\gamma_{\text{sat}}$	= 18,01 kN/m <sup>3</sup>
$\phi$	= 30,8°

- Berat Dinding Penahan Tanah



Gambar 4.2 Distribusi Beban Dinding Penahan Tanah  
(Permodelan Penulis)

- Bidang 1

$$\begin{aligned}W1 &= b \times h \times \gamma_b \\ &= 0,4 \times 9,9 \times 24 \\ &= 95,04 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Bidang 2

$$\begin{aligned}W2 &= \frac{1}{2} \times b \times h \times \gamma_b \\ &= \frac{1}{2} \times 0,7 \times 9,9 \times 24 \\ &= 83,16 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Bidang 3

$$\begin{aligned}W3 &= b \times h \times \gamma_b \\ &= 5,5 \times 1,1 \times 24 \\ &= 145,2 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Bidang 4

$$\begin{aligned}W4 &= b \times h \times \gamma_{sat} \\ &= 2,5 \times 2 \times 18,01 \\ &= 90,05 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Bidang 5

$$\begin{aligned}W5 &= b \times h \times (\gamma_{sat} - \gamma_w) \\ &= 2,5 \times 7,9 \times (18,01 - 10) \\ &= 158,1975 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Beban akibat beban merata

$$\begin{aligned}W6 &= q \times l \\ &= 15 \times 2,5 \\ &= 37,5 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

✚ Jarak Terhadap ujung Dinding Penahan Tanah

$$\begin{aligned} X1 &= (\frac{1}{2} \times B2) + B3 + B4 \\ &= (\frac{1}{2} \times 0,4) + 0,7 + 1,9 \\ &= 2,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= (\frac{2}{3} \times B3) + B4 \\ &= (\frac{2}{3} \times 0,7) + 1,9 \\ &= 2,37 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= \frac{1}{2} \times B_{tot} \\ &= \frac{1}{2} \times 5,5 \\ &= 2,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X4 &= (\frac{1}{2} \times B1) + B2 + B3 + B4 \\ &= (\frac{1}{2} \times 2,5) + 0,4 + 0,7 + 1,9 \\ &= 4,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X5 &= (\frac{1}{2} \times B1) + B2 + B3 + B4 \\ &= (\frac{1}{2} \times 2,5) + 0,4 + 0,7 + 1,9 \\ &= 4,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X6 &= (\frac{1}{2} \times B1) + B2 + B3 + B4 \\ &= (\frac{1}{2} \times 2,5) + 0,4 + 0,7 + 1,9 \\ &= 4,25 \text{ m} \end{aligned}$$

✚ Momen Terhadap Ujuang Dinding Penahan

$$\begin{aligned} M1 &= W1 \times X1 \\ &= 95,04 \times 2,8 \\ &= 266,112 \text{ Kn.m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M2 &= W2 \times X1 \\
 &= 83,16 \times 2,37 \\
 &= 197,089 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= W3 \times X3 \\
 &= 145,2 \times 2,75 \\
 &= 399,3 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M4 &= W4 \times X4 \\
 &= 90,05 \times 4,25 \\
 &= 382,7125 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M5 &= W5 \times X5 \\
 &= 158,1975 \times 4,25 \\
 &= 672,339 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M5 &= W5 \times X5 \\
 &= 37,5 \times 4,25 \\
 &= 159,375 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal

Bidang	Berat (W) kN/m	Jarak (X) m	Momen (M) Kn.m
1	95,04	2,8	266,112
2	83,16	2,37	197,089
3	145,2	2,75	399,3
4	90,05	4,25	382,7125
5	158,1975	4,25	672,339
6	37,5	4,25	159,375
	<b><math>\Sigma w = 609,1475</math></b>		<b><math>\Sigma Mw = 2076,9275</math></b>

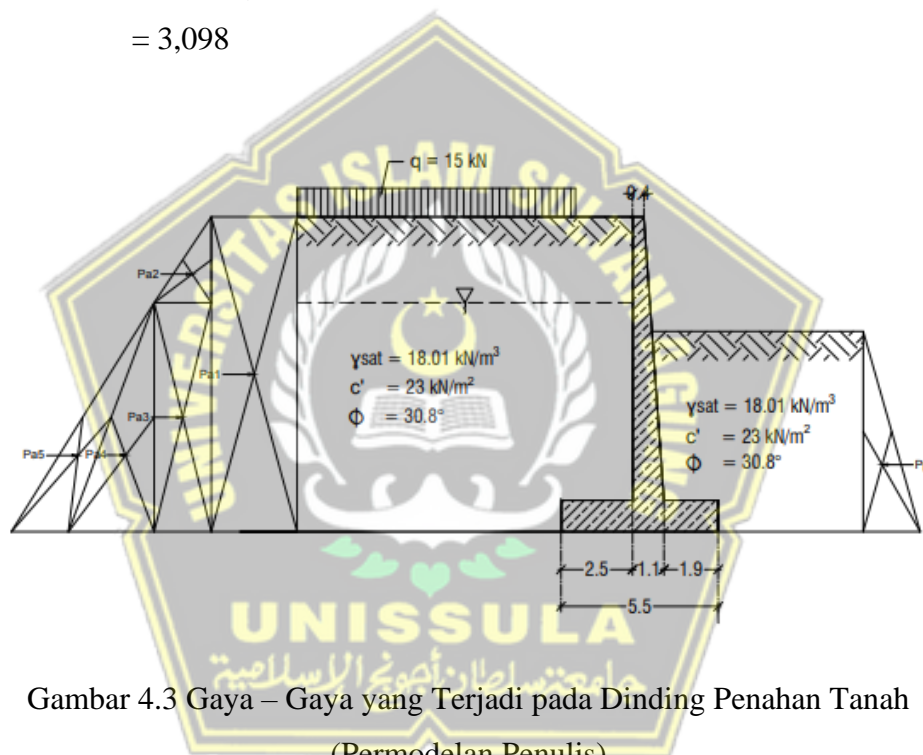
(Olahan Data Penulis)

✚ Koefisien Tanah Aktif ( $K_a$ )

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \\ &= \frac{1 - \sin 30,8}{1 + \sin 30,8} \\ &= 0,322 \end{aligned}$$

✚ Koefisien Tanah Pasif ( $K_p$ )

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \\ &= \frac{1 + \sin 30,8}{1 - \sin 30,8} \\ &= 3,098 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Dinding Penahan Tanah  
(Permodelan Penulis)

✚ Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} P_{a1} &= K_a \times q \times H \\ &= 0,322 \times 15 \times 11 \\ &= 53,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a2} &= \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times (H1)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,322 \times 18,01 \times 2^2 \\ &= 11,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_3 &= K_a \times \gamma \times H^2 \\
 &= 0,322 \times 18,01 \times 9 \\
 &= 52,19 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_4 &= \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma' \times (H_2)^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,322 \times (18,01 - 10) \times 9^2 \\
 &= 104,458 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_5 &= \frac{1}{2} \times \gamma_w \times (H_2)^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 10 \times 9^2 \\
 &= 405 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

✚ Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
 P_p &= \frac{1}{2} \times P_p \times \gamma \times (H_4)^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 3,098 \times 18,01 \times 7^2 \\
 &= 1366,97 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{1}{3} \times H_4 \\
 &= \frac{1}{3} \times 7 \\
 &= 2,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen} &= P_p \times l \\
 &= 1366,97 \times 2,33 \\
 &= 3185,04 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

✚ Jarak l terhadap titik O

$$\begin{aligned}
 l_1 &= \frac{1}{2} \times H \\
 &= \frac{1}{2} \times 11 \\
 &= 5,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 12 &= (1/3 \times H1) + H2 \\
 &= (1/3 \times 2) + 9 \\
 &= 9,67 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 13 &= 1/2 \times H2 \\
 &= 1/2 \times 9 \\
 &= 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 14 &= 1/3 \times H2 \\
 &= 1/3 \times 9 \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 15 &= 1/3 \times H2 \\
 &= 1/3 \times 9 \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Horizontal

Bidang	Pa (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	53,13	5,5	292,215
2	11,6	9,67	112,172
3	52,19	4,5	234,855
4	104,458	3	313,374
5	405	3	1215
	<b><math>\Sigma Pa = 626,378</math></b>		<b><math>\Sigma Ma = 2167,616</math></b>

(Olahan Data Penulis)

✚ Jumlah gaya-gaya horizontal

$$\begin{aligned}
 \Sigma Ph &= \Sigma Pa - \Sigma Pp \\
 &= 626,378 - 1366,97 \\
 &= -740,592 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Momen yang mengakibatkan Penggulingan

$$\begin{aligned}\sum Mg &= \sum Ma - \sum Mp \\ &= 2167,616 - 3185,04 \\ &= -1017,424 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Menghitung stabilitas terhadap penggeseran

Tahanan geser pada dinding sepanjang 5,5m, dihitung dengan menganggap dasar dinding sangat kasar. Sehingga sudut geser  $\delta_b = \phi$  dan adhesi  $c_d = c$

- Untuk tanah  $c - \phi$  ( $\phi > 0$ , dan  $c > 0$ )

$$\begin{aligned}\sum Rh &= c_d \cdot B + W \tan \delta_b \\ \sum Rh &= 23 \cdot 5,5 + 559,1 \cdot \tan 30,8 \\ &= 459,79 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$Fgs = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1,5$$

$$\begin{aligned}Fgs &= \left| \frac{459,79}{-740,592} \right| \geq 1,5 \\ &= 0,620 < 1,5 \dots\dots\dots \text{Dimensi Tidak aman } (\neq \text{OK})\end{aligned}$$

- Menghitung stabilitas terhadap penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding, dengan pusat ritasi terletak pada ujung kaki depan dinding penahan tanah.

$$Fgl = \frac{\sum Mw}{\sum Ma} \geq 1,5$$

$$\begin{aligned}Fgl &= \frac{2076,9275}{2167,616} \geq 1,5 \\ &= 0,958 < 1,5 \dots\dots\dots \text{Dimensi Tidak aman } (\neq \text{OK})\end{aligned}$$

- Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

Dalam hal ini akan digunakan persamaan Hansen pada perhitungan, dengan menganggap pondasi terletak pada permukaan

$$X_e = \frac{\sum Mw - \sum Ma}{\sum W}$$

$$X_e = \frac{2076,9275 - 2162,616}{609,1475}$$

$$= -0,14 \text{ m}$$

- Eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - X_e$$

$$e = \frac{5,5}{2} - (-0,14)$$

$$e = 2,89 \text{ m}$$

- Lebar Efektif (B')

$$B' = B - 2e$$

$$= 5,5 - (2 \cdot 2,89)$$

$$= -0,28 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot 1$$

$$= -0,28 \cdot 1$$

$$= -0,28 \text{ m}^2$$

- Gaya-gaya yang ada pada dinding

$$\text{Gaya Horizontal} = -740,592 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gaya Vertikal} = 609,1475 \text{ kN/m}$$

- Faktor kemiringan beban

$$iq = \left[ 1 - \left[ \frac{0,5 \sum H}{\sum V + A' \cdot C \cdot \tan \phi} \right] \right]^5$$

$$iq = \left[ 1 - \left[ \frac{0,5 \times -740,592}{609,1475 + (-0,28 \times 23 \times \tan 30,8)} \right] \right]^5$$

$$= 10,876$$



Tabel 4.4 Nilai-nilai Faktor Daya Dukung Tanah

ANGLE OF FRICTION $\phi$ (DEGREES)	TERZAGH			MEYERHOF			HANSEN		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	5.10	1.00	0.00	5.10	1.00	0.00
2	6.30	1.22	0.18	5.63	1.20	0.01	5.63	1.20	0.01
4	6.97	1.49	0.38	6.19	1.43	0.04	6.19	1.43	0.05
5	7.34	1.64	0.50	6.49	1.57	0.07	6.49	1.57	0.07
6	7.73	1.81	0.62	6.81	1.72	0.11	6.81	1.72	0.11
8	8.60	2.21	0.91	7.53	2.06	0.21	7.53	2.06	0.22
10	9.60	2.69	1.21	8.34	2.47	0.37	8.34	2.47	0.39
12	10.76	3.29	1.70	9.28	2.97	0.60	9.28	2.97	0.63
14	12.11	4.02	2.23	10.37	3.59	0.92	10.37	3.59	0.97
15	12.86	4.45	2.50	10.98	3.94	1.13	10.98	3.94	1.18
16	13.68	4.92	2.94	11.63	4.34	1.37	11.63	4.34	1.43
18	15.52	6.04	3.87	13.10	5.26	2.00	13.10	5.26	2.08
20	17.69	7.44	4.97	14.83	6.40	2.87	14.83	6.40	2.95
22	20.27	9.19	6.61	16.88	7.82	4.07	16.88	7.82	4.13
24	23.36	11.40	8.58	19.32	9.60	5.72	19.32	9.60	5.75
25	25.13	12.72	9.70	20.72	10.66	6.77	20.72	10.66	6.76
26	27.09	14.21	11.35	22.25	11.85	8.00	22.25	11.85	7.94
28	31.61	17.81	15.15	25.80	14.72	11.19	25.80	14.72	10.94
30	37.16	22.46	19.73	30.14	18.40	15.67	30.14	18.40	15.07
32	44.04	28.52	27.49	35.49	23.18	22.02	35.49	23.18	20.79
34	52.64	36.50	36.96	42.16	29.44	31.15	42.16	29.44	28.77
35	57.75	41.44	42.40	46.12	33.30	37.15	46.12	33.30	33.92
36	63.53	47.16	51.70	50.59	37.75	44.43	50.59	37.75	40.05
38	77.50	61.55	73.47	61.35	48.93	64.07	61.35	48.93	56.17
40	95.66	81.27	100.39	75.31	64.20	93.69	75.31	64.20	79.54
42	119.67	108.75	165.69	93.71	85.37	139.32	93.71	85.37	113.96
44	151.95	147.74	248.29	116.37	115.31	211.41	116.37	115.31	165.58
45	172.29	173.29	294.50	133.87	134.87	262.74	133.87	134.87	200.81
46	196.22	204.19	426.96	152.10	158.50	328.73	152.10	158.50	244.65
48	258.29	287.85	742.61	199.26	222.30	526.45	199.26	222.30	368.67
50	347.51	415.15	1153.15	266.88	319.06	873.86	266.88	319.06	568.57

- Berdasarkan Tabel ( untuk  $\phi = 30^\circ$  )

$$N_c = 30,14$$

$$N_q = 18,40$$

$$N_\gamma = 15,07$$

$$ic = iq - \left[ \frac{1 - iq}{Nq - 1} \right]$$

$$ic = 10,876 - \left[ \frac{1 - 10,876}{18,40 - 1} \right]$$

$$= 11,455$$

$$i_y = \left[ 1 - \left[ \frac{0,7 \sum H}{\sum V + A' \cdot C \cdot \cotan \varphi} \right] \right]^5$$

$$i_y = \left[ 1 - \left[ \frac{0,7 \times -740,592}{609,1475 + (-0,28 \times 23 \times \cotan 30,8)} \right] \right]^5$$

$$= 22,679$$

✚ Kapasitas daya dukung ultimit untuk pondasi dipermukaan menurut Hansen

$$D_f = 7$$

$$d_c = d_q = d_\gamma$$

$$s_c = s_q = s_\gamma$$

Didapatkan

$$\begin{aligned} Q_u &= i_q \cdot c \cdot N_c + i_y \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 10,876 \cdot 23 \cdot 30,14 + 22,679 \cdot 0,5 \cdot (-0,28) \cdot 18,01 \cdot 15,07 \\ &= 6677,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bila dihitung berdasarkan lebar pondasi efektif, yaitu tekanan pondasi ketanah dasar terbagi rata secara sama, maka :

$$\begin{aligned} q' &= \frac{\sum v}{B'} \\ &= \frac{609,1475}{-0,28} \\ &= -2175,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

$$\begin{aligned} F &= \frac{q_u}{q'} \\ &= \left| \frac{6675,7}{-2175,5} \right| \\ &= 3,06 < 1,5 \dots \dots \dots \text{Dimensi Aman (OK)} \end{aligned}$$

Atau dapat pula faktor aman dihitung dengan

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{qu \cdot B'}{\Sigma V} \\
 &= \left| \frac{6675,7 \cdot (-0,28)}{609,1475} \right| \\
 &= 3,06 < 1,5 \dots\dots\dots \text{Dimensi Aman (OK)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, pada analisis dinidng penahan tanah mendapatkan

- SF pada penggeseran  $0,620 < 1,5$
- SF pada penggulingan  $0,958 < 1,5$
- SF pada daya dukung tanah  $3,06 \geq 1,5$

Maka pada perencanaan ini dinding penahan tanah tidak aman.

#### 4.3 Analisis Curah Hujan

Menurut BMKG dalam menentukan intensitas curah hujan dibedakan menjadi warna warna yang ada pada peta Produk ini merupakan prakiraan curah hujan kumulatif 24 jam untuk Indonesia, berdasarkan data model prakiraan cuaca numerik. Warna pada peta menunjukkan curah hujan dalam milimeter. Hujan satu milimeter artinya air hujan yang jatuh pada lahan seluas satu meter persegi akan mempunyai ketinggian satu milimeter jika air hujan tersebut tidak tembus, mengalir atau menguap. Nilai ambang batas yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Klasifikasi Intensitas Air Hujan

	24 jam
Hujan Ringan	0 – 20
Hujan Normal	20 – 50
Hujan Lebat	50 – 100
Hujan Sangat Lebat	100 - 150
Hujan Ekstrim	>150

Berikut adalah data curah hujan tahunan rata-rata kota semarang :

Tabel 4.6 Data Curah hujan tahunan rata-rata kota semarang

Bulan	Curah Hujan Tahunan Rata - Rata Kota Semarang (mm)										Data curah hujan bulanan rata rata
	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	
Januari	329	273	301.3	214	10.37	399	399	238	736	477	337.667
Februari	337	694	393.2	214	19.21	298	298	273	377	378	328.141
Maret	165	122	231.8	227.3	7.42	250	250	212	157	204	182.652
April	134	131	291.6	212	7.13	188	188	258	74	296	177.973
Mei	191	205	267.4	17.9	0.58	165	165	185	182	222	160.088
Juni	231	134	22.1	44.5	1.5	79	79	69	129	347	113.61
Juli	126	15	71.8	0	0	82	82	2	182	115	67.58
Agustus	82	65	56.4	0	0	50	50	6	10	82	40.14
September	121	199	90.8	20	0.67	67	67	1	0	20	58.647

Bulan	Curah Hujan Tahunan Rata - Rata Kota Semarang (mm)										
	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	Data curah hujan bulanan rata rata
Oktober	307	119	160.8	134	4.35	132	132	0	45	99	113.315
November	284	349	240.4	271	8.7	204	204	280	194	146	218.11
Desember	357	173	380.1	249	7.8	268	268	209	193	242	234.69
Total	2664	2479	2507.7	1603.7	67.73	2182	2182	1733	2279	2628	2032.613
Rata - Rata	222	206,583	208,975	133,642	5,644	181,833	181,833	144,417	189,917	219,000	169.384

(BPS Kota Semarang)

Data curah hujan Kota Semarang (BPS Kota Semarang)

= Tahun Kabisat

Berikut data curah hujan Harian rata-rata kota semarang :

Tabel 4.7 Data curah hujan Harian rata-rata kota Semarang

Bulan	Curah Hujan Harian Rata - Rata kota Semarang (mm)										
	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	Data curah hujan bulanan rata rata
Januari	10,61	8,81	9,72	6,90	0,33	12,87	12,87	7,68	23,74	15,39	10,89
Februari	12,04	24,79	13,56	7,64	0,69	10,64	10,28	9,75	13,46	13,03	11,59
Maret	5,32	3,94	7,48	7,33	0,24	8,06	8,06	6,84	5,06	6,58	5,89
April	4,47	4,37	9,72	7,07	0,24	6,27	6,27	8,60	2,47	9,87	5,93
Mei	6,16	6,61	8,63	0,58	0,02	5,32	5,32	5,97	5,87	7,16	5,16
Juni	7,70	4,47	0,74	1,48	0,05	2,63	2,63	2,30	4,30	11,57	3,79
Juli	4,06	0,48	2,32	0,00	0,00	2,65	2,65	0,06	5,87	3,71	2,18
Agustus	2,65	2,10	1,82	0,00	0,00	1,61	1,61	0,19	0,32	2,65	1,29
September	4,03	6,63	3,03	0,67	0,02	2,23	2,23	0,03	0,00	0,67	1,95
Oktober	9,90	3,84	5,19	4,32	0,14	4,26	4,26	0,00	1,45	3,19	3,66
November	9,47	11,63	8,01	9,03	0,29	6,80	6,80	9,33	6,47	4,87	7,27
Desember	11,52	5,58	12,26	8,03	0,25	8,65	8,65	6,74	6,23	7,81	7,57

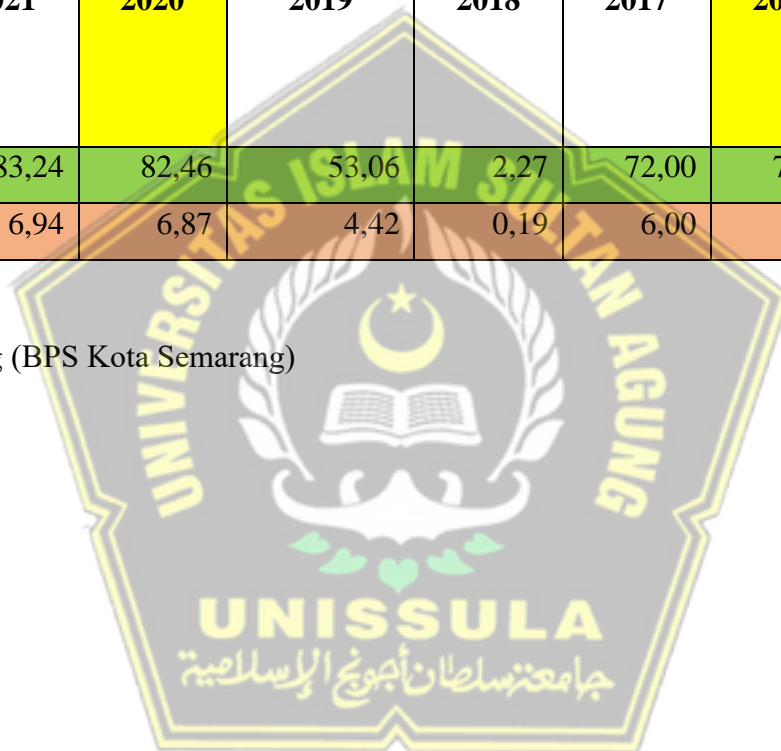


Bulan	Curah Hujan Harian Rata - Rata kota Semarang (mm)										Data curah hujan bulanan rata rata
	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	
Total	87,93	83,24	82,46	53,06	2,27	72,00	71,63	57,50	75,25	86,49	67,18
Rata - Rata	7,33	6,94	6,87	4,42	0,19	6,00	5,97	4,79	6,27	7,21	5,60

(Analisa Penulis)

Data curah hujan Kota Semarang (BPS Kota Semarang)

= Tahun Kabisat



✚ Perhitungan Tr

Pada perhitungan ini untuk pengulangan menggunakan kala ulang 10 tahun

$$\begin{aligned}10^{\text{th}} &= 67,18 \text{ mm/th} \\ &= 0,1841 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

✚ Perhitungan Tc

$$\begin{aligned}L &= 0,245 \text{ km} \\ &= 245 \text{ m} \\ S &= 0,5 \%\end{aligned}$$

Maka waktu konsentrasi

$$t_c = \left( \frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \left( \frac{0,87 \cdot 0,245^2}{1000 \cdot 0,5} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 0,02 \text{ jam (72 detik)}$$

✚ Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Menggunakan siklus berulang selama 10 tahun (2012 – 2022), nilai curah hujan selama 24 jam  $R_{24}$  adalah 74,49 mm/bulan (0,204 mm/ hari)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I = \frac{0,1841}{24} \left( \frac{24}{0,02} \right)^{2/3}$$

$$I = 0,964 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.8 Intensitas Hujan yang digunakan

No	Keterangan	mm/hari	mm/jam
1	Hujan Ringan	10	0.42
2	Hujan Normal	25	2.00
3	Hujan Lebat	80	3.33
4	Hujan Sangat Lebat	125	5.21
5	Hujan Ekstrim	200	8.33
6	Hujan Rill	20.78	0.87

(BMKG)

Tabel 4.9 Koefisien Limpasan

No	Topografi (Ct)	C	Ct	Koefisien Limpasan (C) = Ct + Cs + Cv
1	Datar (<1%)	0,03	0,03	
2	Bergelombang (1 – 10%)	0,08		
3	Perbukitan (10 – 20%)	0,16		
4	Pegunungan (>20%)	0,26		
No	Tanah (Cs)	C	Cs	
1	Pasir dan kerikil	0,04	0,16	
2	Lempung berpasir	0,08		
3	Lempung dan lanau	0,16		
4	Lapisan batu	0,26		
No	Vegetasi (Cv)	C	Cv	
1	Hutan	0,04	0,28	
2	Pertanian	0,11		
3	Rerumputan	0,21		
4	Tanpa tanaman	0,28		

(Hassing)

$$\begin{aligned} C &= C_t + C_s + C_v \\ C &= 0,03 + 0,16 + 0,28 \\ &= 0,47 \text{ mm} \end{aligned}$$

✚ Debit Limpasan

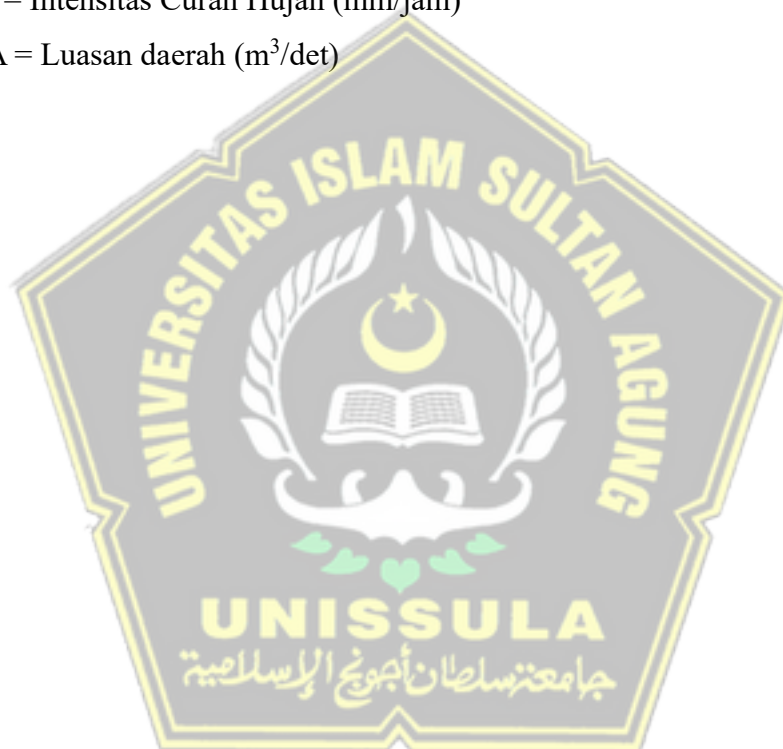
$$Q_r = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana:

C = Koefisien Limpasan

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A = Luasan daerah (m<sup>3</sup>/det)

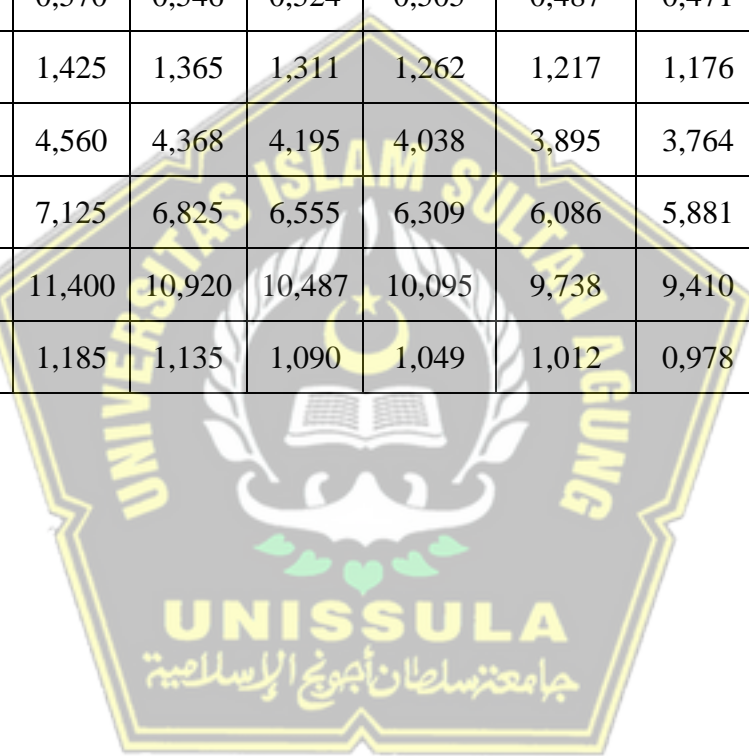


Tabel 4.10 Perhitungan Curah Hujan dalam jam

	Lama Hujan (jam)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hujan kecil	3.467	2.184	1.667	1.376	1.186	1.050	0.947	0.867	0.801	0.747	0.701	0.661
Hujan Sedang	8.667	5.460	4.167	3.440	2.964	2.625	2.368	2.167	2.003	1.867	1.752	1.654
Deras	27.734	17.472	13.333	11.006	9.485	8.399	7.579	6.934	6.410	5.975	5.607	5.291
Sangat deras	43.335	27.299	20.833	17.198	14.820	13.124	11.842	10.834	10.016	9.336	8.761	8.268
yang sangat deras	69.336	43.679	33.333	27.516	23.713	20.999	18.948	17.334	16.025	14.938	14.018	13.228
Hujan Rill	7.206	4.539	3.464	2.860	2.464	2.182	1.969	1.801	1.665	1.552	1.457	1.375

	Lama Hujan (jam)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Hujan kecil	0,627	0,597	0,570	0,546	0,524	0,505	0,487	0,471	0,455	0,442	0,429	0,417
Hujan Sedang	1,568	1,492	1,425	1,365	1,311	1,262	1,217	1,176	1,139	1,104	1,072	1,042
Deras	5,016	4,775	4,560	4,368	4,195	4,038	3,895	3,764	3,644	3,532	3,429	3,333
Sangat deras	7,838	7,460	7,125	6,825	6,555	6,309	6,086	5,881	5,693	5,519	5,358	5,208
yang sangat deras	12,541	11,936	11,400	10,920	10,487	10,095	9,738	9,410	9,109	8,831	8,573	8,333
Hujan Rill	1,303	1,240	1,185	1,135	1,090	1,049	1,012	0,978	0,947	0,918	0,891	0,866

(Olahan Data Penulis)





Pada penjelasan ini akan dilakukan analisis curah hujan dengan intensitas rendah dan durasi Panjang.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 1 jam

periode hujan 1 jam							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	3,467	0,00028	0,000126832	0,126832
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	8,667	0,00028	0,000317081	0,317081
3	Deras	0,278	0,47	27,734	0,00028	0,001014659	1,014659
4	Sangat deras	0,278	0,47	43,335	0,00028	0,001585405	1,585405
5	yang sangat deras	0,278	0,47	69,336	0,00028	0,002536648	2,536648
6	yang sangat deras	0,278	0,47	7,206	0,00028	0,000263619	0,263619

(Olahan Data Penulis)

Dari tabel tersebut untuk curah hujan dengan intensitas hujan kecil memiliki berat sebesar 0,126832 Kg.

Tabel 4.12 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 5 jam

Periode Hujan 5 Jam							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	1,186	0,00028	4,338E-05	0,04338
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	2,964	0,00028	0,0001084	0,10844
3	Deras	0,278	0,47	9,485	0,00028	0,000347	0,34701
4	Sangat deras	0,278	0,47	14,820	0,00028	0,0005422	0,5422
5	yang sangat deras	0,278	0,47	23,713	0,00028	0,0008675	0,86752
6	yang sangat deras	0,278	0,47	2,464	0,00028	9,016E-05	0,09016

(Olahan Data Penulisan)

Dari table 4.12 didapat berat 0,04338 Kg dari hujan kecil dengan durasi 5 jam

Tabel 4.13 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 12 jam

Periode Hujan 12 Jam							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	0,661	0,00028	2,4E-05	0,024197813
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	1,654	0,00028	6E-05	0,060494531
3	Deras	0,278	0,47	5,291	0,00028	0,00019	0,1935825
4	Sangat deras	0,278	0,47	8,268	0,00028	0,0003	0,302472656
5	yang sangat deras	0,278	0,47	13,228	0,00028	0,00048	0,48395625
6	yang sangat deras	0,278	0,47	1,375	0,00028	5E-05	0,050294667

(Olahan Data Penulisan)

Tabel 4.13 menunjukkan hasil curah hujan kecil dengan periode hujan 12 jam sebesar 0,02419 Kg.

Tabel 4.14 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 24 jam

Periode Hujan 24 Jam							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	0,417	0,00028	1,52437E-05	0,015243667
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	1,042	0,00028	3,81092E-05	0,038109167
3	Deras	0,278	0,47	3,333	0,00028	0,000121949	0,121949333
4	Sangat deras	0,278	0,47	5,208	0,00028	0,000190546	0,190545833
5	yang sangat deras	0,278	0,47	8,333	0,00028	0,000304873	0,304873333
6	yang sangat deras	0,278	0,47	0,866	0,00028	3,16837E-05	0,031683655

(Olahan Data Penulisan)

Dari tabel 4.14 diketahui untuk curah hujan 24 jam dengan intensitas hujan kecil didapatkan berat sebesar 0,01524 Kg.

Analisis curah hujan dengan intensitas hujan deras dan durasi pendek. Dalm hal ini dilihat dalam menit.

Tabel 4.15 Perhitungan curah hujan dalam menit

	Lama Hujan/Menit					
	5	10	15	30	45	60
Hujan kecil	18,075	11,432	8,736	5,503	4,200	3,467
Hujan Sedang	45,187	28,580	21,840	13,758	10,499	8,667
Deras	144,599	91,455	69,886	44,026	33,598	27,734
Sangat deras	225,937	142,899	109,198	68,790	52,497	43,335
yang sangat deras	361,499	228,638	174,716	110,064	83,995	69,336
Hujan Rill	37,568	23,761	18,157	11,438	8,729	7,206

(Olahan Data Penulisan)

Tabel 4.16 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 5 menit

Periode Hujan 5 menit							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	18,075	0,00028	0,000661	0,661268
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	45,187	0,00028	0,001653	1,65317
3	Deras	0,278	0,47	144,599	0,00028	0,00529	5,290143
4	Sangat deras	0,278	0,47	225,937	0,00028	0,008266	8,265848
5	yang sangat deras	0,278	0,47	361,499	0,00028	0,013225	13,22536
6	yang sangat deras	0,278	0,47	37,568	0,00028	0,001374	1,374432

(Olahan Data Penulisan)

Dari tabel 4.16 didapat beban sebesar 13,22536 Kg dari intensitas hujan yang sangat deras dengan durasi 5 menit.

Tabel 4.17 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 15 menit

Periode Hujan 15 menit							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	8,736	0,00028	0,00032	0,319598
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	21,840	0,00028	0,000799	0,798994
3	Deras	0,278	0,47	69,886	0,00028	0,002557	2,556781
4	Sangat deras	0,278	0,47	109,198	0,00028	0,003995	3,994971
5	yang sangat deras	0,278	0,47	174,716	0,00028	0,006392	6,391953
6	yang sangat deras	0,278	0,47	18,157	0,00028	0,000664	0,664277

(Olahan Data Penulisan)

Dari tabel 4.17 dapat dilihat pada intensitas hujan yang sangat deras didapat beban sebesar 6,391953 Kg dengan durasi hujan selama 15 menit.

Tabel 4.18 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 30 menit

Periode Hujan 30 menit							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	5,503	0,00028	0,000201	0,201334
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	13,758	0,00028	0,000503	0,503335
3	Deras	0,278	0,47	44,026	0,00028	0,001611	1,610671
4	Sangat deras	0,278	0,47	68,790	0,00028	0,002517	2,516674
5	yang sangat deras	0,278	0,47	110,064	0,00028	0,004027	4,026678
6	yang sangat deras	0,278	0,47	11,438	0,00028	0,000418	0,418468

(Olahan Data Penulisan)

Dari tabel 4.18 pada hujan yang sangat deras didapat beban sebesar 4,026678 Kg dengan durasi hujan selama 30 menit.

Tabel 4.19 Hasil perhitungan curah hujan periode hujan 60 menit

Periode Hujan 60 menit							
No	Keterangan	Konversi	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /det)	berat (kg)
1	Hujan kecil	0,278	0,47	3,467	0,00028	0,000127	0,126832
2	Hujan Sedang	0,278	0,47	8,667	0,00028	0,000317	0,317081
3	Deras	0,278	0,47	27,734	0,00028	0,001015	1,014659
4	Sangat deras	0,278	0,47	43,335	0,00028	0,001585	1,585405
5	yang sangat deras	0,278	0,47	69,336	0,00028	0,002537	2,536648
6	yang sangat deras	0,278	0,47	7,206	0,00028	0,000264	0,263619

(Olahan Data Penulisan)

Dari tabel 4.19 dapat diketahui pada durasi hujan selama 60 menit dengan intensitas hujan yang sangat deras didapat beban sebesar 2,536648 Kg.

Dari analisis curah hujan yang telah dilakukan maka digunakan data sebagai berikut:

- Pada kondisi hujan intensitas besar durasi pendek digunakan hitungan selama 5 menit dengan beban 13,22536 Kg
- Pada kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang digunakan durasi selama 24 jam dengan beban 0,01524 Kg.

#### 4.4 Analisis Dinding Penahan Tanah dengan Program Plaxis

Pada analisis ini akan dilakukan analisis perencanaan dinding penahan tanah dengan kondisi infiltrasi dan kondisi kekuatan, yaitu dimana kondisi air hujan sebagi tambahan beban merata.

##### 4.4.1 Analisis DPT Infiltrasi 1

Analisis ini dilakukan pada dinding penahan tanah sebelum diberikannya kekuatan, tujuannya untuk mengetahui nilai Safety Factor pada dinding tersebut. Parameter yang digunakan dalam analisis kondisi hujan intensitas

besar durasi pendek dipakai data pada tabel 4.16 dengan kondisi hujan yang sangat deras dengan durasi 5 menit.

Berikut adalah nilai safety factor hasil analisis menggunakan plaxis berikut.

Name	Value
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps store	1
Use compression for result	<input type="checkbox"/>
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of itera	6
Desired max number of iter	15
Arc-length control type	On
Use subspace accelerator	<input type="checkbox"/>
Subspace size	3
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	0.000 day
CSP - Relative stiffness	0.02303E-3
ForceX - Reached total forc	0.000 kN/m
ForceY - Reached total forc	0.000 kN/m
Pmax - Reached max pp	555.4 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	0.8756

Gambar 4.4 Nilai Safety Factor infiltrasi 1

(Analisis Penulis)

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, nilai safety factor pada dinding penahan tanah kondisi infiltrasi hujan intensitas besar dengan durasi pendek didapat nilai safety factor sebesar 0,8756



Maka pada kondisi ini dinidng penahan tanah tidak aman karena  $SF \leq 1,5$  yaitu sebesar 0,8756.

#### 4.4.2 Analisis DPT Infiltrasi 2

Pada analisis kondisi infiltrasi dengan kondisi hujan intensitas kecil dan durasi pendek digunakan perhitungan curah hujan pada tabel 4.14 dengan Panjang durasi 24 jam dan didapat berat sebesar 0,01524 Kg.

Berikut adalah hasil safety factor pada kondisi intensitas kecil durasi pendek



Name	Value
Ignore section	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps store	1
Use compression for result	<input type="checkbox"/>
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of itera	6
Desired max number of iter	15
Arc-length control type	On
Use subspace accelerator	<input checked="" type="checkbox"/>
Subspace size	3
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	0.000 day
CSP - Relative stiffness	0.04747E-3
ForceX - Reached total forc	0.000 kN/m
ForceY - Reached total forc	0.000 kN/m
Pmax - Reached max pp	562.9 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	0.8277

Gambar 4.5 Nilai Safety Factor infiltrasi 2  
(Analisis Penulis)

Dari hasil analisis pada kondisi infiltrasi 2 maka didapat nilai safety factor sebesar 0,8277.

Maka pada kondisi ini dinidng penahan tanah tidak aman karena  $SF \leq 1,5$  yaitu sebesar 0,8277.

#### 4.4.3 Analisis DPT Infiltrasi 3

Pada analisis infiltrasi ini digunakan curah hujan dengan kondisi sangat deras dengan beban 13,225 Kg. Selain itu kohesi tanah digunakan  $c = 0$ .

Berikut adalah hasil safety factor pada kondisi infiltrasi 3 yaitu dimana suction  $C=0$



Name	Value
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps store	1
Use compression for result	<input type="checkbox"/>
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of itera	6
Desired max number of iter	15
Arc-length control type	On
Use subspace accelerator	<input type="checkbox"/>
Subspace size	3
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	0.000 day
CSP - Relative stiffness	0.01571E-15
ForceX - Reached total forc	0.000 kN/m
ForceY - Reached total forc	0.000 kN/m
Pmax - Reached max pp	5795 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	0.4145

Gambar 4.6 Nilai Safety Factor infiltrasi 3  
(Analisis Penulis)

Pada kondisi infiltrasi 3, nilai SF didapat sebesar  $SF = 0,4145$ . Tanah mengalami keruntuhan pada saat pengurugan. Maka analisis ini dianggap gagal.

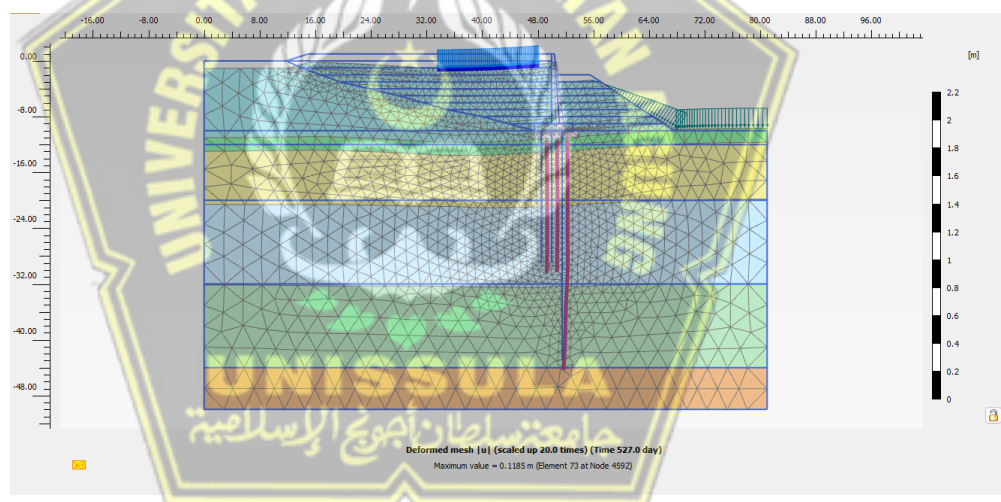
#### 4.4.4 Analisis DPT menggunakan Perkuatan Sheet Pile

Setelah dilakukan analisis dinding penahan tanah tanpa perkuatan dengan kondisi eksisting dan kondisi infiltrasi didapatkan nilai safety factor yang kurang dari 1,5 maka dilakukan analisis dengan memberikan perkuatan. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai safety factor dinding penahan tanah setelah diberikan perkuatan.

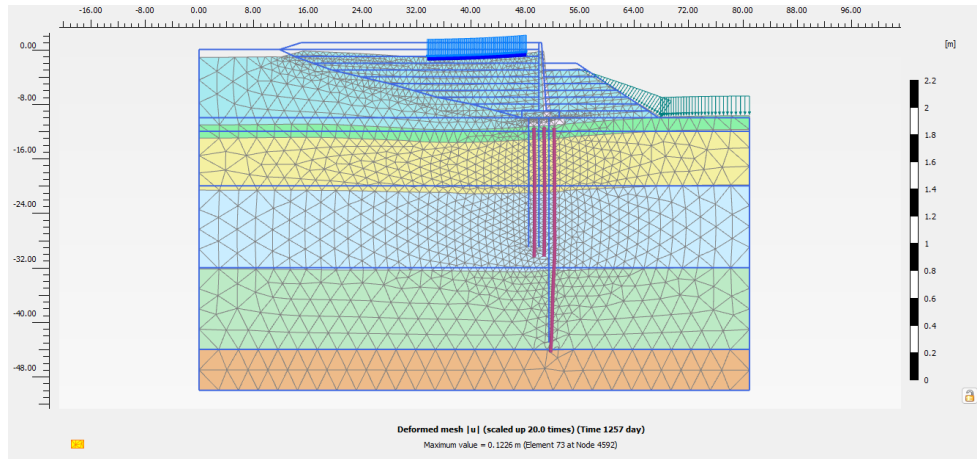
##### 4.4.4.1 Analisis Perkuatan 1

Pada analisis perkuatan 1 ini dilakukan analisis berupa kondisi hujan intensitas besar dengan durasi pendek dengan diberikan perkuatan berupa sheet pile.

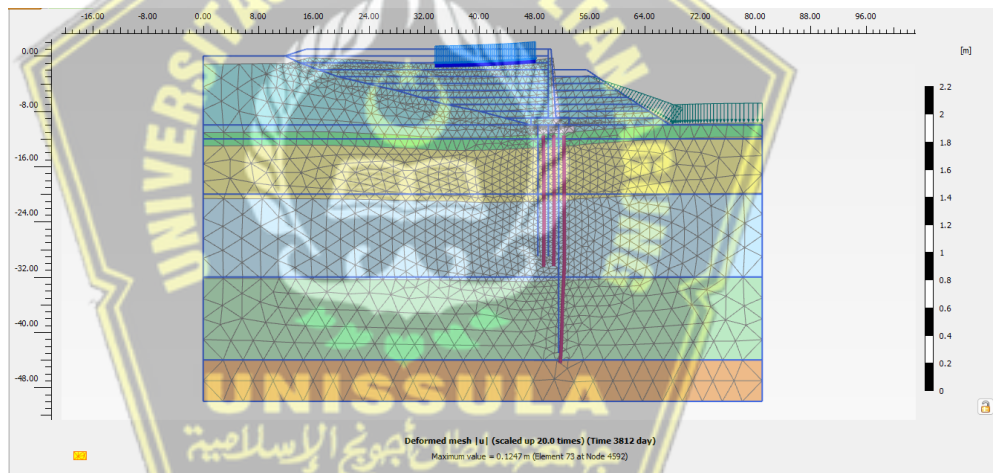
Berikut adalah hasil analisis menggunakan aplikasi plaxis.



Gambar 4.7 Konsolidasi selama 1 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)



Gambar 4.8 Konsolidasi selama 3 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)



Gambar 4.9 Konsolidasi selama 10 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)

Dari analisis yang telah dilakukan maka didapat nilai safety factor pada kondisi perkuatan 1 adalah sebagai berikut

Name	Value
Keset state variables	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteration	6
Desired max number of iteratio	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	499.0 day
CSP - Relative stiffness	2.671E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	160.1 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight prc	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.901

Gambar 4.10 Nilai Safety Factor 1 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)



Name	Value
Keset state variabies	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteratio	6
Desired max number of iteratio	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	1229 day
CSP - Relative stiffness	2.656E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	144.6 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight prc	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.901

Gambar 4.11 Nilai Safety Factor 3 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)

Name	Value
Keset state variables	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteratio	6
Desired max number of iteratio	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	3784 day
CSP - Relative stiffness	2.654E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	144.3 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight prc	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.901

Gambar 4.12 Nilai Safety Factor 10 tahun kondisi Perkuatan 1  
(Analisis Penulis)

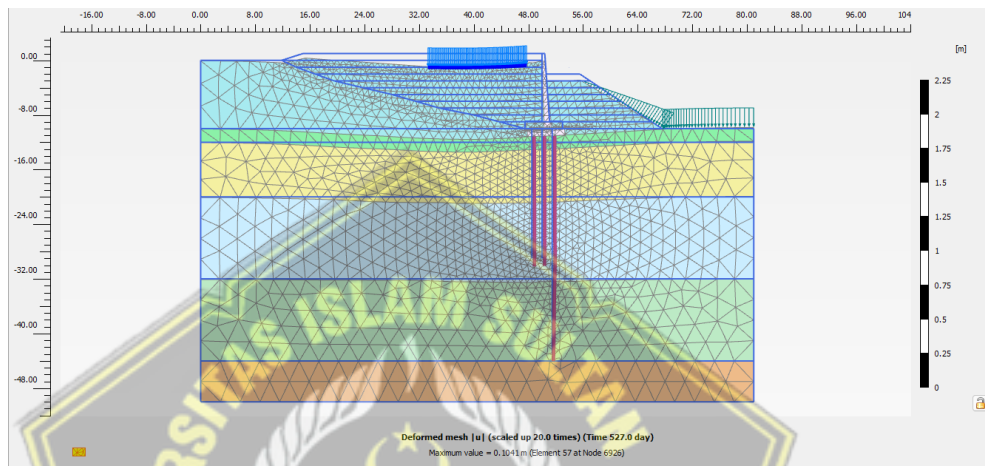
Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka didapat nilai safety factor sebesar 1,901 pada saat kondisi 1 tahun, 3 tahun dan 10 tahun.

Pada analisis ini dinding penahan tanah memiliki SF sebesar 1,901, maka desain Aman.

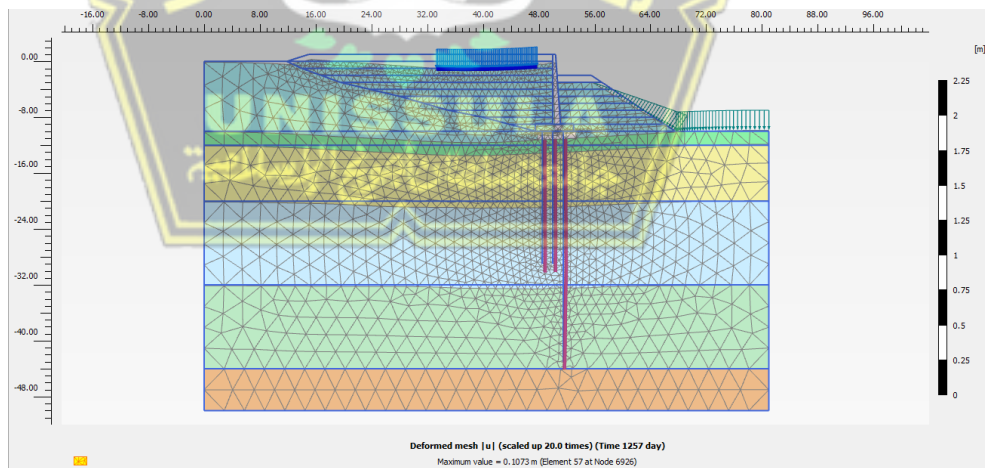
#### 4.4.4.2 Analisis Perkuatan 2

Pada analisis perkuatan 2 ini merupakan analisis pada kondisi infiltrasi hujan intensitas kecil dengan durasi Panjang. Pada analisis infiltrasi 2 didapat nilai SF sebesar 1 pada saat kondisi 1 tahun, maka dilakukan analisis dengan menggunakan perkuatan sheet pile.

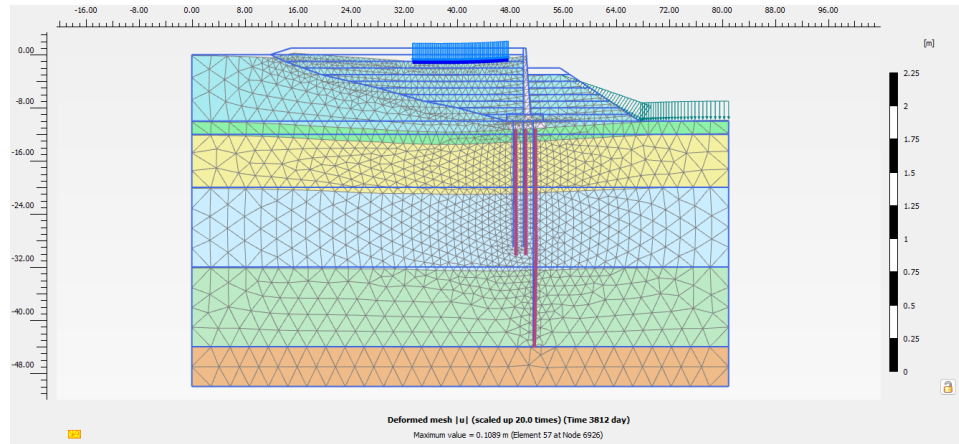
Berikut adalah hasil analisis perkuatan 2 menggunakan aplikasi plaxis.



Gambar 4.13 Konsolidasi selama 1 tahun kondisi Perkuatan 2  
(Analisis Penulis)



Gambar 4.14 Konsolidasi selama 3 tahun kondisi Perkuatan 2  
(Analisis Penulis)



Gambar 4.15 Konsolidasi selama 10 tahun kondisi Perkuatan 2  
(Analisis Penulis)

Berikut adalah hasil output nilai safety factor pada analisis perkuatan 2



Name	Value
reset state variables	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>[-] Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteratio	6
Desired max number of iteratio	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>[-] Reached values</b>	
Reached total time	499.0 day
CSP - Relative stiffness	2.515E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	164.1 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight pro	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.904

Gambar 4.16 Nilai Safety Factor 1 tahun kondisi Perkuatan 2  
(Analisis Penulis)

Name	Value
Reset state variables	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteratio	6
Desired max number of iteratio	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	1229 day
CSP - Relative stiffness	2.752E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	145.0 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight pro	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.901

Gambar 4.17 Nilai Safety Factor 3 tahun kondisi Perkuatan 2  
(Analisis Penulis)



Name	Value
Reset state variables	<input type="checkbox"/>
Updated mesh	<input type="checkbox"/>
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps stored	1
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of iteration	6
Desired max number of iteration	15
Arc-length control type	On
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	3784 day
CSP - Relative stiffness	2.745E-3
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	144.8 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase prop	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight prc	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1.901

Gambar 4.18 Nilai Safety Factor 10 tahun kondisi Perkuatan 2

(Analisis Penulis)

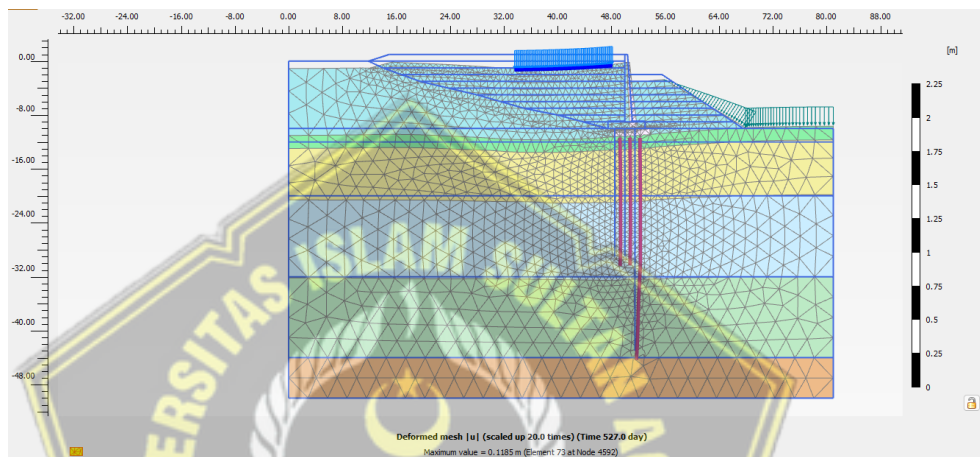
Dari hasil analisis maka didapat nilai safety factor sebesar 1,904 pada kondisi 1 tahun dan 1,901 pada kondisi 3 tahun dan 10 tahun.

Pada analisis perkuatan 2 ini dinding penahan tanah Aman dimana  $SF \geq 1,5$  yaitu  $1,904 \geq 1,5$ .

#### 4.4.3.3 Analisis Perkuatan 3

Pada analisis perkuatan 3 ini dilakukan analisis berupa kondisi infiltrasi dimana curah hujan yang diambil merupakan curah hujan dengan sangat deras dengan beban 13,255 Kg dan Kohesi  $C=0$ , dan dengan diberikan perkuatan berupa sheet pile.

Berikut hasil analisis menggunakan aplikasi plaxis pada perkuatan 3



Gambar 4.19 Konsolidasi perkuatan 3  
(Analisis Penulis)

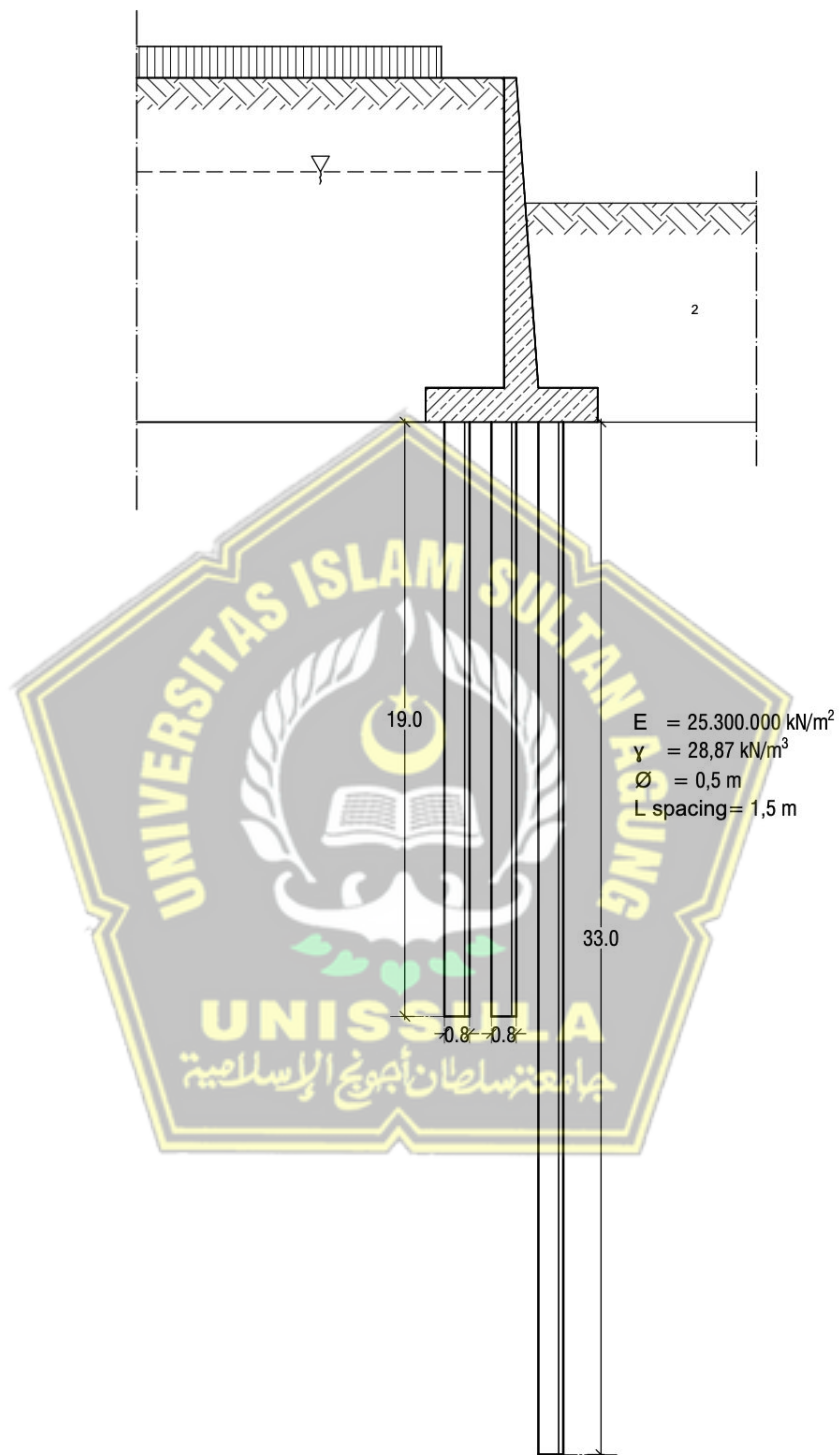
Berikut hasil output safety factor pada perkuatan 3

Name	Value
Ignore solution	<input checked="" type="checkbox"/>
Cavitation cut-off	<input type="checkbox"/>
Cavitation stress	100.0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Numerical control parameters</b>	
Max cores to use	256
Max number of steps store	1
Use compression for result	<input type="checkbox"/>
Use default iter parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
Max steps	100
Tolerated error	0.01000
Over-relaxation factor	1.200
Max number of iterations	60
Desired min number of itera	6
Desired max number of iter	15
Arc-length control type	On
Use subspace accelerator	<input type="checkbox"/>
Subspace size	3
Use line search	<input type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	
Reached total time	499.0 day
CSP - Relative stiffness	4.503E-3
ForceX - Reached total forc	0.000 kN/m
ForceY - Reached total forc	0.000 kN/m
Pmax - Reached max pp	169.4 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0.000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1.000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	1.651

Gambar 4.20 Nilai Safety Factor perkuatan 3  
(Analisis Penulis)

Pada analisis perkuatan 3 ini nilai Safety Factor yang didapat sebesar 1,651 maka pada perkuatan ini analisis tidak aman karena  $SF \leq 1,5$

Berikut gambar tampak samping dari pemasangan perkuatan sheet pile pada dinding penahan tanah



Gambar 4.21 Tampak Samping Pemasangan Sheet Pile pada Dinding Penahan Tanah  
(Permodelan Penulis)

#### 4.5 Analisi Dinding Penahan Tanah menggunakan GeoSloop/W

Pada analisis ini akan dilakukan pada dinding penahan tanah kondisi infiltrasi dengan diberikan perkuatan berupa *Ground Anchor*.

Pemilihan program Slope/w analysis berfungsi untuk analisis stabilitas lereng. Selain itu digunakan metode limit quilibrium, yang merupakan metode kesetimbangan batas yang umum digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk menganalisis kestabilan lereng. Fungsi utama dari kesetimbangan batas dalam analisis lereng adalah untuk menilai apakah suatu lereng stabil atau jika ada resiko kegagalan.

Dalam analisis ini digunakan *Ground Anchor* dengan spesifikasi Panjang 10m dan diameter 0,032m. dalam pemasangannya dilakukan dengan jarak 2m dan kemiringan 20°. Selain itu beban yang digunakan sebesar 15 kN yang diambil dari beban jalan kelas I pada SNI 8460 – 2017.

Data tanah yang digunakan ditulis dalam tabel berikut:

Tabel 4.20 Parameter Tanah

Lapisan	Kedalaman	Tanah	Konsistensi	NSPT (kN)	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	E' kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ (°)	C' kPa
	(m)								
1	0.0 - 10.0	clay	Soft	20	11,92	18,01	20000		23
2	10.0 - 12.0	clay	Firm	25	10,18	17,44	25000		18
3	12.0 - 20.0	clay	Stiff	28	9,75	17,56	28000		25
4	20.0 - 32.0	clay	Stiff	31	10,93	17,95	31000		24
5	32.0 - 34.0	clay	Very Stiff	34	10,76	17,56	34000		25
6	34.0 - 50.0	Gravel	Medium	55	12,08	17,84	55000	30,45	

(Analisis Penulis)

Tabel 4.21 Parameter Turap

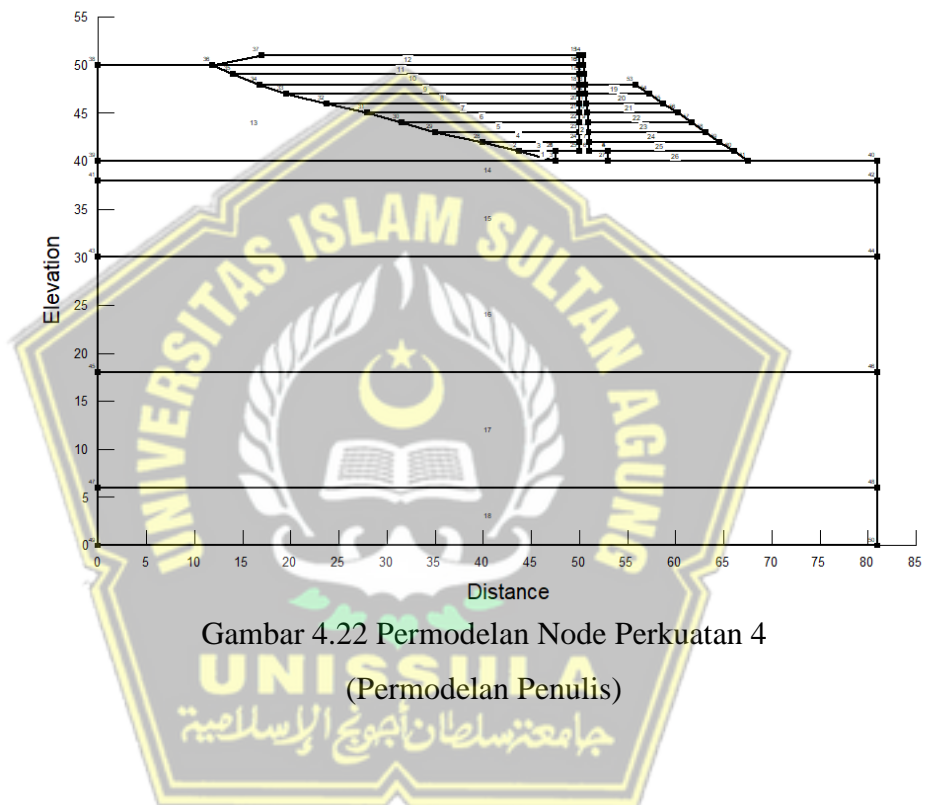
Nama	$\gamma_{sat}$	$\phi$	C'
	kN/m <sup>3</sup>	(°)	kPa
DPT	24,5	90	15000

(Permodelan Penulis)

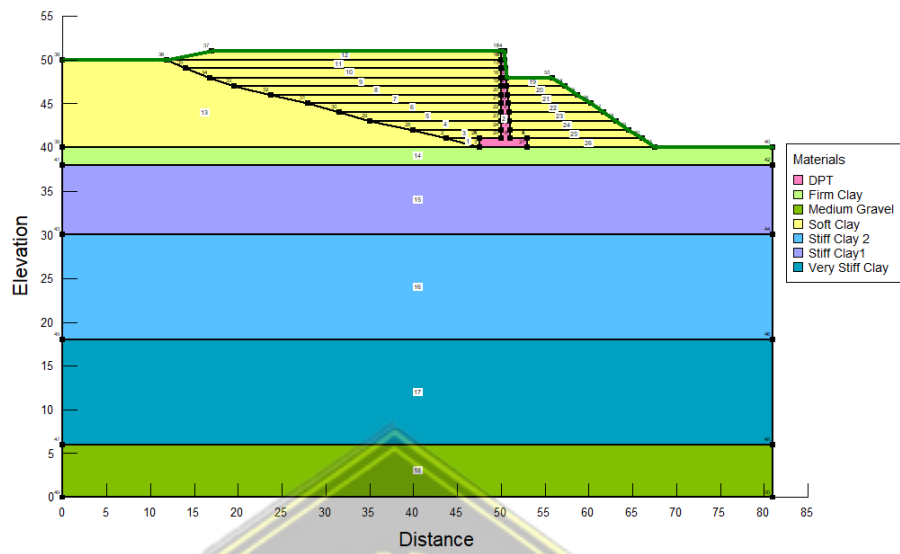
#### 4.5.1 Analisis Perkuatan 4

Pada analisis perkuatan 4 ini, analisis yang dilakukan merupakan tanah dengan kondisi infiltrasi dengan hujan deras dengan durasi pendek. Dengan beban yang curah hujan sebesar 13, 22536 Kg.

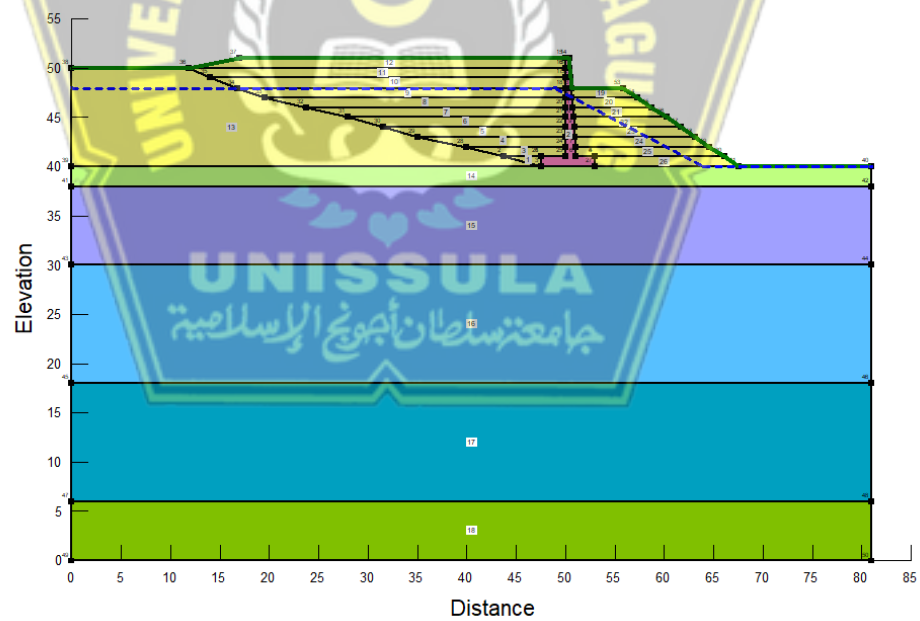
Berikut adalah permodelan dinding penahan tanah dalam kondisi infiltrasi 1 dan digunakan perkuatan dengan *Ground Anchor*.







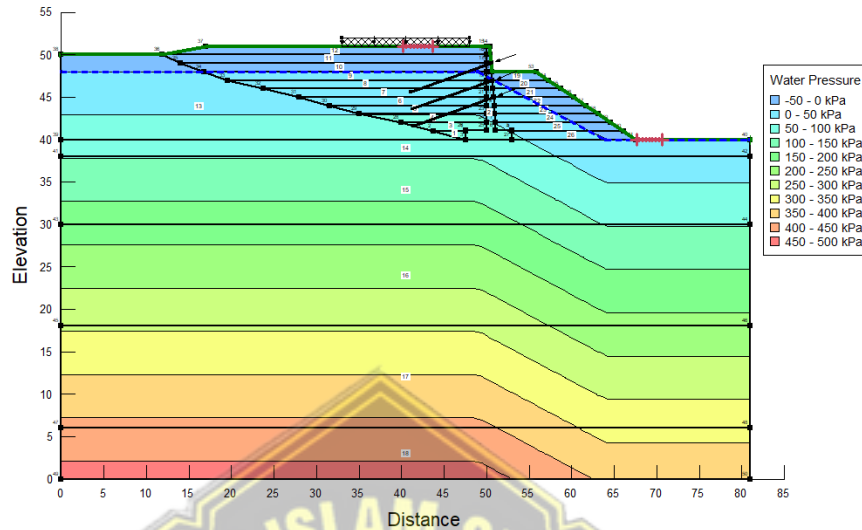
Gambar 4.23 Permodelan Lapisan Tanah Perkuatan 4  
(Permodelan Penulis)



Gambar 4.24 Ketinggian Muka Air Tanah Perkuatan 4  
(Permodelan Penulis)

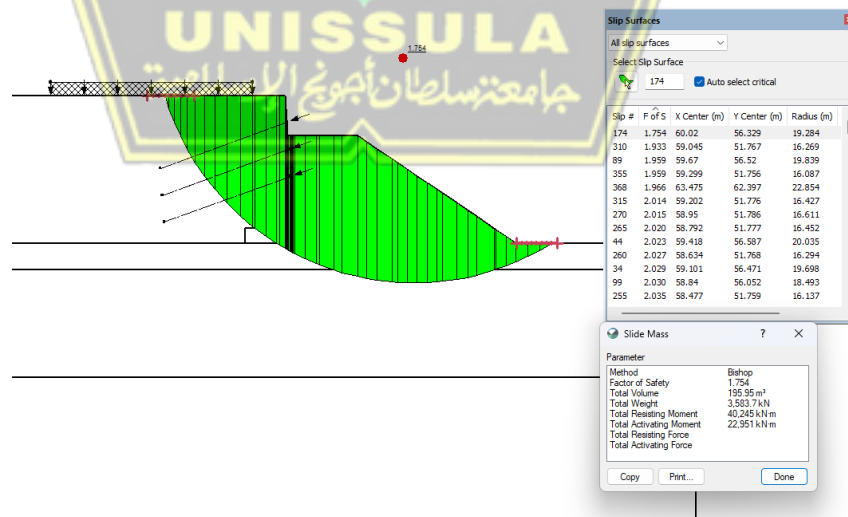
Berikut hasil dari analisis dari kondisi infiltrasi dengan perkuatan *Ground Anchor*. Dari hasil perhitungan menggunakan program software geostudio

2018R2 dengan ketinggian muka air tanah 2m, didapat nilai PWP dan FS lereng, berikut adalah nilai dari perhitungan tersebut:



Gambar 4.25 Pore – Water Pressure Perkuatan 4  
(Analisis Penulis)

Nilai PWP atau tekanan air pori berkisar antara 50 kPa hingga 500 kPa. PWP sangat berpengaruh pada Pembangunan konstruksi dan kestabilan tanah, hal ini disebabkan kekuatan geser sangat tergantung keberadaan air dalam tanah itu sendiri.



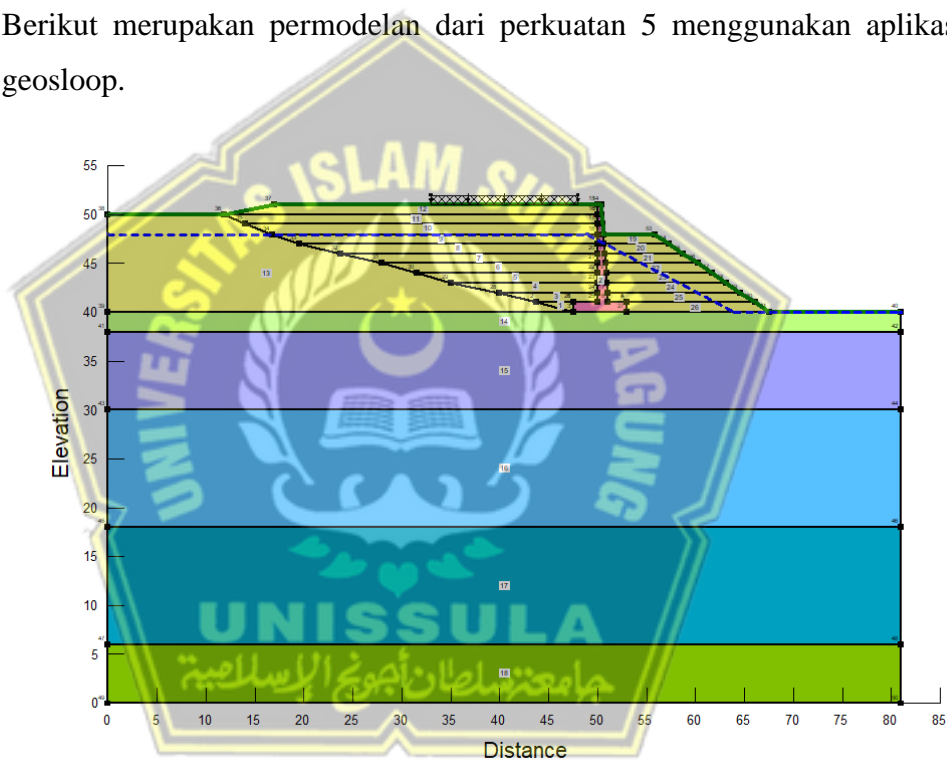
Gambar 4.26 Nilai Safety Factor pada perkuatan 4  
(Analisis Penulis)

Dari gambar diatas didapat nilai safety factor pada kondisi infiltrasi 1 dengan diberikan perkuatan *Ground Anchor* sebesar 1,754. Yang artinya permodelan dinding penahan tanah Aman karena  $SF \geq 1,5$ .

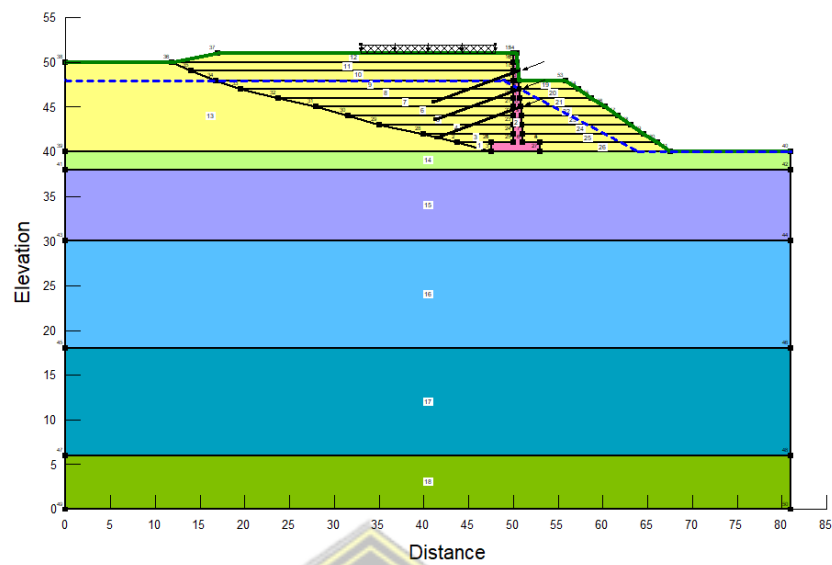
#### 4.5.2 Analisis Perkuatan 5

Pada analisis perkuatan 5 ini dilakukan permodelan berupa dinding penahan tanah yang terjadi infiltrasi dengan kondisi hujan dengan intensitas kecil durasi Panjang. Analisis ini digunakan data dengan surasi hujan selama 24 jam yaitu sebesar 0,01524 Kg.

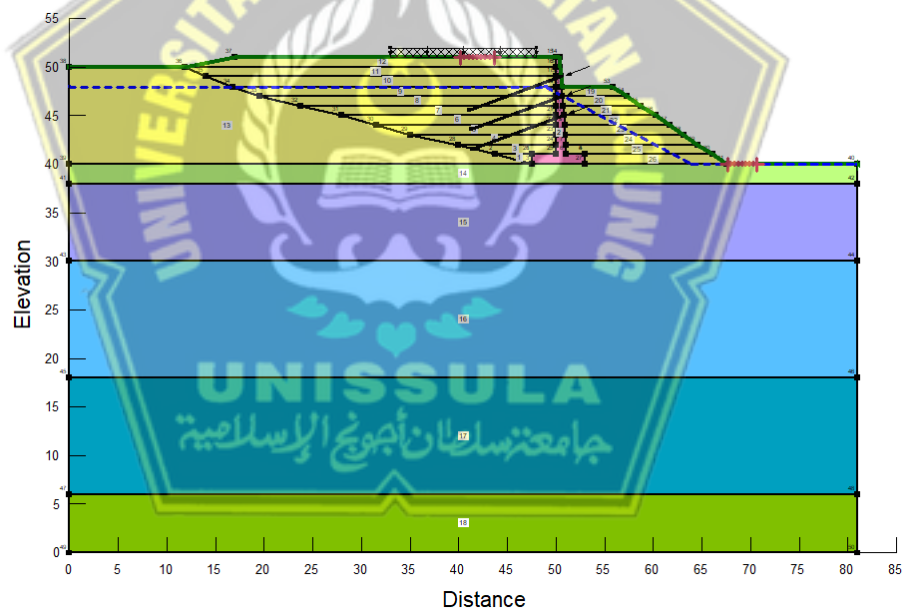
Berikut merupakan permodelan dari perkuatan 5 menggunakan aplikasi geosloop.



Gambar 4.27 Surchage Loads 15,01 kN Perkuatan 5  
(Permodelan Penulis)



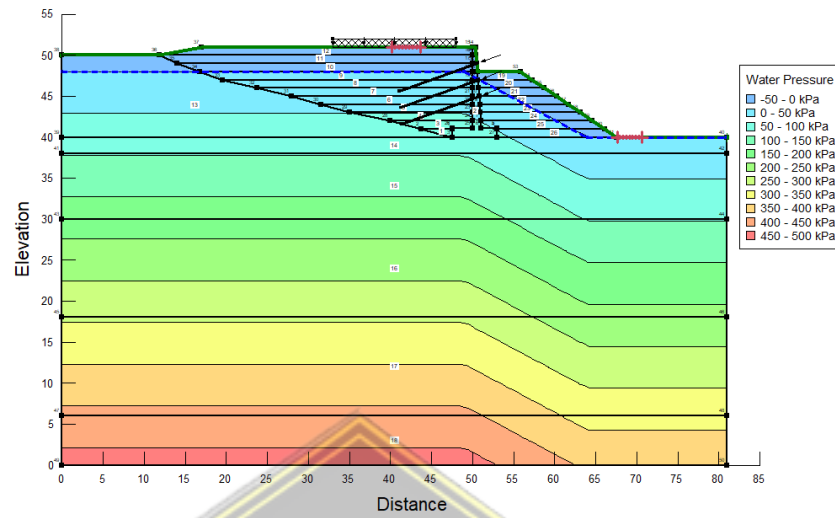
Gambar 4.28 Permodelan Reinforcement Loads Perkuatan 5  
(Permodelan Penulis)



Gambar 4.29 Permodelan Slip Surface Perkuatan 5  
(Permodelan Penulis)

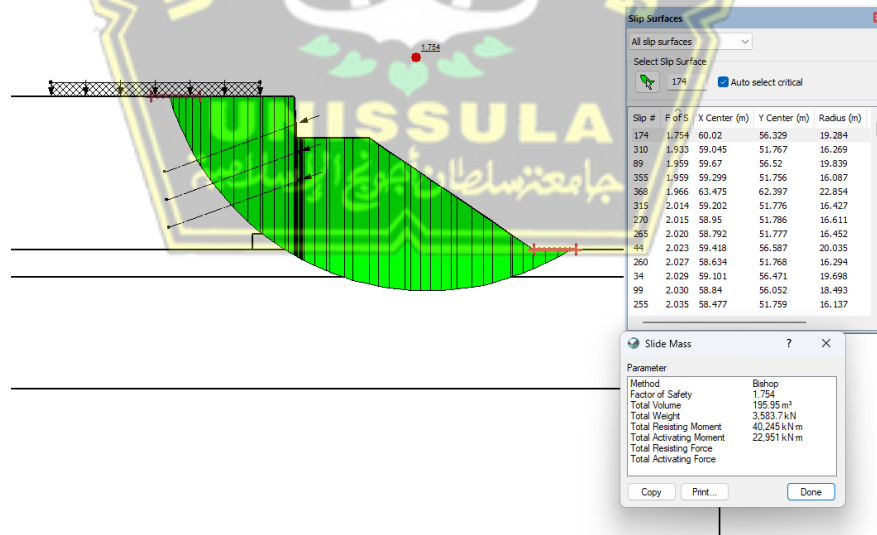
Slip surface adalah permukaan geser potensial di dalam lereng yang dianggap sebagai jalur di mana material tanah mungkin akan mengalami pergeseran atau kegagalan. Slip surface entry dan exit adalah lokasi masuk dan keluar slip surface pada batas lereng atau domain analisis.

Berikut adalah hasil dari permodelan perkuatan 5 menggunakan aplikasi geosloop.



Gambar 4.30 Pore - Water Pressure Perkuatan 5  
(Analisis Penulis)

Nilai PWP atau Tekanan Air pori berkisar antara -50 kpa hingga 500 kpa. PWP sangat berpengaruh pada pembangunan konstruksi dan kestabilan tanah, hal ini disebabkan kekuatan geser sangat tergantung keberadaan air dalam tanah itu sendiri.



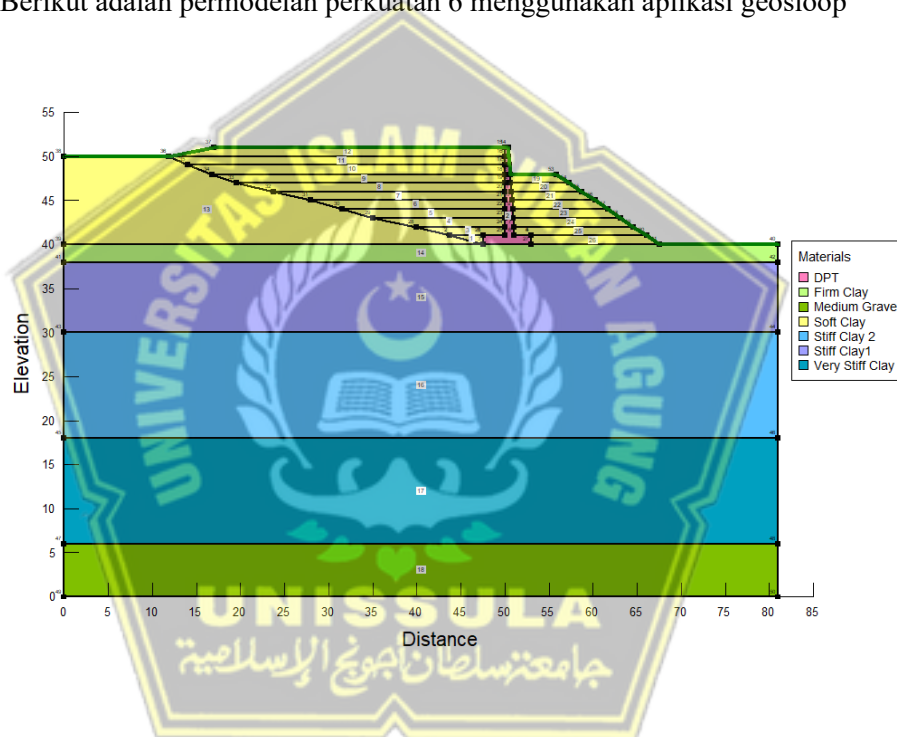
Gambar 4.31 Nilai Safety Factor Perkuatan 5  
(Analisis Penulis)

Dari analisis yang dilakukan, pada perkuatan 5 ini menghasilkan safety factor sebesar 1,754. Jadi analisis perkuatan 5 ini Aman karena  $SF \geq 1,5$ .

#### 4.5.3 Analisis Perkuatan 6

Analisis perkuatan ini merupakan analisis dengan kondisi infiltrasi dengan diberikan perkuatan berupa *Ground Anchor*. Infiltrasi yang digunakan adalah kondisi hujan dengan intensitas besar durasi pendek dengan beban sebesar 13, 22536 Kg.

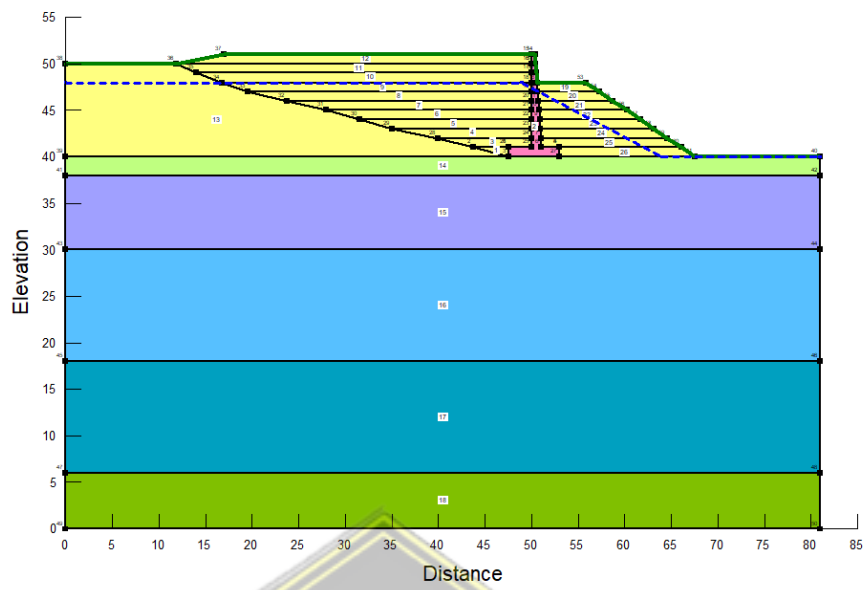
Berikut adalah permodelan perkuatan 6 menggunakan aplikasi geosloop



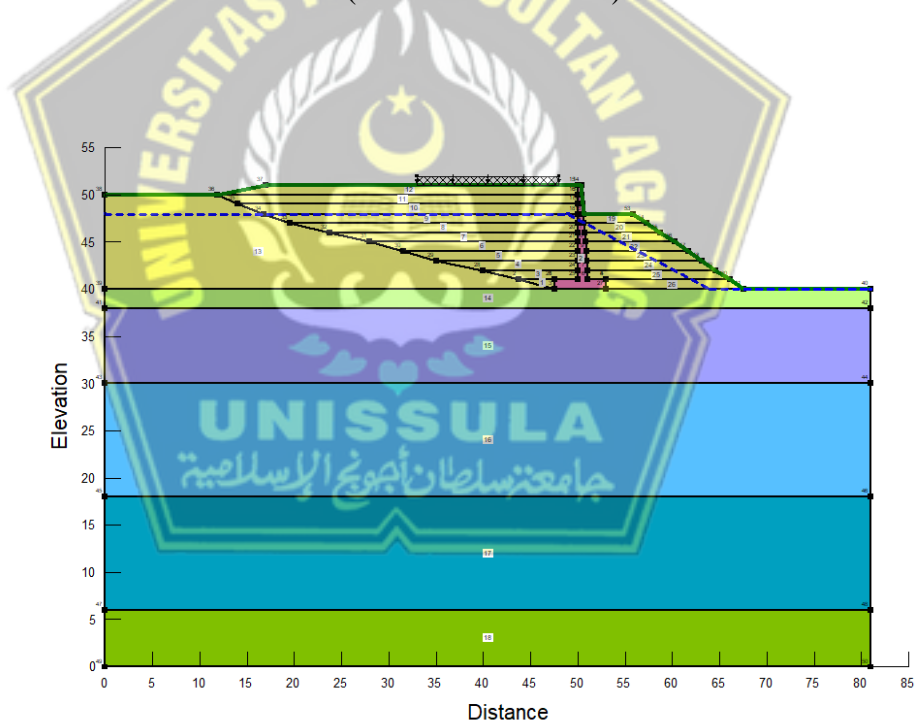
Gambar 4.32 Permodelan Lapis Tanah Perkuatan 6

(Permodelan Penulis)



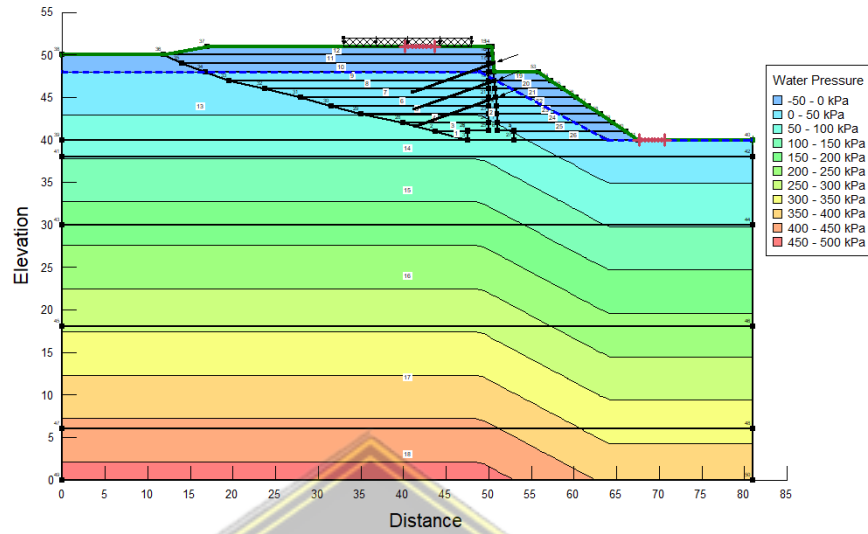


Gambar 4.33 Ketinggian Muka Air Tanah Perkuatan 6  
(Permodelan Penulis)

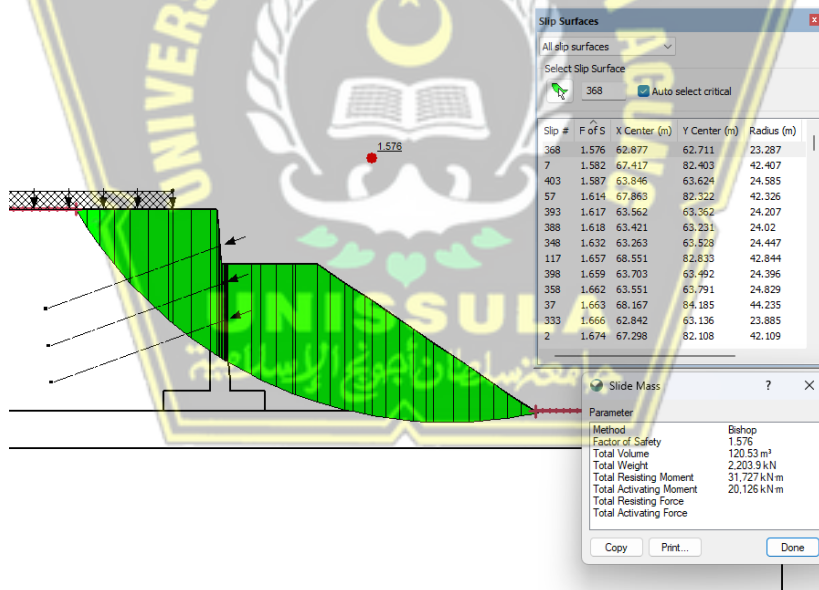


Gambar 4.34 Surcharge Loads Perkuatan 6  
(Permodelan Penulis)

Dari hasil analisis maka didapat hasil sebagai berikut



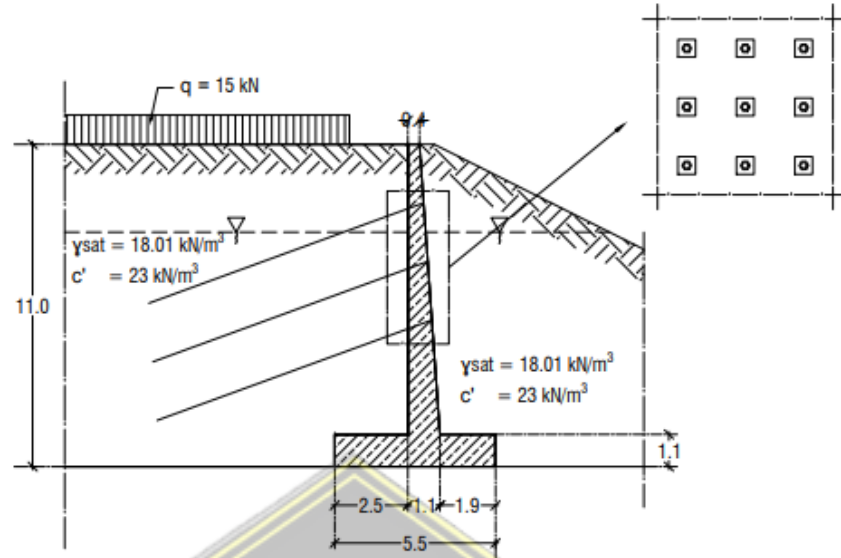
Gambar 4.35 Pore - Water Pressure Perkuatan 6  
(Analisis Penulis)



Gambar 4.36 Nilai Safety Factor Perkuatan 6  
(Analisis Penulis)

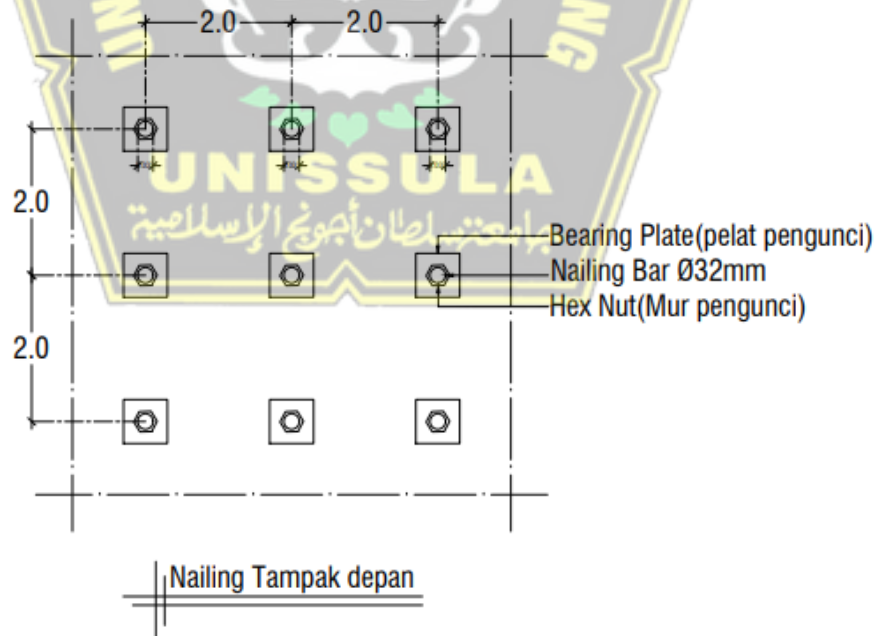
Pada analisis perkuatan 6 ini, dilakukan permodelan dinding penahan tanah dengan kondisi infiltrasi dengan intensitas hujan besar durasi pendek dan suction  $C=0$ . Dari hasil analisis nilai SF sebesar 1,576.

Berikut adalah tampak depan dari pemasangan *Ground Anchor*



Potongan Nailing Bar

Gambar 4.37 Potongan Pemasangan *Ground Anchor*  
(Permodelan Penulis)



Gambar 4.38 Tampak depan pemasangan *Ground Anchor*  
(Permodelan Penulis)

Berikut merupakan resume keseluruhan hasil analisis dinding penahan tanah pada kondisi eksisting, infiltrasi dan perkuatan.

Tabel 4.22 Resume Analisis Dinding penahan Tanah

No	Kode	Kondisi	SF	Keterangan
1	Eksisting	Analisis dengan kondisi normal	0,958	Longsor
2	Infiltrasi 1	Analisis dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek	0,8756	Longsor
3	Infiltrasi 2	Analisis dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang	0,8277	Longsor
4	Infiltrasi 3	Analisis dengan kondisi hujan suction $C = 0$	0,4145	Longsor
5	Perkuatan 1	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek menggunakan <i>Sheet Pile</i>	1,901	Aman
6	Perkuatan 2	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang menggunakan <i>Sheet Pile</i>	1,904	Aman
7	Perkuatan 3	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan suction $C = 0$ menggunakan <i>Sheet Pile</i>	1,651	Aman
8	Perkuatan 4	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek menggunakan <i>Ground Anchor</i>	1,754	Aman
9	Perkuatan 5	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang menggunakan <i>Ground Anchor</i>	1,754	Aman
10	Perkuatan 6	Analisis Perkuatan dengan kondisi hujan suction $C = 0$ menggunakan <i>Ground Anchor</i>	1,576	Aman

#### 4.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis terhadap dinding penahan tanah yang sudah dilakukan mulai dari kondisi eksisting, kemudian kondisi infiltrasi dengan kondisi hujan intensitas besar durasi pendek, hujan intensitas kecil durasi Panjang dan kondisi hujan suction  $C=0$  serta analisis yang diberikan perkuatan dengan sheet pile dan *Ground Anchor* maka didapat nilai SF.

Nilai SF pada kondisi eksisting didapat sebesar 0,958 pada stabilitas terhadap penggulingan, sehingga hal ini menyebabkan longsor pada lereng.

Pada kondisi infiltrasi 1 yaitu kondisi dimana hujan dengan intensitas besar durasi pendek didapat nilai SF sebesar 0,8756 dan pada kondisi infiltrasi 2 yaitu kondisi dimana hujan dengan intensitas kecil durasi Panjang didapat nilai SF sebesar 0,8277 sehingga lereng masih longsor. Namun pada kondisi infiltrasi 3 yaitu dimana kondisi hujan dengan suction  $C=0$  dinding penahan tanah mengalami kegagalan permodelan dengan nilai SF sebesar 0,4145 karena tidak adanya daya dukung dari tanah.

Meninjau dari analisis yang telah dilakukan maka diperlukan perkuatan pada dinding penahan tanah tersebut, pada penelitian ini dilakukan dengan dua perkuatan. Yaitu menggunakan perkuatan sheet pile dan *Ground Anchor*. Pada analisis perkuatan ada beberapa kondisi yaitu kondisi infiltrasi 1, infiltrasi 2 dan infiltrasi 3. Dari ketiga kondisi tersebut didapatkan Safety Factor perkuatan menggunakan sheet pile perkuatan 1 SF = 1,901; Perkuatan 2 SF = 1,904; Perkuatan 3 SF = 1,651. Kemudian pada perkuatan menggunakan *Ground Anchor* didapatkan nilai safety factor perkuatan 4 SF = 1,754; Perkuatan 5 SF = 1,754 dan Perkuatan 6 SF = 1,576.

Jadi pada analisis ini perkuatan menggunakan sheet pile lebih aman dibandingkan menggunakan *Ground Anchor*. Dimana nilai safety factor sheet pile lebih besar dari pada nilai safety factor *Ground Anchor*, yaitu 1,901.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan pada penelitian yang berjudul “Analisis Perbandingan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dengan Sheet Pile dan *Ground Anchor* (Studi Kasus : Jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang)” didapat kesimpulan:

1. Nilai safety factor pada dinding penahan tanah sebelum dilakukannya perkuatan sebesar  $SF = 0,958$ , dimana nilai tersebut lebih kecil dari 1,5 ( $0,862 \leq SF$ ) maka pada permodelan tersebut dinding penahan tanah tidak aman.
2. Hasil analisis yang dilakukan pada perkuatan menggunakan sheet pile yang dianalisis menggunakan program plaxis didapat nilai safety factor pada kondisi
  - Kondisi hujan intensitas besar durasi pendek  $SF = 1,901$  (Aman)
  - Kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang  $SF = 1,904$  (Aman)
  - Kondisi hujan suction  $C=0$   $SF = 1,651$  (Aman)
3. Hasil dari analisis perkuatan menggunakan *Ground Anchor* yang dianalisis menggunakan program geosloop didapat nilai safety factor pada kondisi
  - Kondisi hujan intensitas besar durasi pendek  $SF = 1,754$  (Aman)
  - Kondisi hujan intensitas kecil durasi Panjang  $SF = 1,754$  (Aman)
  - Kondisi hujan suction  $C=0$   $SF = 1,576$  (Aman)
4. Dari kedua analisis perkuatan yang telah dilakukan, maka pada penelitian dengan judul “Analisis Perbandingan Perkuatan Tanah dengan Sheet Pile dan *Ground Anchor* (Studi Kasus : Jalan Bukit Regency Gombel Golf Kota Semarang)” lebih baik menggunakan perkuatan berupa sheet pile. Karena pada perkuatan sheet pile nilai SF lebih besar dari pada *Ground Anchor*, yaitu  $SF = 1,901$ .



## 5.2 Saran

Dalam penyusunan penelitian ini penulis sudah berupaya secara maksimal, namun tidak dapat dipungkiri penelitian ini terdapat kekurangan. Hal tersebut tidak terlepas dari keterbatasan, diantaranya keterbatasan waktu, keterbatasan kemampuan dan keterbatasan tenaga. Maka penulisan berikan saran untuk para peneliti selanjutnya, diantaranya:

1. Perlu dilakukan perhitungan stabilitas lereng secara keseluruhan yang dipengaruhi oleh curah hujan
2. Dilakukan perhitungan untuk memeriksa jarak antar nail yang lebih rapat untuk mengetahui jarak nail yang lebih optimal
3. Penambahan alternatif perkuatan untuk meningkatkan nilai safety factor.



## DAFTAR PUSTAKA

- A, Tanjung & Y, Afrisa, 2016, Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penangga pada Tebing Sungai Lematang Kabupaten Lahat Sumatera Selatan, Politeknik Negeri Sriwijaya
- AASHTO.1993. Guide For Design Of Pavement Structures
- Abdurozzak, M. R & Hedyanto, R. 2018. Analisa Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Kantilever Dan Sheet Pile Pada Bantaran Sungai. Yogyakarta: DSapce Universitas Islam Indonesia
- Agustina, Rananta. Intan Mekar. 2021. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng Menggunakan Metode *Ground Anchor* di Perumahan BSB City Victoria Hills Semarang. Universitas Islam Sultan Agung
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang (BPS Kota Semarang). Data Curah Hujan Tahun 2012 – 2022.
- Bowles, JE. 1989. Sifat-sifat Fisika dan Geoteknis Tanah. Penerbit : Erlangga
- Chay, Ariesandi Alam. 2020. Analisis Stabilitas Tanah Lereng Dengan Metode *Ground Anchor* Menggunakan Plaxis Dan Geoslope. Universitas Islam Sultan Agung
- Fahlevi, F. 2019. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Sheet pile menggunakan Plaxis V.8 dan Metode Bishop (Studi Kasus : Pembangunan TPA Sipirok). Sumatera Utara: Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2006, Mekanika Tanah I, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Ichsan, Zahrul (2020). Rencana Sistem pemanenan Air Hujan Untuk Rumah Toko di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam. Banda Aceh. (Perhitungan Runoff (Qr))

- Maharani, K. F. 2022. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis Kantilever Serta Perkuatan Tanah Dengan Metode Ground Anchor Di Daerah Graha Candi Golf Residence Menggunakan Software Plaxis Dan Geostudio. Semarang: Tugas Besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Nurtanti EZ. 2019. Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang Dan Dinding Turap Baja Dengan Program Plaxis 8.6 Pada Sungai Pabelan. Yogyakarta : Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
- Rahmadini, Resti. Tasta Dara. 2022. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Plaxis V.8 dan Metode Fellenius (Studi Kasus: Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, Semarang, Jawa Tengah). Universitas Islam Sultan Agung
- Samawa, Adzicky, Hadi, M. Pramono. (2015). Estimasi Debit Puncak Berdasarkan Metode Penentuan Koefisien Limpasan Di Sub Das Kedung Gong, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*.  
[\(Tabel Metode Hassing\)](https://api.core.ac.uk/oai/oai:ojs.lib.geo.ugm.ac.id:article/244)
- Surya, Anjaya Putra Adi. (2020). Penelusuran banjir Pada Waduk Semantok Kabupaten Nganjuk Jawa Timur. *Skripsi*. Universitas Jember Jawa Timur. (Metode Rata rata aljabar)
- Terzagi, K . and Peck R.B. .1967. Soil mechanics in engineering practice, 2nd edition Jakarta Erlangga”
- Van Bemmelen, R. W. 1949. The Geology of Indonesia: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Government Printing Office, The Hague.