



**EVALUASI STABILITAS LERENG PADA KAWASAN RAWAN TANAH
LONGSOR REMBANGAN**

**(Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor,
Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember)**

TUGAS AKHIR

oleh :

Farma Agnes Diantara

NIM 141910301064

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**EVALUASI STABILITAS LERENG PADA KAWASAN RAWAN TANAH
LONGSOR REMBAGAN**

**(Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor,
Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember)**

PROPOSAL SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas seminar dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh :

Farma Agnes Diantara

NIM. 141910301064

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karuniaNya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
2. Kedua orang tua tercintaku Ibu Solekah dan Bapak Agus Spurayitno, serta adek saya Gading yang saya sayangi serta saudara-saudara juga ponakan yang cakep seperti omnya ini ,yang selalu mendoakan, menghibur ,memberikan dukungan dan pengorbanan yang tak terhingga juga senantiasa memberi motivasi dan semangat.
3. Pak Januar Ferry Irawan S.T.,M.Eng, Pak Lutfi Amri Wicaksono S.T., M.T., Pak M. Farid Ma'ruf, S.T., Ph.D, Pak Syamsul Arifin S.T.,M.T. dan Pak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T, terimakasih telah membimbing dengan sabar dan memberikan masukan untuk penyusunan skripsi ini.
4. Bapak maupun Ibu Dosen dan Teknisi Laboraturium Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Guru-guruku yang telah berjasa membimbing dan memberi banyak ilmu sejak TK hingga SMA.
6. Almamater Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, tempatku menuntut ilmu.
7. Oriza Nanda Pertiwi yang selalu memberi motivasi dan menemani saya dalam pengerjaan penelitian ini.
8. Tim Geotek (Diah Ayu P., M. Ari Ridwansyah, Mas Alex, Celia N. C, Ilham, Wisnu Sadewa, dan Fajaar Hardianto) yang senantiasa bekerjasama dengan baik mengerjakan skripsi ini hingga selesai.
9. Sahabat-sahabatku Taqiudin Haq, Reza Kurniawan, M Ari Ridwansyah, dan banyak lagi yang belum saya sebut ,yang selalu mendoakan, memberikan semangat serta motivasi.
10. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil 2014 yang selalu memberikan semangat dan kemudahan selama penyusunan penelitian ini.

MOTTO

"...Tidak Semua Orang Baik itu Beragama, Semua Orang Beragama itu Baik..."

"...Maka Jadilah Orang Baik yang Agama..."

"Try Not to Become a Man of Success, but Rather Try Become a Man Of Value"

(ALBERT EINSTEIN)

*"The Highest Possible Stage in Moral Cultrure is When We Recognize That We
Ought to Control Our Thought "*

(Charles Darwin)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farma Agnes Diantara

NIM : 141910301064

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” Evaluasi Stabilitas Lereng pada Daerah Rawan Longsor Rembangan ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan/sitasi yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Januari 2019

Yang menyatakan

Farma Agnes Diantara

NIM. 141910301064

SKRIPSI

**EVALUASI STABILITAS LERENG PADA KAWASAN RAWAN TANAH
LONGSOR REMBANGAN**

**(Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor,
Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember)**

oleh

Farma Agnes Diantara

NIM. 141910301064

Pembimbing,

Dosen Pembimbing I : Januar Ferry Irawan S.T., M.Eng

Dosen Pembimbing II : Lutfhi Amri Wicaksono S.T,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "Evaluasi Stabilitas Lereng pada Kawasan Rawan Longsor Rembangan (Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember), Farma Agnes Diantara, 141910301064)" telah di uji dan di sahkan pada :

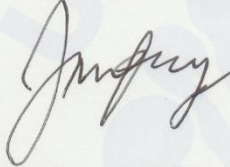
Hari : Selasa

Tanggal : 15 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

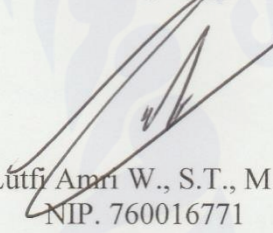
Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Irawan Ferry Irawan S.T.,M.Eng
NIP. 19760111 200012 1 002

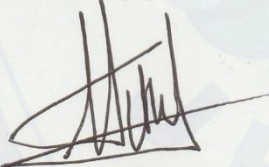
Pembimbing Anggota



Lutfi Aman W., S.T., M.T.
NIP. 760016771


Tim Penguji:

Penguji 1,



Syamsul Arifin S.T., M.T.
NIP. 19690709 199802 1 001

Penguji 2,



Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.
NIP. 760016798

Mengesahkan,

Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

Evaluasi Stabilitas Lereng pada Kawasan Rawan Longsor Rembangan (Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember) : Farma Agnes Diantara, 141910301064) ; 2018: 84 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tanah longsor dapat didefinisikan sebagai masa tanah atau campuran material pasir, kerikil, lempung, dan sebagainya yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena gaya gravitasi. (Ibarg, et al, 2008). Bencana tanah longsor sering terjadi pada daerah pegunungan. Rembangan merupakan daerah pgunan di Jember. Hampir setiap datang musim hujan, longsor selalu terjadi pada kawasan ini.

Tanah Longsor akibat hujan deras juga dapat terkait dengan formasi dari medan aliran tak jenuh yang stabil, dan tekanan dari curah hujan menghasilkan respon yang relatif cepat dari tekanan di dalam tanah. (Tecca dkk, 2013). Hujan deras yang terus terjadi pada tanah dapat mengakibatkan *Debris Flow*. Debris flow terjadi saat timbunan sedimen yang tidak terdistribusi dengan baik, rawan dan jenuh yang akhirnya longsor akibat daya tarik gravitasi Bumi. (Cui dkk, 2014)

Untuk memperbaiki stabilitas lereng yang rawan longsor tersebut dapat dilakukan dengan penambahan struktur bantu. Struktur bantu ini yang akan meningkatkan stabilitas lereng tersebut dan meningkatkan nilai keamanan lereng tersebut. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng, salah satunya adalah *soil nailing*. *soil nailing* adalah sebuah metode yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng dengan menanamkan *bar* dibungkus beton ke dalam lereng dengan fungsi menahan pergerakan tanah.

Pada kasus ini *bar* yang digunakan adalah bar dengan F_y 420 berdiameter 43 mm, memiliki panjang 15 meter dan *Bar* ditanam ke dalam lereng dengan sudut 15° . Dengan perhitungan manual menggunakan metode *Wedge* dan permodelan menggunakan software OPTUM G2. *Bar* ditanam dengan jumlah 20 buah dan 15 buah dengan vertikal 1 meter dan horizontal 1 meter, sedangkan bar dengan jumlah 10 buah ditanam dengan jarak vertikal 2 meter dan jarak horizontal 2 meter.

Mekanisme penelitian ini dimulai dengan Pengambilan sampel pada eksisting, pengujian di laboratorium, permodelan pada OPTUM G2 untuk lereng alami,

perhitungan perencanaan *soil nailing* dengan metode *wadge*, permodelan setelah perbaikan menggunakan OPTUM G2, dan analisis dari hasil permodelan dan perhitungan manual.

Dari hasil permodelan dan perhitungan didapatkan hasil Hasil nilai SF pada lereng dengan perkuatan soil nailing untuk analisis perkuatan lereng menggunakan metode baji(wadge) dengan ketinggian 20 meter dan jarak nail 2 meter menghasilkan nilai SF $1,552 > 1,5$. Untuk analisis perkuatan lereng menggunakan program OPTUM G2 menghasilkan nilai SF dengan ketinggian pemasangan 20 meter dan jarak 2 meter sebesar $1,578 > 1,5$. Sedangkan dengan menggunakan panjang 15 meter dan jarak antar nail 1 meter, nilai SF menggunakan metode baji sebesar $2,016 > 1,5$ (aman) dan menggunakan program OPTUM G2 didapatkan nilai SF sebesar $2,066 > 1,5$ (aman).

SUMMARY

Landslides can be defined as the period of the soil or a mixture of sand, gravel, loam, etc. that moves along the slope or out of the slope due to gravitational forces. (Laberg et al., 2008). Landslides often occur in mountainous areas. Rembangan is a Pengunan area in Jember. Almost every rainy season happens, there are always landslides in this area.

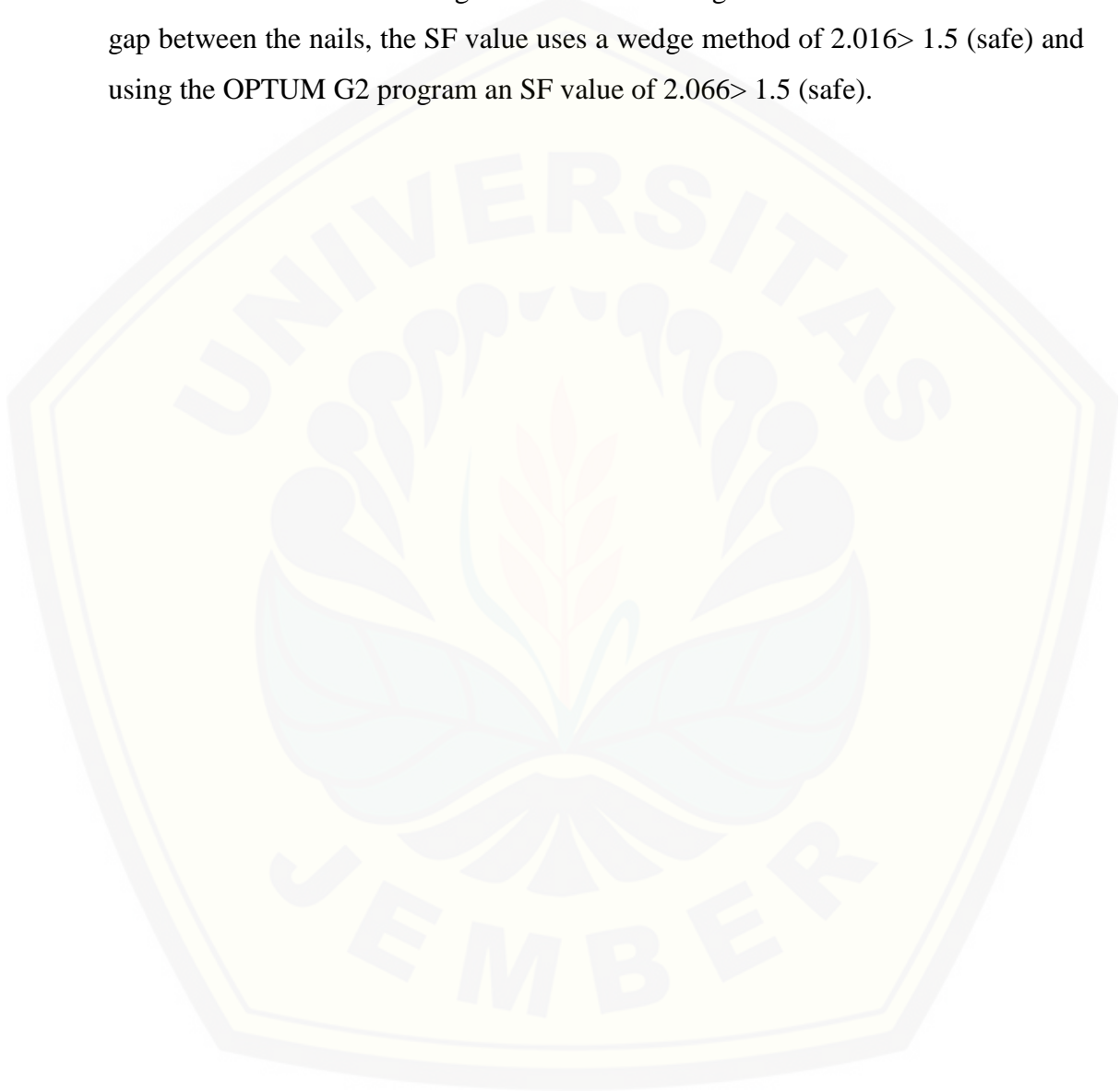
Landslides due to heavy rain may also be due to the formation of a stable unsaturated flow field, and the pressure from rain will result in a relatively rapid response of the ground pressure. (Tecca et al., 2013). Heavy rain, which still occurs on the ground, can lead to deposits. Debris flow occurs when sedimentation deposits are not well distributed, vulnerable and saturated, ultimately causing landslides due to the earth's gravity (Cui et al, 2014)

In order to improve the stability of landslides, additional auxiliary structures can be performed. This auxiliary structure increases the stability of the embankment and increases the safety value of the embankment. There are several methods to increase the slope stability, one of which is the nailing of soils. Soil nailing is a method of increasing slope stability by implanting concrete-wrapped rods on slopes with the function of resisting ground movement.

In this case, the rod used is a 43 mm diameter Fy 420 rod, 15 meters long, and the rod is planted in an angle of 150 mm. With manual calculations according to the Wadge method and modeling with the software OPTUM G2. The pole is planted with 20 pieces and 15 pieces vertically 1 meter and horizontally 1 meter, while the rod is planted with 10 pieces with a vertical distance of 2 meters and a horizontal distance of 2 meters.

The mechanism of this research begins with the extraction of samples from existing test laboratories, the modeling of OPTUM G2 for natural gradients, the calculation of soil nailing with the cotton wool method, modeling after repair with OPTUM G2 and analysis using modeling and manual calculations.

From the modeling and calculation results, the results of SF values on slopes with ground nail reinforcement for the analysis of the slope reinforcement according to the Wadge method with a height of 20 meters and a nail distance of 2 meters gave an SF value of $1.552 > 1.5$, For the analysis of the slope reinforcement with the program OPTUM G2 an SF-value with a height of 20 meters and a distance of 2 meters of $1.578 > 1.5$ is generated. With a length of 15 meters and a 1 meter gap between the nails, the SF value uses a wedge method of $2.016 > 1.5$ (safe) and using the OPTUM G2 program an SF value of $2.066 > 1.5$ (safe).



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Stabilitas Lereng pada Kawasan Rawan Longsor Rembangan (Studi Kasus Tanah Ekspansif Dusun Rayap ,Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa ,Kabupaten Jember)”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah , M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso , MT selaku Ketua Jurusan dan Dr. Anik Ratnaningsih, ST.MT selaku Ketua Program Studi (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Pak Januar Ferry Irawan S.T.,M.Eng, dan Pak Lutfi Amri Wicaksono S.T., M.T., selaku pembimbing utama dan anggota yang selalu memberi masukan dan dukungan.
4. Pak Syamsul Arifin S.T.,M.T. dan Pak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T, selaku penguji utama dan anggota yang mengarahkan dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Civitas Akademika Teknik Sipil Universitas Jember yang telah mendukung dan mendoakan kelancaran penelitian ini.
6. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Faklutas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama beberpa tahun tahun ini.
7. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat

diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 15 Januari 2019

Penulis

Farma Agnes Diantara
NIM. 141910301064

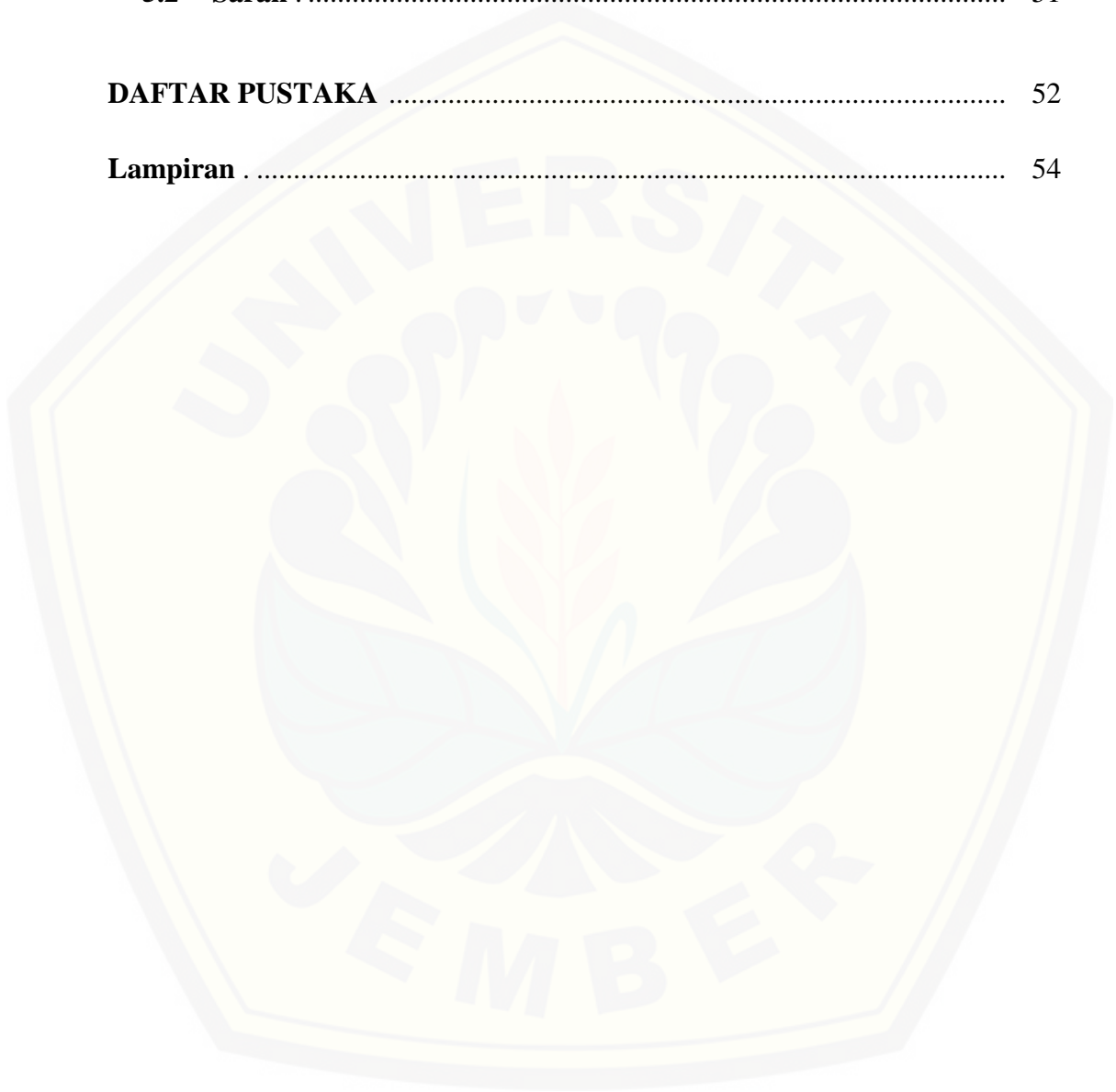


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	v
PERNYATAAN	vi
PEMBIMBINGAN	vii
PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah Longsor	4
2.2 Sifat Fisi dan Mekanis tanah	5
2.2.1 Sifat Fisi Tanah	5

2.2.2. Sifat Mekanis Tanah	7
2.3 Uji Triaksial	8
2.4 Stabilitas Lereng.....	9
2.4.1 Infinite Slope in Dry Cohesionless soil	9
2.4.2 Metode Analisis kestabilan lereng dengan $\dot{\iota} = 0$	10
2.4.3 Metode Potongan	12
2.4.4 Metode Potongan Bishop.....	14
2.4.5 Short Term dan Long Term Stability	17
2.5 Perbaikan Stabilitas Lereng	18
2.6 Perencanaan Dasar Soil Nailing.....	19
2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan Soil Nailing	23
2.6.2 Tahapan Konstruksi	24
2.6.3 Analisis Stabilitas lereng dengan Perkuatan Soil Nailing	26
2.6.4 Analisis Stabilitas Internal	34
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Konsep Penelitian	34
3.2 Lokasi Penelitian	34
3.3 Racangan Penelitian	34
3.4 Metode Penelitian	35
3.5 Urian Langkah-Langkah Penelitian	38
3.5.1 Bahan Penelitian	38
3.5.2 Pemodelan Lereng Menggunakan Software.....	47
3.5.3. Peningkatan Stablitas Lereng	48
3.5.4 Penentuan Daerah Longsor	48
3.5.5 Perencanaan Soil Nailing.....	48
3.5.6 Pemeriksaan Keadaan setelah perbaikan	49
BAB 4. Hasil dan Pembahasan	
4.1 Pengujian Tanah	49
4.2 Klasifikasi Tanah	49
4.3 Pemodelan OPTUM	50
4.4 Perencanaan Stabilitas Terhadap Keruntuhan Glibal	52
4.4.1 Perencanaan Soil Nailing pada Lereng.....	53

4.4.2 Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Pergeseran	57
4.5 Analisis Lereng Menggunakan OPTUM G2	58
4.6 Hasil Analisis dan Pembahasan	60
BAB 5. Kesimpulan	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
Lampiran	54



Daftar Tabel

		Halaman
Tabel 2.1	Ukuran Standar Ayakan Analisa Saringan	5
Tabel 2.2	Properti Baja Ulir	20
Tabel 2.3	Harga Perkiraan Modulus Reaksi Lateral Tanah	30
Tabel 2.4	Daya Dukung Soil Nailing	31
Tabel 2.5	Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi	33
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Permodelan Gambar 4.1	52
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Manual Lereng	56
Tabel 4.3	Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Internal pada lereng	58

Daftar Gambar

	Halaman
Gambar 1.1 Longsor pada Tanahun 2017	1
Gambar 2.1 Contoh Tanah Longsor	4
Gambar 2.2 Alat Uji Triaksial	8
Gambar 2.3 Infinit Slope in Dry Sand	10
Gambar 2.4 Gaya yang Terlibat Dalam Perhitungan Kestabilan Lereng	12
Gambar 2.5 Ilustrasi dari Metode Potongan	13
Gambar 2.6 Tegangan dan Gaya Bekerja suatu Potongan	15
Gambar 2.7 Grafik Evaluasi M_a	16
Gambar 2.8 Variasi Safety Faktor Dengan Waktu Untuk Penggalian Lereng	17
Gambar 2.9 Potongan ,elintang lereng dengan perkuatan soil nailing	19
Gambar 2.10 Foto batang baja dnegan plate, washer dan nut	21
Gambar 2.11 Penengah yang terpasang pada batang baja ulir	22
Gambar 2.12 Drainase pada dinding sebelum penyemprotan shotcrate	23
Gambar 2.13 Ilustrasi tahap konstruksi dinding soil nailing secara umum	24
Gambar 2.14 Anlisis external stability dan internal stability	26
Gambar 2.15 Grafik koreksi API	29
Gambar 2.16 Stabilitas terhadap penggulingan pada perkuatan Soil nailing	32
Gambar 2.17 keruntuhan putus tulangan	34
Gambar 2.18 keruntuhan cabut tulangan	35
Gambar 3.1 Lokasi penelitian	36
Gambar 3.2 Diagram alur penelitian	39
Gambar 4.1 Pemodelan sebelum longsor	54
Gambar 4.2 Hasil pemodelan OPTUM G2 gambar 4.1	54

Gambar 4.3	Sketsa lereng perkuatan soil nailing terhadap keruntuhan Global	56
Gambar 4.4	Panjang Le pada lereng	58
Gambar 4.5	Input OPTUM G2 dengan perkuatan soil nailing	62
Gambar 4.6	Output OPTUM G2 dengan perkuatan soil nailing	62



BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hujan deras yang terjadi pada 2 Januari 2017 menyebabkan tanah longsor yang pada beberapa titik pada kawasan menuju obyek wisata Hotel Rembangan. Meski Longsor tidak sampai rumah warga tetapi material longsor menutup jalan menuju kawasan wisata Hotel Rembangan. kedalaman dari longsor adalah sekitar 5 meter dan lebar 4 meter. (Zumrotun Solichah dalam Kompas.com, 2 Januari 2017).

Tanah longsor bukan yang baru bagi warga pada kawasan wisata objek Rembangan, pasalnya pada 21 Februari 2013, bencana tanah longsor juga terjadi. Pada bencana kali menghancurkan salah satu rumah warga. Hujan deras yang menguyur kawasan objek wisata Hotel yang menyebabkan tanah longsor (Syamsul Hadi dalam Kompas.com, 21 Februari 2013).

Dari 2 peristiwa yang terjadi pada tahun 2017 dan 2013, Peristiwa tanah longsor pada kawasan objek wisata Hotel Rembangan dapat terjadi akibat dari hujan deras yang menguyur kawasan tersebut. Hal ini dapat terjadi keranakan terjadi shallow landslide yang diakibatkan hujan deras yang menguyur kawasan tersebut (Zhang dkk, 2016). Longsor tipe ini terjadi akibat kegagalan pada kedalaman 1 sampai 5 meter dengan sudut keruntuhan antara 10° sampai 30° , dan biasa terjadi antara lapisan tanah lempung dan lapisan batuan dasar (Zhang dkk, 2016).

Tanah Longsor akibat hujan deras juga dapat terkait dengan formasi dari medan aliran tak jenuh yang stabil, dan tekanan dari curah hujan menghasilkan respon yang relatif cepat dari tekanan di dalam tanah. (Tecca dkk, 2013). Hujan deras yang terus terjadi pada tanah dapat mengakibatkan *Debris Flow*. Debris flow terjadi saat timbunan sedimen yang tidak terdistribusi dengan baik, rawan dan jenuh yang akhirnya longsor akibat daya tarik gravitasi Bumi. (Cui dkk, 2014)

Masalah diatas dapat diselesaikan dengan meningkatkan kestabilan lereng. salah satu metode peningkatan stabilitas lereng adalah dengan menggunakan *soil nailing*. *Soil nailing* dipilih karena *soil nailing* memiliki fleksibel terhadap penurana tanah yang terjadi . Salain itu metode ini dapat menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan memliki ketahan terhadap gempa. Akan tetapi untuk membangun *soil nailing* diperlukan kontraktor yang ahli karena pelaksanaan kontruksi yang lebih sulit. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang “EVALUASI STABILITAS LERENG PADA KAWASAN RAWAN TANAH LONGSOR REMBANGAN”.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisa stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan?,
2. Metode perbaikan apa yang sesuai untuk meningkat stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan?,
3. Bagaiamana analisa stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan setelah dilakukan perbaikan?.

1.3.Tujuan

1. Menganalisa stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan,
2. Merencanakan metode perbaikan yang sesuai untuk meningkat stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan,
3. Merencanakan stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan setelah dilakukan perbaikan.

1.4.Batasan Masalah

1. Penelitian ini menitik beratkan pada perencanaan peningkatan stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan

2. Penelitian ini tidak menghitung biaya pelaksanaan metode konstruksi peningkatan stabilitas lereng pada kawasan rawan longsor Rembangan



BAB II.

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor yang biasa disebut juga tanah bergerak dapat didefinisikan sebagai masa tanah atau campuran material pasir, kerikil, lempung, kerakal yang berbongkah, dan lumpur yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena gaya gravitasi. (laberg et al, 2008)



Gambar 2.1. contoh tanah longsor

(sumber: kompas.com,2017)

Tanah longsor dapat terjadi dikarenakan air yang masuk kedalam tanah akan menambah berat dari tanah tersebut. Jika air dapat menembus tanah sampai pada bagian kedap air yang akan berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah akan menjadi licin (Dr. Erizal, 2008). Tanah yang berada diatas tanah kedap air tersebut akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Berdasarkan tipe longsorannya tanah longsor dibagi menjadi 6 jenis, diantaranya:

- a. Longsoran rotasi
- b. Longsoran tranlasi
- c. Pergerakan blok
- d. Reruntuhan batu
- e. Rayapan tanah
- f. Aliran bahan rombakan

Tanah longsor sering terjadi pada daerah yang memiliki topografi lereng timbunan tanah residual yang dialasi batuan kompak, lereng batuan yang berlapis searah lereng topografi, dan lereng yang tersusun atas blok blok batuan.

2.2 Sifat Fisi dan Mekanis Tanah

2.2.1. Sifat Fisis Tanah

Analisis fisis tanah adalah usaha untuk menentukan variasi ukuran partikel-partikel yang ada pada tanah. Metode yang biasa digunakan untuk mengetahui ukuran partikel pada tanah menurut (Das, 1999) adalah analisis saringan dan analisis hidrometer.

- a. Analisis Saringan

Analisis saringan adalah menggetarkan tanah dengan menggunakan satu set ayakan bertumpuk dengan ukuran lubang yang semakin ke bawah semakin kecil.

Tabel. 2.1 Ukuran Standar Ayakan menurut ASTM

Ayakan no.4	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360

Ayakan no.4	Lubang (mm)
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

b. Analisis Hidrometer

Analisis ini didasarkan pada prinsip pengendapan sedimentasi butir-butir tanah. Apabila tanah dilarutkan dalam air pengendapan akan terjadi dengan kecepatan sedimentasi ditentukan oleh ukuran, bentuk dan beratnya. Pengujian hidromter dilakukan dengan menggunakan silinder pengendap.

c. Kadar Air Tanah (Water Content)

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Kadar air dihitung sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan :

W = kadar air

W_w = berat air

W_s = berat tanah kering

d. Berat Jenis Tanah (*Specific of gravity*)

Berat tanah per satuan volume

$$g = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_w \cdot \gamma_w} \quad (2.2)$$

dengan:

G_s = berat jenis tanah (*specific gravity*)

g_s = berat volume butiran

g_w = berat volume air

V_w = volume air

e. Angka Pori (*Void Ratio*)

$$e = \frac{V_s}{V_v} \quad (2.3)$$

dengan:

e = angka pori

V_v = volume pori

V_s = volume butir padat

f. Porositas (*Porosity*)

$$Y_p = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (2.4)$$

atau;

$$Np = \frac{e}{1+e} \quad (2.5)$$

dengan:

- np = porositas
- V = volume massa tanah
- e = angka pori

g. Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)

Derajat kejenuhan (S) dari massa tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori. Umumnya derajat kejenuhan ini dinyatakan dalam persen. Derajat kejenuhan berkisar antara 0 sampai 1. Bila $S = 0$ berarti tanah kering, bila $S = 1$ berarti tanah jenuh dan bila $0 < S < 1$ berarti tanah basah.

$$S = \frac{V_v}{V_w} \times 100\% \quad (2.6)$$

dengan:

- S = derajat kejenuhan
- V_w = volume air

2.2.2 Sifat Mekanis Tanah

Analisis mekanis tanah adalah cara untuk mengetahui kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Tanah akan mengalami penyusutan volume apabila mendapat beban merata di sekelilingnya. Beban tersebut juga akan menyebabkan tanah menerima tegangan geser dan berdampak pada distorsi. Apabila distorsi yang terjadi cukup besar, berakibat pada kegagalan geser tanah.

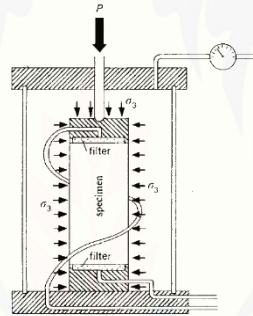
Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*). Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Agung & Istri, 2014).

Menurut Hardiyatmo (2002), ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah antara lain :

1. Uji Geser Langsung (*direct shear test*)
2. Uji Triaxial (*triaxial test*)
3. Uji Tekan Bebas (*unconfined test*)
4. Uji Geser Kipas (*vane shear test*)

2.3 Uji Triaksial

Pengujian dilakukan menggunakan alat triaksial pada gambar 2.2. Pada pengujian ini dapat digunakan benda uji dengan diameter 3,81 cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji dimasukan dalam selubung karet tipis dan diletakan dalam tabung yang diisi air dan udara. Benda uji ditekan oleh tegangan sel (σ_3), yang berasal dari tekanan cairan dalma tabung. Alat pengujian dihubungkan dengan pengantar kegagalan deser benda uji. (Hardiyatmo,2008)



Gambar 2.2 Alat uji triaksial

(sumber: Hansbo,1994)

Tegangan utama tengah $\sigma_2 = \sigma_3$ merupakan tegangan kekang atau tegangan sel . Tegagn yang terjadi dari selisih σ_1 dan σ_3 disebut tegangan deviator atau beda tegngan.

Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan devaitor. Perlu diperhatikan penahan tegangan akan menamabah panjang dari benda uji. Karena itu perlu adanya koreksi penampang benda uji dalam menghitung tegangan deviator harus dilakukan. Jika luasan penampang awal benda uji A_0 , maka luas penampang benda uji (A) pada regangan tertentu selaam pengujian adalah :

$$A = A_0 \frac{1 - \frac{\Delta V}{V_0}}{1 - \frac{\Delta L}{L_0}} \quad (2.7)$$

Dengan :

V_0 = volume awal

ΔV = selisih volume awal dan akhir

L_0 = panjang awal

ΔL = selisih panjang awal dan akhir

Selain itu pengujian triaksial dapat dilakukan dengan tiga cara :

- a. Uji triaksial tak terkonsolidasi tak terdained (UU)
- b. Uji triaksial terkonsolidasi tak terdained (CU)
- c. Uji triaksial terkonsolidasi terdained (CD)

2.4 Stabilitas Lereng

Longsoran tanah yang terjadi dapat kita perhitungkan dengan menggunakan beberapa pendekatan yang ada. Pendekatan atau metode ini memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Berikut beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam memperhitungkan longsoran tanah.

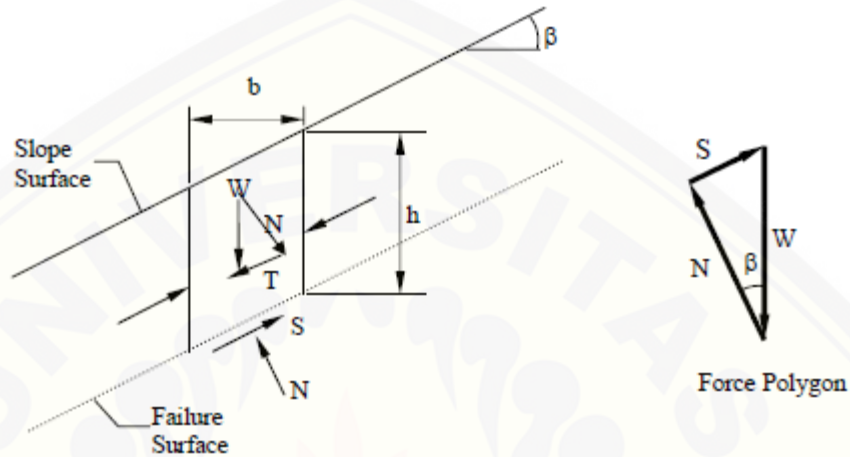
2.4.1 Infinite Slope in Dry Cohesionless soil

Pendekatan ini digunakan dalam memperhitungkan kelongsoran yang terjadi pada tanah yang kering dan tidak memiliki kohesi, seperti pada pasir kering yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Berat dari potongan selebar b dan tinggi h , sehingga:

$$W = b \cdot h \cdot \gamma \quad (2.8)$$

Dimana γ adalah berat jenis dari tanah kering. Untuk lereng kemiringan β seperti pada gambar 2.3, Gaya normal dan gaya tangensial adalah komponen dari W yang dihitung sebagai berikut:

$$N = W \cos \beta \text{ dan } T = W \sin \beta \quad (2.9)$$



Gambar 2.3. Infinite slope failure in dry sand

(sumber: Yun Zhou, 2006)

Gaya gesek yang timbul akibat longsor dapat dihitung dengan :

$$S = N \tan \theta \quad (2.10)$$

Safety factor pada metode ini merupakan ratio dari gaya gesek dengan besarnya yang dibutuhkan untuk menjaga kestabilan tanah, sehingga :

$$FS = \frac{S}{T} = \frac{(w \cos \beta) \tan \theta}{W \sin \beta} = \frac{\tan \theta}{\tan \beta} \quad (2.11)$$

Untuk Infinite slope analisis, FS bergantung pada kedalaman longsor, h , dan hanya bergantung pada sudut *internal friction*, θ , dan sudut kemiringan longsor, β . Lereng dikatakan stabil bila $FS = 1$.

2.4.2 Metode Analisis kestabilan lereng dengan $\phi = 0$ (*The $\phi=0$ Method of slope stability*)

Sejak Penelitian tentang kelongsoran menunjukkan kegagalan lereng mengikuti sekitar busur lingkaran, Banyak teknik analisis tentang kelongsoran yang menggunakan asumsi longsoran mengikuti busur lingkaran. Untuk analisis longsor permukaan dikembangkan oleh Morgenstem (1965) dan Janbu (1973).

Masalah tergambar pada gambar 2.1. Gaya yang berkerja sebagai pasar dari tanah adalah berat (W). Gaya normal yang berkerja di sekitar dari longsor permukaan dan melawan gaya geser (σ) yang juga bekerja pada longsor permukaan. Safety Factor (FS) dapat didefinisikan untuk keadaan ini, sebagai berikut :

$$F = \frac{\text{Jumlah maksimum gaya yang melawan}}{\text{jumlah gaya yang bergrak}} = \frac{\tau_{max} \times \text{panjang} \times R}{W_d} \quad (2.12)$$

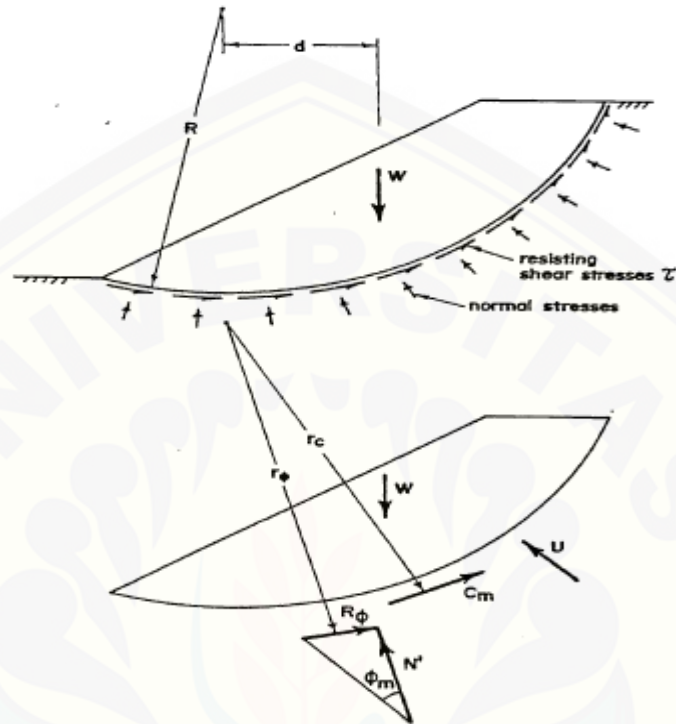
Dalam persamaan ini, momen berada disekitar cebter dari lingkaran, dari bagian longsor permukaan shingga gaya normal tidak masuk dalam perhitungan.

Dalam persamaan 2.12, Gaya maksimum diasumsikan konstan. Jika gaya gerser bervariasi sepanjang longsor, perlu adanya penyamaan gaya geser di sekitar busur untuk persamaan ini.

Pada beberapa kasus, dimana lereng terdiri dari lempung yang terendam, sudut gaya kelongsor akan menjadi 0 pada khusus *short term*. Gaya geser yang melawan sekitar busur akan sama dengan *Undrained Cohesion* (c_u). Jika c_u konstan pada sekitar area longsor maka persamaan 2.12 dapat ditulis :

$$F = \frac{c_u \times R \times \text{panjang busur}}{W_d} \quad (2.13)$$

Untuk kasus dimana sudut gaya geser yang melawan tidak sama dengan 0, tidak didiskripsikan begitu saja, perlu ada penentuan komponen yang melawan gaya geser. Untuk kasus ini, gaya yang bekerja tergambar pada gambar 2.4

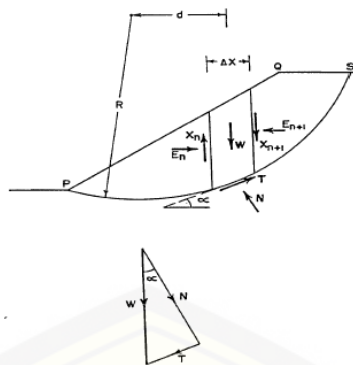


Gambar 2.4 gaya yang terlibat dalam perhitungan kestabilan lereng

(sumber:Yun Zhou, 2006)

2.4.3 Metode Potongan (*Ordinari Method of slice*)

Dalam kasus dimana sudut geser lawan efektif tidak konstan pada lonsor permukaan, seperti pada zona dam dimana longsor permukaan mungkin melewati beberapa matrial berbeda, shingga metode busur geser tidak dapat digunakan. Metode potongan akan lebih cocok dalam setuasi ini. Dengan metode potongan longSORan PQS pada gamabar 2.4 dibagi menjadi potongan vertical. Safety faktor didapatkan dengan memeriksa faktor yang berkontribusi dalam mendorong atau melawan gaya dalam setiap potongan.



Gambar 2.5 Ilustrasi dari metode potongan

(sumber: Yun Zhou, 2006)

Gaya yang bekerja pada potongan tergambar pada gambar 2.5. gaya dorong adalah berat dari potongan, W , gaya normal dan gaya tangensial bekerja pada batas bawah potongan dan gaya samping disimbolkan X dan E merupakan sisi potongan. *Ordinary Method of slices* juga dikenal dengan nama metode Fellenius atau Metode Lingkaran Sweden (*Swedish Circle Method*), Fellenius (1936 dan May dan Brahtz (1936), beberapa penyederhanaan dilakukan untuk mempermudah permasalahan.

Pertama asumsi gaya sampingan X dan E dapat ditinggalkan terlebih dahulu. Gaya normal (N) dapat didefinisikan dengan Berat dari potongan (W) mengarah dari arah normal ke arah busur, pada bagian tengah potongan, tergambar pada gambar 2.5

$$N = W \cos \alpha \quad (2.14)$$

Dimana α adalah sudut busur potensi kegagalan terhadap garis horizontal pada bagian tengah potongan.

$$\begin{aligned} \text{Gaya normal efektif } N' &= N - U \\ &= W \cos \alpha - u \Delta X \sec \alpha \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} \text{Total gaya geser maksimum } T_{\max} &= \sum(c' + \sigma' \tan \phi') \Delta X \sec \alpha \\ &= \sum(c' \Delta X \sec \alpha + N' \tan \phi') \end{aligned} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \text{Safety faktor} &= \frac{\text{Jumlah dari momen gaya lawan maksimal}}{\text{jumlah momen gaya gerak}} \\ &= \frac{\sum T_{\max} R}{\sum W R \sin \alpha} \\ &= \frac{\sum T_{\max}}{\sum W \sin \alpha} \\ &= \frac{\text{Jumlah dari momen gaya lawan maksimal sekitar busur}}{\text{jumlah momen gaya gerak sekitar busur}} \\ &= \frac{\sum(c' \Delta X \sec \alpha + \tan \phi' (W \cos \alpha - u \Delta X \sec \alpha))}{\sum W \sin \alpha} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Prosedur ini akan dilakukan beberapa kali pada percobaan longsor yang berbeda untuk mendapatkan nilai safety factor paling kecil.

Kesulitan yang akan didapatkan pada saat menggunakan persamaan 2.17. Nilai negatif pada Gaya normal efektif mungkin terjadi pada nilai sudut α yang besar saat tekanan air pori saat ini. Metode ini biasa digunakan pada konstruksi dam yang ditunjukkan oleh Whitman dan Moore (1963) dan metode analisis ini menghasilkan nilai safety faktor yang lebih kecil dari yang sebenarnya.

2.4.4 Metode potongan Bishop (*Gishop method of Slices*)

Analisis metode potongan kestabilan lereng yang memiliki prosedur dan memberikan jawaban yg berbeda dari metode potongan telah diusulkan oleh Bishop (1955). Dengan metode ini, analisis yang digunakan berdasarkan lama waktu tegangan daripada gaya yang digunakan pada metode potongan. Tegangan dan gaya yang bekerja pada suatu potongan yang dianalisis ditunjukkan pada gambar 2.6. Perbedaan Utama antara metode Bishop dan metode potongan biasa adalah resolusi gaya yang berkerja.

Arah vertikal bukan arah normal dari busur longsoran (setiap potongan memiliki arah yang berbeda). Ini artinya, dalam Metode Bishop gaya samping (E) yang bekerja pada samping potongan akan diasumsikan tidak ada. Sederhananya, metode ini mengasumsikan gaya gesek X dapat diacuhkan tanda adanya eror yang besar pada analisis. Pada metode yang teliti dimana gaya samping X diperhitungkan menghailkn jawaban yang sedikit berbeda dari jawaban metode Bishop yang disederhanakan. Penyederhanaan analisis sebagai berikut :



Gamabr 2.6 tegangan dan gaya bekerja pada suatu potongan

(sumber:Yun Zhou, 2006)

$$\tau = \frac{1}{F} (c' + \sigma \tan \theta) \quad (2.18)$$

Untuk mendapatkan gaya σ' pada arah vertikal untuk mendapatkan

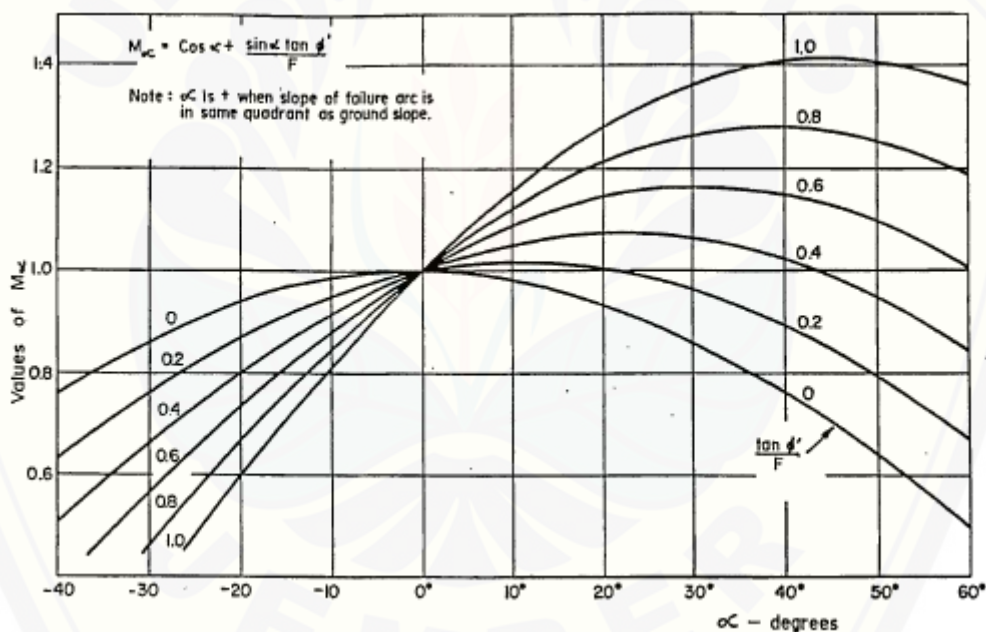
$$W - \frac{1}{F} (c' + \sigma \tan \theta) \Delta X \tan \alpha - (\sigma' + u) \Delta X = 0 \quad (2.19)$$

$$\sigma' = \frac{W - u \Delta X - \frac{c'}{F} \Delta X \tan \alpha}{\Delta X (1 + (\tan \theta' \tan \alpha) / F)} \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dengan } F &= \frac{\sum \text{ gaya lawan maksimum sekitar busur}}{\sum \text{ gaya dorong sekitar busur}} \\
 &= \frac{\sum (c' + \sigma' \tan \theta') \Delta X \sec \alpha}{\sum W \sin \alpha} \\
 &= \frac{\sum \left\{ [c \Delta X + (W - u \Delta X) \tan \theta] \frac{1}{m_\alpha} \right\}}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.21)
 \end{aligned}$$

$$\text{Dimana } M_\alpha = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \theta'}{F} \quad (2.22)$$

Safety factor (F) muncul pada kedua sisi persamaan 2.21. Untungnya solusi ditemukan dengan cepat, hanya dengan tiga kali percobaan nilai F cukup menyelesaikan persamaan ini. Sebidang tanah diberikan persamaan 2.22 dan digambarkan dalam gambar 2.7 untuk membantu penyelesaian persamaan 2.21.



Gambar 2.7 Grafik evaluasi M_α

(sumber: Bishop and Bjerrum, 1960)

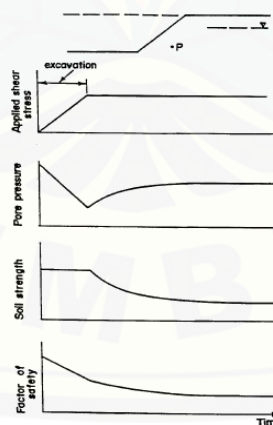
Metode bishop menghasilkan nilai safety faktor yang lebih tinggi dari pada metode irisan. Selanjutnya, kedua metode tersebut tidak menghasilkan lingkaran

kritis yang sama. Ditemukan juga bahwa perbedaan semakin besar seiring dengan meningkatnya sudut kritis lingkaran. Metode Bishop yang disederhanakan dengan menggunakan metode yang lebih teliti yang memperhitungkan gaya yang bekerja pada samping irisan menunjukkan nilai safety factor yang mendekati jawaban yang benar.

2.4.5 Short Term dan Long Term Stability

Dalam melaksanakan design analisis kestabilan lereng perlu dilakukan pemeriksaan terhadap keadaan short term maupun long term. Untuk analisis tegangan pada keadaan short term biasa dilakukan, tapi akan membutuhkan estimasi dari tekanan air pori. Tegangan total dapat digunakan sebagai alternatif, tetapi hal ini hanya bisa digunakan pada kondisi dimana air pori berubah seutuhnya berdasarkan pada perubahan tekanan. Untuk kondisi long term, analisis tegangan efektif biasa dilakukan, karena tegangan pori biasa bergantung pada perubahan tekanan. Untuk analisis estimasi tegangan air pori, *flow net* dibutuhkan.

Pada pemeriksaan kestabilan pondasi tanah pada konstruksi timbunan, kondisi short term lebih kritis daripada kondisi long term. Hal ini didiskusikan oleh Bishop dan Bjerrum (1960), pada gambar 2.8 menunjukkan pemeriksaan perubahan tekanan pada titik p dibawah timbunan.



Gambar 2.8 Variasi safety faktor dengan waktu untuk pengalihan lereng

(sumber: Bishop and Bjerrum, 1960)

Pada kasus ini, tekanan besar tekanan air pori pada titik P ditentukan berdasarkan besarnya perubahan tegangan yang dihasilkan oleh timbunan. Sebaliknya pada kondisi long term, tekanan pori ditentukan oleh kondisi air tanah. Pada contoh yang ideal, safety factor dianggap sebagai ratio antara kekuatan tanah dengan gaya geser yang bekerja. Pada kasus ini nilai safety factor minimum bisa didapatkan pada akhir konstruksi, ini untuk kondisi short term. Seiring berjalannya waktu dan disipasi tekanan air pori, nilai safety faktor akan meningkat.

Sebaliknya pada gambar 2.7 menunjukkan perubahan tekanan pada titik P pada pengalihan lereng. Tekanan air pori pada akhir pengalihan ditentukan oleh perubahan tekanan yang dihasilkan oleh proses pengalihan. Pada tekanan pori long term ditentukan oleh kondisi air tanah. Pada kondisi ini, Kondisi tanah akan berkurang seiring waktu dan nilai safety factor juga akan berkurang seiring waktu, yang mana membuat kestabilan pada kondisi kritis long term perlu diperiksa.

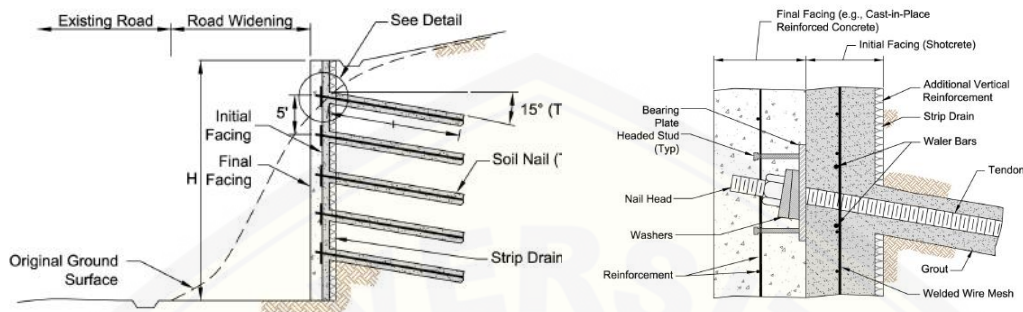
2.5 Perbaikan Stabilitas Lereng

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas suatu lereng, antara lain : pemotongan lereng, pembuatan brem, menurunkan muka air tanah, pemasangan tiang-tiang dll (Hardiyatmo, 2002). Menurut metode perbaikan stabilitas tanah dapat dibagi menjadi 3 kelompok :

- a. Metode geometri, perbaiki lereng dengan cara mengubah geometri lereng.
- b. Metode hidrologi, perbaiki lereng dengan cara menurunkan muka air tanah dan menurunkan kadar air tanah
- c. Metode-metode kimia dan mekanis, dengan cara grouting semen menambah kuat geser pada tanah, atau memasanga bahan tertentu di dalam tanah.

2.6 Perencanaan Dasar *Soil Nailing*

Secara umum elemen yang dibutuhkan dalam perkuatan dengan *soil nailing* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Potongan melintang lereng dengan perkuatan *Soil Nailing*

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

1) Batang baja (*Nail 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 43 mm, tergantung kebutuhan (Lazarte, 2003).

Menurut standar ASTM A615 baja yang umum digunakan pada *soil nailing* adalah baja ulir dengan daya dukung tarik 420 MPa (60 ksi 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 18 m (Tabel 2.2).

Tabel. 2.2 . Properti Baja Ulir [ASTM A615, Fy = 420 dan 525 MPa]

Diameter		Luas Penampang		Berat Jenis		Kuat Leleh		Kapasitas Beban Aksial	
Inggri s	mm	inch ²	mm ²	lbs/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

(Sumber: Byrne et al, 1998)

Mengacu pada standar ASTM baja yang umum digunakan pada *soil nailing* adalah baja ulir dengan daya dukung tarik 420 MPa, pada penelitian ini dipakai baja ulir diameter 25 mm, dengan fy 420 Mpa dan kapasitas beban aksial 211 kN.

2) Nail Head

Nail Head adalah bagian ujung dari baja yang menonjol keluar dari *wall facing* (tampilan dinding).

3) *Hex nut* , *washer* , dan *bearing plate*

Hex nut (mur persegi enam), dan *washer* (cincin yang terbuat dari karet atau logam) yang digunakan harus memiliki kuat leleh yang sama dengan batangan bajanya. *Bearing plate* (pelat penahan) umumnya berbentuk persegi dengan panjang sisi 200-250 mm, tebal 19mm, dan kuat leleh 250 MPa (ASTM A36).



Gambar 2.10 Foto Batang baja dengan *plate*, *washer*, dan *nut*

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

4) *Grout* (Cor beton)

Cor beton untuk *soil nailing* yang dapat berupa adukan semen pasir. Semen yang digunakan adalah semen tipe I, II, III. Semen tipe I (normal) paling banyak digunakan untuk kondisi yang tidak memerlukan syarat khusus, semen tipe II digunakan jika menginginkan panas hidrasi lebih rendah dan ketahanan korosi terhadap sulfat yang lebih baik daripada semen tipe I, sedangkan semen tipe III digunakan jika memerlukan waktu pengerasan yang lebih cepat.

5) *Centralizers* (Penengah)

Centralizers adalah alat yang dipasang pada sepanjang batangan baja dengan jarak tertentu (0.5–2.5m) untuk memastikan tebal selimut beton sesuai dengan rencana sehingga dalam terhindar dari karat yang diakibatkan oleh

oksidasi dalam tanah dapat dihindari. Alat ini terbuat dari PVC atau material sintetik lainnya.



Gambar 2.11 Penengah yang terpasang pada batang baja ulir.

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

6) *Reinforcement Connector (Coupler)* / Penghubung

Coupler / penghubung digunakan untuk menyambung potongan – potongan baja apabila terjadi penyambungan baja karena kebutuhan baja terlalu panjang.

7) *Wall Facing* (Muka/Tampilan Dinding)

Pembuatan muka/tampilan dinding terbagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, muka/tampilan sementara (*temporary facing*) yang dibuat dari *shotcrete*, berfungsi sebagai penghubung antar batangan-batangan baja (*nail bars*), dan sebagai proteksi permukaan galian tanah terhadap erosi. Tahap berikutnya adalah pembuatan muka/tampilan permanen (*permanent facing*). Muka permanen dapat berupa panel beton pracetak terbuat dari *shotcrete*. Muka permanen memiliki fungsi yang sama dengan muka sementara, tetapi dengan fungsi proteksi terhadap erosi yang lebih baik, dan sebagai penambah keindahan.

8) *rainage System* (Sistem Drainase)

Untuk mencegah meningkatnya tekanan air pada lereng di belakang muka dinding, biasanya dipasangkan lembaran vertikal geokomposit di antara muka dinding sementara dan permukaan galian. Pada kaki lereng harus disediakan saluran pembuangan (*weep hole*) untuk air yang telah dikumpulkan oleh lembaran geokomposit.



Gambar 2.12 Gambar drainase pada dinding sebelum penyemprotan *Shotcrete*.

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

2.6.1. Kelebihan dan Kekurangan *Soil Nailing*

Dalam upaya stabilitas lereng dengan menggunakan perkuatan *soil nailing* terdapat banyak kelebihan apabila dibandingkan dengan perkuatan lereng dengan metode lain, tetapi adapula kelemahan dalam perkuatan *soil nailing*. Kelebihan *soil nailing* dibandingkan dengan metode lain adalah:

- 1) Dapat menghemat biaya karena volume baja untuk *nail bars* dalam *soil nailing* lebih sedikit dibandingkan dengan *ground anchors*, karena umumnya batangan baja dalam *soil nailing* lebih pendek. Material yang dibutuhkan juga relatif lebih sedikit, waktu pengerjaan lebih cepat dan dapat memakai peralatan pengeboran kecil jika dibandingkan dengan *ground anchors*.

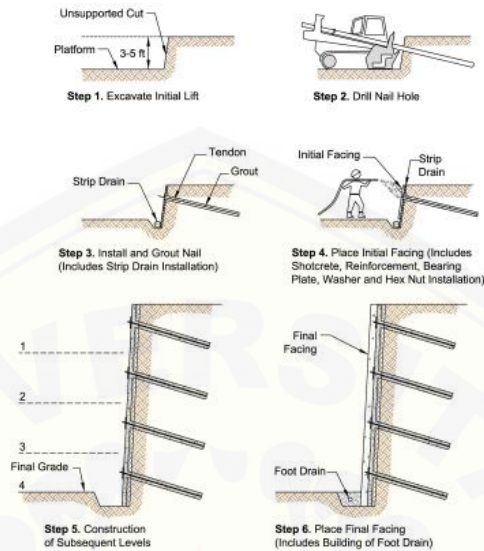
- 2) Luas area yang dibutuhkan dalam masa konstruksi lebih kecil dibandingkan dengan teknik lain, sehingga cocok untuk pekerjaan yang memiliki areal konstruksi terbatas.
- 3) Dinding dengan *soil nailing* relatif lebih fleksibel terhadap penurunan, karena dinding untuk *soil nailing* lebih tipis jika dibandingkan dengan dinding gravitasi.
- 4) Dapat dipakai untuk struktur permanen maupun struktur sementara.
- 5) Dapat menyesuaikan dengan kondisi lapangan terhadap kemiringan permukaan dan tulangan, bentuk struktur, *density*, dan dimensi perkuatan dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan dan karakteristik tanah diketahui pada tiap level kedalaman selama proses penggalian.
- 6) Mempunyai tahanan terhadap gempa.
- 7) Metode konstruksinya tidak mengganggu lingkungan sekitarnya karena memakai peralatan yang relatif kecil, tingkat kebisingan rendah, bebas dari getaran.

Disamping kelebihan-kelebihannya, berikut kekurangan dari metode *soil nailing*:

- 1) Metode *soil nailing* tidak cocok untuk daerah dengan muka air tanah tinggi.
- 2) *Soil nailing* tidak cocok diaplikasikan untuk struktur yang membutuhkan kontrol ketat terhadap deformasi. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan *post tension nail*, namun langkah ini akan meningkatkan biaya konstruksi.
- 3) Pelaksanaan konstruksi *soil nailing* relatif lebih sulit, sehingga membutuhkan kontraktor yang ahli, dan berpengalaman.

2.6.2. Tahapan Konstruksi

Tahapan-tahapan pekerjaan sebuah konstruksi dinding *soil nailing* secara umum digambarkan secara skematis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.13 Ilustrasi tahap konstruksi dinding *soil nailing* secara umum.

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

Keterangan :

Tahap 1. Galian Tanah

Galian tanah dilakukan secara bertahap dengan kedalaman galian tertentu (umumnya 1-2 m / 3 and 6 ft), hingga mencapai kedalaman galian rencana. Kedalaman galian tiap tahap harus disesuaikan dengan kemampuan tanah, sehingga muka galian dapat berdiri tanpa perkuatan, dalam periode waktu yang singkat (umumnya 24-48 jam).

Tahap 2. Pengeboran lubang *nail*

Dalam pekerjaan *soil nailing*, pengeboran dilakukan dengan alat *auger* dengan lubang terbuka (tanpa *casing*/selubung) digunakan karena pekerjaannya menjadi relatif lebih cepat dan biaya yang lebih rendah. Namun, untuk tanah yang kurang stabil, pengeboran

berdiameter besar harus berhati-hati dan dianjurkan pengeboran dengan *drill casing*/selubung untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor.

Tahap 3. Pemasangan *Nail Bar* dan *Grouting*

Batangan baja yang sudah terpasang dengan *centralizers*, dimasukkan ke dalam lubang bor, dan kemudian dicor dengan beton. Secara umum, pengecoran dengan menuangkan adukan beton, menghasilkan ikatan yang cukup baik antara tanah dengan hasil pengecoran. Namun, untuk kasus tertentu pada tanah yang lemah memerlukan daya ikatan yang lebih tinggi, ini dapat dihasilkan dengan melakukan pengecoran dengan tekanan tinggi (*jet grouting*). Adanya tekanan juga dapat menghasilkan beton yang lebih padat, dan diameter efektif pengecoran mengembang menjadi lebih besar, dengan demikian kemampuan menahan gaya cabut juga menjadi lebih baik. Aliran air ke dalam dinding galian harus dicegah. Oleh karena itu, metode konvensional dalam pengendalian air permukaan dan drainase, diperlukan selama masa konstruksi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penambahan lembaran geokomposit vertikal, dapat membantu mencegah peningkatan tekanan air tanah pada muka lereng.

Tahap 4. Pembuatan Muka Sementara (*Temporary Wall Facing*)

Muka sementara dari sebuah dinding *soil nailing* umumnya terbuat dari *shotcrete*, dengan ketebalan antara 75 sampai 100 mm. Lapisan *shotcrete* akan menjadi perkuatan sementara, dan melindungi permukaan galian dari erosi, serta sebagai pengisi rongga-rongga yang terbentuk akibat keretakan tanah.

Tahap 5. Pembangunan Tingkat Selanjutnya (*Construction of Subsequent Levels*)

Pengulangan langkah dari tahap 1 hingga 4, pada tiap – tiap level

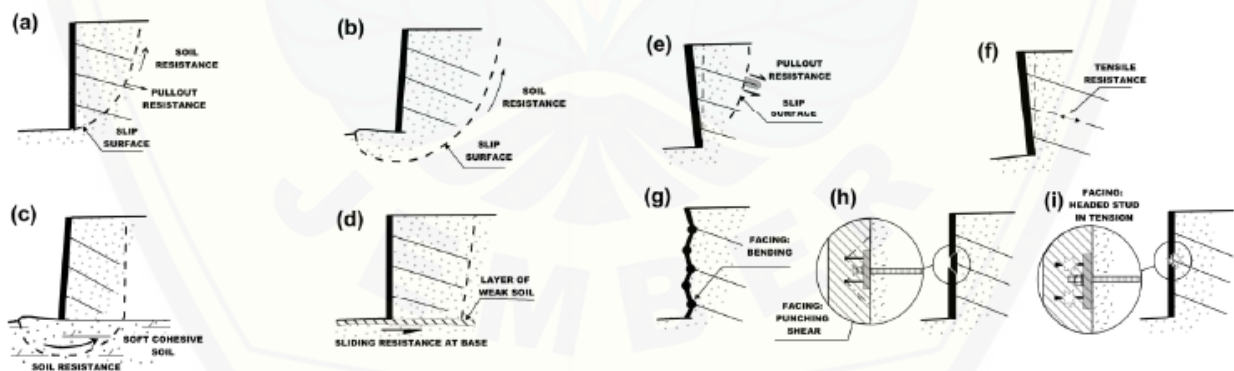
selanjutnya. Di setiap level penggalian gulungan dibuka hingga sampailah ke penggalian paling bawah. Di galian paling bawah kemudian geokomposit diikat pada *collecting toe drain*.

Tahap 6. Pembuatan Muka Permanen (*Permanent Wall Facing*)

Metode yang umum dilakukan dalam pembuatan muka permanen adalah dengan *shotcrete*, dan beton pracetak. Di samping dua metode ini, masih banyak metode yang dapat dilakukan, dan masih terus dikembangkan. Pembuatan muka permanen dari *shotcrete* sama dengan yang dilakukan dalam pembuatan muka sementara. Ketebalan muka permanen dari *shotcrete* umumnya berkisar antara 150, dan 300 mm, belum termasuk ketebalan dari dinding sementara. Pengecoran dilakukan secara berlapis dengan ketebalan tiap lapisan antara 50 hingga 100 mm.

2.2.3 Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *soil nailing*

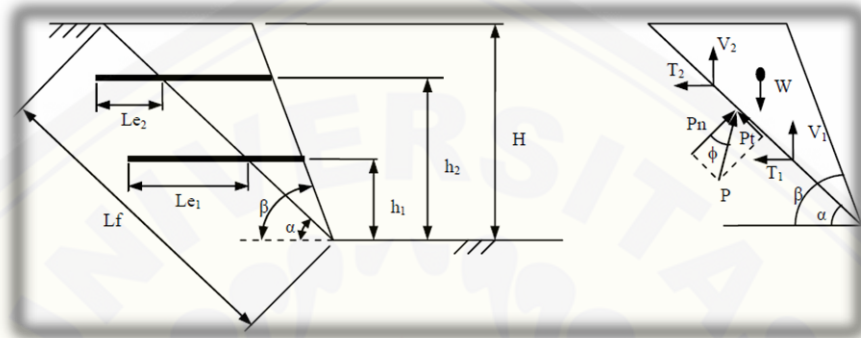
Suatu perkuatan dinding penahan tanah harus dirancang agar aman/ stabil terhadap pengaruh-pengaruh gaya dalam dan gaya luar. Analisis terbagi menjadi dua yaitu stabilitas ekstern atau stabilitas luar (*external stability*) dan stabilitas intern atau stabilitas dalam (*internal stability*).



Gambar 2.14 Analisis *external stability* dan *internal stability*

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

- 1) Analisis stabilitas eksternal
 - a) Faktor aman terhadap keruntuhan lereng global (*global stability failure*) Perkuatan lereng harus aman terhadap keruntuhan, pada perhitungan manual, mengadopsi metode baji (*wedge*) dengan bidang longsor planar. yaitu :



Gambar 2.13 Gaya yang bekerja dalam Metode Wadge (*Wadge Method*)

$$\sum T_i - P_n \sin \alpha + P_t \cos \alpha = 0 \quad (2.23)$$

$$W - P_n \cos \alpha - P_t \sin \alpha - \sum V_i = 0 \quad (2.24)$$

Variabel “P” dalam persamaan 2.5 dan 2.6 merupakan gaya dari tanah pada permukaan bidang longsor, dan dengan mempertimbangkan keseimbangan gaya, maka:

$$P_t = \frac{P_n}{F_{es}} \quad (2.25)$$



Pada tanah yang memiliki nilai kohesi, maka perlu diperhitungkan kuat geser tanah pada sepanjang permukaan bidang longsor, berikut persamaan untuk menghitung kuat geser:

$$S = \frac{c.L.f}{Fes} \quad (2.26)$$





Dari persamaan 2.5, 2.6, 2.7, dan 2.8, nilai faktor keamanan dapat dihitung dengan persamaan beriku

$$FS = \frac{cL_f + (W+Q) \cos \alpha \cdot \tan \varphi + \sum T_i \sin \alpha_i - \sum V_i \cos \alpha_i}{(W+Q) \sin \alpha - \sum T_i \cos \alpha_i - \sum V_i \sin \alpha_i} \tan \varphi \quad (2.27)$$

Keterangan :

FS = faktor aman

c = kohesi tanah (kN/m²)

j = sudut gesek dalam tanah (°)

a = sudut kemiringan bidang longsor terhadap garis horisontal
W = berat irisan tanah ke-n (kN/m)

Q = beban mati diatas lereng (kN/m)

L_f = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-n (m)

L_e = panjang *nail bar* di belakang bidang longsor (m)
β = kemiringan lereng (°)

i = kemiringan *nail* (°)

∑T_i = jumlah daya dukung terhadap gaya tarik (kN/m)
∑V_i = jumlah daya dukung gaya geser (kN/m)

- Gaya Geser dan Gaya Tarik Ijin Global

Untuk menghitung stabilitas lereng dengan perkuatan secara global perlu diperhatikan Gaya geser, dan gaya tarik ijin dari sebuah *nail bar* dapat dihitung dengan persamaan 2.9, dan 2.10.

$$V = \frac{R_n}{2\sqrt{1+4\tan^2(90^\circ-\alpha)}} \quad (2.30)$$

$$T = 4V\tan(90^\circ - \alpha) \quad (2.31)$$

Keterangan:

V = gaya geser ijin *nail bar*

T = gaya tarik ijin *nail bar*

R_n = daya dukung tarik *nail bar*

Untuk menghitung gaya geser ijin dari tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V = P_{max} \frac{D}{2} L_o \quad (2.32)$$

Keterangan :

V = gaya geser ijin pasif tanah

\overline{D} = diameter *nail bar+grouting*

$L_o = \frac{4EI}{K_s \overline{D}}$ = panjang penyaluran

EI = kekakuan *nail bar*, dengan diameter *nail bar* tanpa *grouting*

K_s = modulus reaksi lateral tanah, ditentukan dari Tabel 2.3.

$P_{max} = P_u / 2$ = tegangan pasif yang dibatasi menjadi setengah dari tegangan pasif ultimit,

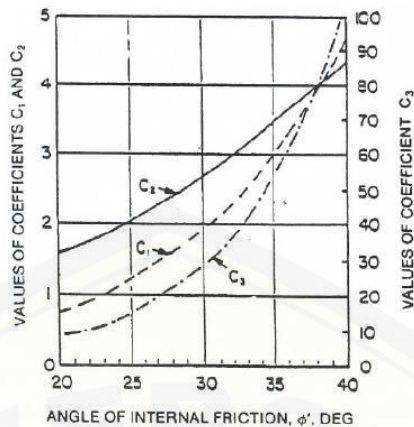
P_u dihitung dengan mengambil nilai terkecil dari persamaan berikut

$$P_u = (C_1 Z + C_2 D) \gamma' Z \quad (2.33)$$

$$P_u = C_3 D \gamma' z \quad (2.34)$$

$$z = 2/3 H \quad (2.35)$$

Nilai koefidien C_1 , C_2 , dan C_3 , ditentukan dari persamaan berikut :



Gambar 2.15 Garfik korelasi API

Tabel 2.3. Harga Perkiraan Modulus Reaksi Lateral Tanah (ks)

Jenis Tanah	ks,kcf	ks,kN/m3
Pasir lepas	300 – 100	4800 – 16000
Pasir padat sedang	60 – 500	9600 – 80000
Pasir padat	400 – 800	64000 – 128000
Pasir padat berlempung	200 – 500	32000 – 80000
Pasir padat sedang berlanau	150 – 300	24000 – 48000
Tanah berlempung		
qu ≤ 200 k Pa (4 ksf)	75 – 150	12000 – 24000
200 < qu ≤ 400 kPa	150 – 300	24000 – 48000
qu > 800 k Pa	> 300	> 48000

(Sumber : Bowles, *Foundation Analysis and Design*)

Setelah mendapatkan gaya geser ijin terkecil antara *nail bar* dan tanah, maka gaya tarik ijin pada *nail bar* perlu dibatasi, yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$\frac{V_{max}^2}{Rn^2} + \frac{T_{max}^2}{Rc^2} \quad (2.39)$$

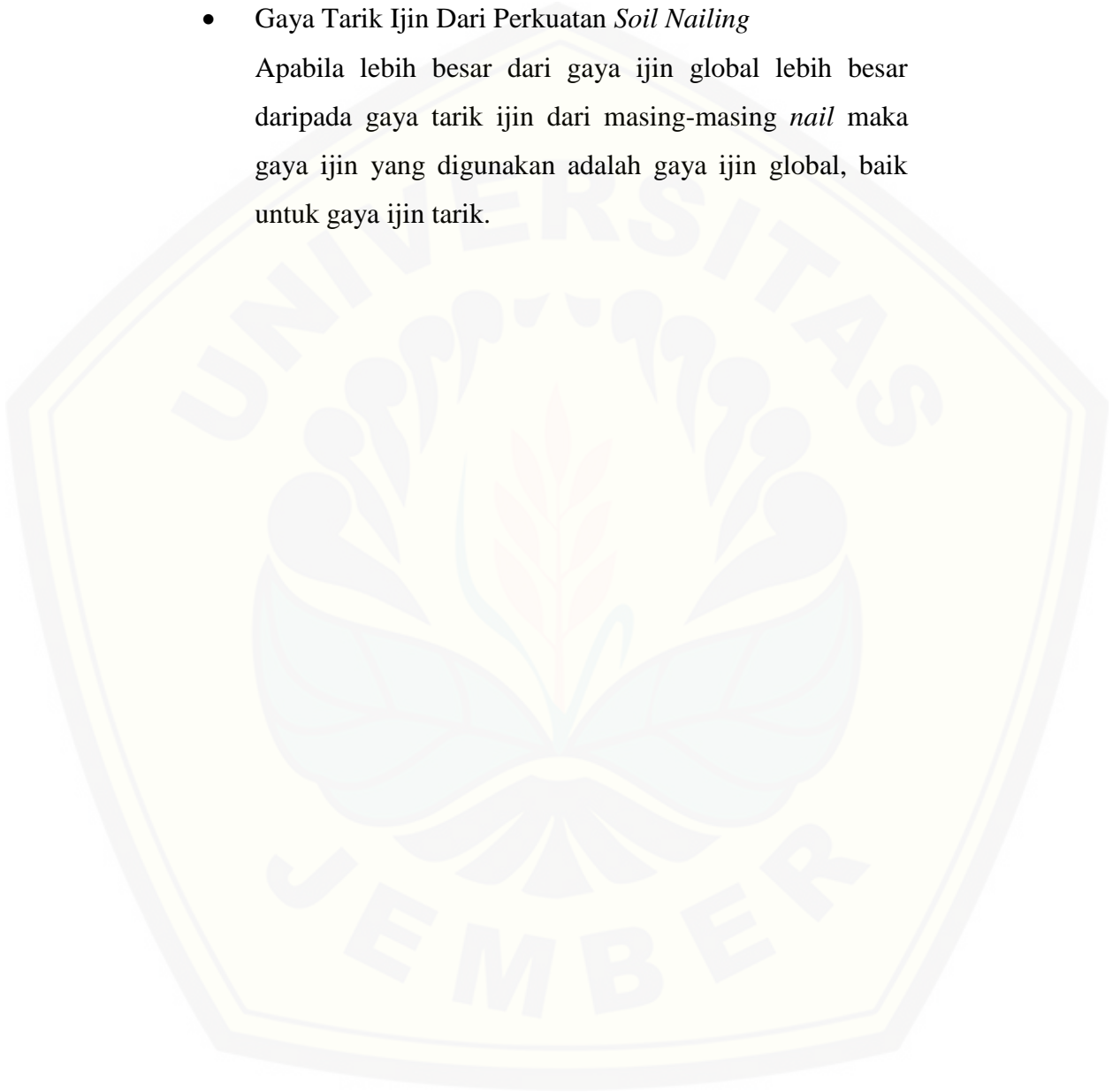
Keterangan :

V_{max} = gaya geser ijin global

T_{max}^2 = Gaya tarik ijin Global

R_c = $R_n/2$ = daya dukung geser *nail bar*

- Gaya Tarik Ijin Dari Perkuatan *Soil Nailing*
Apabila lebih besar dari gaya ijin global lebih besar daripada gaya tarik ijin dari masing-masing *nail* maka gaya ijin yang digunakan adalah gaya ijin global, baik untuk gaya ijin tarik.





$$T_i = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot F_{max}}{F_a \cdot S}$$

(2.40)

f_{max} adalah daya dukung geser pada ikatan antara tanah dengan permukaan sepanjang *nail bar*, sebaiknya dilakukan pengujian di lapangan untuk mendapatkan nilai ini. Berikut nilai f_{max} pada beberapa jenis tanah pasir pada tabel 2.4.

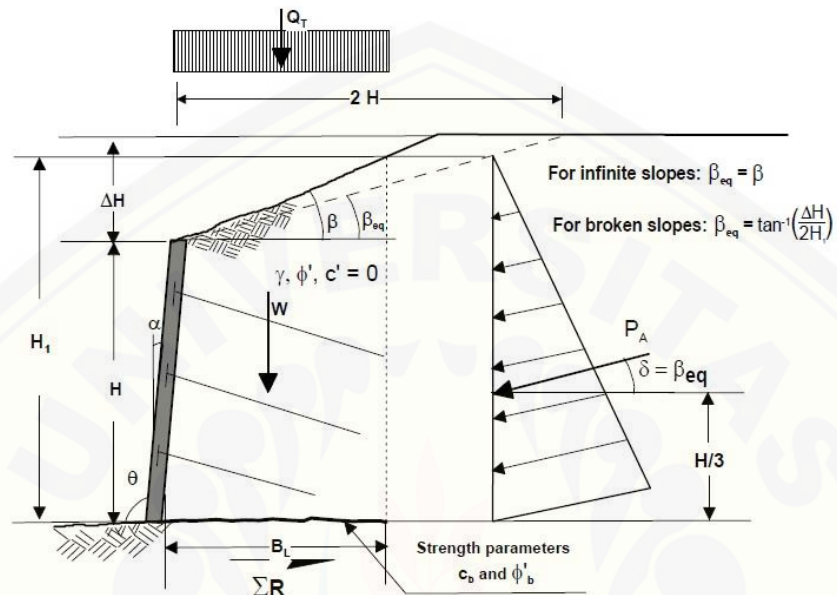
Table 2.4 Daya dukung soil nailing

Material	Construction Method	Soil/Rock Type	Ultimate Bond Strength, τ_u (kPa)
Rock	Rotary Drilled	Marl/limestone	300–400
		Phyllite	100–300
		Chalk	500–600
		Soft dolomite	400–600
		Fissured dolomite	600–1000
		Weathered sandstone	200–300
		Weathered shale	100–150
		Weathered schist	100–175
		Basalt	500–600
		Slate/Hard shale	300–400
Cohesionless soils	Rotary drilled	Sand/gravel	100–180
		Silty sand	100–150
		Silt	60–75
		Piedmont residual	40–120
		Fine colluvium	75–150
	Driven casing	Sand/gravel	
		Low overburden	190–240
		High overburden	280–430
		Dense moraine	380–480
	Augered	Colluvium	100–180
		Silty sand fill	20–40
		Silty fine sand	55–90
	Jet grouted	Silty clayey sand	60–140
Sand		380	
Sand/gravel		700	
Fine-Grained Soils	Rotary drilled	Silty clay	35–50
	Driven casing	Clayey silt	90–140
		Loess	25–75
	Augered	Soft clay	20–30
		Stiff clay	40–60
		Stiff clayey silt	40–100
		Calcareous sandy clay	90–140

Source: Elias and Juran (1991).

(Sumber :Elias and Juran (1991))

Faktor aman terhadap penggeseran (*sliding stability failure*)



Gambar 2.16 Stabilitas terhadap penggulingan pada perkuatan *soil nailing*

(Sumber : FHWA-NHI-14-007)

Faktor aman terhadap penggulingan :

$$FS = \frac{cb B_L + (W + Q + Pa \sin \delta) \tan \varphi}{Pa \cos \delta} \quad (2.41)$$

Tekanan aktif lateral dihitung menggunakan rumus berikut :

$$Pa = \frac{c \cdot H_1}{a} K_a \quad (2.42)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.43)$$

Keterangan :

FS = faktor aman

cb = kohesi tanah

B1 = lebar struktur

W = berat irisan tanah

Q = beban mati diatas lereng

Φ = sudut geser dalam tanah

H = tinggi dinding tanah

γ = berat isi tanah

δ = sudut geser antara tanah fondasi dasr

struktur

(fondasi dianggap sangat kasar terbaut dari beton $\delta = \text{tg } \Phi$)

Faktor Aman terhadap kegagalan daya dukung tanah (*bearing failure*)

$$SF = \frac{c.Nc + d.5\gamma Be N\gamma}{Heq} \quad (2.43)$$

Keterangan :

C = kohesi tanah pondasi (kN/m^2)

γ = berat volume tanah pondasi (kN/m^3)

q = tekanan *overburden* pada dasar pondasi (kN/m^2)

$Nc, N\gamma$ = koefisien-koefisien kuat dukung yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam tanah, yang dapat dalam Tabel 2.5.

Heq = tinggi dinding tanah (m)

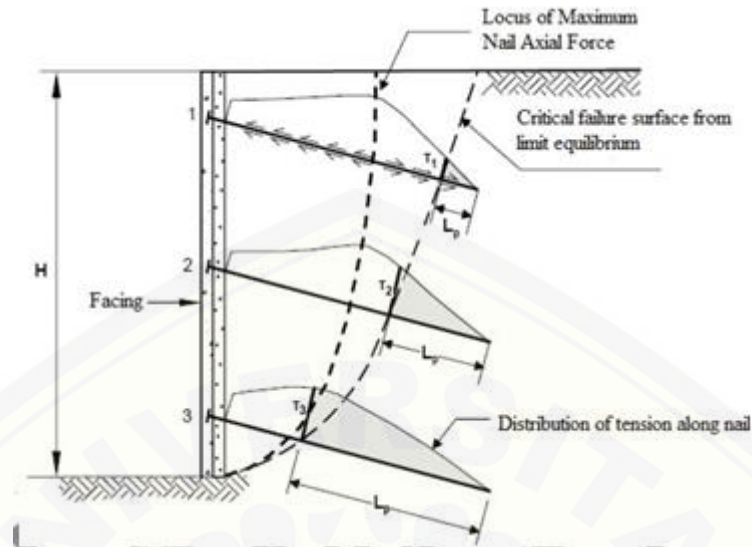
Be = lebar excavation (m)

Tabel 2.5. Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi

ϕ	Nc	Nq	$N\gamma$	ϕ	Nc	Nq	$N\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51

2.6.4 Analisis stabilitas internal

1. Faktor aman (SF) terhadap putus tulangan :



Gambar 2.17 Keruntuhan putus tulangan

(Sumber : *Soil Nail for Stabilization of Steep Slopes Near Railway Tracks*)

Faktor keamanan (SF) terhadap putus tulangan :

$$Fr = \frac{\left(\frac{1,25 \cdot n \cdot d^2 \cdot f_y}{1000}\right)}{\sigma_h \cdot S_v \cdot S_h} \quad (2.44)$$

$$\sigma_h = K a \cdot \gamma \cdot z \quad (2.45)$$

Keterangan :

S_v = jarak tulangan arah vertikal

S_h = jarak tulangan arah horizontal

f_y = daya dukung tarik baja

d = diameter tulangan

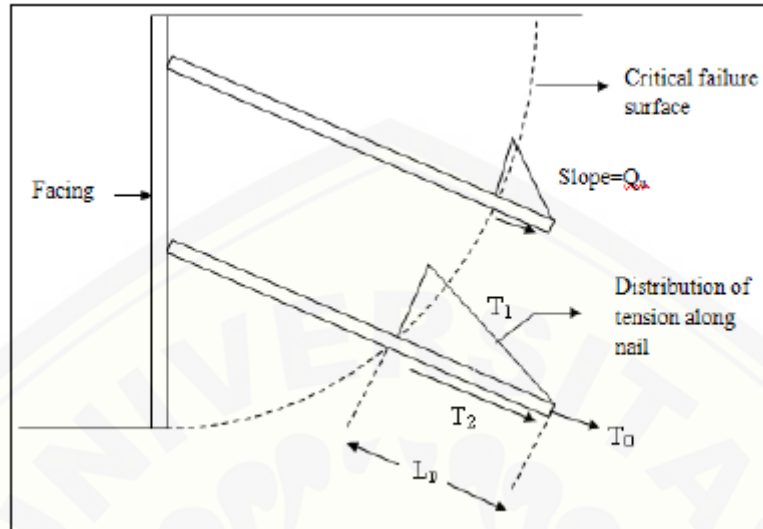
σ_h = tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau

γ = berat isi tanah

z = kedalaman tanah yang ditinjau

K_a = koefisien tekanan aktif lateral pada rumus 2.43

2. Faktor aman (SF) terhadap cabut tulangan :



Gambar 2.18 Keruntuhan cabut tulangan

(Sumber : *Soil Nail for Stabilization of Steep Slopes Near Railway Tracks*)

Faktor aman (SF) terhadap cabut tulangan :

$$F_n = \frac{n \cdot q_u \cdot D_{dh} \cdot L_p}{\sigma_h \cdot S_v \cdot S_h} \quad (2.46)$$

Keterangan :

q_u = ultimate bond strength

L_p = panjang tulangan yang berada pada zona pasif

D_{dh} = diameter lubang drill

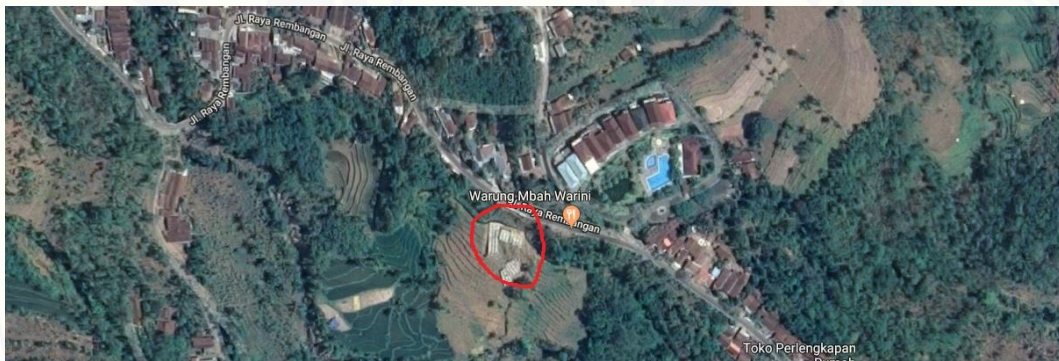
BAB III. METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus tentang stabilitas lereng pada desa Kemuning Lor, kecamatan Arjasa, kabupaten Jember. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan peningkatan stabilitas lereng pada lereng sekitar kawasan tersebut. Metode yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng dengan perencanaan dinding penahan tanah pada sekitar lereng.

Lereng pada sekitar lokasi memiliki stabilitas yang kurang baik, apalagi bila hujan turun stabilitas lereng dapat menjadi buruk dan rawan terjadi longsor. Sehingga dapat membahayakan keadaan sekitar.

3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

Sampel tanah diambil pada desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember yang tidak jauh dari jalan raya dan lokasi perkampungan warga. Tanah sampel diambil menggunakan alat sondir.

3.3 Rancangan Penelitian

Pada tahap awal adalah pengujian sondir pada lokasi penelitian dan pengambilan sampel tanah untuk diuji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah dan tes triaksial.

Selanjutnya dengan data tanah yang telah ada dimasukkan kedalam software optum untuk mengetahui bidang longsor dari lereng tersebut. Selanjutnya perencanaan stabilitas menggunakan metode Bishop dengan dasar bidang longsor

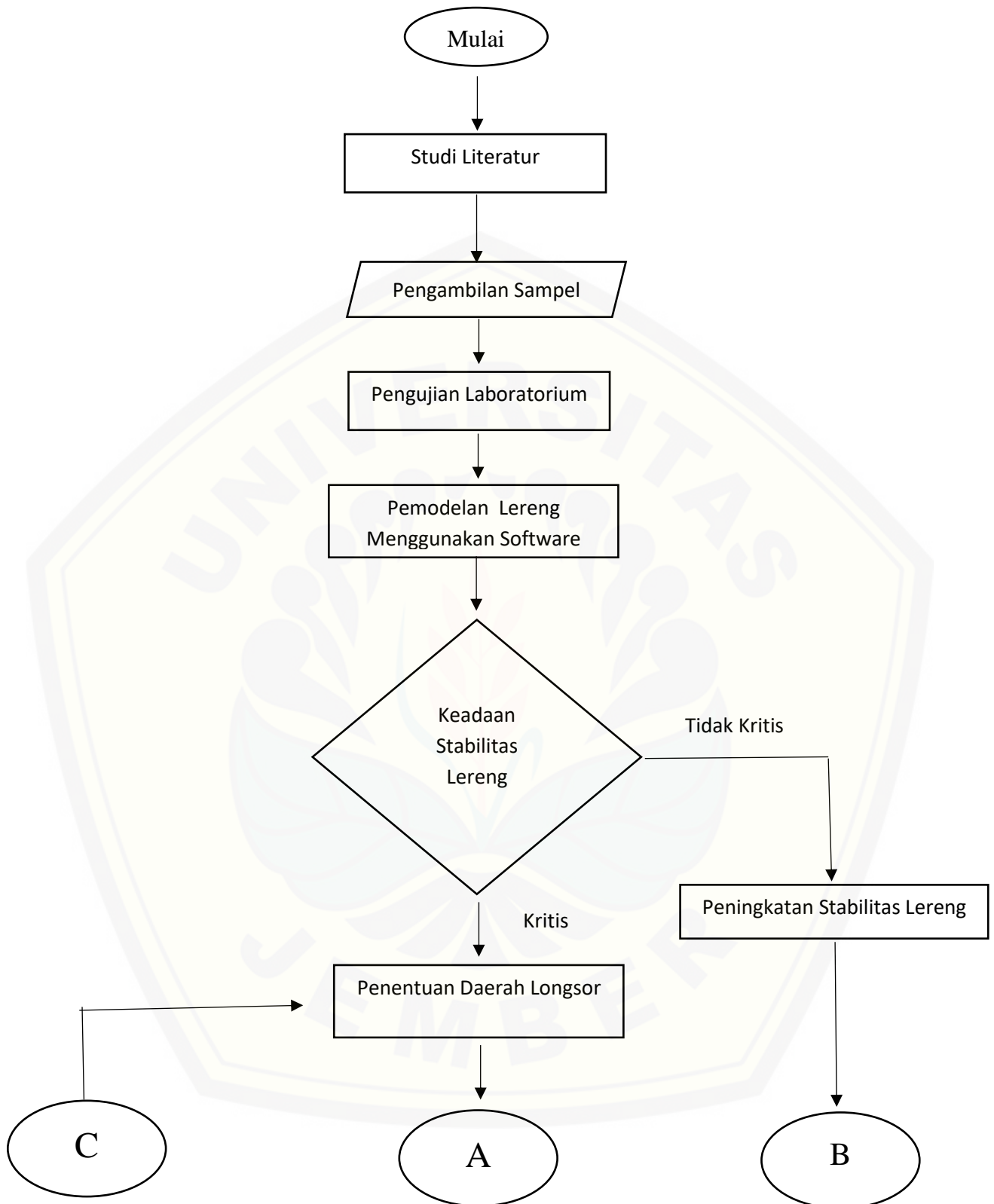
dari optimum untuk mengetahui nilai safety factor lereng tersebut. Nilai safety factor ditinjau pada kondisi normal, kering dan basah/hujan.

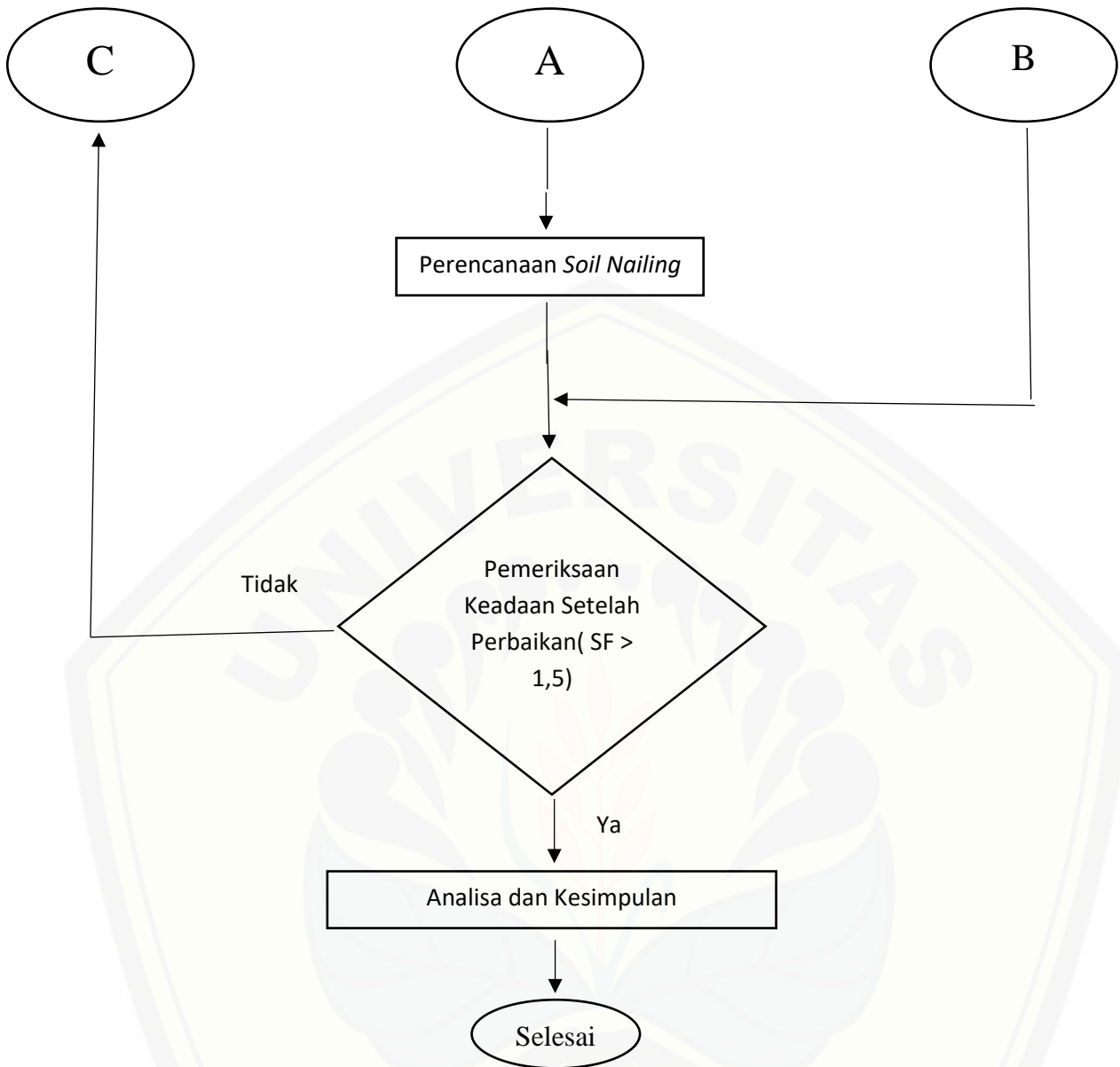
Selanjutnya perencanaan dinding penahan tanah untuk meningkatkan nilai stabilitas lereng tersebut. Selanjutnya peninjauan lereng setelah dipasang dinding penahan tanah.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode analisa. Analisa yang dilakukan untuk merencanakan metode dan perencanaan perbaikan stabilitas lereng. Dari hasil perencanaan tersebut dapat digunakan sebagai rekomendasi kepada dinas terkait bila ada perbaikan stabilitas lereng pada kawasan penelitian.

Kegiatan Penelitian dilakukan di lapangan dan laboratorium. Penelitian di lapangan adalah pengujian sondir, pengambilan sampel tanah dan melihat secara langsung keadaan lereng. Penelitian di laboratorium dilakukan untuk menganalisa jenis tanah dan propertis tanah melalui pengujian berat jenis, analisa saringan, hidrometer, uji specific gravity (GS), dan uji triaksial. Berikut merupakan diagram alur penelitian :





Gamabr 3.2 Diagram alur penelitian

3.5 Uraian Langkah-Langkah Penelitian

3.5.1 Bahan penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara undisturbed atau secara tidak terusik. Sampel tanah undisturbed bisa didapatkan dari diambil secara manual. Pengambilan sampel secara undisturbed atau tidak terusik secara manual dilakukan sebagai berikut:

Alat penelitian :

1. Bor manual
2. Tabung shelby
3. Kantong plastik sampah
4. Karung

Langkah Pegujian :

1. Siapkan peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel tanah
2. Pilih titik yang cocok untuk pengambilan sampel. Untuk penelitian ini terdiri dari 3 titik pengambilan sampel.
3. Setelah itu putar sondir secara manual searah jarum jam sampai kedalaman 30 cm atau lebih.
4. Masukkan tabung kedalam lubang dan tekan tabung hingga mencapai kedalaman yang dirasa cukup
5. Angkat tabung dan segera masukkan kedalam kantong plastik untuk menjaga kadar air dalam tanah.

3.5.2 Alat Peneletian

Pengujian sampel di laboatorium dilakukan pada masa febuari hingga maret. Pengujian pada laboratorium dilakukan untuk mengetahui keadaan tanah sampel. Berikut merupakan alat-alat yang digunakan dalam pengujian

:

1. Satu set alat Sondir (SNI 2827;2008)
2. Satu set alat uji kadar air (SNI 1965;2008)
3. Satu set alat uji berat jenis (*Specific Gravity*) (ASTM D 854-92)
4. Satu set alat saringan standar untuk uji Gradasi (ASTM D421-85)

5. Satu set alat uji batas konsistensi (*atterberg*) (ASTM D4318-95a)

3.5.3 Pengujian laboratorium

1) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar air dalam sampel tanah. Kadar air adalah perbandingan antara berat air dalam tanah dengan berat tanah kering.

Alat :

- a. Cawan
- b. Timbangan
- c. Oven

Langkah kerja :

- a. Tahap awal persiapan cawan, cawan ditandai atau diberi nomor urut
- b. Kemudian timbang berat masing-masing cawan
- c. Masukkan benda uji ke dalam cawan kemudian ditimbang
- d. Setelah benda uji ditimbang, masukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu 110°C selama ± 24 jam
- e. Setelah proses pengeringan selama 24 jam, keluarkan benda uji dari oven dan diamkan untuk proses pendinginan
- f. Setelah dingin timbang kembali benda uji

Dari percobaan ini kita akan mendapat nilai berat isi tanah. Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk menghitung angka pori (e), porositas (n), derajat kejenuhan (S_r).

2) Pengujian Berat Jenis

Tujuan pengujian berat jenis adalah mengetahui kepadatan massa tanah, yaitu perbandingan antara butiran tanah dengan berat air suling dengan volume yang sama dan pada suhu tertentu.

Alat :

- a. Piknometer

- b. Timbangan
- c. Lap

Langkah Kerja:

- a. Langkah awal yaitu, timbang piknometer dalam keadaan kosong (dengan tutup)
- b. Catat berat piknometer kosong
- c. Lalu isi tabung piknometer dengan air sampai batas yang telah ditentukan (dengan tutup)
- d. Kemudian timbang tabung berisi air dan catat berat tabung. Sebelum ditimbang pastikan keadaan luar tabung dalam keadaan kering
- e. Catat hasil penimbangan. Setelah itu bersihkan tabung untuk pengujian selanjutnya
- f. Masukkan sekitar 15-25 gram sampel tanah ke dalam piknometer yang sudah dibersihkan
- g. Kemudian isi tabung dengan air sampai batas yang telah ditentukan
- h. Tutup tabung piknometer yang berisi air dan tanah
- i. Pastikan bahwa tabung dalam keadaan kering
- j. Terakhir timbang tabung dan catat hasil dari timbangan.

Percobaan dengan botol piknometer ini bertujuan untuk mengetahui nilai *specific gravity* (GS). Pengujian dilakukan pada tanah yang lolos saringan No. 4.

3) Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan gradasi tanah pada klasifikasi tanah pada tanah sampel.

Alat :

- a. Oven
- b. Timbangan
- c. Satu set ayakan

d. Ember

Langkah kerja :

- a. Siapkan alat dan sampel tanah yang sudah di oven.
- b. Timbang sampel tanah sebanyak 300 gram.
- c. Timbang masing-masing cawan yang digunakan.
- d. Masukkan sampel tanah yang telah ditimbang kedalam mangkuk dan rendam selama ± 10 menit (dijenuhkan).
- e. Lakukan penyaringan dengan memasukkan sampel tanah yang telah telah dijenuhkan tadi kedalam saringan No. 4 lalu cuci tanah tersebut dengan menggunakan air sampai sampel tanah yang tertahan bersih / terlihat jernih dan sampel yang lolos tersebut ditampung pada ember yang telah disimpan dibawah saringan tersebut.
- f. Saring sampel tanah yang lolos di dalam ember menggunakan saringan berikutnya yaitu No.10, lalu cuci tanah tersebut dengan menggunakan air sampai sampel tanah yang tertahan bersih / terlihat jernih dan sampel yang lolos ditampung pada ember yang telah disimpan dibawah saringan tersebut.
- g. Selanjutnya ulangi langkah tersebut sampai ke saringan No.200.
- h. Masukkan sampel tanah yang tertahan ke cawan berdasarkan No saringan masing-masing.
- i. Oven sampel tanah yang tertahan pada masing – masing saringan selama ± 24 jam.
- j. Keluarkan tanah tersebut dari oven lalu dinginkan tanah tersebut hingga suhunya menjadi konstan.
- k. Timbang berat sampel tanah yang tertahan berdasarkan No.saringan yang tadi telah didinginkan.

4) Uji *Atteberg*

Percobaan ini dilakukan untuk mencari batas konsistensi tanah berbutir halus. Batas konsistensi dipengaruhi oleh kadar air tanah. Batas–batas

Atteberg terdiri dari : batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*).

1. Uji Batas Cair (*liquid limit*)

Alat :

- a. Mangkok kuningan
- b. Penggores Standar

Langkah-langkah pengujian :

- a. Membuat pasta tanah, merupakan campuran tanah dengan air
- b. Lalu letakkan pasta tanah di atas mangkok kuningan
- c. Buat goresan menggunakan alat penggores tepat dibagian tengah pasta tanah
- d. Mangkok kuningan dapat diangkat dan dijatuhkan dengan sebuah pengungkit eksentris dan dijalankan oleh suatu pemutar.
- e. Dengan menjalankan alat pemutar, kemudian mangkok dinaik-turunkan.
- f. Mangkok dinaik-turunkan sebanyak 25 pukulan yang didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*).

2. Uji Batas Plastis (*liquid limit*)

Batas terendah kondisi kadar air ketika tanah masih pada kondisi plastis.

Alat :

- a. Cawan
- b. Air suling
- c. Plat kaca

Langkah-langkah pengujian :

- a. Siapkan benda uji sekitar 20 gram dari material yang lolos saringan No. 40 (0,425 mm).

- b. Lalu tempatkan benda uji ke dalam cawan, kemudian campur dengan air suling atau air mineral sampai kondisi tanah menjadi plastis.
- c. Ambil 1,5 gram sampai 2,0 gram, lalu dibentuk bulat dengan cara menggelengkan telapak tangan panjang sekitar 3 mm.
- d. Geleng tanah hingga tanah mengalami keretakan di ujung ataupun tengah benda uji. Tanah nantinya akan terpisah-pisah.

1) *Direct Shear Test*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kohesi tanah dan sudut geser tanah. Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat geser tanah adalah :

Alat :

- a. Alat geser langsung
- b. Alat pengeluar contoh dan pisau pemotong
- c. Cincin cetak benda uji
- d. Stopwatch

Langkah Pengujian :

- a. Buat 3 benda uji dari tanah yang sudah di padatkan.
- b. Letakkan benda uji diantara 2 batu pori
- c. Selanjutnya letakkan benda uji pada alat geser langsung
- d. Pasang stang penekan vertikal untuk memberi beban normal pada benda uji
- e. Pasang penggeser benda uji pada arah mendatar untuk memberi beban mendatar pada bagian atas cincin penguji, atur pembacaan dial geser sehingga menunjukkan angka nol, kemudian buka kunci cincin.
- f. Berikan beban normal pertama sesuai dengan manual alat.

- g. Setelah selesai dengan beban pertama, ulangi percobaan dengan dengan beban tiga kali beban awal
- h. Catat hasil pembacaan dial.

3.5.2 Pemodelan Lereng Menggunakan Software

Pemodelan lereng digunakan untuk mengetahui bidang kelongsoran dari lereng tersebut. Bidang Kelongoran ini dibutuhkan untuk mencari faktor stabilitas lereng tersebut. Selain itu bidang kelongsoran ini juga dibutuhkan dalam penentuan metode perencanaan yang digunakan.

Software yang digunakan adalah optum. Data yang telah didapatkan dari pengujian laboratorium dimasukkan kedalam dan dimodelkan sesuai dengan lereng pada lokasi. Selanjutnya program dijalankan untuk mengetahui stabilitas dan bidang longsor lereng.

3.5.3 Peningkatan Stabilitas lereng

Langkah ini dilakukan apabila nilai safety faktor dari lereng lebih dari 1 sehingga stabilitas lereng tergolong dalam keadaan labil atau stabil. Peningkatan stabilitas lereng bertujuan untuk meningkatkan nilai safety factor lereng untuk menghindari nilai safety factor lereng turun karena perubahan keadaan. Peningkatan nilai safety factor dilakukan dengan pembangunan turap pada lereng tersebut.

3.5.4 Penentuan Daerah Longsor

Penentuan daerah longsor didapatkan dari hasil analisis stabilitas lereng. Pada daerah tanah yang terjadi longsor disebut dengan daerah longsor aktif, sedangkan daerah diluar longsor disebut daerah longsor pasif.

3.5.5 Perencanaan *soil nailing*

Ada beberapa metode Perbaikan stabilitas lereng yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng. Salah satu metode tersebut adalah *soil nailing*. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam perencanaan dinding penahan tanah :

1. Menghitung berat tanah dan tekanan.
2. Menentukan daerah aktif dan pasif longsor
3. Menghitung Perencanaan *soil nailing*
4. Menghitung safety faktor terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah.

Soil nailing merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam meningkatkan atau memperbaiki stabilitas lereng. Metode ini memiliki kefleksibelan dalam penurunan dan memiliki ketahanan terhadap gempa. Soil nailing di rencanakan untuk menahan penuruana tanah yang terjadi pada daerah longsor aktif.

3.5.6 Pemeriksaan keadaan setelah perbaikan

Keadaan setelah perbaikan perlu dilakukan untuk mengetahui hasil dari perbaikan yang telah direncanakan, sehingga dapat dilakukan perencanaan ulang bila hasil dari perbaikan sebulum dianggap kurang sesuai.

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil stabilitas lereng alami menggunakan program OPTUM g2 didapatkan nilai faktor keamanan 0,868 yang berarti lereng dalam keadaan rawan terhadap longsor jika tidak ada perkutaan
2. Pemilihan metode perbaikan yang digunakan berdasarkan dengan tabel 4.2 dan tabel 4.2 menghasilkan bahwa metode *soil nailing* memiliki paling banyak kelebihan dan paling sedikit kekurangan, sehingga metode yang digunakan adalah metode *soil nailing* . Dengan metode *soil nailing* nilai SF lereng mengalami perubahan dari 0,868 ke 1,517, yang artinya lereng stabil (aman).
3. Hasil nilai SF pada lereng dengan perkuatan *soil nailing* untuk analisis perkuatan lereng menggunakan metode baji(*wadge*) dengan ketinggian 20 meter dan jarak *nail* 2 meter menghasilkan nilai SF 1,552 > 1,5. Untuk analisis perkuatan lereng menggunakan program OPTUM G2 menghasilkan nilai SF dengan ketinggian pemasangan 20 meter dan jarak 2 meter sebesar 1,578 > 1,5. Sedangkan dengan menggunakan panjang 15 meter dan jarak antar *nail* 1 meter, nilai SF menggunakan metode baji sebesar 2,016 > 1,5 (aman) dan menggunakan program OPTUM G2 didapatkan nilai SF sebesar 2,066 > 1,5 (aman).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diperlukan dengan variasi yang lebih banyak metode perkuatan yang lain.

2. Perlu dilakukan penelitian tentang variasi sudut lereng dan kemiringan *nail* dan jarak antar *nail* agar perencanaan *soil nailing* lebih efektif.
3. Perlu dilakukan penelitian tentang perencanaan anggaran biaya dan metode konstruksi.



DAFTAR PUSTAKA

- API, 1987, “ *Recommended Practice for Field Testing Water Based Drilling Fluids* “ Publicarion API RP 13B – 1, America Prolem Institute, Washington D.C.
- Bowles E.J, 1997, “*Foundation Analysis and Design : Fifth Edision* “ McGraw-hill Companies Inc. Singapore
- Brooks, Hugh and Nielsen, Jhon P., 2013, “*Basic of Retaining Wall Design : A Design Guide for Earth Retaining Structures*”. HBA Publications.
- Chen H.X., Zhang L.M., Goa L., Zhu H., Zhang S., 2015. “*Presenting Shallow Landslide Movement on Three-dimensional Digital Terrain*”. Engineering Geology 195 (2015) 122-134.
- Das, Braja M., 2010. “*Principal Geotechnical Engineering* ”. Chengang Learning.
- Elias, V and Juran I. 1991. “ Soail Nailing For Stabilization of highway Slopes and Excavations” Publication FHWA-RD-89-198, Federal Highway Administration, Washington D.C.
- Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Civil Engineering Building , 2000. “*Guide to Retaining Wall Design*”. Goverment Publications Centre.
- Khan, M. Sadik., Hossain, Sahadatt., Ahmed, Asif., Faysal M., 2016. “*Investigation of a Shallow Slope Failure on Expansive clay in Taxes*”. Engineering Geology 2016.

Kumalasari, 2012, Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope (studi kasus pada Lereng Desa Bantas Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali). Tugas Akhir , Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Lamberg J.S and Chamerlenghi A. 2008 “*THE SIGNIFICANCE OF CONTOURITES FOR SUBMARINE SLOPE STABILITY chapter 25*”. Development in Sedimentology.

National Concrete Masonry Association, 2016, “*Segmental Retaining Wall Best Practices for the Specification, Design, Construction, and Inspection of SRW System*”.

U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2015, “*Soil Nail Walls Refrences Manul*” AASTHO LRFD Bridge Design Specifications, 7th edition, Federal Highway Administration, Wangshington D.C.

Zhou, Yun, 2006. “*Geotechnical Engineering : Slope Stability chapter 6*”. U.S Departemant Transportation.

Lampiran-Lampiran

Data Hasil Uji Tanah

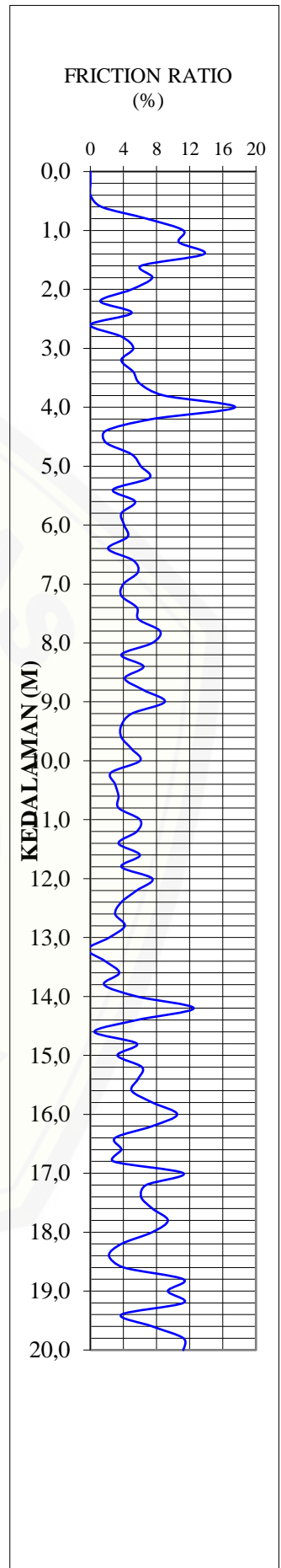
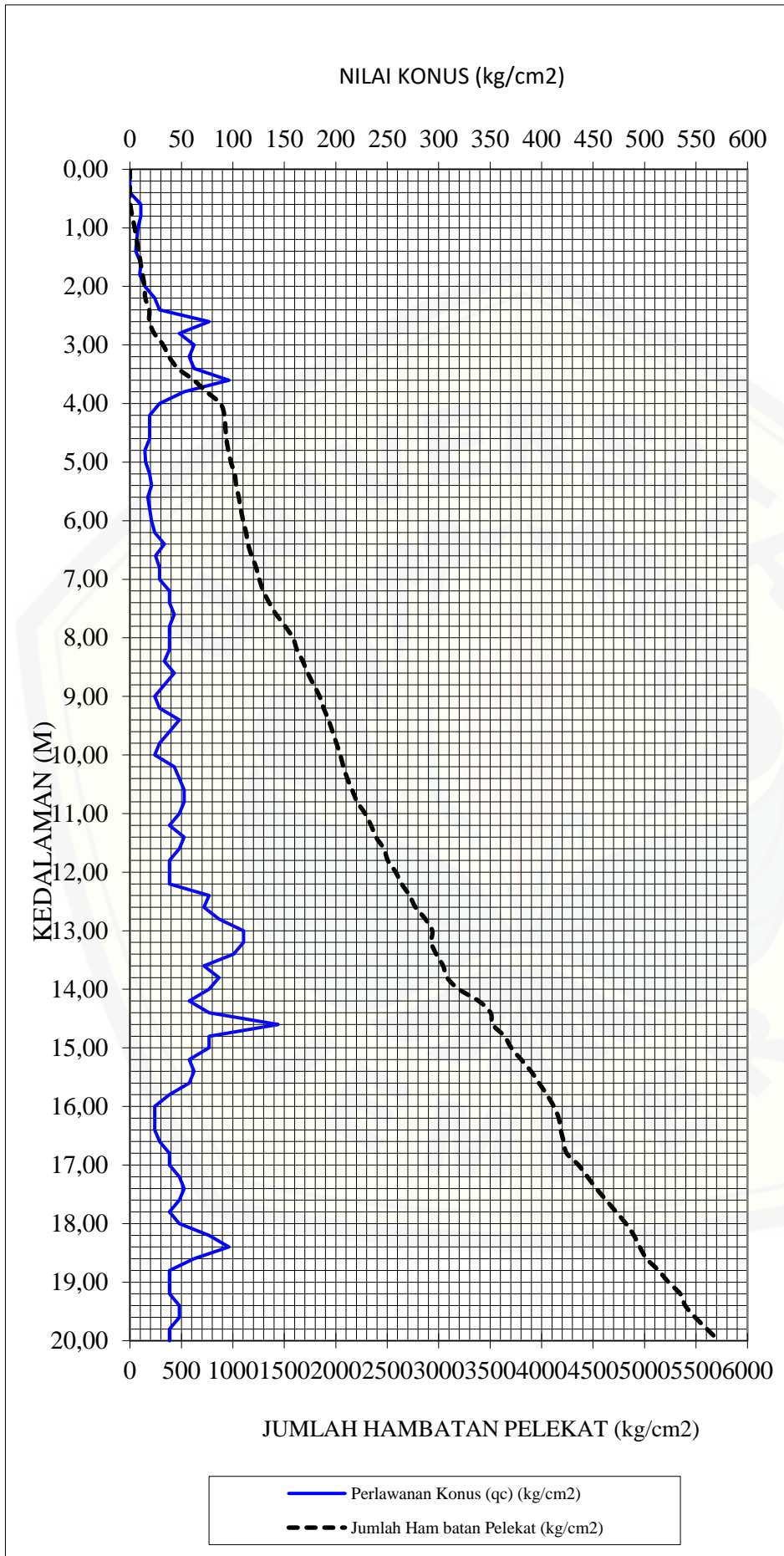
1. Sondir

Kedalaman (meter)	Perlawanan Konus (qc) (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (kg/cm ²)	Perlawanan Gesek (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Jumlah Ham batan Pelekat (kg/cm ²)	Rasio Gesekan (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	0	0	0	0	0	0,00
0,40	0	0	0	0	0	0,00
0,60	10,56	12,48	1,92	3,84	3,84	1,36
0,80	10,56	20,16	9,6	19,2	23,04	6,81
1,00	7,68	19,2	11,52	23,04	46,08	11,24
1,20	6,72	16,32	9,6	19,2	65,28	10,70
1,40	5,76	16,32	10,56	21,12	86,4	13,73
1,60	10,56	19,2	8,64	17,28	103,68	6,13
1,80	9,6	19,2	9,6	19,2	122,88	7,49
2,00	14,4	24	9,6	19,2	142,08	4,99
2,20	24	27,84	3,84	7,68	149,76	1,20
2,40	28,8	48	19,2	38,4	188,16	4,99
2,60	76,8	76,8	0	0	188,16	0,00
2,80	48	72	24	48	236,16	3,75
3,00	62,4	105,6	43,2	86,4	322,56	5,19
3,20	57,6	86,4	28,8	57,6	380,16	3,75
3,40	62,4	105,6	43,2	86,4	466,56	5,19
3,60	96	172,8	76,8	153,6	620,16	5,99
3,80	52,8	115,2	62,4	124,8	744,96	8,85
4,00	28,8	96	67,2	134,4	879,36	17,48
4,20	19,2	38,4	19,2	38,4	917,76	7,49
4,40	19,2	24	4,8	9,6	927,36	1,87
4,60	19,2	24	4,8	9,6	936,96	1,87
4,80	14,4	24	9,6	19,2	956,16	4,99
5,00	15,36	27,84	12,48	24,96	981,12	6,03

Kedalaman (meter)	Perlawanan Konus (qc) (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (kg/cm ²)	Perlawanan Gesek (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Jumlah Ham batan Pelekat (kg/cm ²)	Rasio Gesekan (%)
5,20	19,2	37,44	18,24	36,48	1017,6	7,12
5,40	21,12	28,8	7,68	15,36	1032,96	2,72
5,60	17,28	29,76	12,48	24,96	1057,92	5,41
5,80	19,2	28,8	9,6	19,2	1077,12	3,75
6,00	21,12	32,64	11,52	23,04	1100,16	4,09
6,20	24,00	38,40	14,40	28,80	1128,96	4,49
6,40	33,60	43,20	9,60	19,20	1148,16	2,14
6,60	24,96	42,24	17,28	34,56	1182,72	5,19
6,80	28,80	50,88	22,08	44,16	1226,88	5,74
7,00	28,80	44,16	15,36	30,72	1257,60	4,00
7,20	38,40	57,60	19,20	38,40	1296,00	3,75
7,40	38,40	67,20	28,80	57,60	1353,60	5,62
7,60	43,20	76,80	33,60	67,20	1420,80	5,83
7,80	38,40	81,60	43,20	86,40	1507,20	8,43
8,00	38,40	76,80	38,40	76,80	1584,00	7,49
8,20	38,40	57,60	19,20	38,40	1622,40	3,75
8,40	33,60	62,40	28,80	57,60	1680,00	6,42
8,60	43,20	67,20	24,00	48,00	1728,00	4,16
8,80	33,60	62,40	28,80	57,60	1785,60	6,42
9,00	24,00	52,80	28,80	57,60	1843,20	8,99
9,20	28,80	48,00	19,20	38,40	1881,60	4,99
9,40	48,00	72,00	24,00	48,00	1929,60	3,75
9,60	38,40	57,60	19,20	38,40	1968,00	3,75
9,80	28,80	48,00	19,20	38,40	2006,40	4,99
10,00	24,00	43,20	19,20	38,40	2044,80	5,99
10,20	43,20	57,60	14,40	28,80	2073,60	2,50
10,40	48,00	67,20	19,20	38,40	2112,00	3,00
10,60	52,80	76,80	24,00	48,00	2160,00	3,40
10,80	52,80	76,80	24,00	48,00	2208,00	3,40
11,00	48,00	86,40	38,40	76,80	2284,80	5,99

Kedalaman (meter)	Perlawanan Konus (qc) (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (kg/cm ²)	Perlawanan Gesek (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Jumlah Ham batan Pelekat (kg/cm ²)	Rasio Gesekan (%)
11,20	38,40	67,20	28,80	57,60	2342,40	5,62
11,40	52,80	76,80	24,00	48,00	2390,40	3,40
11,60	48,00	86,40	38,40	76,80	2467,20	5,99
11,80	38,40	57,60	19,20	38,40	2505,60	3,75
12,00	38,40	76,80	38,40	76,80	2582,40	7,49
12,20	38,40	67,20	28,80	57,60	2640,00	5,62
12,40	76,80	115,20	38,40	76,80	2716,80	3,75
12,60	72,00	100,80	28,80	57,60	2774,40	3,00
12,80	86,40	134,40	48,00	96,00	2870,40	4,16
13,00	110,40	144,00	33,60	67,20	2937,60	2,28
13,20	110,40	105,60	-4,80	-9,60	2928,00	-0,33
13,40	100,80	124,80	24,00	48,00	2976,00	1,78
13,60	72,00	105,60	33,60	67,20	3043,20	3,50
13,80	86,40	105,60	19,20	38,40	3081,60	1,66
14,00	76,80	134,40	57,60	115,20	3196,80	5,62
14,20	57,60	153,60	96,00	192,00	3388,80	12,48
14,40	76,80	134,40	57,60	115,20	3504,00	5,62
14,60	144,00	153,60	9,60	19,20	3523,20	0,50
14,80	76,80	134,40	57,60	115,20	3638,40	5,62
15,00	76,80	110,40	33,60	67,20	3705,60	3,28
15,20	57,60	105,60	48,00	96,00	3801,60	6,24
15,40	62,40	110,40	48,00	96,00	3897,60	5,76
15,60	57,60	96,00	38,40	76,80	3974,40	4,99
15,80	38,40	76,80	38,40	76,80	4051,20	7,49
16,00	24,00	57,60	33,60	67,20	4118,40	10,49
16,20	24,00	48,00	24,00	48,00	4166,40	7,49
16,40	24,00	33,60	9,60	19,20	4185,60	3,00
16,60	28,80	43,20	14,40	28,80	4214,40	3,75
16,80	38,40	52,80	14,40	28,80	4243,20	2,81
17,00	38,40	96,00	57,60	115,20	4358,40	11,24

Kedalaman (meter)	Perlawanan Konus (qc) (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (kg/cm ²)	Perlawanan Gesek (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Jumlah Ham batan Pelekat (kg/cm ²)	Rasio Gesekan (%)
17,20	48,00	91,20	43,20	86,40	4444,80	6,74
17,40	52,80	96,00	43,20	86,40	4531,20	6,13
17,60	48,00	96,00	48,00	96,00	4627,20	7,49
17,80	38,40	86,40	48,00	96,00	4723,20	9,36
18,00	48,00	96,00	48,00	96,00	4819,20	7,49
18,20	76,80	115,20	38,40	76,80	4896,00	3,75
18,40	96,00	124,80	28,80	57,60	4953,60	2,25
18,60	62,40	96,00	33,60	67,20	5020,80	4,03
18,80	38,40	96,00	57,60	115,20	5136,00	11,24
19,00	38,40	86,40	48,00	96,00	5232,00	9,36
19,20	38,40	96,00	57,60	115,20	5347,20	11,24
19,40	48,00	72,00	24,00	48,00	5395,20	3,75
19,60	48,00	96,00	48,00	96,00	5491,20	7,49
19,80	38,40	96,00	57,60	115,20	5606,40	11,24
20,00	38,40	96,00	57,60	115,20	5721,60	11,24

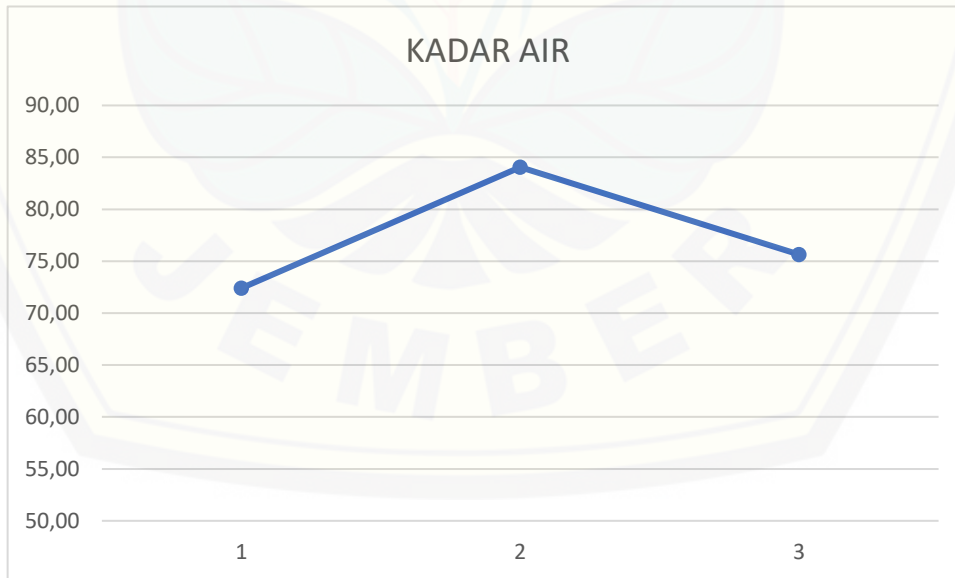


2. Berat Isi

No. Contoh	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)	Rata-rata (gr/cm ³)
1	17,22	87,18	69,96	39,25	1,78	1,764
2	17,22	85,86	68,64	39,25	1,75	
3	17,22	86,36	69,14	39,25	1,76	

3. Kadar Air

TTIK		2				
A	NOMOR CAWAN			COM I	10	WK I
B	BERAT CAWAN		(gram)	8,83	9,04	8,57
C	BERAT CAWAN + TANAH BASAH		(gram)	26,76	28,66	32,72
D	BERAT CAWAN + TANAH KERING		(gram)	19,23	19,7	22,32
E	BERAT AIR	C - D	(gram)	7,53	8,96	10,40
F	BERAT TANAH KERING	D - B	(gram)	10,4	10,66	13,75
G	KADAR AIR TANAH	(E / F) x 100	(%)	72,40	84,05	75,64
	KADAR AIR TANAH RATA-RATA		(%)		79,84	

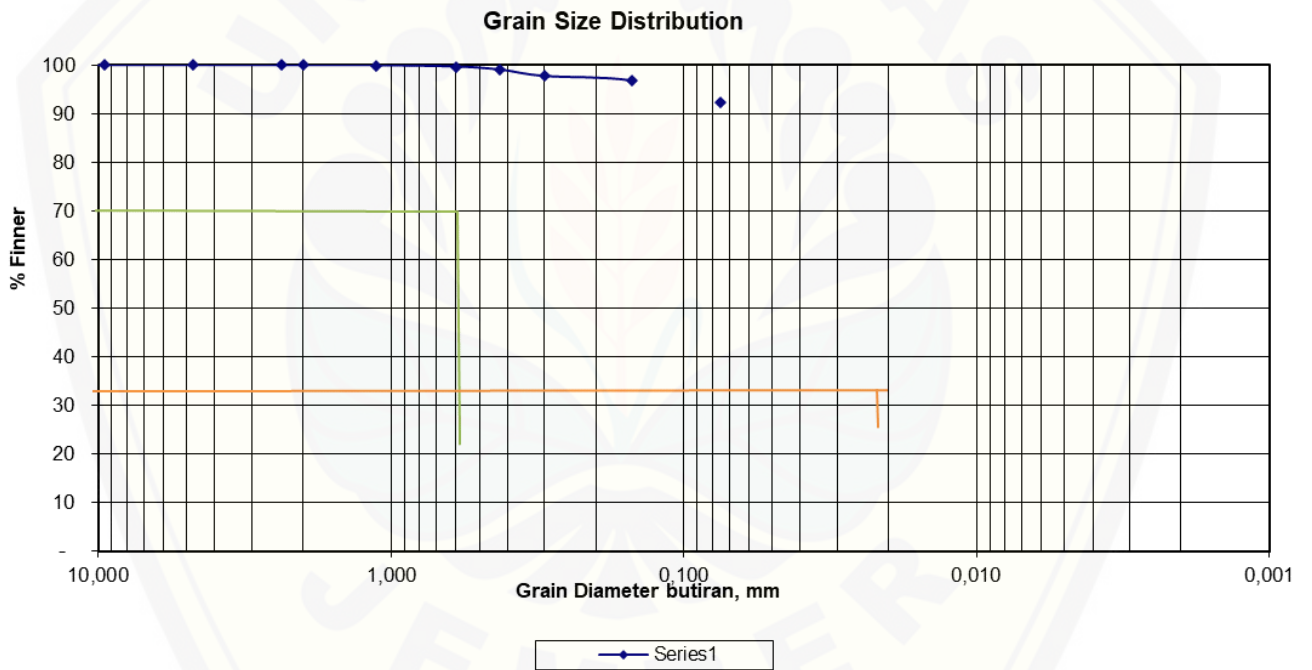


4. Gravity Specific

No. Contoh		1	2
No. Picnometer		1	2
Berat Picnometer W1	gr	50,78	71,56
Berat Picnometer + Tanah W2	gr	57,66	81,37
Berat Tanah Wt = W2 - W1	gr	6,88	9,81
Berat Picnometer + air + tanah W3	gr	154,45	173,39
Berat Picnometer + air W4	gr	150,43	167,97
Berat Picnometer + air W4'	gr	150,04	167,53
Faktor Koreksi		0,9974	0,9974
Suhu	°C	30,00	30,00
Specific Grafity (W2-W1)/((W4'-W1)-(W3-W2))		2,79	2,48
Rata-rata Specific Grafity, Gs		2,634	

5. Analisis Saringan

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		605	605	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	585	585	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	420	420	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	290	290	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	440	440	0	0,00	0,0	100,0
10	2,000	290	290	0	0,00	0,0	100,0
16	1,130	425	425,07	0,07	0,01	0,0	100,0
30	0,600	420	421,37	1,37	0,28	0,3	99,7
40	0,425	415	418,03	3,03	0,61	0,9	99,1
50	0,300	285	291,43	6,43	1,29	2,2	98
100	0,150	410	414,74	4,74	0,95	3,1	96,9
200	0,075	325	347,71	22,71	4,57	7,7	92,3
pan		470	928,35	458,35	92,28	100,0	0
SUM				496,7	100,00		

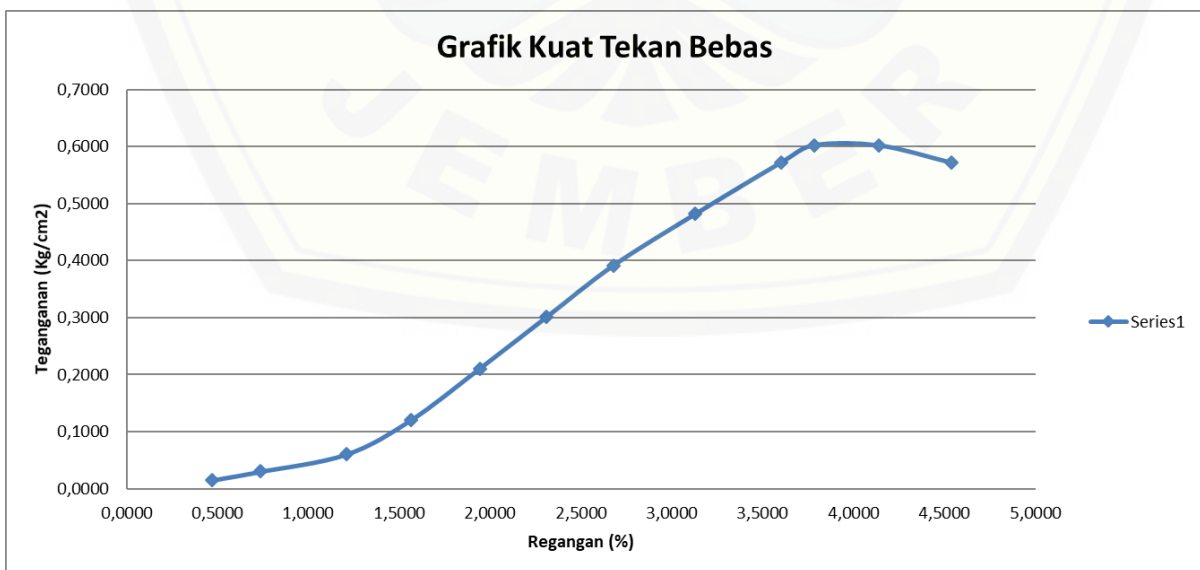


6. Atterberg

SAMPLE			%	
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	11	88,01	1	62,28
2	20	87,17		
3	25	86,04		
4	35	86,04	2	49,11
5	48	83,86		
6	67	82,19		
			RATA-RATA	55,69
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
86,04		55,69		48,21

7. Kuat Tekan Bebas

Waktu (Menit)	Regangan		Beban			Luas		Tegangan (kg/cm ²)
	Pemb	Regangan (%)	Pemb	Kalibrasi	Beban	Angka Koreksi	Luas Koreksi	
0								
0,5	45	0,4727	0,5	0,529	0,2645	1,0000	17,5636	0,0151
1	70	0,7353	1	0,529	0,5290	1,0001	17,5640	0,0301
2	115	1,2080	2	0,529	1,0580	1,0001	17,5648	0,0602
3	149	1,5651	4	0,529	2,1160	1,0002	17,5655	0,1205
4	185	1,9433	7	0,529	3,7030	1,0002	17,5661	0,2108
5	220	2,3109	10	0,529	5,2900	1,0002	17,5668	0,3011
6	255	2,6786	13	0,529	6,8770	1,0003	17,5674	0,3915
7	298	3,1302521	16	0,529	8,4640	1,00031303	17,5682	0,4818
8	343	3,60294118	19	0,529	10,0510	1,00036029	17,5691	0,5721
9	360	3,78151261	20	0,529	10,5800	1,00037815	17,5694	0,6022
10	394	4,13865546	20	0,529	10,5800	1,00041387	17,5700	0,6022
11	432	4,53781513	19	0,529	10,0510	1,00045378	17,5707	0,5720
	Σ	30	131,5000	6,3480	69,5635	12,0030	210,8056	3,9595



8. Direct Shear

Waktu	8 Kg			16 Kg			24 Kg		
	Ring	Konsol	Shear	Ring	Konsol	Shear	Ring	Konsol	Shear
15	0	3	55	3	0	10	5	4	25
30	4	3	75	8	1	123	10	4	80
45	7	3	100	12	3	281	12	4	135
60	8	3	140	15	4	374	13	6	195
75	9	3	195	18	4,5	491	14	6	255
90	10	3	250	16	7	582	15	8	300
105	11	3	295				16	10	370
120	12	8	355				16	13	420
135	13	13	420				18	13	485
150	13	18	480						
165									
180									
195									
210									
225									
240									
255									
270									
285									

