



**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE
FELLENIUS, *SIMPLIFIED BISHOP*, *SIMPLIFIED JANBU*, DAN
PEMODELAN OPTUM G2+
(STUDI KASUS PULAU SUMATERA)**

SKRIPSI

oleh

**Ari Trisna Sanubari
NIM 151910301107**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE
FELLENIUS, *SIMPLIFIED BISHOP*, *SIMPLIFIED JANBU*, DAN
PEMODELAN OPTUM G2+
(STUDI KASUS PULAU SUMATERA)**

SKRIPSI

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

oleh

**Ari Trisna Sanubari
NIM 151910301107**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Keluarga tercinta Ayah, Ibu, dan Almarhumah Nenek tercinta yang telah membantu baik moril dan materi, mendoakan, mendidik dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga;
2. Dosen Pembimbing Skripsi Bapak M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T., atas kesabarannya dalam membimbing penyelesaian skripsi ini;
3. Almamater tercinta, SDN 2 Tamanagung, SMPN 1 Cluring, SMAN 1 Cluring serta seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah berbagi dan mengajarkanku ilmu yang sangat bermanfaat untuk masa depanku;
4. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2012 yang telah menemani dalam perjuangan bersama untuk menuntut ilmu serta meraih gelar sarjana teknik di Kampus Teknik;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Dream, Believe and Make It Happen.^{*)}

MENANG ATAU KALAH URUSAN BELAKANGAN, TAPI TAK MENYERAH
ADALAH HARGA MATI.^{**)}

^{*)} Agnes Monica: *Dream, Believe, and Make It Happen* [Berita], *Kapanlagi*, 21 Desember 2012.

^{**)} Merry Riana, *Langkah Sejuta Suluh* (Jakarta: PT Graha Pustaka Mdia, 2014), hlm. 346.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Ari Trisna Sanubari

NIM : 151910301107

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius, *Simplified Bishop*, *Simplified Janbu*, dan Pemodelan OptumG2+ (study kasus pulau Sumatra)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 Januari 2018

Yang menyatakan,



Ari Trisna Sanubari
NIM 151910301107

SKRIPSI

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE
FELLENIUS, *SIMPLIFIED BISHOP*, *SIMPLIFIED JANBU*, DAN
PEMODELAN OPTUM G2+
(STUDI KASUS PULAU SUMATERA)**

oleh

Ari Trisna Sanubari
NIM 151910301107

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius, *Simplified Bishop*, *Simplified Janbu*, Dan Pemodelan Optum G2+(Studi Kasus Pulau Sumatra)” telah diuji dan disahkan pada:

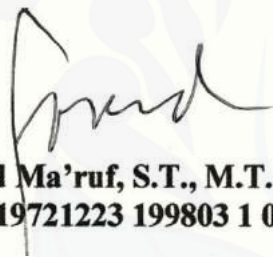
hari, tanggal : Selasa, 30 Januari 2018

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota



M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D
NIP 19721223 199803 1 002



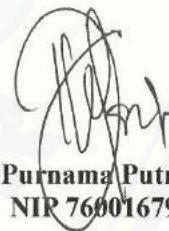
Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T
NIP 760016771

Penguji 1

Penguji 2



Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T
NIP 19710804 199803 1 002



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

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik,



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

RINGKASAN

Analisis Stabilitas Tanah dengan Penggunaan Metode Fellenius, *Simplified Bishope*, *Simplified Janbu*, dan Pemodelan Optum G2+ di Pulau Sumatera; Ari Trisna Sanubari 151910301107; 2017: 46 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pulau Sumatera adalah pulau dengan kekayaan tambang bumi yang melimpah seperti kandungan mineral yang banyak. Berdasarkan hasil tambang pulau Sumatra memiliki batu bara, minyak dan gas bumi, serta timah. Selain hasil tambang, pulau Sumatera juga memiliki kandungan batuan seperti; marmer, andesit, batu gamping, granit, kaolin, batu mulia, fospat, pasir, dan serpentinit. Selain memiliki kandungan tambang yang melimpah pulau Sumatra adalah pulau dengan aktivitas tektonik dan saismik yang tinggi. Karena hal tersebut pulau Sumatra sering mengalami kejadian gempa bumi dengan skala richter yang tinggi.

Pulau Sumatera memiliki beberapa pertambangan bumi seperti tambang minyak, tambang batu bara, tambang emas, dan pertambangan minyak dan gas bumi. Pertambangan biasanya dilakukan di permukaan bumi yang datar atau di permukaan bumi yang tinggi seperti halnya dilakukan di lereng gunung. Untuk mengetahui stabilitas lereng dapat dilakukan dengan cara visual atau dengan cara analisis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas lereng dengan menggunakan cara analisis. Dengan menggunakan metode Fellenius, *simplified janbu*, dan *simplified bishope* serta pemodelan menggunakan *software* Optum G2+. Data yang di gunakan berupa data tanah dan data lereng.

Hasil analisis menunjukkan stabilitas lereng memiliki nilai yang bervariasi dari masing-masing metode. pada metode Fellenius angka stabilitas lereng bervariasi mulai dari 0,7 sampai dengan 1,5 begitu pun dengan metode *simplified Bishope* dan

simplified Janbu nilai stabilitas lereng berkisar antara 1,3 sampai dengan 2 yang berarti lereng dalam keadaan kritis dan stabil. Hasil analisis menggunakan *software* Optum G2+ nilai stabilitas lereng berkisar antara 0,74 sampai dengan 3, dalam artian lereng dalam keadaan stabil.



SUMMARY

Analysis Stability of Slope used Fellenius Method, Simplified Bishop, Simplified Janbu, and Optum Modelling G2+ in Sumatera Island; Ari Trisna Sanubari 151910301107; 2017: pages 46; Civil Engineering Faculty of Engineer University of Jember.

Sumatra is an island with abundant mineral resources such as mineral deposits. Based on the mining results of Sumatra island has coal, oil and gas, and tin. In addition to mining products, the island of Sumatra also contains rocks such as; marble, andesite, limestone, granite, kaolin, precious stones, phospat, sand, and serpentinite. In addition to its abundant mine content the island of Sumatra is an island with high tectonic and seismic activity. Because of this the island of Sumatra often experience the earthquake with a high-richter scale.

Sumatra has several earth quarries such as oil mines, coal mines, gold mines, and oil and gas mining. Mining is usually done on the flat surface of the earth or on the earth's high surface as it does on the slopes. To know the stability of the slope can be done by visual or by way of analysis.

This study aims to determine the stability of the slope by means of analysis. Using the Fellenius method, simplified Janbu, and simplified Bishop and modeling using Optum G2 + software. The data used in the form of soil data and slope data.

The analysis results show that the slope stability has varied values from each method. in the Fellenius method the safety factor of slope stability varies from 0.7 to 1.5 as well as the simplified Bishop and simplified Janbu method of slope stability ranges from 1.3 to 2 which means the slope is in a critical and stable state. The results of analysis using software Optum G2 + slope stability value ranged from 0.74 to 3, in the sense that the slope in a stable state.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Konsep Desain Jembatan Pelengkung Batu Berbasis Metode *Pippard’s Elastic*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

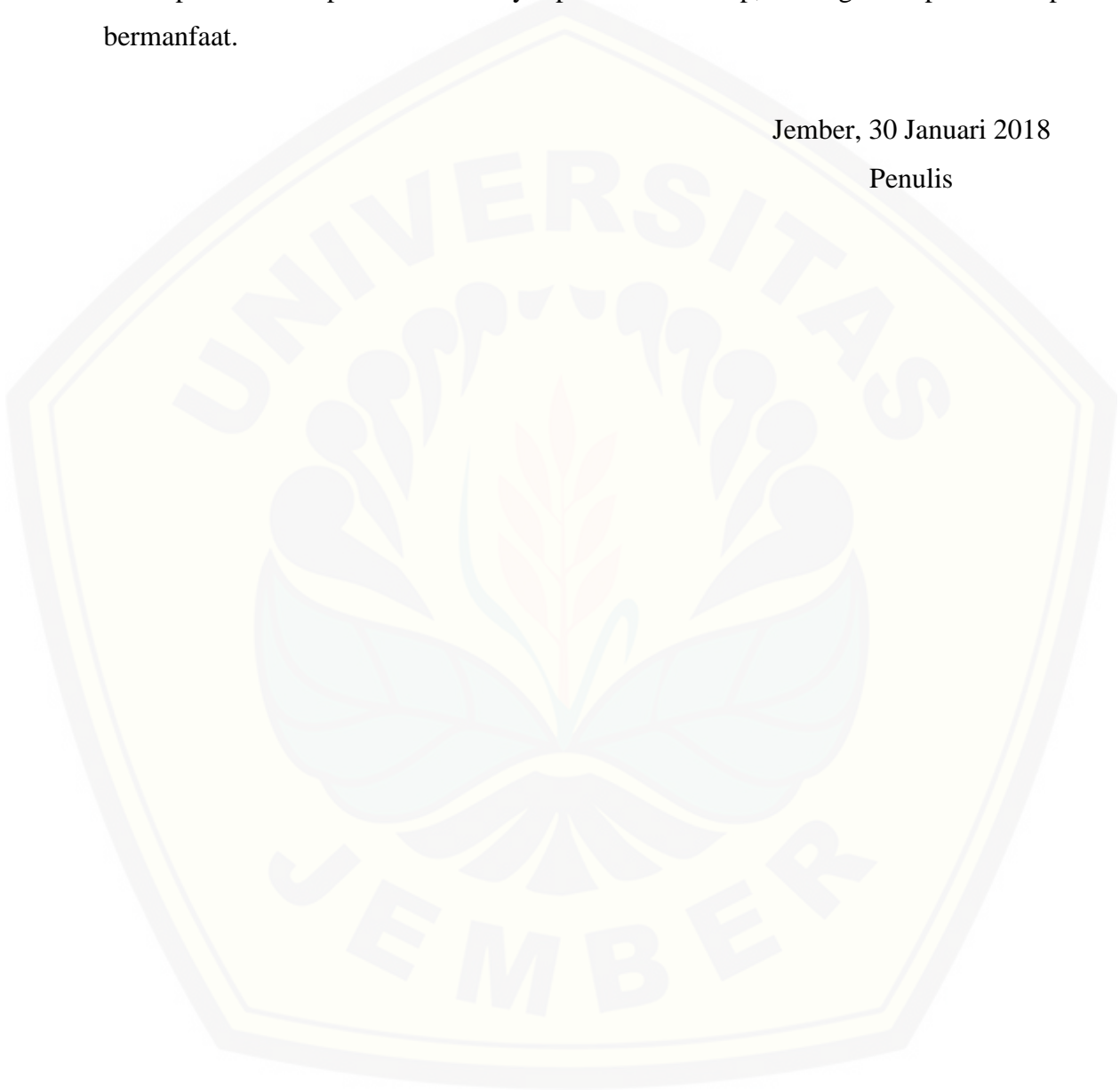
1. M. Farid Ma’ruf, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta saran dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr.Gusfan Halik, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama, dan Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta saran dalam penulisan skripsi ini;
3. M. Farid Ma’ruf, S.T., M.T., Ph.D.selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, sarana dan prasarana selama pengerjaan skripsi ini;
5. Keluarga tercinta ayah dan ibu serta Almarhumah nenek tersayang;
6. rekan sepembimbing Septaria Nugraini, yang telah berjuang bersama serta memberi dorongan/semangat selama proses bimbingan skripsi serta seluruh teman-teman Teknik Sipil 2012;
7. teman-teman terbaikku Agus Setiawan (Suga), Arga Saputra , Hendra Andiananta P, Lya Martha Hayu, Moh. Nazil Ramadhan, Novi Wahyuningtyas, Yusi Putra Darmawan, seluruh manajemen ENGINEER STORE INDONESIA serta teman- yang selalu mendoakan dan memberi semangat dalam pengerjaan skripsi ini;

8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 30 Januari 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Landasan Teori	4
2.2 Stabilitas Lereng	5
2.2.1 Pengaruh Iklim	6
2.2.2 Pengaruh Air	6

2.2.3 Pengaruh Rayapan	7
2.3 Teori Analisis Stabilitas Lereng	7
2.4 Limit Equilibrium	9
2.5 Analisis Stabilitas Dengan Bidang Longsor	
Berbentuk Lingkaran	11
2.6 Metode Irisan	11
2.6.1 Metode Fellenius.....	13
2.6.2 Metode Bishop Disederhanakan	15
2.6.2 Metode Janbu Disederhanakan	17
2.7 Perbandingan Antara Metode <i>Limit Equilibrium</i>	19
2.8 <i>Finite Element</i>	20
2.8.1 Metode <i>Finite Element</i>	21
2.8.2 Prinsip Metode <i>Finite Element</i>	22
2.8.3 Aplikasi Metode <i>Finite Element</i>	22
2.9 Perbandingan LE dan FE	24
2.10 Longsor	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Literatur	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	
3.2.1 Lokasi Penelitian	28
3.2.2 Waktu Penelitian	28
3.2.3 Studi Pustaka	29
3.2.4 Data Primer	29
3.2.5 Perhitungan	29
3.3 Diagram Alir Penelitian	29
3.7 Diagram Alir Program	30
BAB 4. PEMBAHASAN	
4.1 Data Penelitian	32

4.2	Pemodelan Bidang Longsor Lereng 1	33
4.3	Pemodelan Bidang Longsor Lereng 2	38
4.4	Pemodelan Bidang Longsor Lereng 3	39
4.5	Pemodelan Bidang Longsor Lereng 4	40
4.6	Pemodelan Bidang Longsor Lereng 5	41
4.7	Perbedaan Parameter Tiga Metode	42
4.8	Pemodelan Optum G2+	42
4.9	Perbandingan Nilai Optum G2+ dan Perhitungan Manual.....	45
4.10	Perhitungan Manual Bidang Longsor Hasil Optum G2+	46
BAB 5. KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jumlah <i>Unknown</i> pada sebuah lereng dengan nilai <i>N</i> irisan....	13
Tabel 2.2 Ciri-ciri Metode Stabilitas <i>Limit Equilibrium</i>	20
Tabel 2.3 Perbandingan Metode LE dan FE.....	24
Tabel 4.1 Perhitungan Metode Fellenius.	34
Tabel 4.2 Perhitungan Metode <i>Simplified Bishop</i>	34
Tabel 4.3 Perhitungan Metode <i>Simplified Janbu</i>	35
Tabel 4.4 Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng 1	37
Tabel 4.5 Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng 2	38
Tabel 4.6 Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng 3	39
Tabel 4.7 Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng 4	40
Tabel 4.8 Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng 5	41
Tabel 4.9 Parameter Tanah	43
Tabel 4.10 Nilai Faktor Keamanan Optum G2+.....	45
Tabel 4.11 Perbedaan Perhitungan Manual Dengan Optum G2+.....	45
Tabel 4.12 Nilai Faktor Keamanan Dengan Bidang Longsor Optum G2+	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Lereng	8
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Bidang Longsor	11
Gambar 2.3 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Irisan.....	12
Gambar 2.4 Grafik Nilai M_i	18
Gambar 2.5 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada <i>Simplified Janbu</i>	18
Gambar 2.6 Gaya-gaya Yang Bekerja Bidang Irisan	18
Gambar 2.7 Elemen hingga dari sebuah kontinum	22
Gambar 2.8 <i>Rotational, Translational, dan Block Slide</i>	25
Gambar 2.9 <i>Fall</i>	25
Gambar 2.10 <i>Topples</i>	25
Gambar 2.11 <i>Flow</i>	26
Gambar 3.1 Peta Pulau Sumatera.....	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.3 Diagram Alir Program Optum G2+	30
Gambar 4.1 Gambar Lereng 1.....	32
Gambar 4.2 Gambar Lereng 2.....	32
Gambar 4.3 Gambar Lereng 3.....	32
Gambar 4.4 Gambar Lereng 4.....	32
Gambar 4.5 Gambar Lereng 5.....	33
Gambar 4.6 Gambar Bidang Longsor 1 Lereng 1.....	33
Gambar 4.7 Gambar Bidang Longsor 1 Lereng 2.....	38
Gambar 4.8 Gambar Bidang Longsor 1 Lereng 3.....	39
Gambar 4.9 Gambar Bidang Longsor 1 Lereng 4.....	40
Gambar 4.10 Gambar Bidang Longsor 1 Lereng 5.....	41

Gambar 4.11	Gambar Bidang Longsor Optum G2+ Lereng 1	43
Gambar 4.12	Gambar Bidang Longsor Optum G2+ Lereng 2	43
Gambar 4.13	Gambar Bidang Longsor Optum G2+ Lereng 3	44
Gambar 4.14	Gambar Bidang Longsor Optum G2+ Lereng 4	44
Gambar 4.15	Gambar Bidang Longsor Optum G2+ Lereng 5	44
Gambar 4.16	Gambar Bidang Longsor Setelah Disesuaikan Lereng 1	46
Gambar 4.17	Gambar Bidang Longsor Setelah Disesuaikan Lereng 2.. ..	46
Gambar 4.18	Gambar Bidang Longsor Setelah Disesuaikan Lereng 3	47
Gambar 4.19	Gambar Bidang Longsor Setelah Disesuaikan Lereng 4.. ..	47
Gambar 4.20	Gambar Bidang Longsor Setelah Disesuaikan Lereng 5.. ..	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Gambar Kondisi lapangan.....	51
B. Gambar Asumsi Pemodelan Bidang Longsor.....	56
C. Perhitungan Metode Fellenius, <i>Simplified Bishop</i> dan Janbu.....	81
D. Data Sampel Lapangan	194
E. Peta Lokasi.....	195

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang bencana alam sering kali terjadi dan tidak dapat di prediksi. Bencana alam ini biasanya berupa banjir, gempa, tanah longsor, dan masih banyak lagi. Salah satu yang sering terjadi adalah bencana alam tanah longsor. Tanah longsor adalah suatu kejadian atau peristiwa geologi yang disebabkan oleh pergerakan masa batuan, tanah atau puing-puing yang menuruni lereng (Crude, 1991). Tanah longsor ini, bisa terjadi pada lereng alami ataupun lereng buatan. Untuk mencegah kejadian tersebut sangat penting dilakukan analisis stabilitas lereng.

Metode analisis stabilitas lereng ada banyak macamnya. Namun salah satu metode analisis yang sering digunakan adalah *Limit Equilibrium Method* (LEM) dan *Finite Element Method* (FEM).

Analisis dengan menggunakan LEM telah banyak digunakan secara luas, serta metode ini yang mudah digunakan dalam analisa stabilitas lereng. LEM adalah metode dengan total gaya dan momen yang berkaitan dengan permukaan bidang runtuh. Dalam LEM ada banyak jenisnya, seperti metode Wedge, metode Friction Circle (metode Taylor) dan metode irisan (*method of slice*). Metode irisan ini yang termasuk diperkenalkan oleh Fellenius (1936), Bishop (1955), Janbu (1954), Lowe dan Karafiath (1960), Spencer (1967), Morgenstern-Price (1965) dan lain-lain.

FEM sudah ada sejak tahun-tahun lamanya. Metode ini adalah metode yang menggunakan model tegangan dan regangan tanah yang terlibat untuk menghitung tegangan dalam massa tanah. tegangan inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung faktor keamanan. Metode ini sering kali digunakan untuk analisis permasalahan yang lebih rumit.

Pemodelan dengan menggunakan *software* dengan basis analisis numerik FEM telah banyak dilakukan. Beberapa *software* dengan solusi numerik FEM

adalah Plaxis, Matlab, Slope/W, dan masih banyak lagi. Dari beberapa *software* tersebut Optum G2+ adalah salah satu *software* dengan analisis numerik FEM. Salah satu pemodelan analisis stabilitas lereng yang pernah dilakukan (Juven, 2012) dan (Simatupang, 2010) adalah memodelkan longsor dengan menggunakan *software* Plaxis.

LEM adalah metode yang mudah digunakan karena memberikan angka keamanan yang muncul untuk mewakili kondisi kegagalan di lapangan dalam banyak situasi, hanya saja pada metode ini banyak menggunakan asumsi. Sedangkan FEM adalah metode yang memberikan perkiraan untuk masalah yang tidak dapat diselesaikan oleh LEM. Namun biasanya pemodelan dengan metode ini dibatasi oleh beberapa keterbatasan. Misalnya membutuhkan parameter yang lebih banyak dari pada LEM (Simatupang, 2010). Pentingnya analisis stabilitas lereng untuk bencana tanah longsor, banyak peneliti melakukan analisis stabilitas lereng dengan berbagai metode. Baik itu LEM ataupun FEM.

Penelitian yang pernah dilakukan salah satu peneliti yaitu membandingkan metode LEM dan FEM untuk mengetahui besaran penurunan angka keamanan dengan membandingkan kondisi di lapangan serta menentukan metode yang lebih mendekati kondisi di lapangan (Juven, 2012). Peneliti selanjutnya juga membandingkan LEM dengan metode FEM untuk mengetahui besaran nilai angka keamanan dengan kedua metode tersebut untuk analisis lereng homogen (Simatupang, 2010).

Dengan banyaknya penelitian yang dilakukan serta dengan keterbatasan dan keunggulan masing-masing metode yang diberikan oleh kedua metode tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan study perbandingan antara kedua metode tersebut. Dengan mengambil study dipulau Sumatra dengan jalur pipa gas yang mengalami longsor akibat banjir. Dengan longsornya jalur pipa gas yang dapat berdampak pada lingkungan sekitar maka perlu dilakukannya analisis stabilitas lereng dengan kedua metode tersebut.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai angka keamanan lereng jalur pipa gas yang ada di pulau Sumatera?
2. Adakah perbedaan untuk angka keamanan lereng dengan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan *Software*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui besar nilai angka keamanan lereng jalur pipa gas di pulau Sumatra.
2. Mengetahui apakah ada perbedaan perhitungan manual untuk angka keamanan lereng jalur pipa gas bumi dengan perhitungan menggunakan *Software*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di peroleh setelah melakukan penelitian ini adalah memberikan informasi terkait kondisi keamanan lereng jalur pipa gas bumi pada pihak terkait.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas solusi konstruksi untuk penanggulangan longsor lebih detail.
2. Tidak membahas pengaruh distribusi hujan lebih detail untuk analisis stabilitas lereng.
3. Penelitian dilakukan di Aceh berdasarkan data lapangan pada tahun 2015.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Sebuah permukaan tanah yang terbuka yang berdiri membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal disebut sebuah lereng tanpa perkuatan. Lereng dapat terjadi secara alamiah atau buatan manusia. Jika tanah tidak horizontal, suatu komponen gravitasi akan cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi cukup besar, kegagalan lereng akan terjadi, yakni massa tanah dapat meluncur jatuh. Gaya yang meluncurkan mempengaruhi ketahanan dari kuat geser tanah sepanjang permukaan keruntuhan.

Insinyur teknik sipil sering diminta untuk membuat perhitungan untuk memeriksa keamanan dari lereng alamiah, lereng galian, dan lereng timbunan. Pemeriksaan ini termasuk menentukan kekuatan geser yang terbangun sepanjang permukaan keruntuhan dan membedakannya dengan kekuatan geser tanah. Proses ini disebut analisa stabilitas lereng. Permukaan keruntuhan itu biasanya adalah permukaan kritis yang memiliki faktor keamanan minimum.

Analisa stabilitas lereng adalah hal yang sulit untuk dilakukan. Evaluasi variabel-variabel seperti stratifikasi tanah dan parameter-parameter tanahnya bisa menjadi suatu pekerjaan yang berat. Rembesan pada lereng dan pemilihan suatu permukaan gelincir potensial menambah kompleksitas dari permasalahan ini.

Pengertian tanah longsor sebagai respon dari pada stabilitas yang merupakan faktor utama dalam proses geomorfologi akan terjadi di mana saja di atas permukaan bumi, terutama permukaan relief pegunungan yang berlereng terjal, maupun permukaan lereng bawah laut. Tanah longsor didefinisikan sebagai tanah longsor batuan atau tanah di atas lereng permukaan ke arah bawah lereng bumi disebabkan oleh gravitasi/gaya berat (Nelson, S, A., 2004).

Didaerah yang beriklim tropis termasuk Indonesia, air hujan yang jatuh ke atas permukaan tanah memicu gerakan material yang ada di atas permukaan lereng. Material berupa tanah atau campuran tanah dan bongkahan batuan akan

bergerak ke arah bawah lereng dengan cara air meresap ke dalam celah pori batuan atau tanah, sehingga menambah beban material permukaan lereng dan menekan material tanah dan bongkah-bongkah perombakan batuan, selanjutnya memicu lepas dan bergesernya material bersama-sama dengan air (Karnawaty, D., 2005).

Pada daerah di mana tanahnya sangat datar, terdapat kekuatan yang cenderung gerakan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Pada satu titik bidang dari suatu massa tanah memiliki tegangan geser yang sama dengan kekuatan gesernya, maka keruntuhan akan terjadi pada titik tersebut.

2.2 Stabilitas Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng sendiri dapat terbentuk secara alamiah ataupun dapat di buat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya lereng bukit, tebing sungai dan lain-lain. Sedangkan lereng yang di buat oleh manusia seperti galian dan timbunan untuk suatu konstruksi (Dakung,1987).

Dalam menentukan kestabilan lereng atau kemantapan lereng dapat di lakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu metode Taylor, metode Janbu, metode Fenellius, metode Bishop dan lain-lain. Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainya. (Terzaghi.1950) membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar yaitu, pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Menurut Hardiyatmo, 2010 contoh umumnya untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng. Ke longsor lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut:

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuip angin dan lain-lain.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai dan lain-lain.
5. Kenaikan tekanan tanah lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral).
6. Gempa bumi atau gerakan berlebihan.
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.

2.2.1 Pengaruh Iklim

Di dekat permukaan tanah, kuat geser (terutama lempung) berubah dari waktu ke waktu bergantung pada iklim. Beberapa jenis tanah mengembang saat musim hujan, dan menyusut pada musim kemarau. Pada musim hujan kuat geser tanah ini menjadi sangat rendah dibandingkan dengan musim kemarau. Oleh karena itu, kuat geser tanah yang dipakai dalam analisis stabilitas lereng harus didasarkan pada kuat geser tanah di musim hujan, atau kuat geser pada saat tanah jenuh air (Hardiyatmo, 2010).

2.2.2 Pengaruh Air

Pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor sangat penting dalam stabilitas lereng, namun pengaruh ini sulit diidentifikasi dengan baik. Telah dipelajari bahwa rembesan air yang terjadi di dalam tanah menyebabkan gaya rembesan yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng. Jika pada lereng terjadi penurunan muka air tanah dalam lereng atau di dekat lereng, contohnya

penurunan muka air mendadak pada saluran atau sungai, maka terjadi pengurangan gaya angkat air pada masa tanah, yang menambah beban lereng. Kenaikan beban menyebabkan kenaikan tegangan geser, yang bila tahanan geser tanah terlampaui akan mengakibatkan longsoran lereng. Hal ini banyak terjadi pada lereng yang tanahnya berpermeabilitas rendah.

Gaya geser yang terjadi pada volume konstan dapat diikuti oleh berkurangnya gaya intergranular dan naiknya tekanan air pori. Kelongsoran tanah dapat terjadi bila pengurangan gaya intergranular tanah besar, menyebabkan masa tanah dalam kedudukan *liquifaction* (tegangan efektif nol), sehingga dapat mengalir seperti cairan (Hardiyatmo, 2010).

2.2.3 Pengaruh Rayapan

Permukaan tanah yang miring, tanah dipengaruhi siklus kembang susut. Siklus ini dapat terjadi oleh akibat perubahan temperatur, perubahan dari musim kemarau ke musim hujan, dan di daerah dingin dapat diakibatkan oleh pengaruh pembekuan air. Saat tanah mengembang, tanah naik sehingga melawan gaya-gaya gravitasi. Saat tanah menyusut, tanah turun di bantu oleh gravitasi. Hasil dari gerakan keduanya adalah gerakan perlahan lereng turun ke arah bawah (Hardiyatmo, 2010).

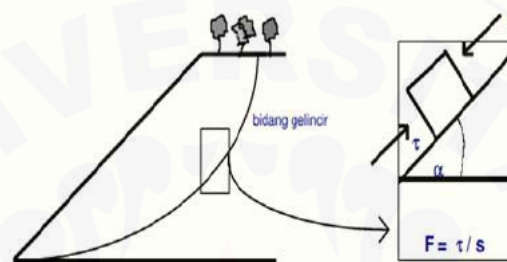
2.3 Teori Analisis Stabilitas lereng

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastik (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat yaitu:

1. Ke longsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
3. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain, kuat geser tanah dianggap isotropik.

4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil perhitungan lebih besar dari 1.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan sebagaimana di jelaskan pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Gaya-gaya yang bekerja pada lereng

Untuk menentukan besaran nilai stabilitas lereng maka dapat di hitung dengan menggunakan rumus berikut :

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

Dimana:

$$\tau = cL + \{(W+V) \cos \alpha - \mu\} \tan \phi$$

$$S = (W+V) \sin \alpha$$

Keterangan:

$$\tau = \text{tahanan geser sepanjang } L \quad (t/m^2)$$

$$c = \text{kohesi massa lereng } (t/m^2)$$

$$L = \text{panjang segmen bidang gelincir } (m)$$

$$W = \text{berat massa lereng di atas segmen } L \text{ (ton)}$$

$$V = \text{beban luar (ton)}$$

$$\alpha = \text{sudut yang di bentuk oleh bidang gelincir dengan bidang horizontal}$$

$$\mu = \text{tekanan pori}$$

$$\phi = \text{sudut geser dalam massa lereng}$$

$$S = \text{gaya dorong geser } (ton/m^2)$$

$$F = \text{faktor aman lereng}$$

Parameter untuk nilai keadaan aman stabilitas lereng adalah sebagai berikut :

$F > 1,25$ lereng dalam keadaan stabil

$F < 1,07$ lereng dalam keadaan labil atau sering terjadi longsor

$1,07 < F < 1,25$ lereng dalam keadaan kritis

2.4 Limit Equilibrium

Metode *limit equilibrium* adalah pendekatan yang paling populer dalam analisa stabilitas lereng. Metode ini dikenal menjadi permasalahan statis tak tentu dan asumsi pada kekuatan geser antar irisan diperlukan untuk membuat permasalahan menjadi statis tentu. Berdasarkan asumsi pada kekuatan internal dan kekuatan momen keseimbangan, ada lebih dari 10 metode yang dikembangkan untuk analisis stabilitas lereng. Metode yang terkenal termasuk yang diperkenalkan oleh Fellenius (1936), Bishop (1955), Janbu (1954, 1957, 1973), Lowe dan Karafiath (1960), Spencer (1967), Morgenstern-Price (1965) dll.

Fellenius (1936) memperkenalkan metode pertama, disebut sebagai cara sederhana atau metode Swedia, untuk permukaan gelincir melingkar. Bishop (1955) mengembangkan metode yang pertama memperkenalkan hubungan dasar gaya normal. Persamaan untuk angka keamanan menjadi non-linear. Janbu (1954) kemudian mengembangkan metode sederhana untuk keruntuhan permukaan tidak-melingkar, membagi massa bidang runtuh menjadi beberapa irisan vertikal.

Setelah itu, Morgenstern-Price (1965), Spencer (1967), Sarma (1973) dan beberapa orang lain membuat kontribusi lebih lanjut dengan asumsi yang berbeda untuk gaya antar irisan. Sebuah prosedur umum *limit equilibrium* dikembangkan oleh Chugh (1986) sebagai kelanjutan dari metode Spencer dan Morgenstern-Price. Ulasan perkembangan di atas bertujuan untuk mengetahui kunci perbedaan dalam berbagai pendekatan untuk penentuan angka keamanan lereng.

Pada metode *limit equilibrium* keruntuhan yang terjadi pada titik sepanjang permukaan runtuh diketahui (diasumsikan). Kekuatan geser yang dibutuhkan untuk mempertahankan batas keseimbangan harus dibandingkan dengan kekuatan geser yang dimiliki oleh tanah. Asumsi dasar dari metode *Limit Equilibrium* adalah bahwa kriteria leleh Coulomb harus dipenuhi sepanjang permukaan bidang

longsor. Analisanya dilakukan dengan memisalkan terlebih dahulu permukaan bidang longsor dari suatu lereng, kemudian dengan menggunakan syarat-syarat kesetimbangan serta asumsi-asumsi yang diperlukan akan diperoleh besaran kuantitatif atau angka keamanan dari lereng tersebut.

Pada umumnya angka keamanan untuk metode ini didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan geser yang tersedia (*available shear strength*) dengan tegangan geser perlawanan (*mobilized shear strength*), angka keamanan ini dianggap konstan sepanjang permukaan bidang longsor dan dapat dinyatakan:

$$fs = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2.2)$$

Keterangan:

F_s = Faktor keamanan

τ_f = Kuat geser tanah rata-rata dari tanah

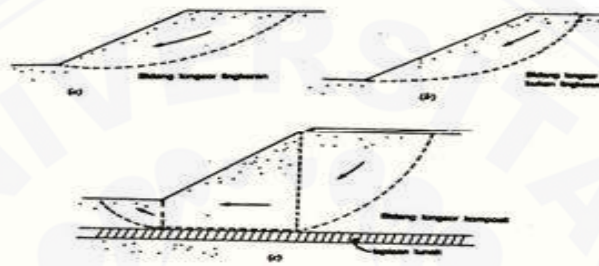
τ_d = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Ada banyak metode *Limit Equilibrium* antara lain: Metode Wedge, Metode *Friction Circle* (Metode Taylor) dan Metode Irisan (*method of Slices*) yang terdiri dari antara lain Metode Fellenius, Metode Bishop yang disederhanakan (*Bishop Simplified Method*), Metode Spencer, Metode Janbu, Metode Janbu yang disederhanakan (*Janbu Simplified Method*) dan Metode Morgenstern & Price. Metode *Friction Circle* dipakai untuk lereng dengan jenis tanah homogen, sedangkan untuk lereng dengan tanah yang tidak homogen, pada umumnya digunakan analisa dengan cara membagi bidang longsor dalam irisan-irisan (*method of Slices*) yang diprakarsai oleh Fellenius (1936)

Selain metode *Limit Equilibrium*, dikenal pula metode *Limit Analysis*. Sama seperti metode *Limit Equilibrium*, metode *Limit Analysis* menggunakan konsep plastis sempurna (*perfect plasticity*) dan juga asumsi bahwa kriteria leleh dari Coulomb harus dipenuhi pada permukaan bidang longsor. Perbedaannya adalah metode *Limit Analysis* mempertimbangkan arah regangan plastis tanah terhadap suatu keadaan tegangan dengan suatu idealisasi tertentu yaitu konsep normalitas (*flow rule*) sedangkan dalam metode *Limit Equilibrium* hal ini tidak dipertimbangkan.

2.5 Analisis Stabilitas Dengan Bidang Longsor Berbentuk Lingkaran

Untuk tanah homogen, kebanyakan peristiwa longsor tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Keruntuhan lereng dari jenis tanah kohesif banyak terjadi karena bertambahnya kadar air tanah. Sebab terjadinya longsor adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longornya.



Gambar 2.2 bentuk bidang longsor

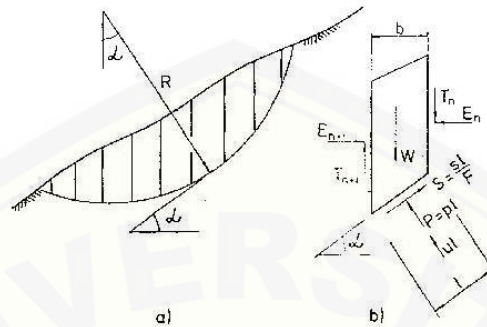
Bentuk anggapan bidang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitas secara matematik, dan mempertimbangkan mendekati bentuk sebenarnya dari bidang longsor yang sering terjadi di alam. Keakuratan hasil hitungan analisis stabilitas lereng, sangat bergantung pada sifat-sifat tanah dan lokasi bidang longsor kritisnya.

2.6 Metode Irisian (*Method of Slice*)

Metode irisan adalah metode yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng dengan tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu.

Gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, masa tanah yang longsor di pecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap-tiap irisan diperhatikan. Gaya-gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_1) dan gaya normal efektif (E_r dan E_1) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar irisan. Tekanan air pori U_1 dan U_r

bekerja di kedua sisi irisan, dan tekanan pori U_i bekerja pada dasarnya atau di anggap tekanan air pori sudah diketahui sebelumnya. berikut gambarnya:



Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan

Keterangan:

W = Berat Irisan

E_n, E_{n+1} = Resultan gaya horizontal yang bekerja pada irisan ke n dan $n+1$ (*horizontal internal force*)

$T_n + T_{n+1}$ = Resultan gaya vertikal yang bekerja pada irisan ke n dan $n+1$ (*Vertical internal force*)

P = gaya normal efektif pada dasar irisan

S = Gaya geser yang bekerja pada irisan

b = lebar irisan

l = Panjang Irisan

Besaran-besaran yang tidak diketahui pada satu irisan adalah angka keamanan (F_s) yang dianggap konstan sepanjang permukaan bidang longsor, gaya normal P , gaya geser S yang bekerja pada dasar irisan, gaya geser vertikal T dan gaya normal E yang bekerja pada batas antar irisan, letak titik tangkap gaya normal P dan E Secara keseluruhan untuk satu bidang longsor yang dibagi dalam N irisan, jumlah besaran yang tidak diketahui adalah $6N-2$, seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jumlah *Unknown* pada sebuah lereng dengan N irisan

<i>Unknown</i>	Banyaknya
F	1
P	N
S	N
E	N-1
T	N-1
Letak titik tangkap E	N-1
Letak titik tangkap P	N
Jumlah	6N-2

Sumber (Hartoyo, 1997)

Dalam satu irisan terdapat tiga persamaan keseimbangan yaitu: keseimbangan arah horizontal, vertikal dan momen serta satu persamaan Mohr-Coulomb, maka untuk N irisan akan terdapat 4N persamaan. Jumlah bilangan yang tidak diketahui (*unknown*) ada (6N-2), sehingga persoalan adalah statis tak tentu tingkat (2N-2). Oleh karena itulah untuk menyelesaikan persoalan tersebut dibuat asumsi-asumsi agar persoalan menjadi statis tertentu. Setiap metode mungkin mempunyai asumsi yang berbeda sehingga penyelesaian yang diperoleh antara satu metode dengan metode yang lain akan sedikit berbeda.

Sejumlah metode irisan telah diusulkan didasarkan pada asumsi-asumsi yang berbeda gaya-gaya antar irisan. Asumsi-asumsi ini secara umum dibuat didasarkan pada intuisi dan pengalaman. Beberapa contoh ialah sebagai berikut : Fellenius (1936) menyatakan besar dari gaya-gaya antar irisan pada setiap irisan sama dengan nol Bishop (1955) menyatakan besar gaya geser antara irisan sama dengan nol, sehingga membuat resultan dari gaya antar irisan horizontal. Janbu (1956) dalam metode yang disederhanakannya (*Janbu Simplified Method*), juga menyatakan gaya geser antar irisan pada setiap irisan sama dengan nol. Morgenstern & Price (1965) mengasumsikan inklinasi dari resultan gaya-gaya antar irisan sebagai fungsi lokasi. Spencer (1967) mengasumsikan semua resultan gaya-gaya antar irisan paralel.

Dalam metode irisan, terdapat dua jenis penyelesaian. Yang pertama penyelesaian yang disederhanakan (*simplified solution*) di mana syarat-syarat dari kesetimbangan statika tidak secara tepat terpenuhi. Asumsi-asumsi dibuat untuk

menghasilkan penyelesaian dalam bentuk yang mudah. Sedangkan yang kedua ialah penyelesaian yang teliti/tepat (*rigorous solution*) di mana syarat-syarat kesetimbangan seluruhnya terpenuhi.

2.6.1 Metode Fellenius

Metode Fellenius ialah metode yang paling sederhana bila dibandingkan metode-metode irisan lainnya. Dikatakan bahwa gaya-gaya antara irisan dapat diabaikan karena sejajar terhadap dasar tiap irisan (Fellenius, 1936). Perhatikan permukaan bidang longsor seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3 (a), dan asumsikan massa pelongsor potensial telah dibagi menjadi sejumlah irisan-irisan vertikal imajiner. Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan ialah berat sendiri W dan gaya-gaya antar irisan yang memiliki komponen tangensial T dan komponen normal E . Gaya yang bekerja pada dasar irisan dengan kemiringan α dan panjang l ialah gaya penahan geser (*shear resistance*) s dan gaya normal P . Penyelesaian yang tepat dari permasalahan kestabilan yang menyangkut massa tanah membutuhkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Gaya-gaya pada tiap irisan harus memenuhi syarat-syarat kesetimbangan.
2. Gaya-gaya yang bekerja pada massa pelongsor yang dianggap sebagai satu kesatuan, harus memenuhi syarat-syarat kesetimbangan.

Sangatlah sulit untuk mengevaluasi gaya-gaya T dan E yang bergantung pada sejumlah faktor termasuk karakteristik tegangan-regangan dan deformasi dari material lereng. Pada pendekatan yang paling sederhana, gaya normal total pada dasar tiap irisan dihasilkan dari menguraikan semua gaya-gaya dalam arah tegak lurus dan tangensial terhadap irisan, setelah mengasumsikan gaya-gaya antar irisan T dan E sama dengan nol. Asumsi ini menghasilkan angka keamanan yang '*underestimated*'.

Oleh sebab itu hasilnya konservatif dan kesalahan-kesalahan yang dihasilkannya terletak pada batas yang aman. Ketidakakuratan yang tinggi dapat terjadi pada lingkaran kritis yang dalam dengan variasi yang besar. Ini dapat disamakan dengan busur-busur dengan sudut pusat yang besar. Ketidakakuratan juga meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan air pori.

Dengan mengambil momen terhadap pusat lingkaran longsor, persamaan berikut ini dihasilkan untuk angka keamanan yang didefinisikan sebagai perbandingan antar momen penahan (*resisting moment*) dengan momen pelongsor (*disturbing moment*).

$$F = \frac{\sum [cL + \tan \phi (W \cos \alpha)]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.3)$$

Keterangan

c = kohesi

W = berat massa lereng di atas segmen L (ton)

ϕ = sudut geser dalam massa lereng

α = sudut yang di bentuk oleh bidang gelincir dg bidang horizontal

L = panjang bidang longsor

Perhatikan bahwa α dapat bernilai positif maupun negatif. Dalam menurunkan persamaan angka keamanan di atas, gaya-gaya antar irisan telah diuraikan pada arah tangensial dan normal terhadap dasar irisan. Reaksi gaya normal pada dasar irisan diambil sama dengan komponen berat pada arah tersebut. Persamaan (2.3) dikenal dengan persamaan angka keamanan metode Fellenius.

2.6.2 Metode Bishop di Sederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Bishop (1955) memformulasikan permasalahan secara tepat dengan memasukkan gaya-gaya antara irisan pada persamaan-persamaan kesetimbangan pada irisan. Angka keamanan F didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan geser yang tersedia (*available unit shear strength*) dengan tegangan geser yang dibutuhkan atau tegangan geser perlawanan (*mobilised shear strength*) pada *limit equilibrium*. Selain itu Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang di kerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman, adalah :

$$\tau = \frac{c'}{F} + (\sigma - u) \frac{tg\phi}{F} \quad (2.4)$$

Dengan σ adalah tegangan normal total pada bidang longsor dan u adalah tekanan air pori. Untuk irisan ke- i nilai $T_i = \tau a_i$, yaitu gaya geser yang dikerahkan tanah bidang longsor untuk keseimbangan batas. Karena itu:

$$T = \frac{c' a_i}{F} + (N_i - u_i a_i) \frac{tg \phi'}{F} \quad (2.5)$$

Kondisi keseimbangan momen dengan pusat rotasi O antara berat massa tanah yang akan longsor dengan gaya geser total yang dikerahkan tanah pada bidang longsor, dinyatakan oleh persamaan (gambar 2.2) :

$$\sum W_i x_i = \sum T_i R \quad (2.6)$$

Dengan x_i adalah jarak W_i ke pusat rotasi O . Dari persamaan 2.5 dan 2.6 dapat diperoleh :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' a_i + (N_i - u_i a_i) tg \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i x_i} \quad (2.7)$$

Pada kondisi keseimbangan vertikal, jika $X_1 = X_i$ dan $X_r = X_{i+1}$:

$$N_i \cos \phi + T_i \sin \phi = W_i + X_i - X_{i+1}$$

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - T_i \sin \phi}{\cos \phi} \quad (2.8)$$

Dengan $N_i' = N_i - u_i a_i$, substitusi persamaan 2.7 ke persamaan 2.8, dapat diperoleh persamaan :

$$N_i = \frac{W_i + N_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \phi - c' a_i \sin \phi / F}{\cos \phi_i + \sin \phi_i tg \phi' / F} \quad (2.9)$$

Substitusi persamaan 2.8 ke persamaan 2.9, sehingga diperoleh :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \left(c' a_i + tg \phi \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \phi_i - c' a_i \sin \phi_i / F}{\cos \phi_i + \sin \phi_i tg \phi' / F} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i x_i} \quad (2.10)$$

Untuk penyederhanaan dianggap $X_i - X_{i+1} = 0$ dan dengan mengambil :

$$X_i = R \sin \phi_i \quad (2.11)$$

$$b_i = a_i \cos \phi_i \quad (2.12)$$

substitusi persamaan 2.11 dan 2.12 ke persamaan 2.10, sehingga diperoleh persamaan faktor aman yaitu:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + (W_i - u_i b_i) tg \phi'] \left(\frac{1}{\cos \phi_i (1 + tg \phi_i tg \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \phi_i} \quad (2.13)$$

Keterangan:

F = faktor aman

- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
 \emptyset' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
 b_i = lebar irisan ke- i (m)
 W_i = berat irisan tanah ke- i (kN)
 \emptyset = sudut yang didefinisikan dalam gambar 2.2 (derajat)
 W_i = tekanan air pori pada irisan ke- i (kN/m²)

Rasio tekanan air pori (*pore pressure ratio*) didefinisikan sebagai :

$$r_u = \frac{u_b}{W} = \frac{u}{\gamma h} \quad (2.14)$$

Dengan;

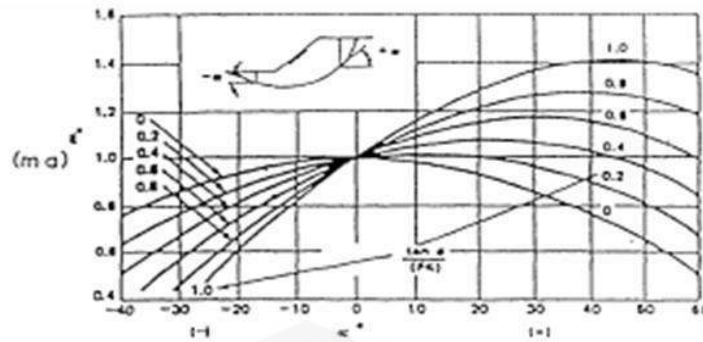
- r_u = rasio tekanan pori
 u = tekanan air pori (kN/m²)
 b = lebar irisan (m)
 γ = berat volume tanah (kN/m³)
 h = tinggi irisan rata- rata (m)

Dari persamaan 2.13 ke persamaan 2.14 bentuk lain dari persamaan faktor aman untuk analisis stabilitas lereng cara Bishop:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + W_i (1 - r_u) \text{tg } \emptyset'] \left(\frac{1}{\cos \emptyset_i (1 + \text{tg } \emptyset_i \text{tg } \emptyset' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \emptyset_i} \quad (2.15)$$

Persamaan faktor aman Bishop ini lebih sulit pemakaiannya dibandingkan dengan metode Fellenius. Selain itu membutuhkan cara coba-coba (*trial and error*), karena nilai faktor aman F tampak di kedua sisi persamaannya. Akan tetapi, cara ini telah terbukti menghasilkan nilai faktor aman yang mendekati hasil hitungan dengan cara lain yang lebih teliti. Untuk mempermudah hitungan secara manual, gambar berikut dapat di gunakan untuk menentukan nilai fungsi M_i , dengan,

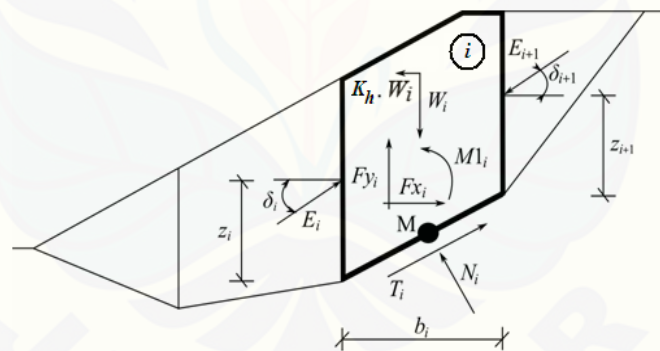
$$M_i (\emptyset) = \cos \emptyset_i (1 + \text{tg } \emptyset \text{tg } \emptyset' / F) \quad (2.16)$$



Gambar 2.4 Grafik nilai M_i

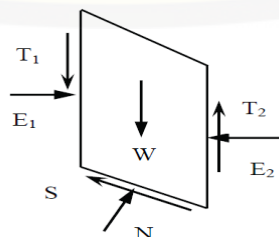
2.6.3 Metode Janbu Di sederhanakan (*simplified Janbu*)

Metode Janbu *simplified* merupakan penyederhanaan dari metode Janbu. Janbu (1954) memperhatikan kesetimbangan gaya dan momen pada irisan vertikal dan kesetimbangan gaya pada massa pelongsor (*sliding mass*) yang dianggap sebagai satu kesatuan. Dengan menggunakan kesetimbangan keseluruhan dalam arah horizontal sebagai kriteria kestabilan, dihasilkan rumusan untuk angka keamanan sebagai berikut. Untuk gaya-gaya yang bekerja pada irisan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 gaya-gaya yang bekerja *simplified janbu*

Dari bentuk irisan di atas maka di dapatkan gaya yang bekerja pada tiap irisan adalah sebagai berikut



Gambar 2.6 gaya-gaya yang bekerja bidang irisan (metode janbu)

Dari gaya yang bekerja di dapatkan rumus faktor keamanan,

$$FK = \frac{\text{restoring force}}{\text{driving force}} = \frac{\sum [c' b_n + (W_n - u b_n) \tan \phi'] \frac{\sec^2 \alpha_n}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha_n}{F}}}{\sum W_n \tan \alpha} \quad (2.17)$$

Dengan,

FK = faktor keamanan

c' = kohesi (jika analisa dalam kondisi *undrained* diambil nilai C_u , jika dalam kondisi *drained* diambil nilai kohesi efektif)

b_n = panjang horizontal bidang irisan ke- n

W_n = gaya akibat beban tanah ke- n

α = sudut antara tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor

ϕ = sudut geser tanah (jika dalam kondisi *undrained* nilai sudut geser 0)

u = tekanan air pori

F = faktor keamanan yang di asumsi

Pada metode *simplified janbu* ini nilai faktor keamanan yang didapat dari persamaan di atas harus dikalikan lagi dengan faktor koreksi. Faktor koreksi bergantung pada rasio geometrik d/l

$$F = f_o \times FS \quad (2.18)$$

Dengan :

F = faktor keamanan setelah di koreksi

F_s = faktor keamanan dari perhitungan awal

f_o = faktor koreksi

untuk mengetahui besaran nilai f_o dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$f_o = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right] \quad (2.19)$$

Dengan nilai b_1 diperoleh berdasarkan tipe tanah, jika $\phi = 0$ maka nilai $b_1 = 0,69$ jika $c = 0$ maka nilai $b_1 = 0,31$, apabila $c > 0$, $\phi > 0$ maka nilai $b_1 = 0,05$

2.7 Perbandingan Antar metode Limit Equilibrium (LEM)

Perbandingan metode *limit equilibrium* (kesetimbangan batas) berbeda dalam hal faktor-faktor keselamatan yang diperlukan. Hal ini juga berguna dari aspek

praktis dan konseptual untuk mempelajari perbedaan asumsi dalam berbagai metode.

Perbedaan akurasi angka keamanan (F_s) tergantung terutama pada jenis masalah. Jelas bahwa metode irisan sederhana biasa memperkirakan faktor keamanan lebih kecil, sederhana dan aman. Namun walaupun memperkirakan lebih kecil solusi tersebut tidak menjadi ekonomis. Hal ini juga harus dicatat bahwa metode yang berbeda secara umum akan menyebabkan posisi yang berbeda dari permukaan tergelincir kritis.

Semua metode LE didasarkan pada asumsi tertentu untuk gaya normal dan geser antar irisan, dan perbedaan dasar antar metode adalah bagaimana gaya normal dan gaya geser ditentukan atau diasumsikan. Selain itu, bentuk permukaan gelincir dan kondisi ekuilibrium diasumsikan untuk perhitungan F_s di antara yang lainnya. Berikut adalah tabel ciri-ciri dari ketiga metode *Limit Equilibrium*:

Tabel 2.2 Ciri-ciri Metode Stabilitas *Limit Equilibrium*

No	Metode	Ciri-ciri
1	Fellenius	Gaya-gaya antar irisan diabaikan. Gaya normal pada dasar irisan dihasilkan dari menguraikan gaya normal total terhadap dasar. Angka keamanan yang dihasilkan ' <i>underestimateds</i> . Kesalahan (pada batas yang aman) besar untuk massa longsor yang dalam dengan tekanan pori Tegangan normal effective pada dasar beberapa irisan dapat bernilai negatif. Angka keamanan didefinisikan sebagai perbandingan momen atau gaya penahan dengan momen atau gaya pelongsor. Perhitungan sangat mudah, sehingga tidak diperlukan proses iterasi. hanya dapat diterapkan untuk permukaan bidang longsor berbentuk lingkaran. Dapat digunakan untuk analisa <i>total stress</i> tapi tidak selalu cocok untuk analisa <i>effective stress</i> .
2	<i>Bishop Simplified</i>	Gaya-gaya antar irisan diabaikan. Gaya normal pada dasar irisan dihasilkan dari menguraikan gaya-gaya pada irisan ke arah vertikal. Memberikan hasil yang cukup akurat tapi dibatasi hanya untuk permukaan bidang longsor berbentuk lingkaran. Proses iterasi dibutuhkan untuk penyelesaian namun cepat terjadi konvergensi. Dapat digunakan untuk perhitungan tangan. Kesalahan dapat terjadi jika bagian permukaan bidang longsor mempunyai lereng yang curam

		dan negatif di dekat kaki(toe). Perhitungan gaya-gaya normal pada permukaan bidang longsor dapat dilakukan. ini harus dilakukan sebagai tambahan untuk penentuan F. Dapat digunakan untuk baik analisa <i>total stress</i> maupun <i>effective stress</i> , permukaan bidang longsor berbentuk lingkaran pada tanah maupun batu lunak
3	<i>Janbu Simplified</i>	Sangat memerlukan penggunaan faktor koreksi. Dapat digunakan untuk permukaan bidang longsor yang berbentuk tak beraturan baik tanah maupun batu. Hasilnya dapat diandalkan. Tidak perlu memperhitungkan gaya-gaya antar irisan. Dapat digunakan untuk baik analisa <i>total stress</i> maupun <i>effective stress</i> .

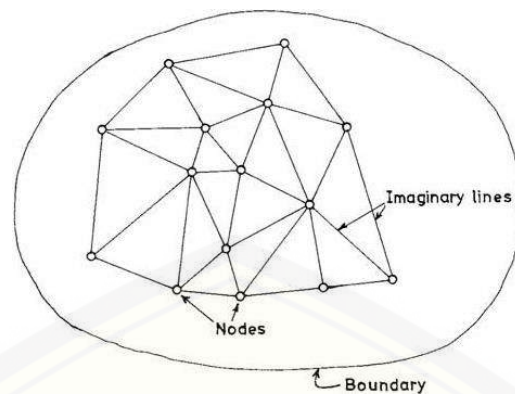
Sumber (Hartoyo,1997)

2.8 Finite Element

Pendekatan elemen hingga (*Finite Element*) untuk masalah mekanika kontinum telah sangat berhasil dalam beberapa tahun terakhir dan telah diterima secara luas. Hal inilah yang diharapkan seperti yang disebutkan di awal bahwa penggunaan komputer sangat penting untuk analisis dengan metode elemen hingga (*Finite Element*). Banyak program komputer yang tersedia dan sangatlah perlu memahami filosofi dasar, struktur dan rincian operasional terkait dengan program tersebut sebelum digunakan.

Salah satu fitur umum untuk metode elemen hingga adalah bahwa sebuah kontinum dibagi menjadi bagian-bagian diskrit yang disebut 'elemen'. Elemen yang terpisah satu sama lain dengan garis-garis imajiner atau permukaan dan diasumsikan saling berhubungan hanya pada sejumlah terbatas titik nodal yang terletak pada batas-batas tertentu (Chowdhury, 1978).

Menurut Chowdhury 1978, perumusan aplikasi geoteknik yang paling mudah dan populer adalah satu untuk sebuah model cocok di mana perpindahan nodal poin yang diasumsikan variabel yang tidak diketahui saja. Ketika parameter telah ditentukan, program komputer dapat menghitung unsur tegangan dan regangan. Pada umumnya pada elemen hingga (*finite element*) hal yang perlu di perhatikan adalah unsur bentuk, unsur bagian dan unsur perpindahan setiap bagian. Semua faktor ini akan memberikan kontribusi pada keakuratan hasil.



Gambar 2.7 Elemen hingga dari sebuah kontinum

2.8.1 Metode Finite Element

Menurut Chowdhury 1978, metode elemen stabilitas lereng menghasilkan secara keseluruhan faktor keamanan yang merupakan ekspresi dari stabilitas lereng berdasarkan tekanan dihitung dalam lereng. Masalah stabilitas lereng diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga memiliki dua perbedaan penting dari metode *limit equilibrium* (keseimbangan batas). Pertama, persamaan stabilitas lereng elemen hingga sudah ditentukan, sehingga tidak ada asumsi dalam menyelesaikan perhitungan. Kedua, persamaan faktor keamanan adalah linear karena tegangan normal pada dasar irisan diketahui. Di sisi lain, metode *limit equilibrium* (kesetimbangan batas), dimulai dengan metode *Bishop simplified* (1955) menggunakan faktor keamanan yang diketahui melalui beberapa proses interaktif. Pada Metode elemen hingga faktor keamanan didefinisikan menggunakan tegangan normal dan geser dihitung menggunakan analisis elemen hingga.

2.8.2 Prinsip Metode Finit Element

Pada analisis elemen hingga untuk tanah, perlu untuk menggunakan nilai yang sesuai untuk parameter material. Secara umum media tidak dapat dianggap elastis meskipun hubungan linear antara tegangan dan regangan dapat diasumsikan untuk langkah- bertahap pembebanan yang kecil. Oleh karena itu, parameter deformasi dapat dianggap sebagai parameter elastis semu. Hal ini selalu

perlu untuk membedakan antara peningkatan tegangan dan tingkat stres. Perhatian dibatasi untuk dua masalah dimensi yang melibatkan deformasi regangan bidang.

Plane strain compression test lebih baik dibanding dengan dua alasan. Pertama tes ini lebih cocok untuk digunakan dalam masalah yang melibatkan bidang deformasi regangan dari *test compress triaksial*. Kedua, *Plane strain compression test* adalah bisa untuk menentukan parameter anisotropik dari hasil test. Meskipun *test* regangan bidang kompresi yang tidak umum mereka telah berhasil digunakan oleh pekerja penelitian.

2.8.3. Aplikasi Metode Finit Element

Ada lima model umum dalam pemodelan lereng untuk pemodelan elemen hingga. Namun, pemodelan elemen hingga dalam Tugas Akhir ini adalah pemodelan Mohr Coulomb. Untuk model Mohr-Coulomb, enam sifat material yang diperlukan. Properti ini adalah sudut geser (ϕ), kohesi (c), sudut dilatasi (ψ), *modulus Young* (E), *ratio Poisson* (ν) dan berat satuan tanah (γ). *Modulus Young* dan *ratio poisson* memiliki pengaruh besar pada deformasi dihitung sebelum kegagalan lereng, tetapi memiliki sedikit pengaruh pada faktor keamanan dalam perhitungan analisis stabilitas lereng (Rocscience, 2001).

Pelebaran sudut, ψ mempengaruhi secara langsung perubahan volume selama tanah menyusut. Jika $\psi = \phi$, aturan aliran plastisitas dikenal sebagai "berhubungan", dan jika $\psi \neq \phi$, aturan aliran plastisitas dianggap sebagai "tidak berhubungan". Perubahan volume selama kegagalan itu tidak dihitung dalam tugas akhir ini sehingga sudut dilatasi diambil adalah $= 0$. Oleh karena itu, hanya tiga parameter (sudut gesekan, kohesi dan satuan berat bahan) dari bahan model yang di perhitungkan dalam pemodelan kegagalan lereng ini.

Pada pemodelan *finite element* ini menggunakan analisis *shear strength reduction* atau dengan nama lain phi reduction atau *initial strees methode* adalah suatu metode yang dimanfaatkan untuk menentukan suatu nilai SF dan umumnya pada pendekatan-pendekatan element hingga. Metode ini menentukan nilai angka keamanan sebagai:

$$(2.20)$$

$$SF = \frac{c}{c_{red}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{red}}$$

Pendekatan utama dari element hingga dengan $s = D \times e$ untuk, s adalah *strees*, dan D adalah matriks kekakuan atau *stiffnes matrix*, dan c adalah *strains* atau regangan. Dengan c atau ϕ (*shear strenght*) tanah yang di *reduce* akan mempengaruhi *input* dan *output* dari matrix-matrix di atas sehingga dengan pendekatan tertentu akan menghasilkan suatu nilai angka keamanan atau SF yang akan konvergen pada suatu batasan tertentu (galat/ jumlah iterasi max). Nilai SG yang dihasilkan akan berhubungan dengan berbagai macam variabel (step/ langkah iterasi, *time*, *displacement*, *water pressure*, *etc*).

2.9 Perbandingan LE Dan FE

Tabel 2.3 Perbandingan Metode LE dan FE

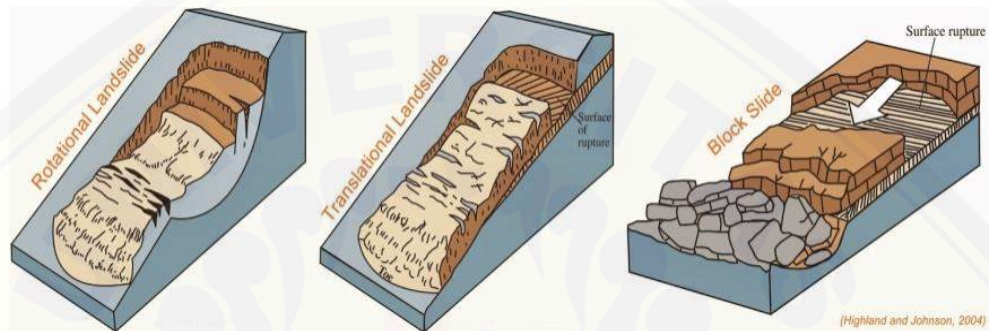
No.	Metode <i>Limit Equilibrium</i>	Metode <i>Finite Element</i>
1	Asumsi harus dibuat terlebih dahulu seperti bentuk dan lokasi kegagalan, arah dan gaya irisan.	Tidak ada asumsi harus dibuat terlebih dahulu
2	Dilatasi parameter tidak diperkenalkan	Dilatasi parameter diperkenalkan
3	Gaya geser antar irisan menunjukkan nilai konstan.	gaya geser antar irisan menunjukkan nilai lebih tinggi pada puncak dan ujung kaki.
4	Kegagalan kritis tersebut hanyalah untuk permukaan melingkar.	Kegagalan kritis bisa direncanakan misalnya merencanakan di tengah dan melingkar di ujungnya.
5	Metode ini membutuhkan kombinasi dengan perangkat lunak lain untuk analisis lanjutan. Misalnya analisis rembesan membutuhkan kombinasi dengan perangkat lunak analisis rembesan.	Metode ini dapat diperpanjang untuk analisis induksi rembesan, perilaku tanah rapuh, dan intervensi rekayasa seperti geotextile

Sumber (Simatupang, 2010)

2.10 Longsor

Longsor adalah suatu kejadian atau peristiwa geologi yang disebabkan oleh gerakan massa batuan, tanah atau puing-puing yang menuruni lereng (*crude.1991*). Tanah longsor memiliki beberapa tipe berikut tipe-tipe tanah longsor :

1. *Slide* terdapat 3 bagian yaitu *rotational slide*, *translational slide* dan *block slide*. *Rotational slide* sendiri adalah bergeraknyanya massa tanah dan batuan tergelincir membentuk cekung ke atas. *Traslational slide* adalah bergeraknyanya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir dengan bentuk rata dan sedikit rotasi. Sedangkan *block slide* adalah pergerakan batuan dan massa tanah dengan bentuk rata namun terdiri dari blok-blok yang koheren.



Gambar 2.8 *rotational, translational, dan block slide*

2. *Fall* adalah gerakan secara tiba-tiba dari bongkahan batu yang jatuh dari lereng yang curam atau tebing. ciri dari gerakan ini adalah dengan terjun bebas, metal, dan menggelinding.



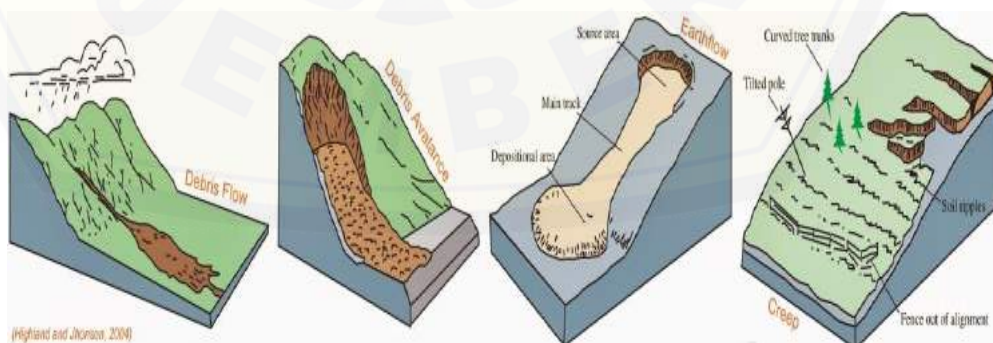
Gambar 2.9 *fall*

3. *Topples* adalah gerakan tanah dengan ciri robohnya unik batuan dengan cara berputar kedepan pada satu titik unit sumbu atau bagian dari unit batuan yang lebih rendah yang disebabkan oleh grafitasi dan kandungan air pada rekahan batuan.



Gambar 2.10 *topples*

4. *FLOWS* memiliki 5 jenis bentuk yaitu *debris flow*, *debris avalanche*, *earthflow*, *mudflow*, dan *creep*. *Debris flow* adalah bentuk gerakan massa yang cepat di mana campuran tanah yang gembur, batuan, bahan organik, udara, dan air bergerak seperti ubur-ubur yang mengalir pada suatu lereng. *Debris avalanche* adalah longsoran es pada lereng terjal. Untuk *earthflow* yaitu pergerakan seperti jam pasir. Di mana pergerakan memajang dari material halus atau batuan yang mengandung mineral lempung di lereng moderat dan dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian atasnya. *Mudflow* yaitu sebuah luapan lumpur terdiri dari bahan yang cukup basah, mengalir cepat dan terdiri dari kurang lebih 50% pasir, lanau, dan partikel berukuran tanah liat. Sedangkan untuk *creep* yaitu perpindahan tanah atau batuan pada suatu lereng secara lambat dan stabil. *creep* sendiri masih di kelompokkan dalam tiga kategori yaitu *seasonal*, *continous*, dan *progressiv*. *Seasonal* yaitu gerakan yang berada dalam kedalaman tanah dan di pengaruhi oleh perubahan kelembaban dan suhu tanah yang terjadi secara musiman. Sedangkan untuk *continous* adalah di mana *shear stress* terjadi secara terus menerus melebihi ketahanan material longsoran. Dan untuk *progressive* adalah di mana lereng mencapai titik *failur* untuk menghasilkan suatu gerakan massa.

Gambar 2.11 *flow*

Penyebab tanah longsor sendiri terdiri dari beberapa aspek baik dari aspek geologi, morfologi, maupun dari aspek manusia. Beberapa penyebab longsor dari aspek geologi adalah material yang lemah atau sensitif, material lapuk, *shattered, jointed, atau fissured material, discontinuitas berorientasi (bedding, schistosity, cesar, ke tidak selarasan,)* dan perbedaan permeabilitas atau kekerasan material. Sedangkan penyebab dari aspek morfologi yaitu *tectonic atau vulcanic uplift, glacial rebound, erosi fluvial, ombak, atau glacial* pada kaki lereng atau margin lateral. Erosi bawah tanah, berkurangnya vegetasi *freeze-and-thaw weathering, dan shrink-and-swell weathering*. Sedangkan penyebab dari aspek manusia adalah penggalian lereng atau kakinya, pembebanan lereng atau puncaknya, *drawdown of reservoir, penebangan hutan, irigasi, pertambangan, dan artificial vibration*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi literatur

Studi literatur adalah studi yang digunakan untuk mendapatkan teori-teori yang akan pakai dalam penelitian. metode ini mengambil data-data dan teori yang sudah di gunakan dalam penelitian sebelumnya guna untuk penunjang teori pada penelitian ini.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 lokasi studi kasus

Lokasi studi kasus dilakukan di pulau Sumatera pada kegiatan pembangunan jalur pipa gas bumi di pulau Sumatera.



Gambar 3.1 Peta Pulau Sumatra

3.2.2 Waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September sampai dengan Desember 2017. Dengan estimasi keterlambatan hingga bula Januari 2018.

3.2.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan terori-teori yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

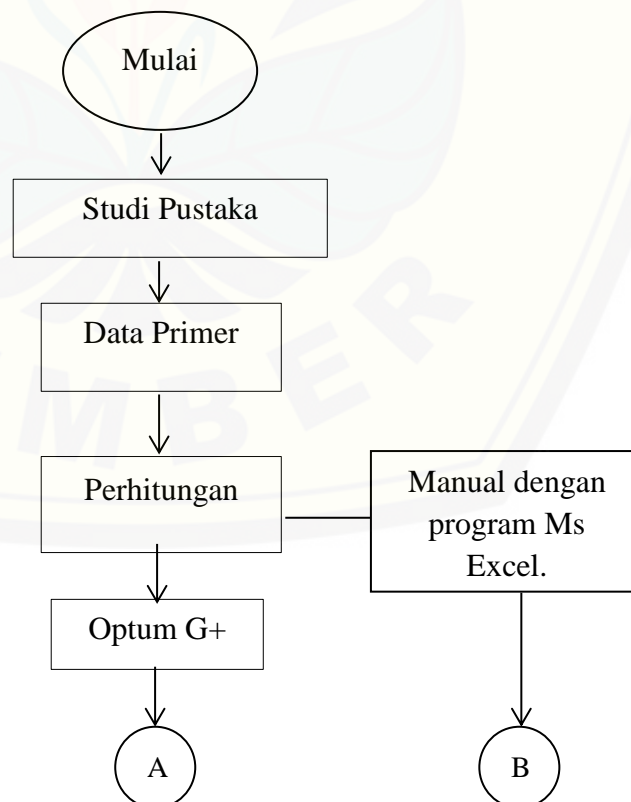
3.2.4 Data Primer

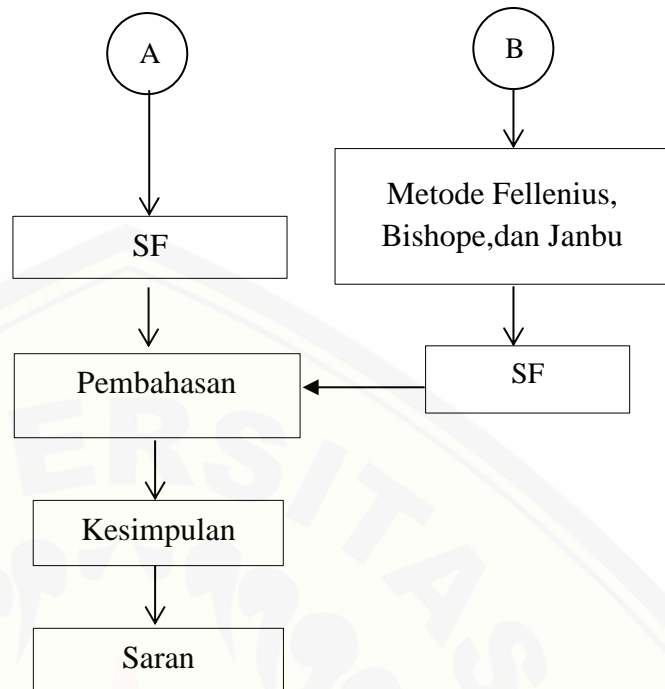
Data primer di ambil di lokasi penelitian dengan menggunakan sondir dan bor log. setelah sampel diperoleh, di lakukannya uji laboratorium untuk menentukan parameter-parameter tanah.

3.2.5 Perhitungan

Perhitungan data dilakukan dengan dua cara. Yaitu cara manual dengan menggunakan metode Fellenius, *Simplified Janbu*, dan *Simplified Bishop*. Untuk pengolahan data kedua dilakukan dengan program bantu Optum G2+. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan alir berikut.

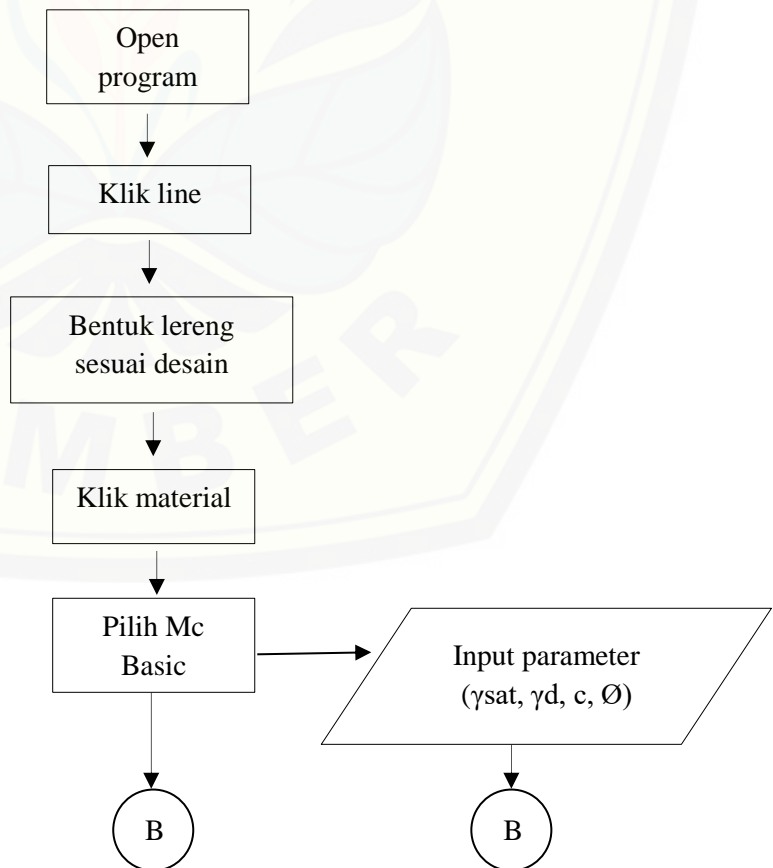
3.3 Diagram Alir Penelitian

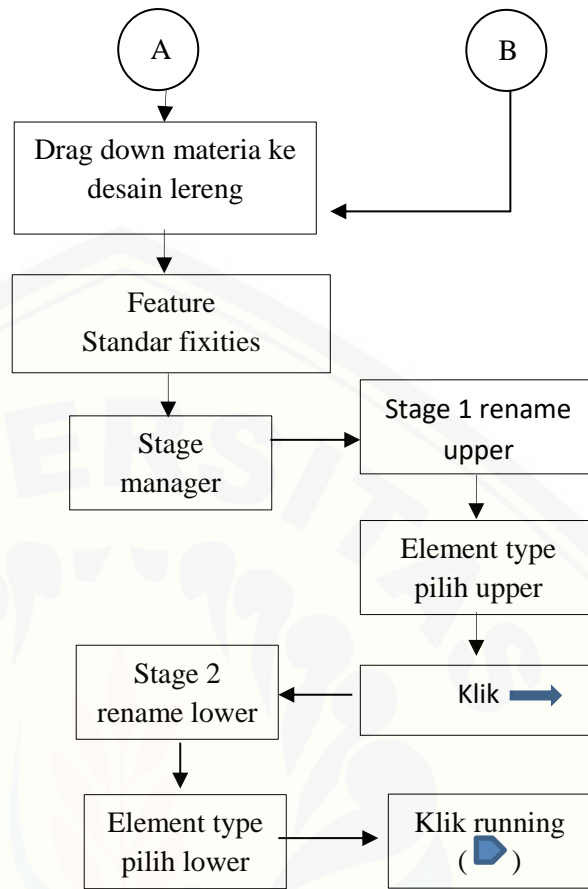




3.5 Bagan Diagram Alir Penelitian

3.4 Diagram Alir Program





3.4 Diagram Alir Program Optum G2+

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai angka keamanan pada lereng satu sampai dengan lima adalah lereng 1 yaitu nilainya sebesar 1,51 lereng dalam keadaan stabil. Nilai lereng 2 yaitu sebesar 1,63 lereng dalam keadaan stabil. Nilai lereng 3 yaitu sebesar 0,58 lereng dalam keadaan kritis. Nilai lereng 4 yaitu sebesar 0,67 lereng dalam keadaan kritis. Dan untuk nilai lereng 5 yaitu sebesar 1,21 lereng dalam keadaan stabil. Nilai stabilitas lereng diambil yang terkecil karena untuk memaksimalkan perencanaan di lapangan.
2. Perbedaan nilai angka keamanan pada perhitungan manual dengan menggunakan *software* Optum G2+ bervariasi. Karena dengan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing metode. Nilai angka keamanan dengan menggunakan metode Fellenius lebih kecil karena nilai stabilitas lereng bergantung dengan panjang nilai bidang longsor. Sedangkan untuk nilai angka keamanan dengan metode *simplified Bishop* nilainya lebih besar dari metode Fellenius, karena pada metode ini nilai angka keamanan bergantung pada besaran nilai sudut dan faktor desain angka keamanan M_i . Untuk nilai angka keamanan dengan menggunakan metode *simplified Janbu* nilainya lebih besar dari metode Fellenius, karena nilai angka keamanan pada metode ini mengacu pada faktor koreksi, yang mana faktor koreksi bergantung pada besaran panjang bidang longsor dan diameter lingkaran. Sedangkan untuk nilai dari Optum G2+ lebih besar dari ketiga metode tersebut, hal ini karena nilai angka keamanan pada metode ini bergantung pada besaran nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) sehingga berpengaruh pada matriks kekakuan nya.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain dan pemodelan menggunakan aplikasi lainnya. Untuk lereng dengan nilai angka keamanannya perlu dilakukan perkuatan.

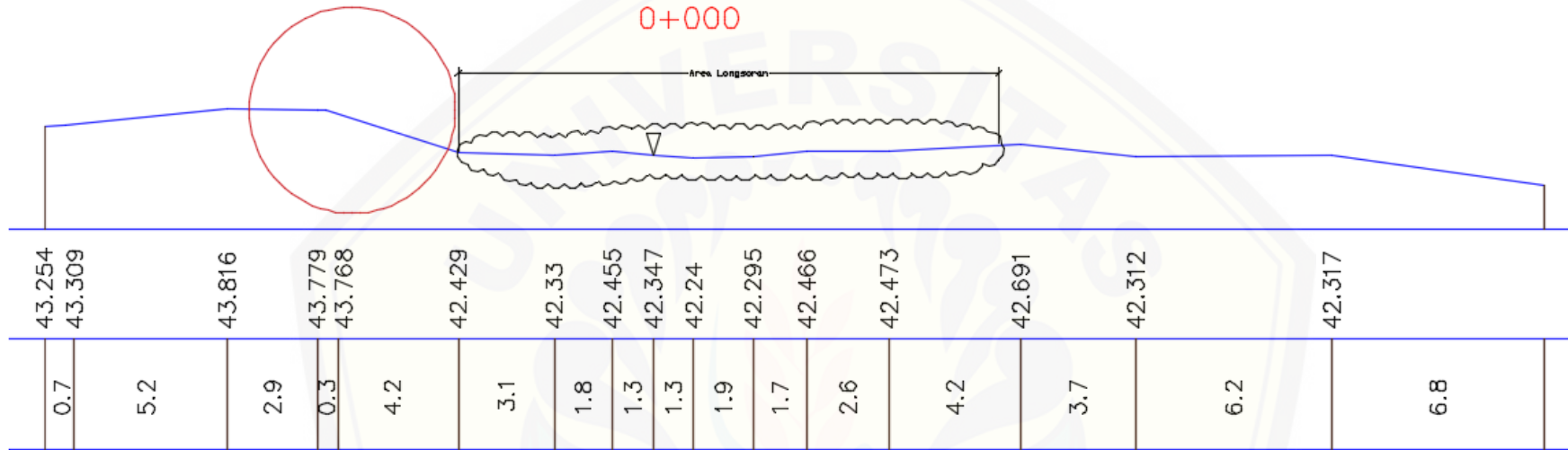


DAFTAR PUSTAKA

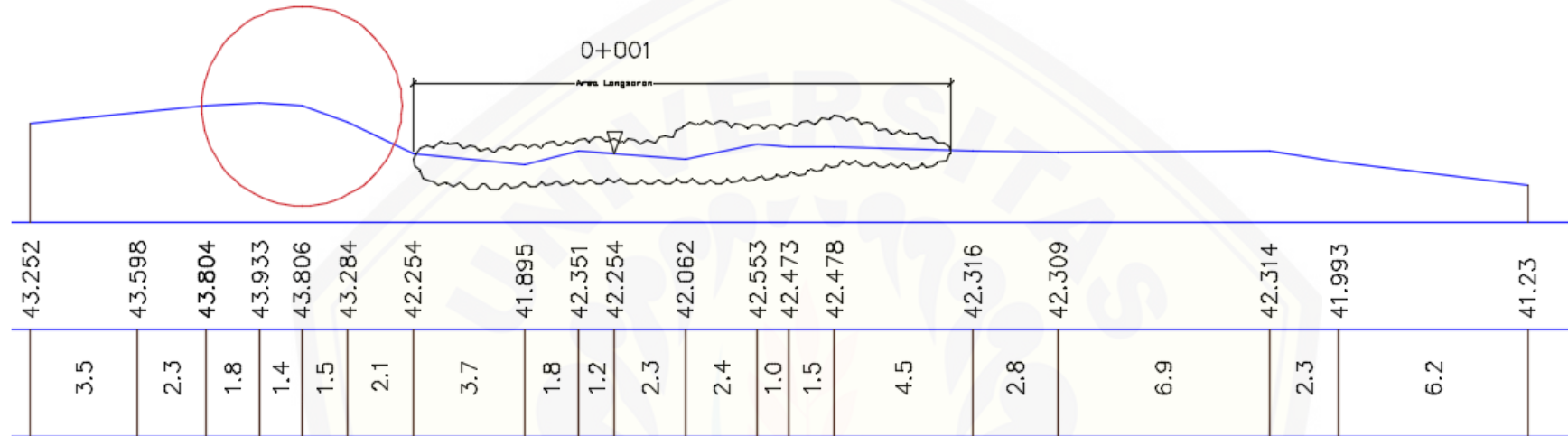
- Bowles, Joseph E., Hainim Johan K., 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah* (Mekanika Tanah). Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga,.
- Das, braja. M. 1988. *Principle of geotechnical engineering*. First edition. United state of america: global publication. Terjemahan oleh Noor Endah. Mochtar. 1991.mekanika tanah. cetakan pertama. Surabaya: Erlanga.
- Das, braja. M. 1988. *Principle of geotechnical engineering*. Second edition. United state of america: global publication. Terjemahan oleh Noor Endah. Mochtar. 1991.mekanika tanah. cetakan pertama. Surabaya: Erlanga.
- Hardiyatmo, Hary C. 2010. *Mekanika Tanah 2*. Edisi Kelima. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hatoyo, Wijaya. 1997. *Studi Perbandingan Berbagai Analisa Kestabilan Lereng*. Skripsi. Universitas Kristen Petra.
- Herman, George, D.j. 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium VS Finite Element*. HTTI-PIT-XVI. 4-5. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.
- Simatupang, Andry. 2010. *Perbandingan Antara Metode Limit Equilibrium Dan Metode Finite Element Dalam Analisis Stabilitas Lereng*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Tanuwidjaja, E dan Putro, W. 1987. *Studi Perbandingan Kestabilan Lereng Dengan Metode Limit Analisis dan Limit Equilibrium*. Skripsi. Universitas Kristen Petra.



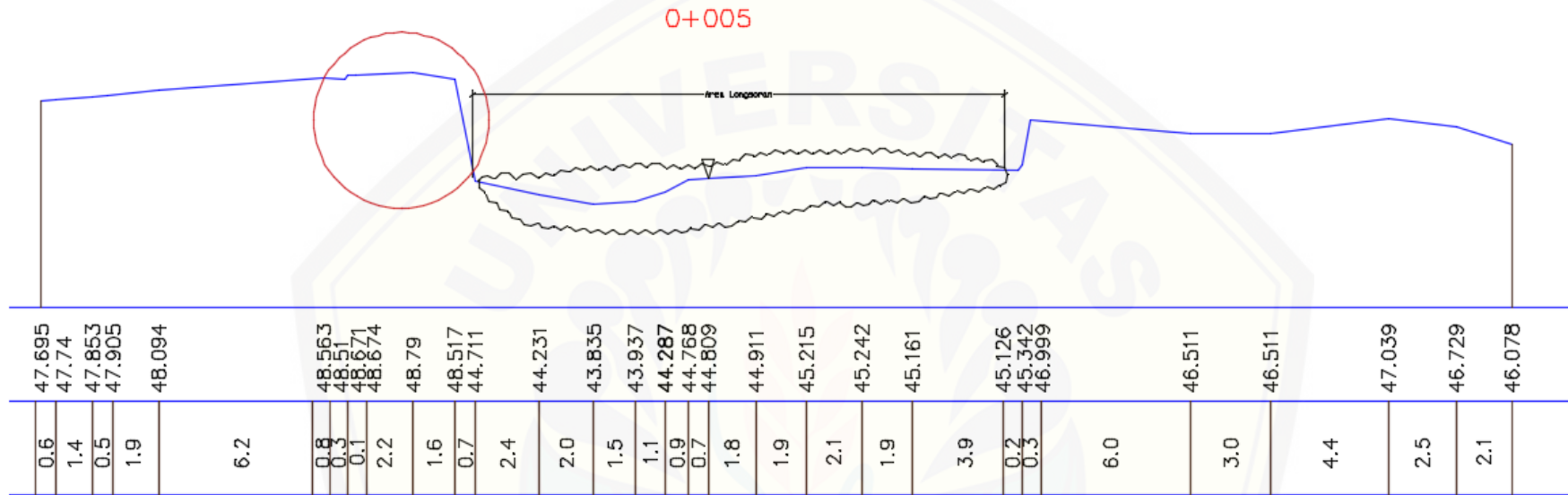
Lampiran 1



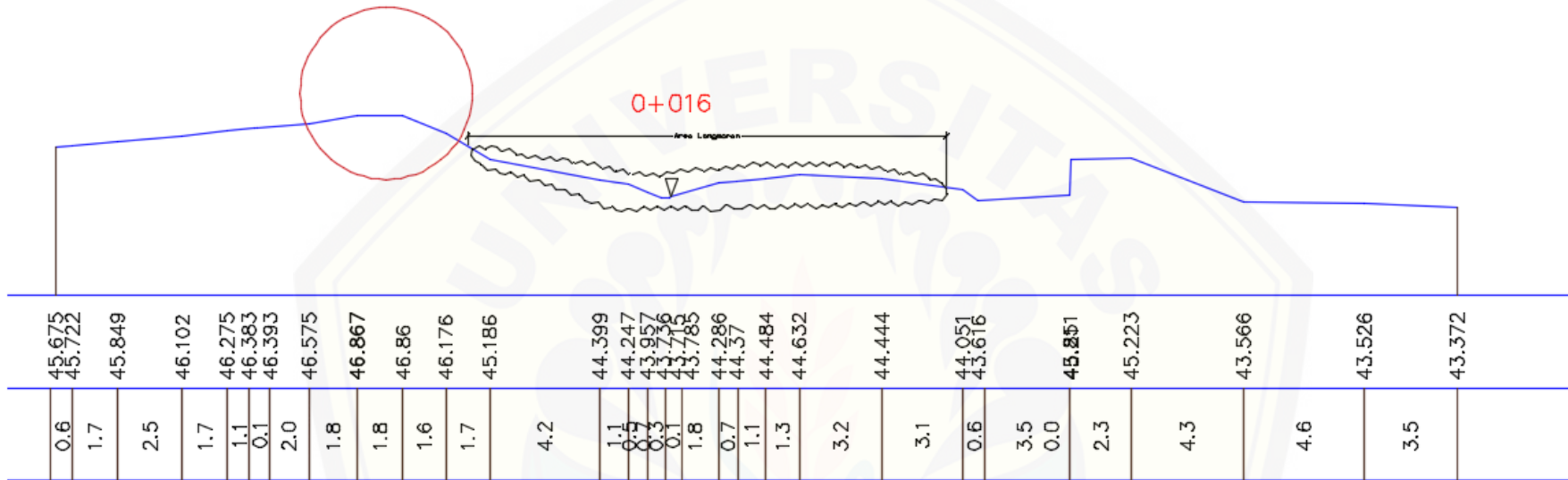
Gambar A. 1 Lereng 1



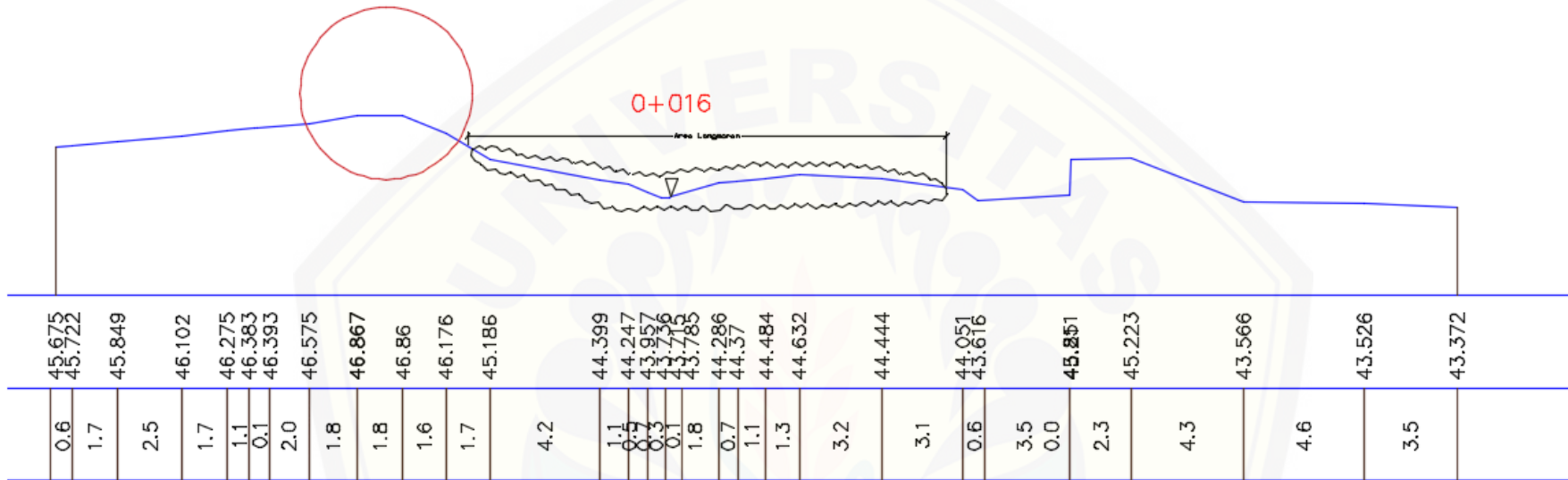
Gambar A.2 Lereng 2



Gambar A.3 Lereng 3



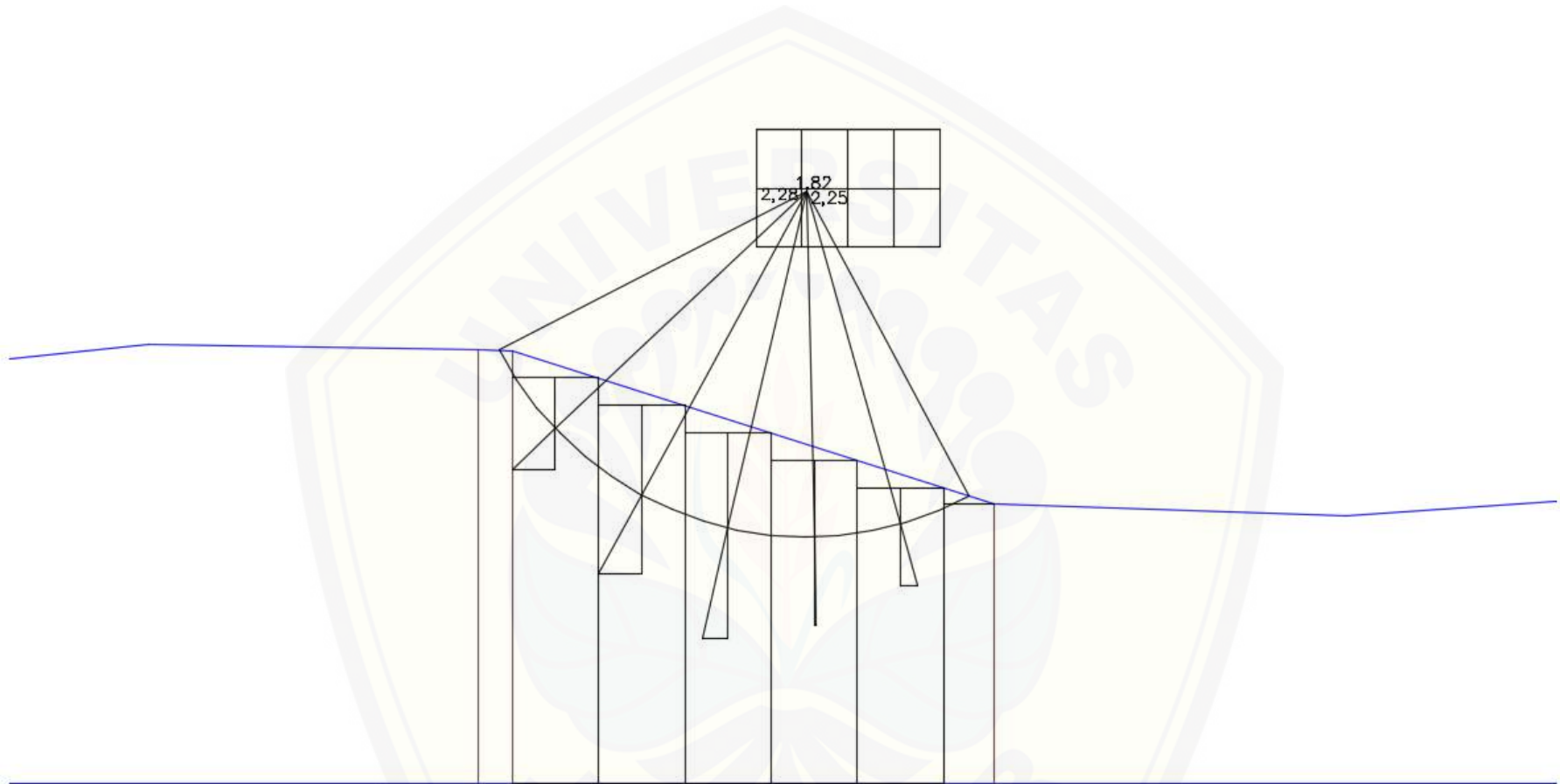
Gambar A.4 Lereng 4



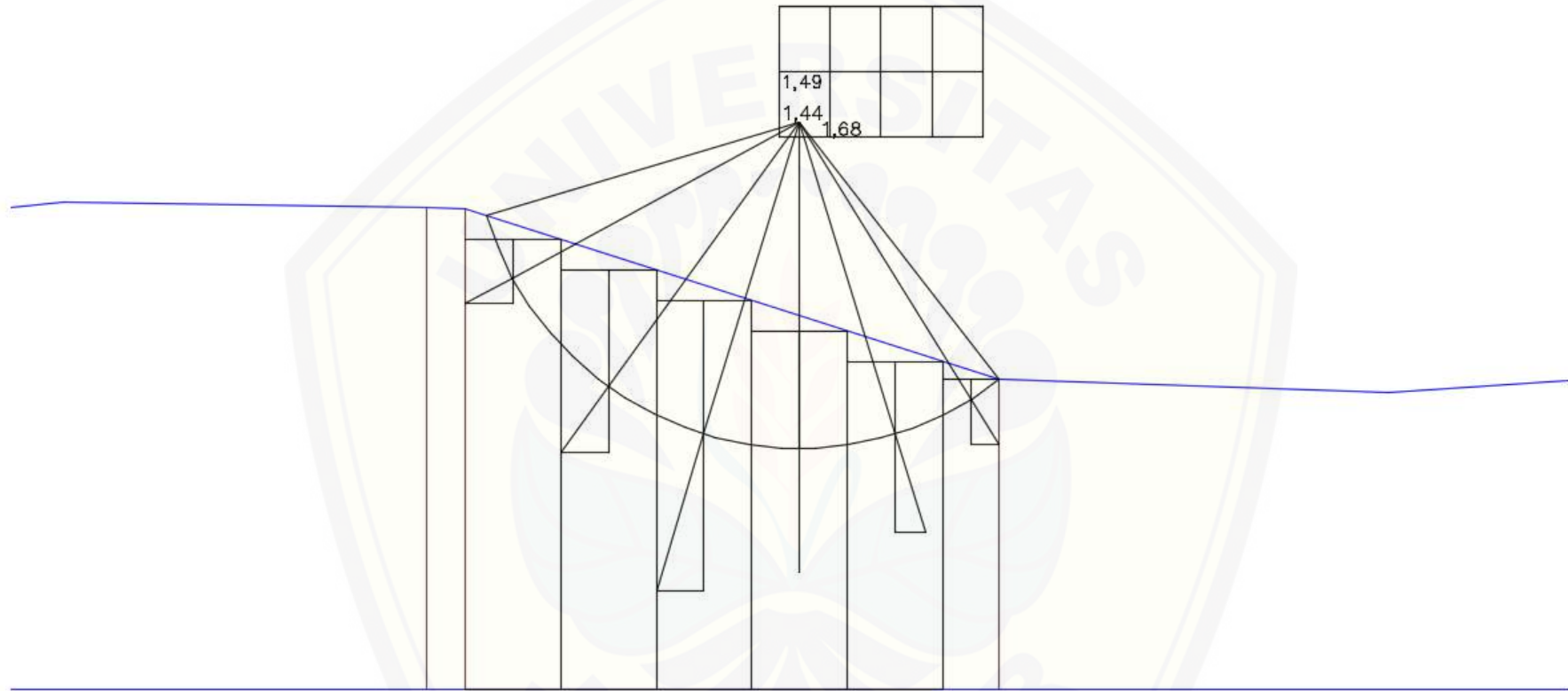
Gambar A.5 Lereng 5



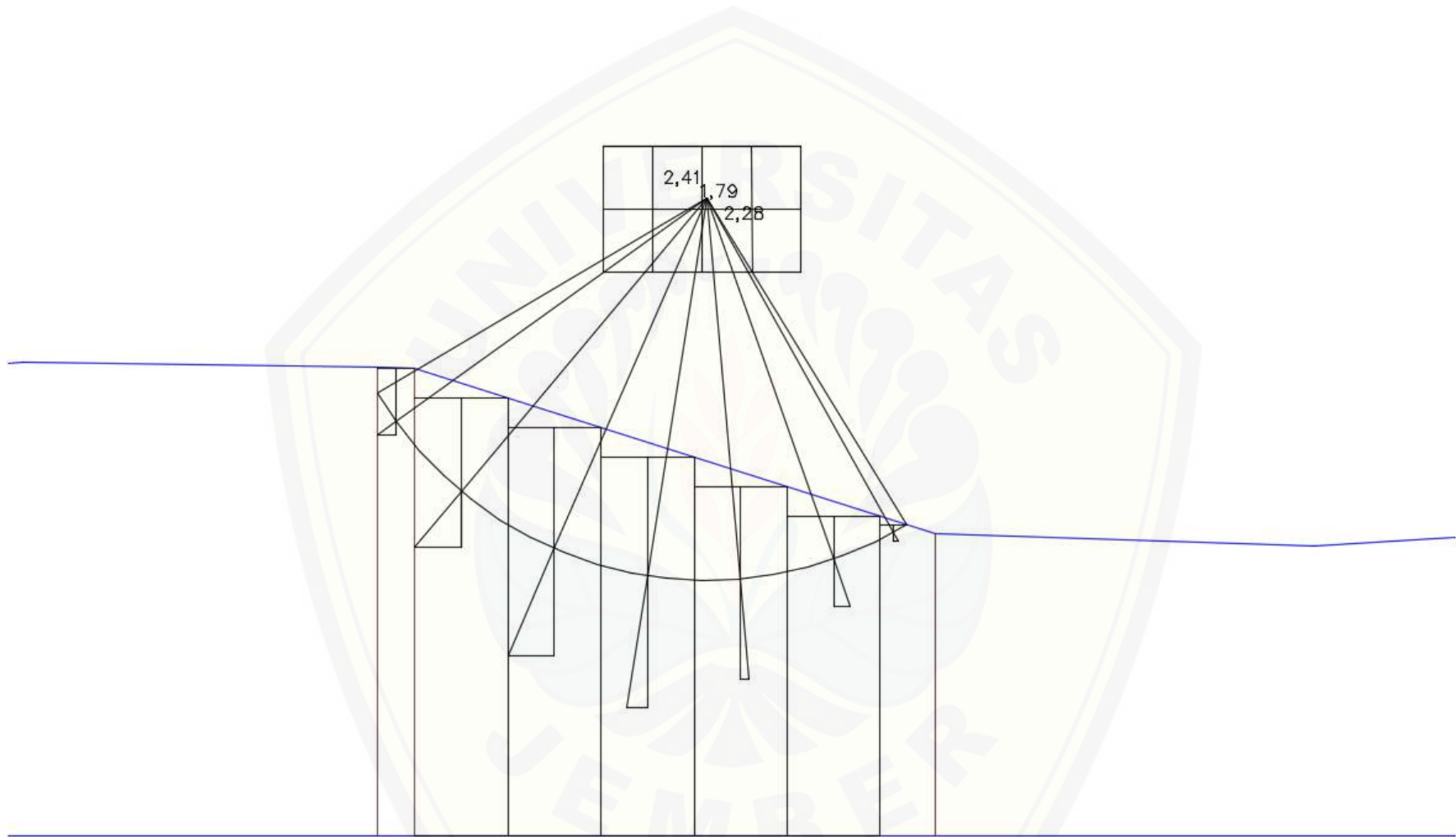
Lampiran 2



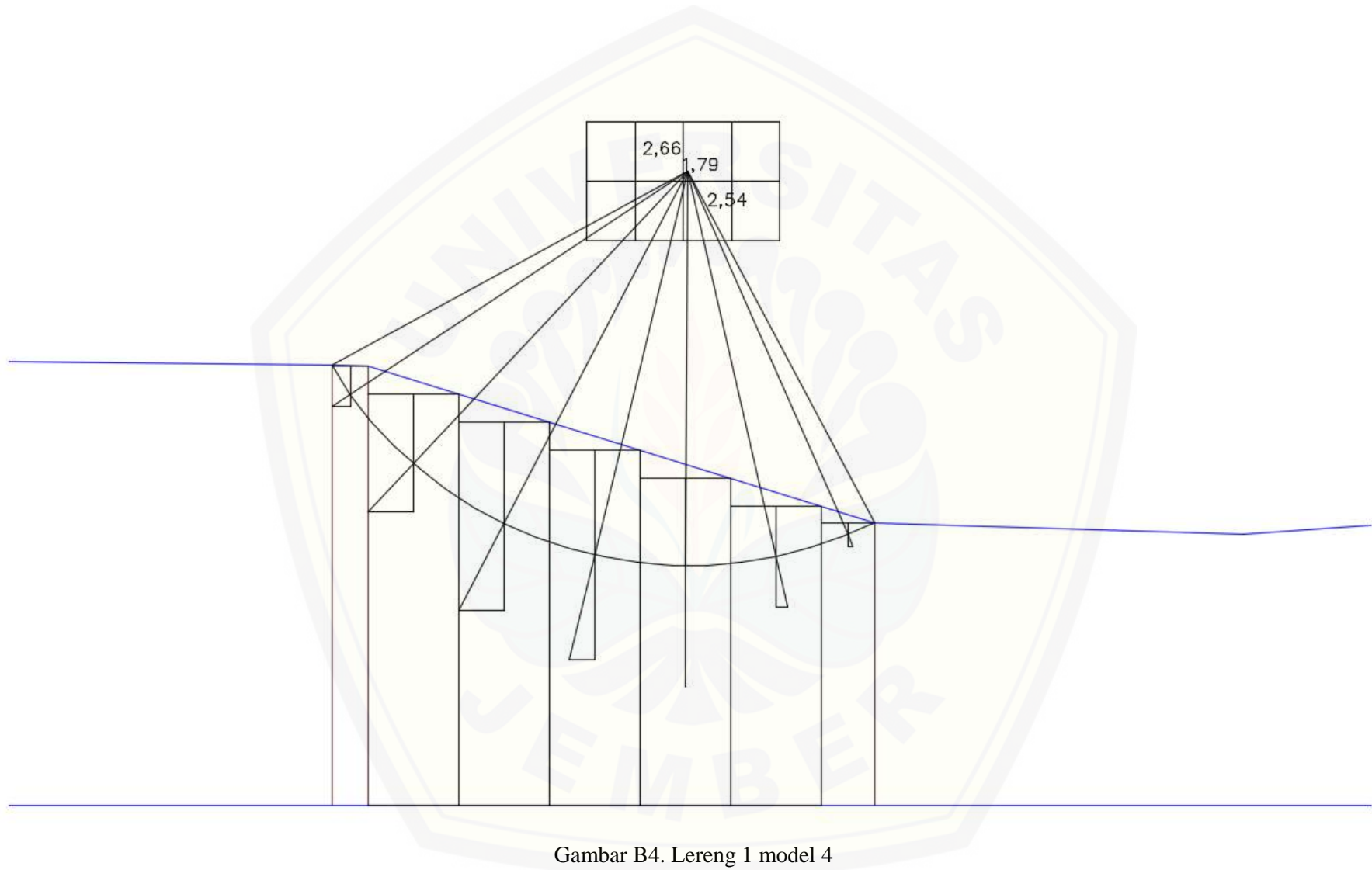
Gambar B1. Lereng 1 model 1



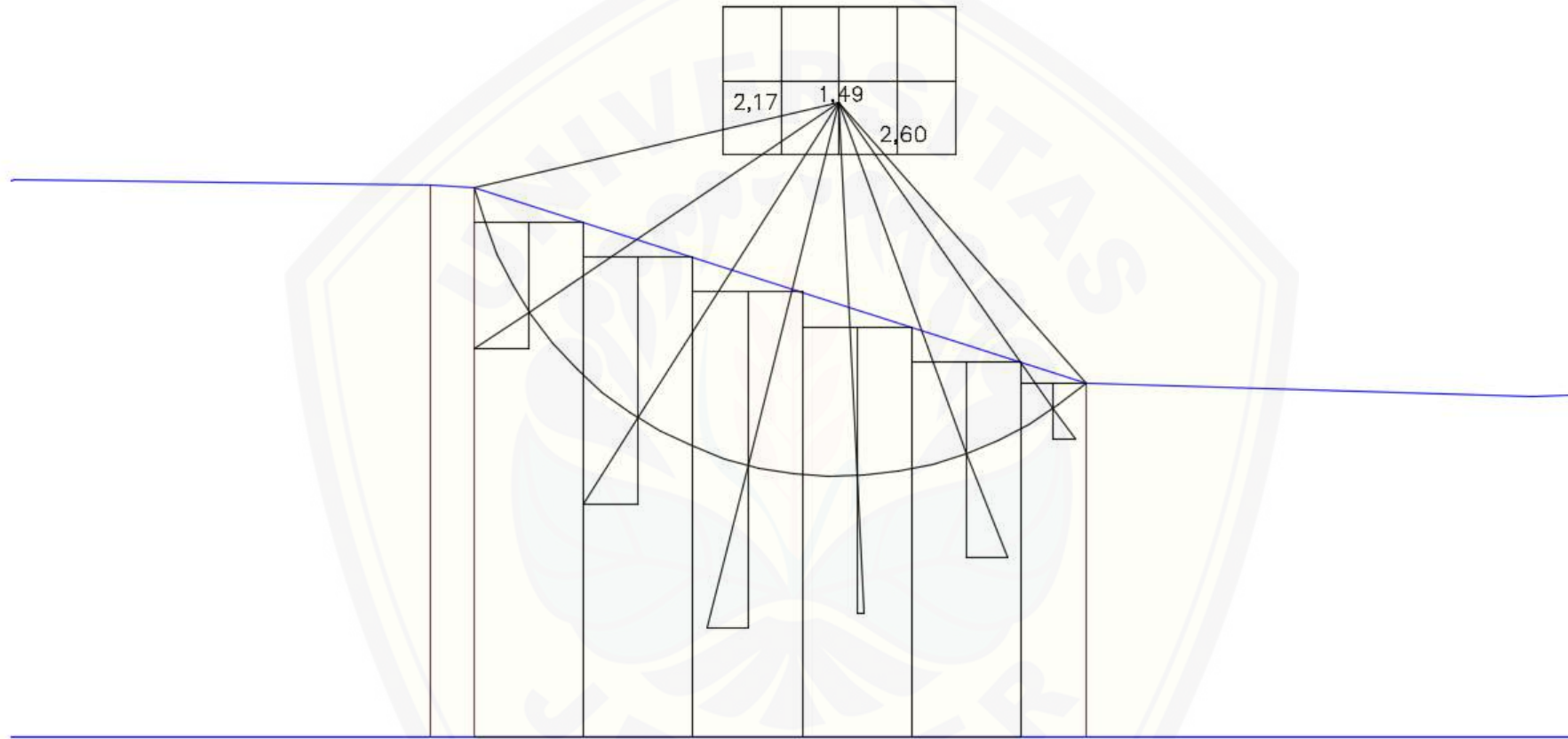
Gambar B2. Lereng 1 model 2



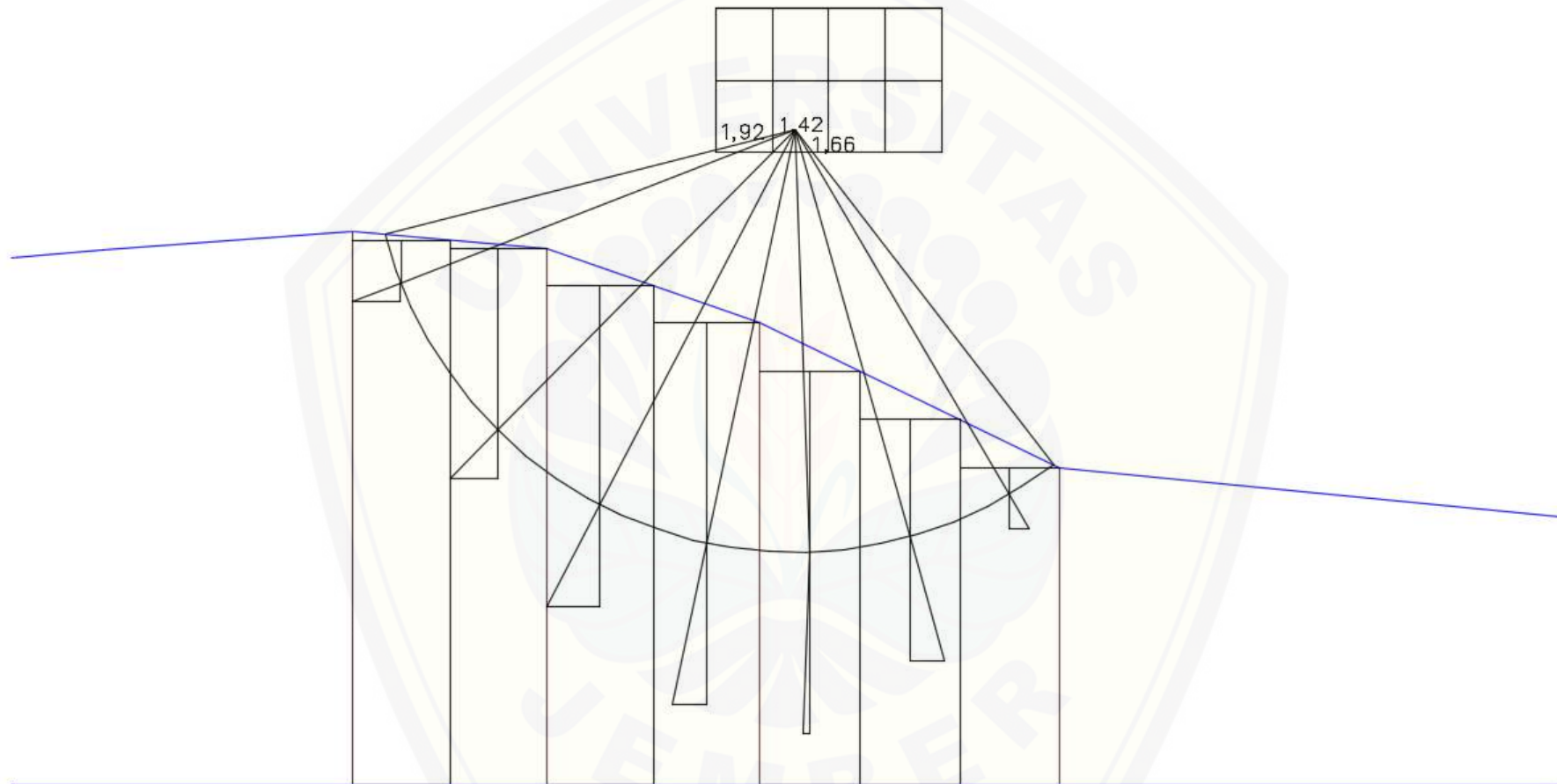
Gambar B3. Lereng 1 model 3



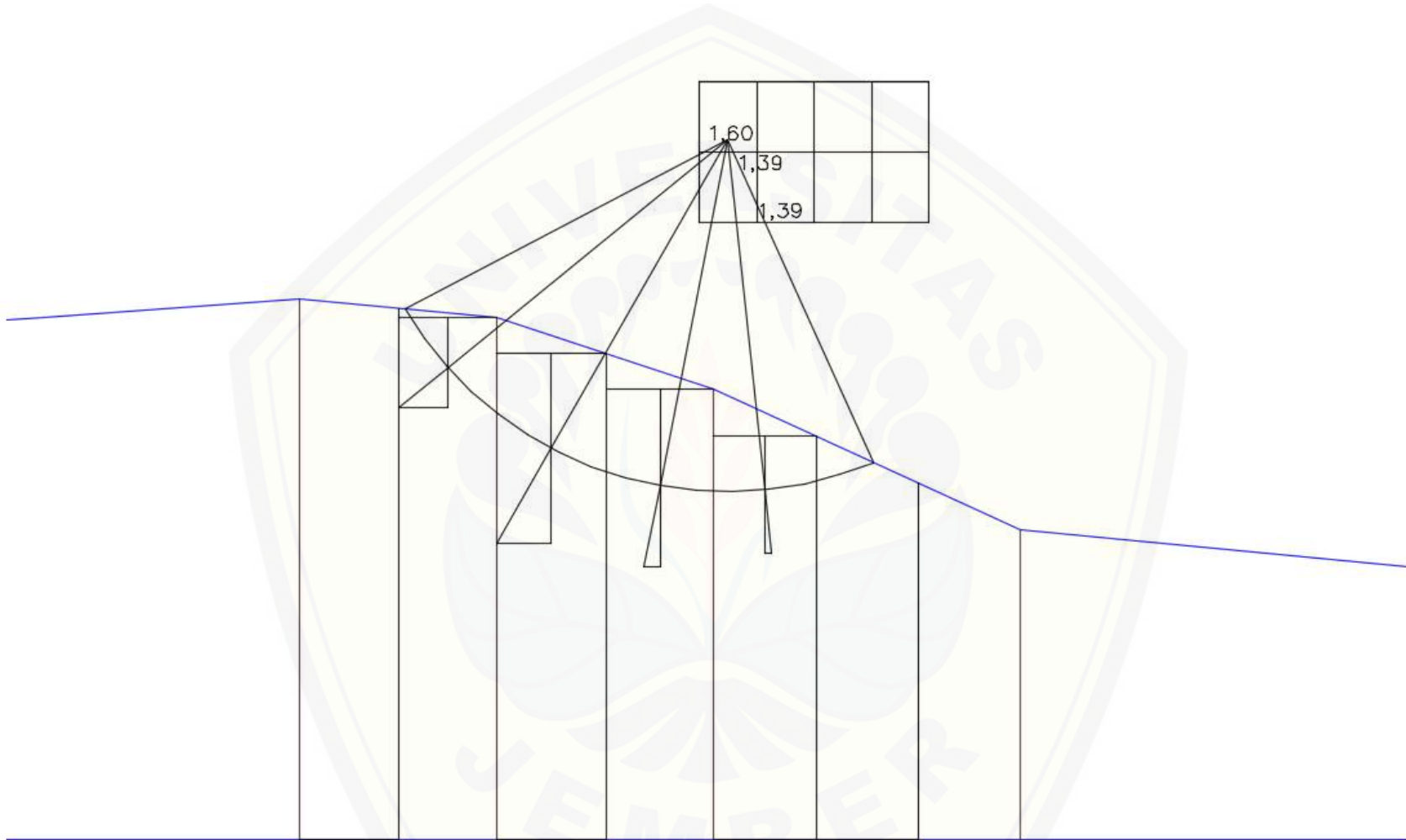
Gambar B4. Lereng 1 model 4



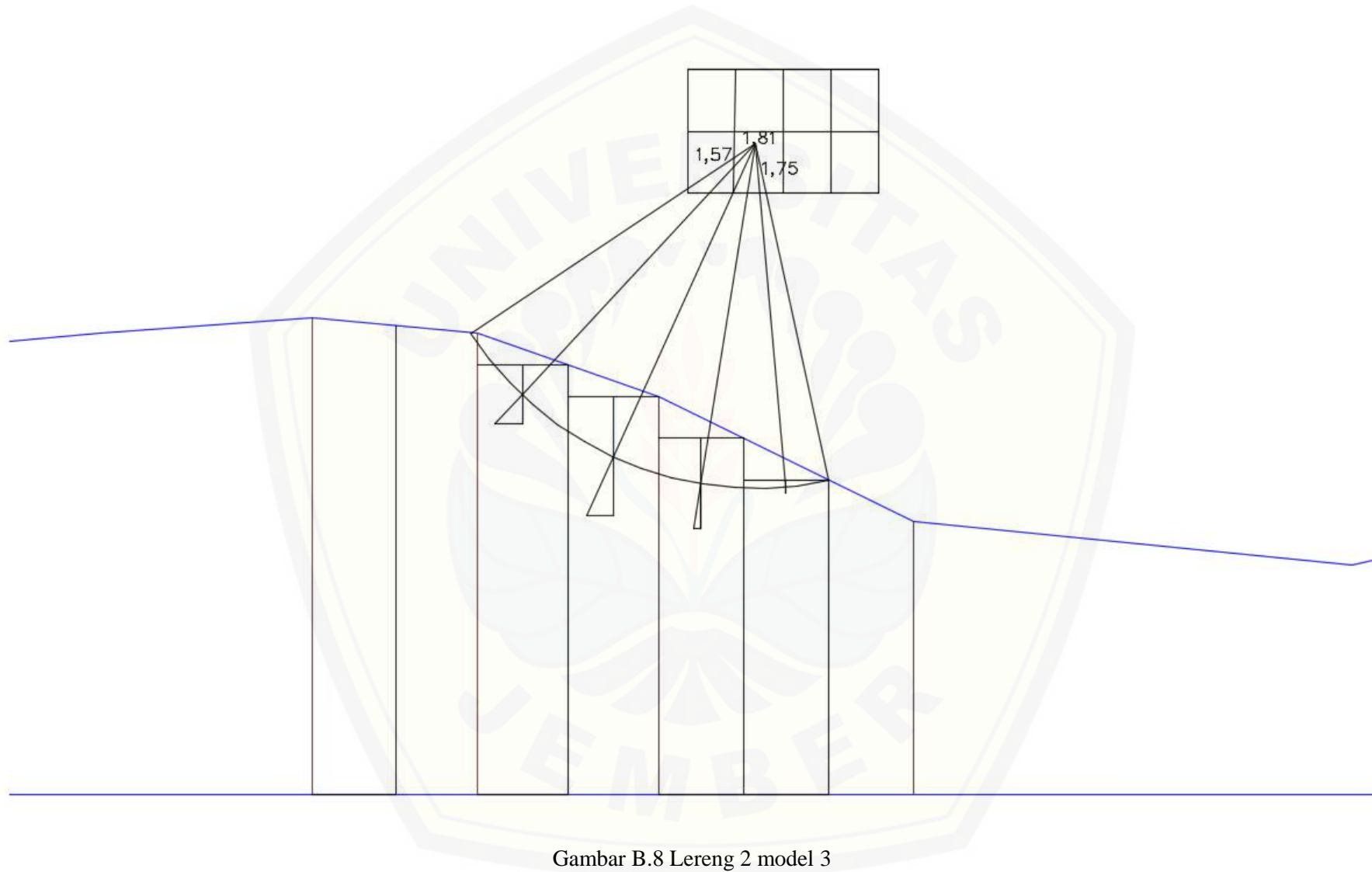
Gambar B5. Lereng 1 model 5



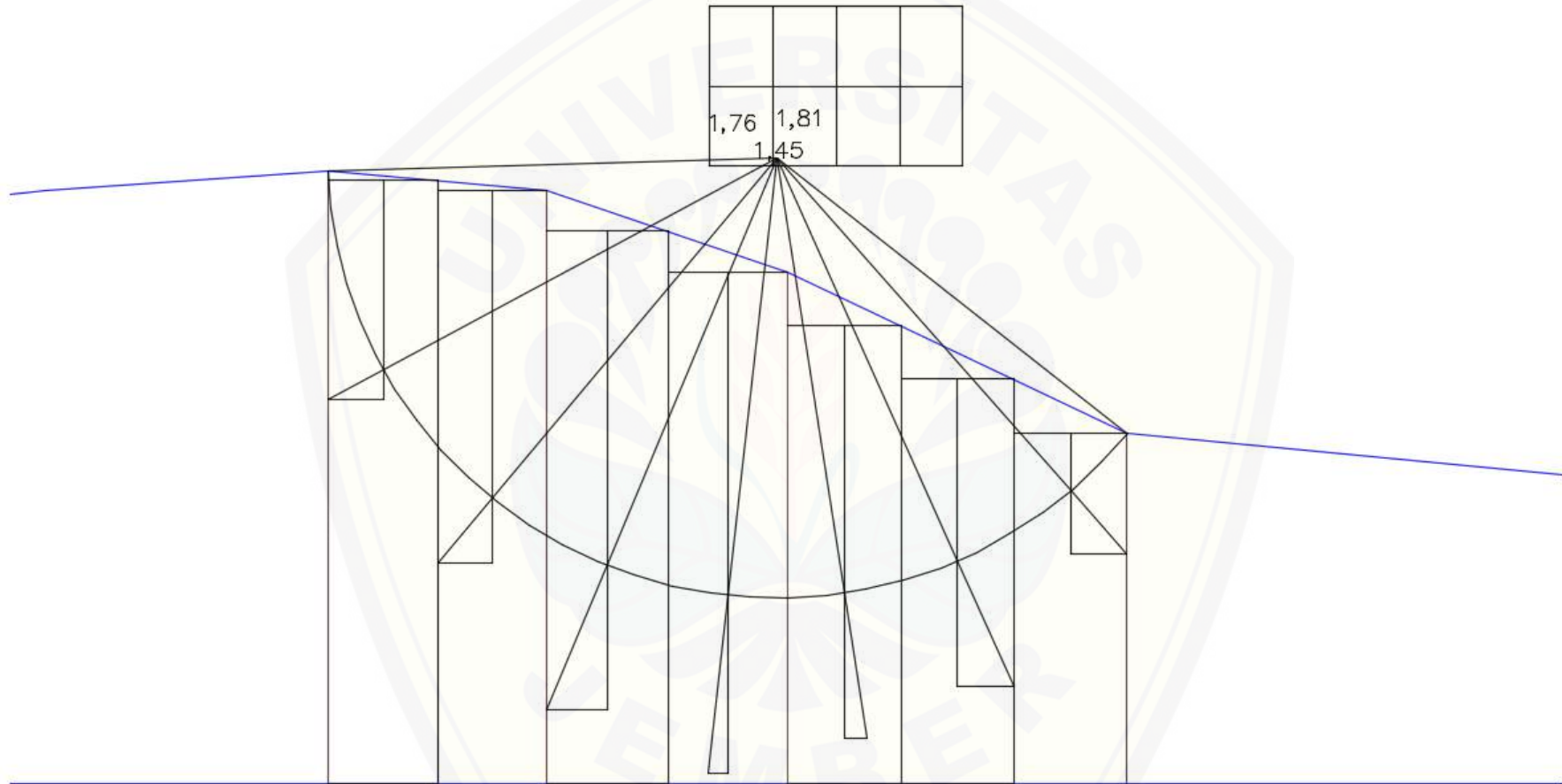
Gambar B6. Lereng 2 model 1



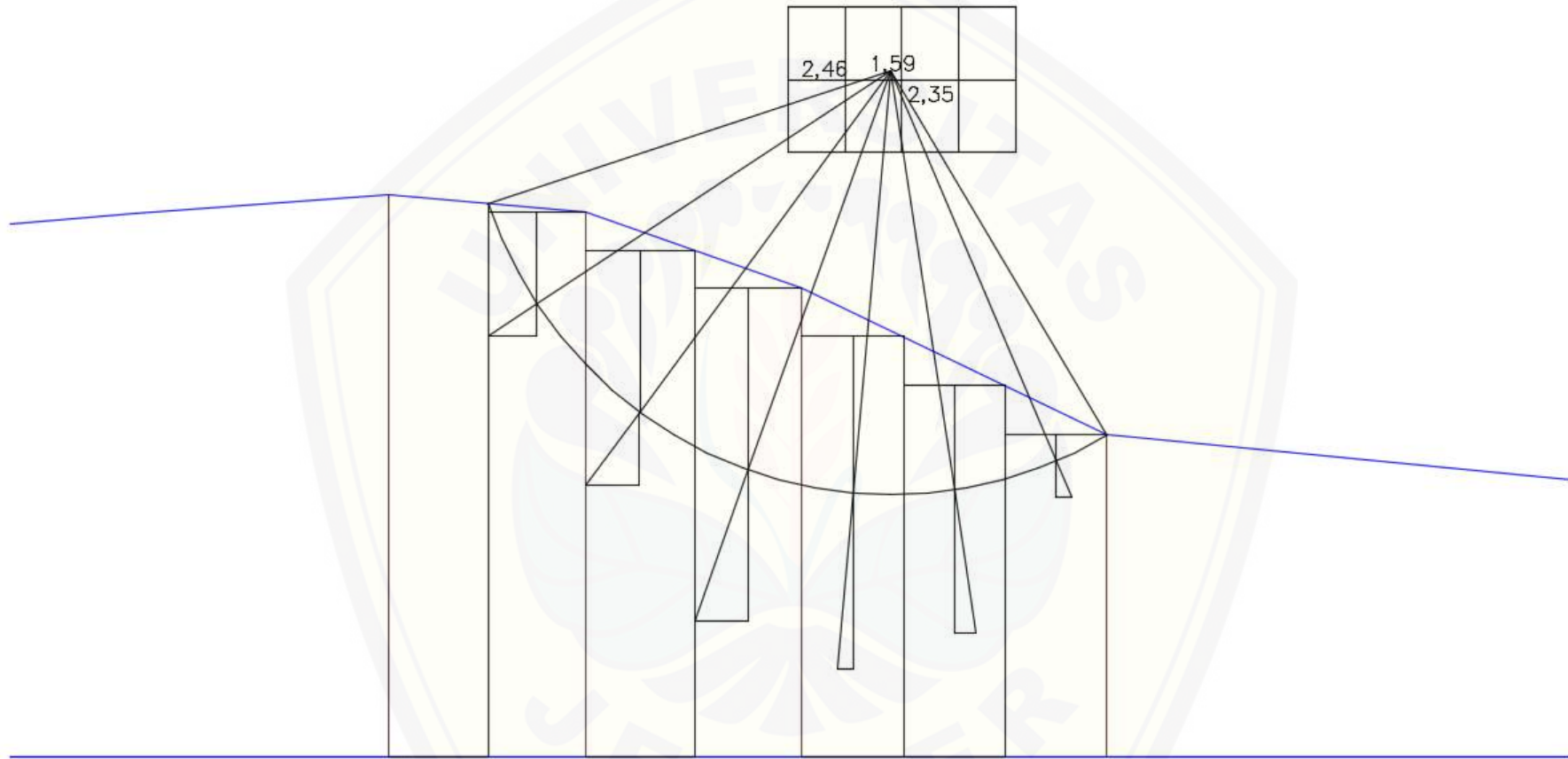
Gambar B7. Lereng 2 model 2



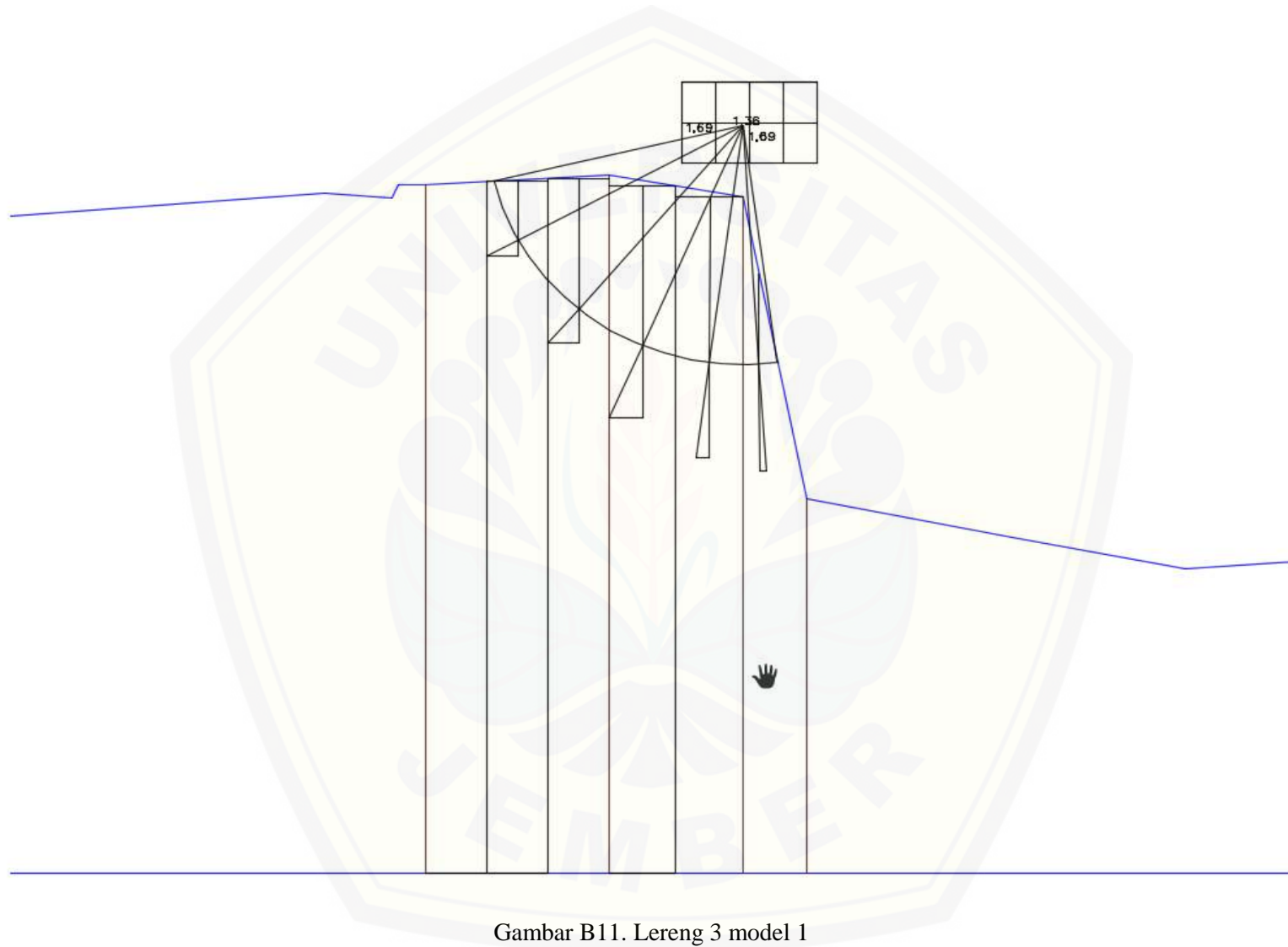
Gambar B.8 Lereng 2 model 3



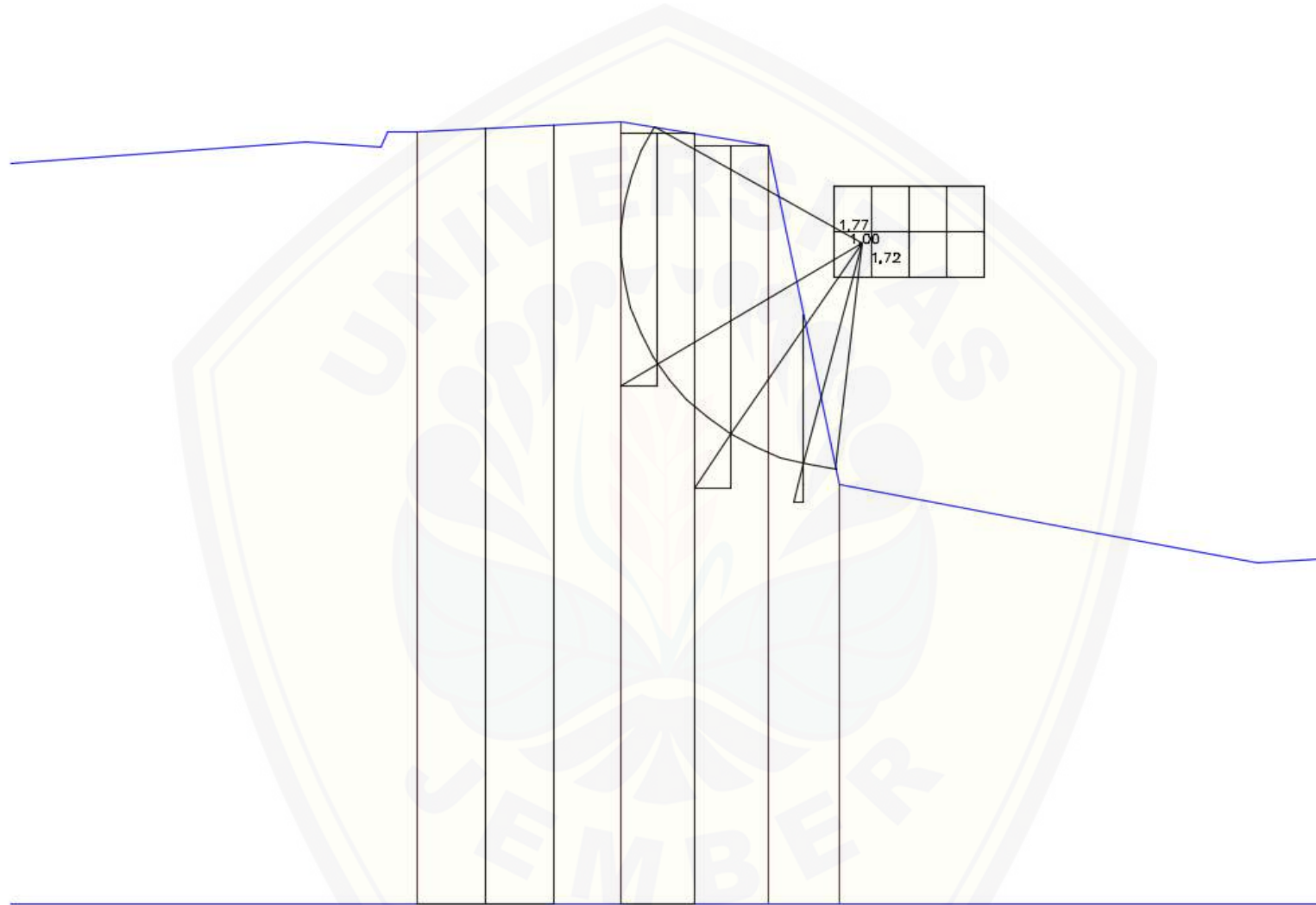
Gambar B9. Lereng 2 model 4



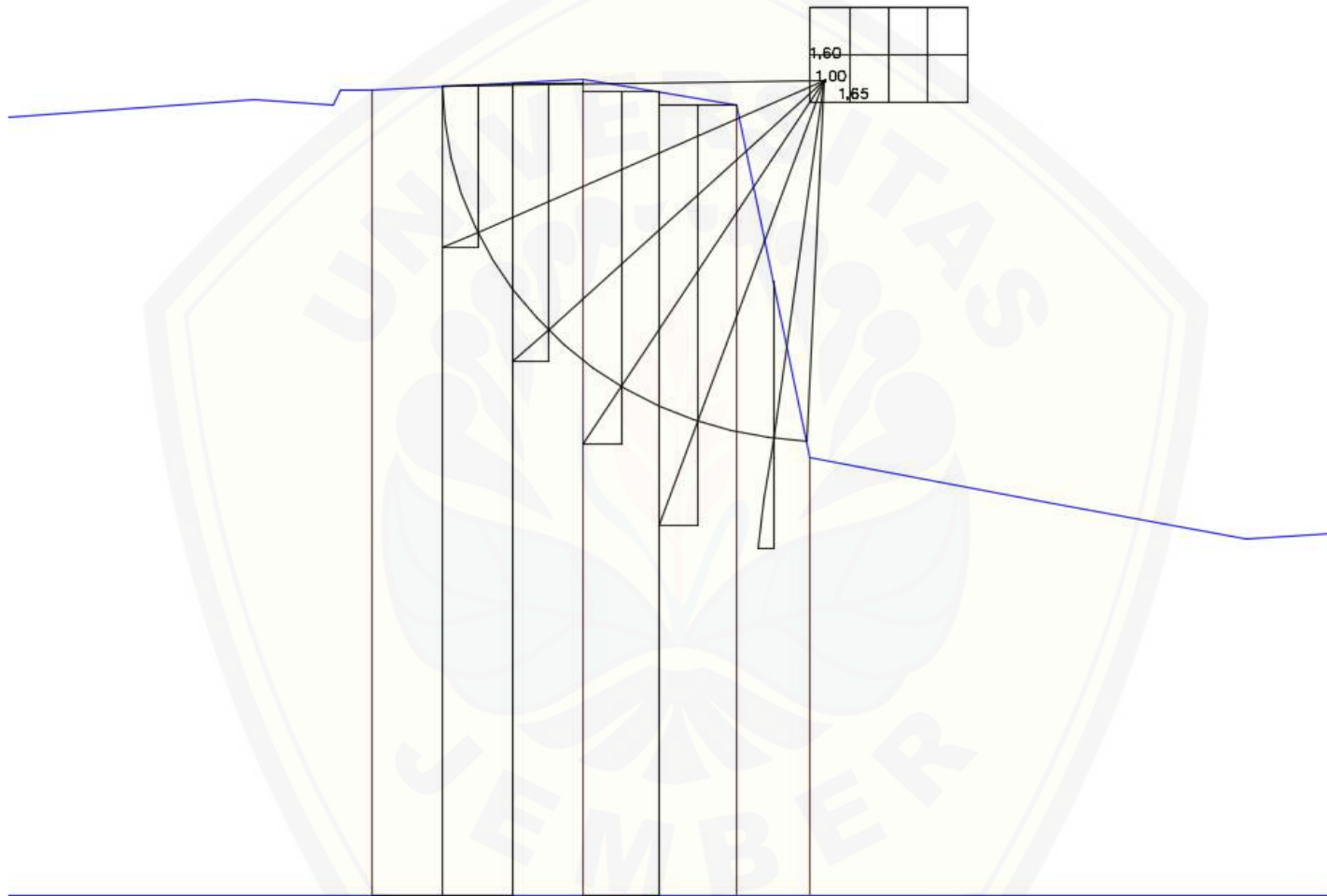
Gambar B10. Lereng 2 model 5



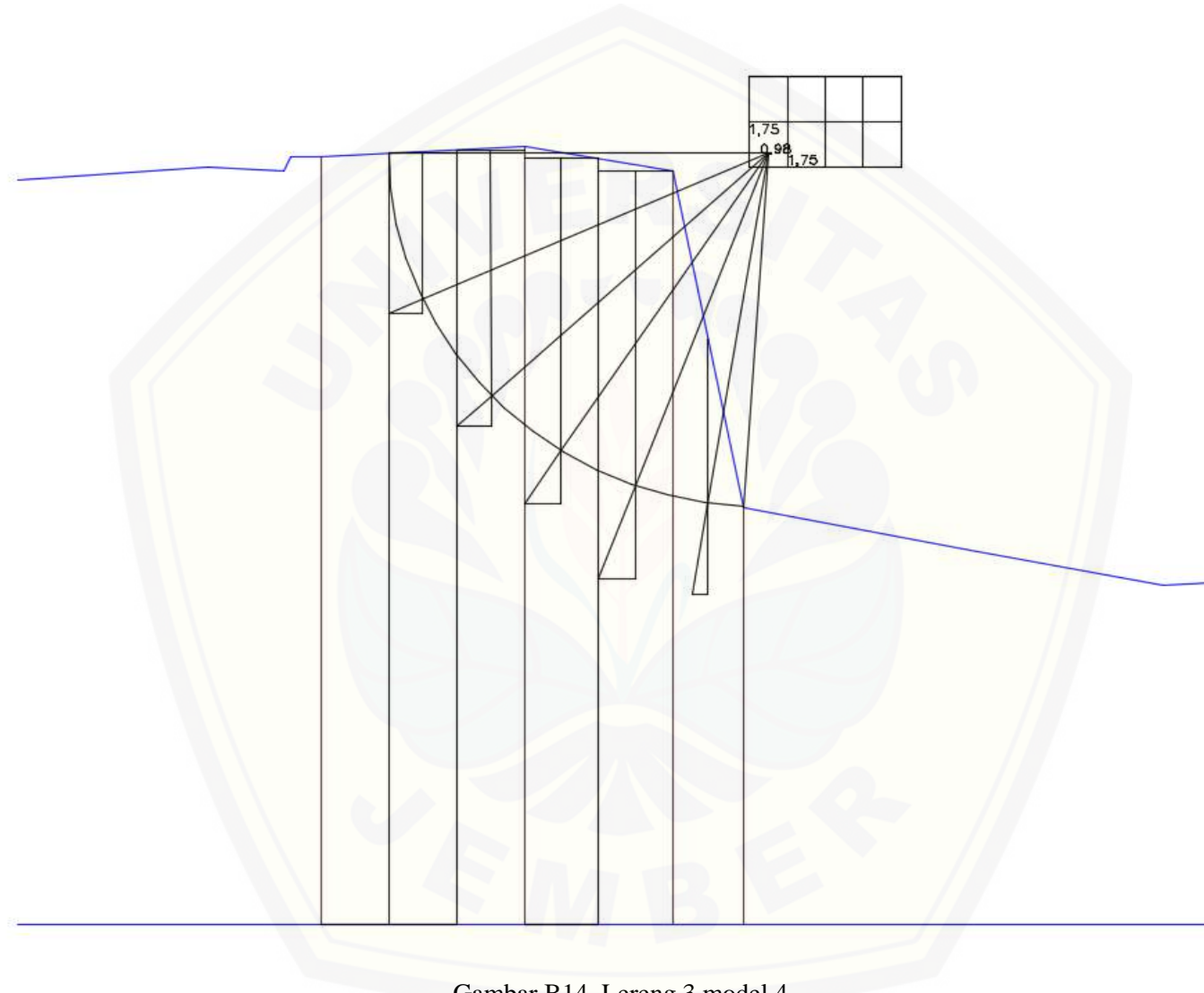
Gambar B11. Lereng 3 model 1



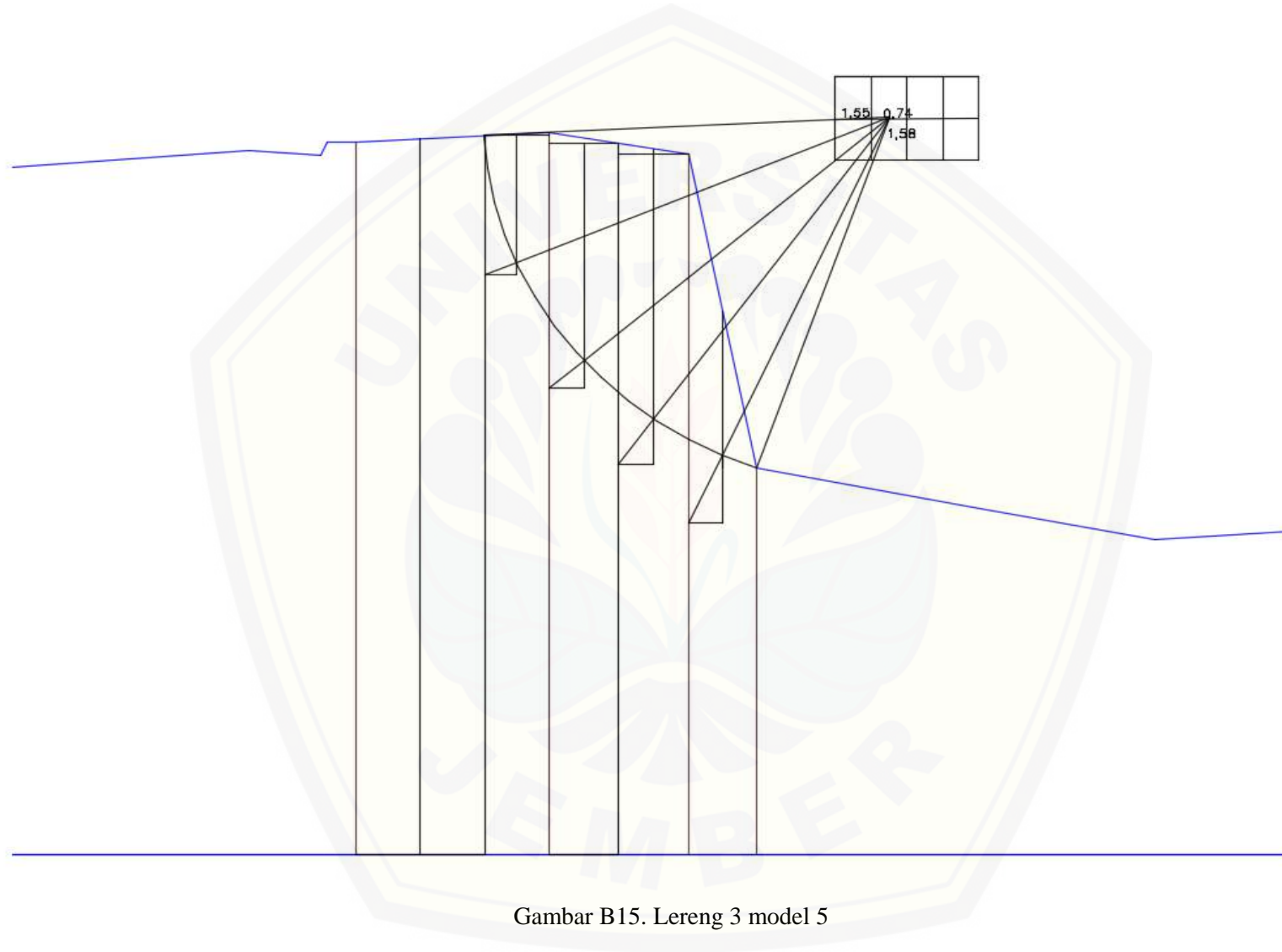
Gambar B12. Lereng 3 model 2



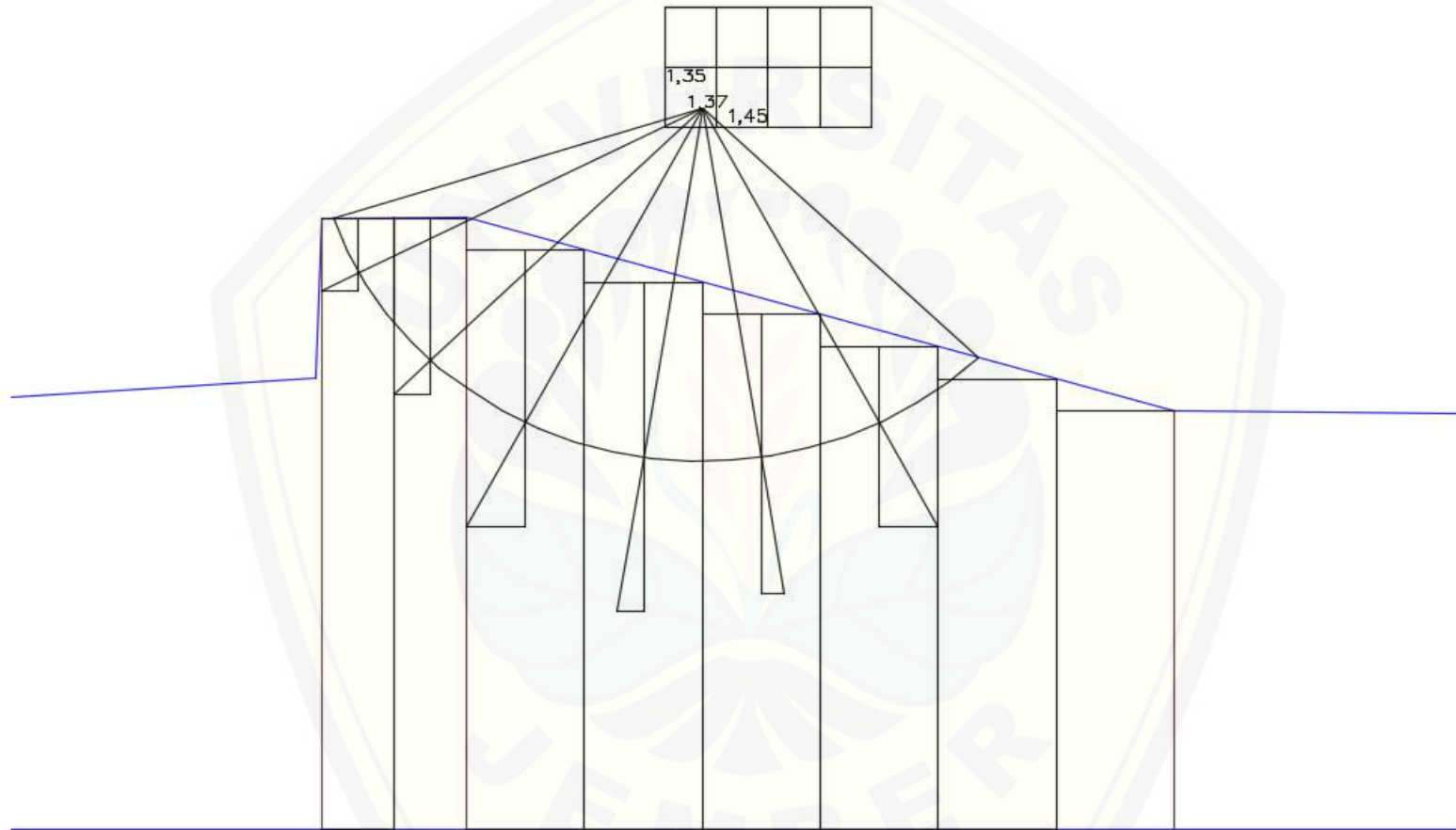
Gambar B13. Lereng 3 model 3



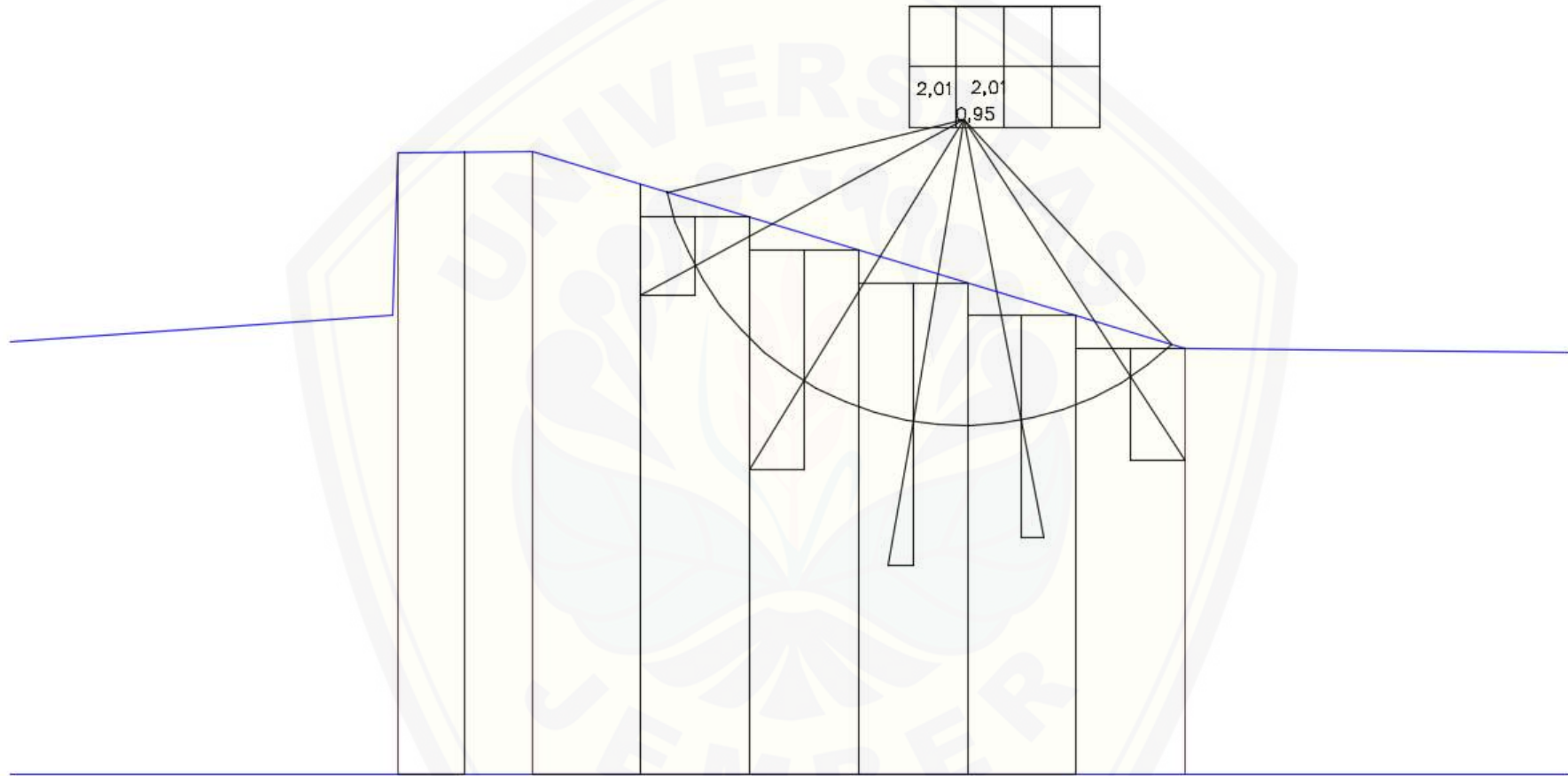
Gambar B14. Lereng 3 model 4



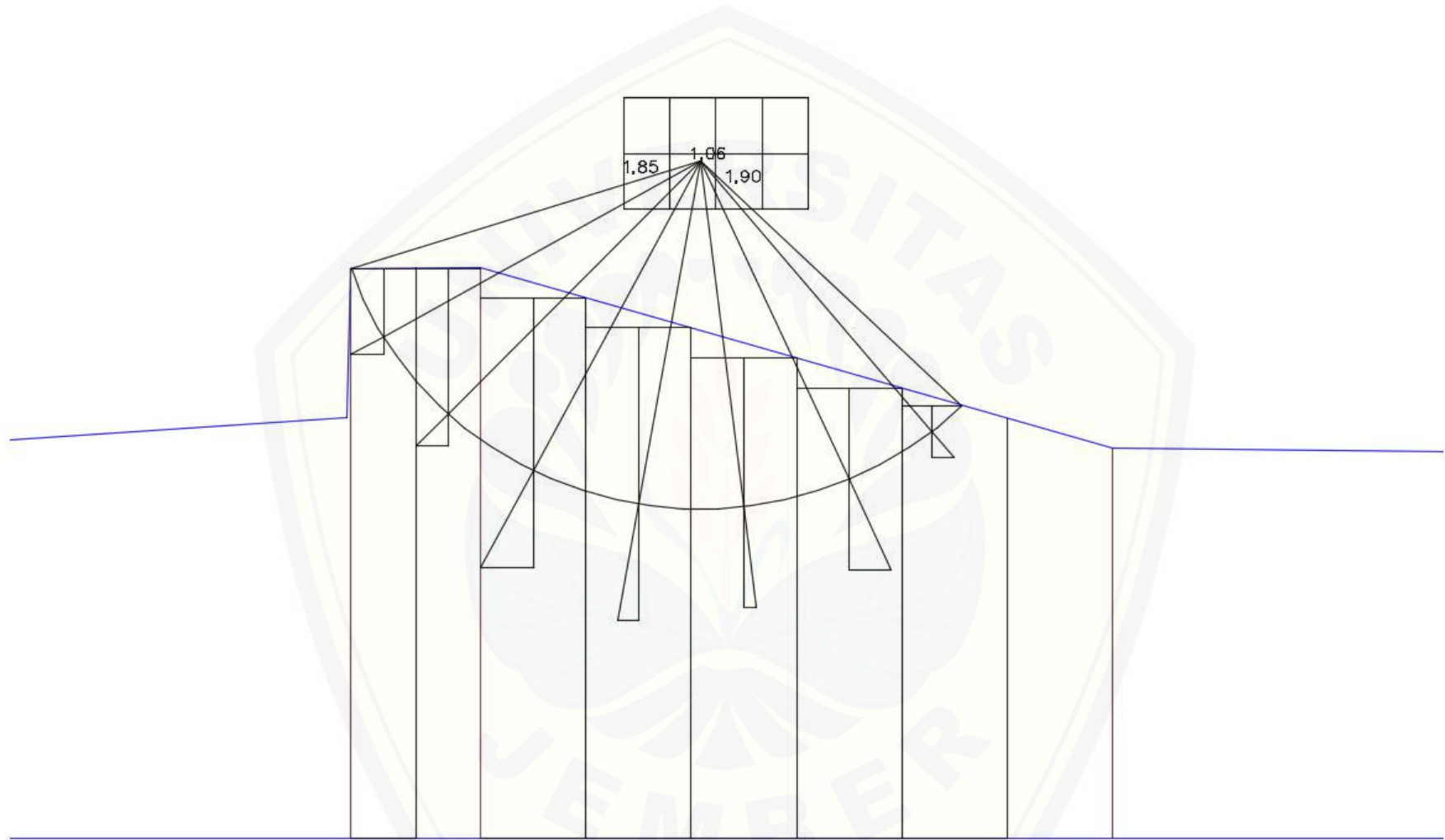
Gambar B15. Lereng 3 model 5



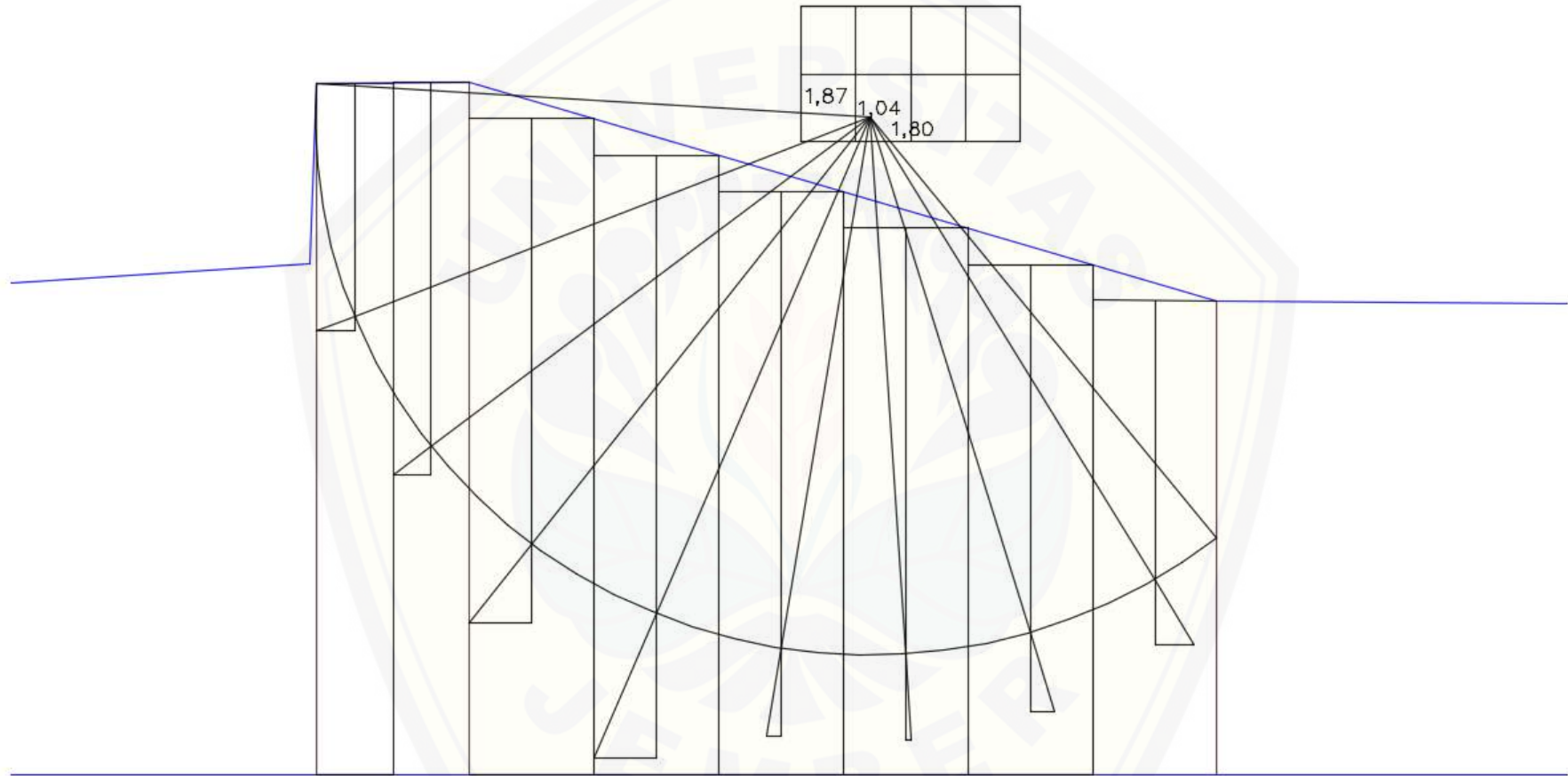
Gambar B16. Lereng 4 model 1



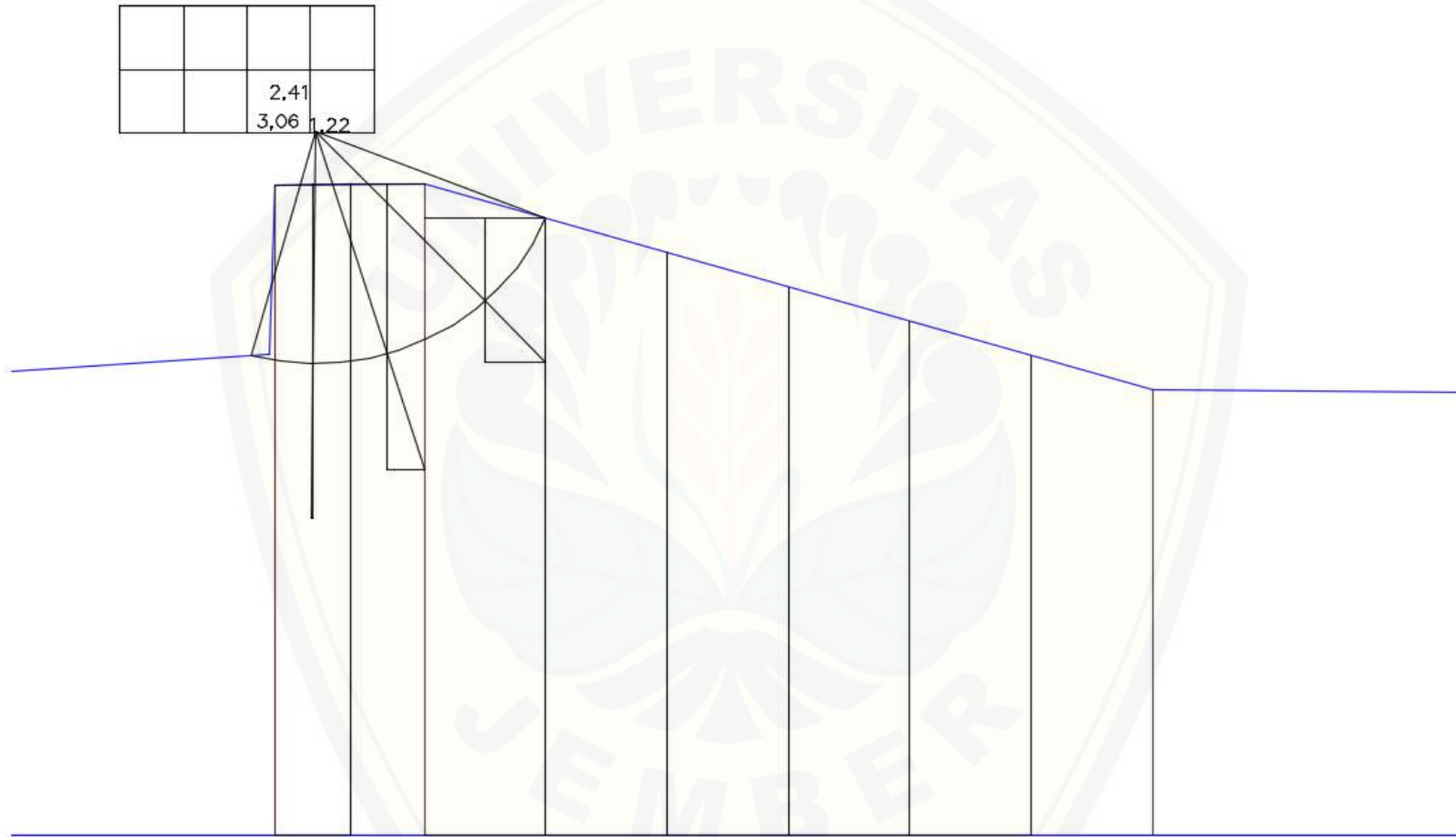
Gambar B17. Lereng 4 model 2



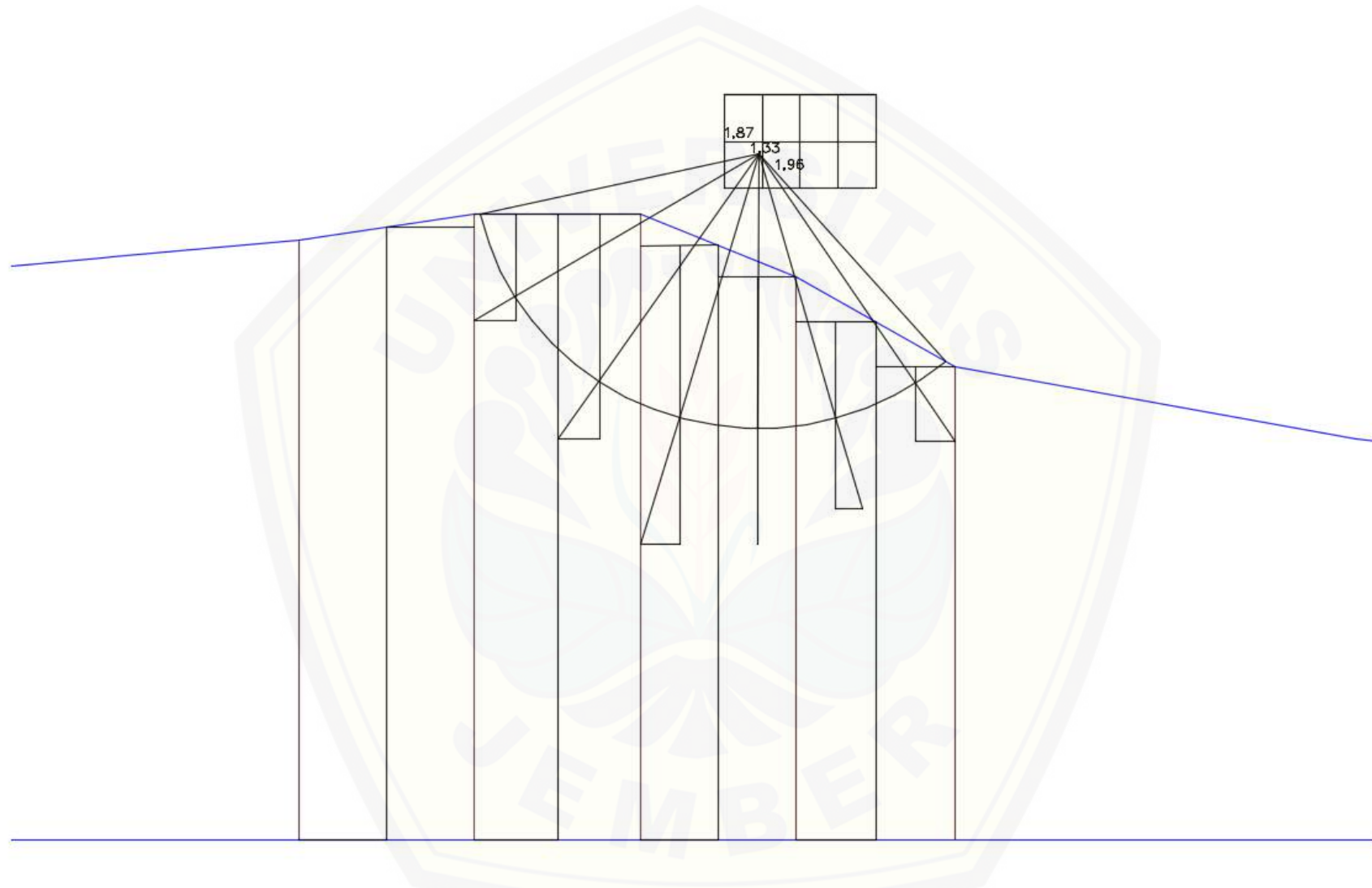
Gambar B18. Lereng 4 model 3



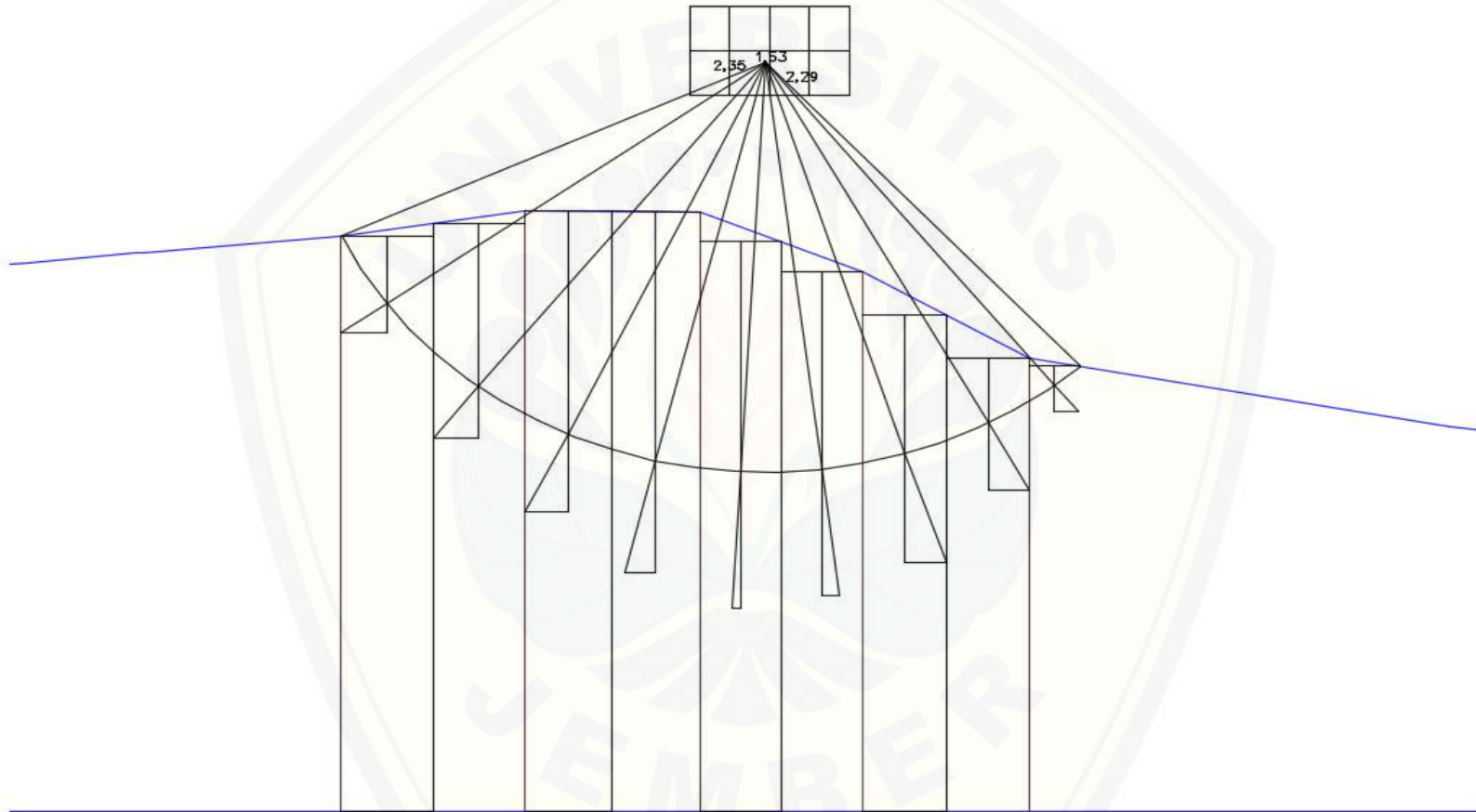
Gambar B19. Lereng 4 model 4



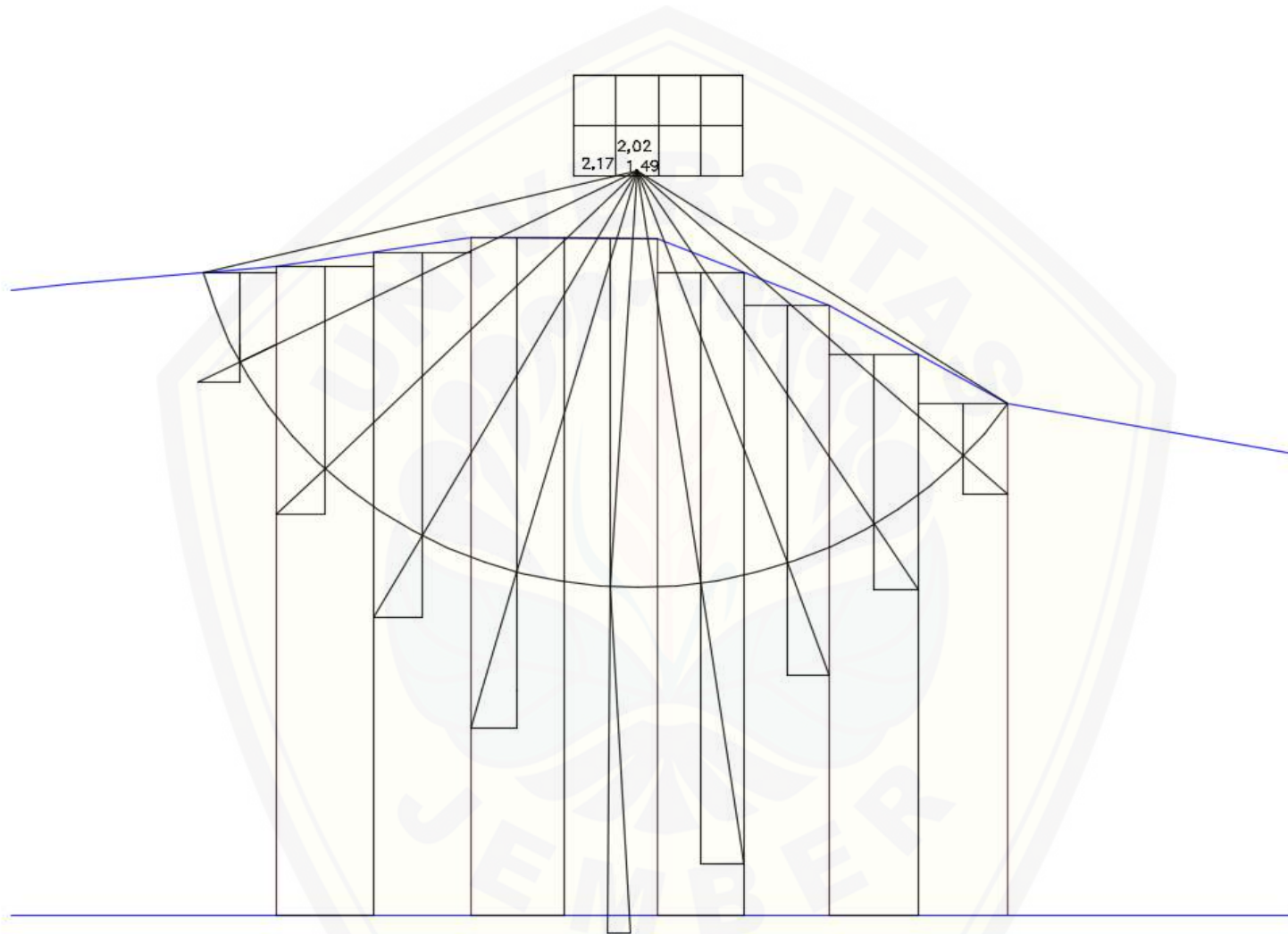
Gambar B20. Lereng 4 model 5



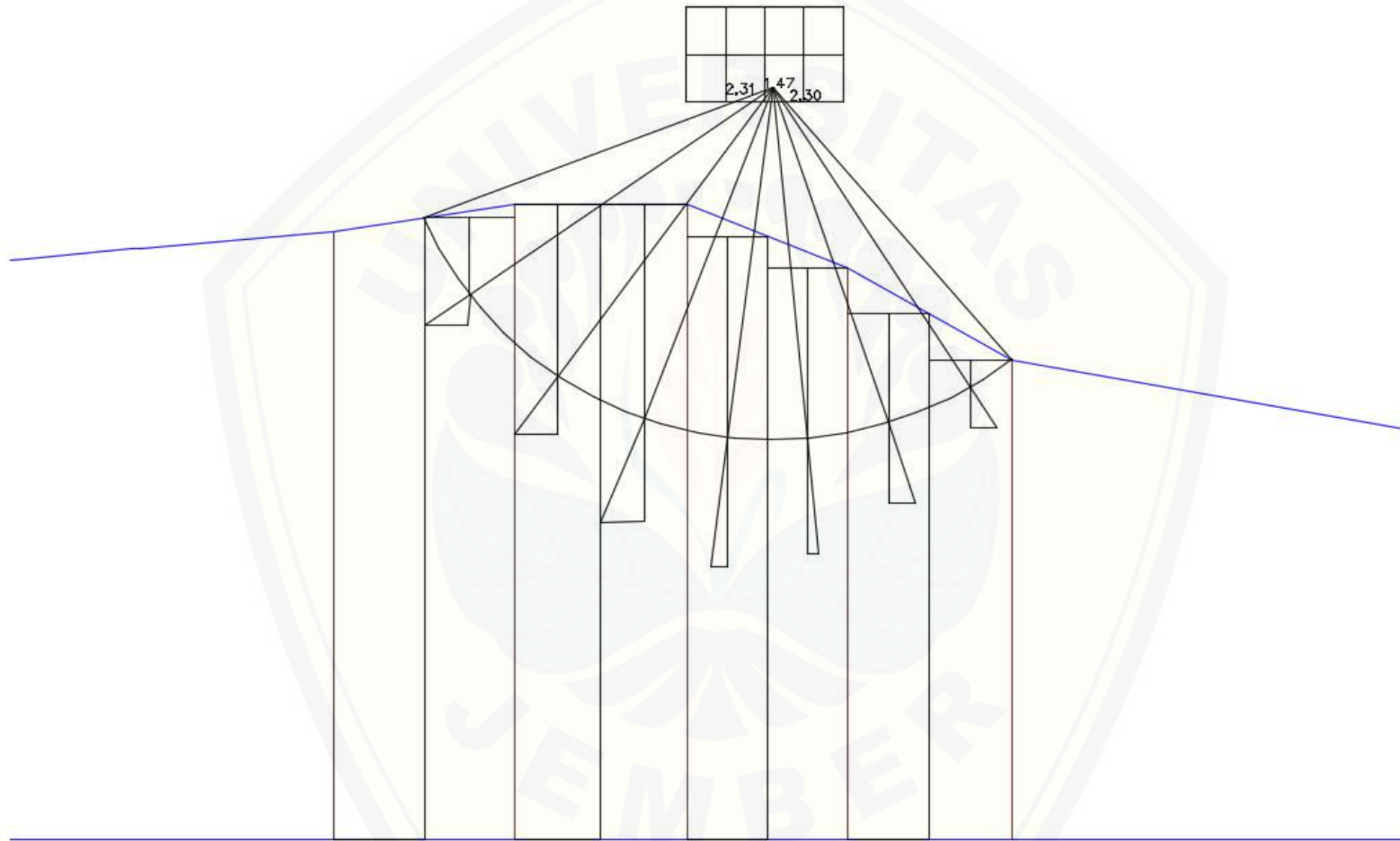
Gambar B21. Lereng 5 model 1



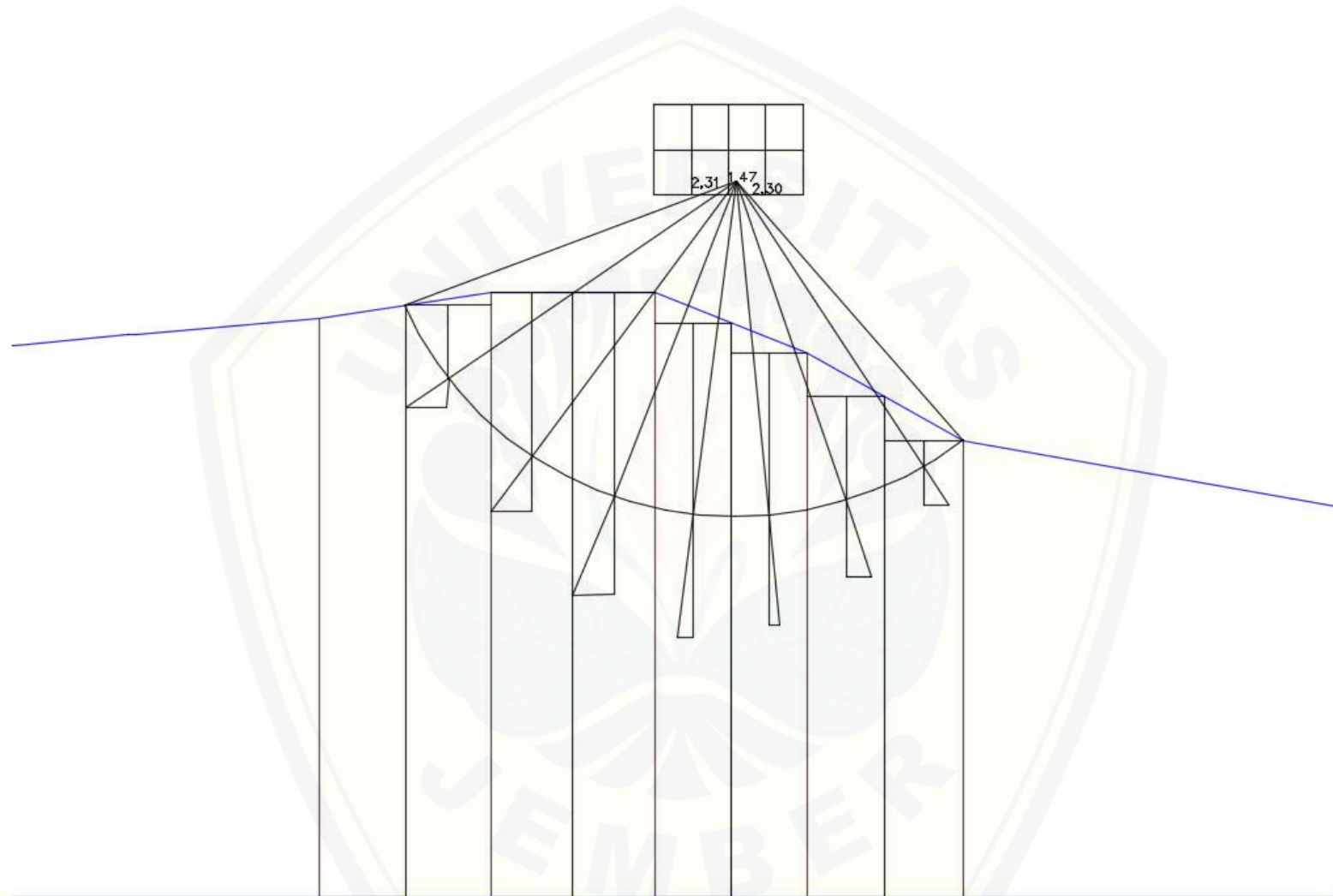
Gambar B22. Lereng 5 model 2



Gambar B23. Lereng 5 model 3



Gambar B24. Lereng 5 model 4



Gambar B25. Lereng 5 model 5



Lampiran 3

A. Perhitungan Stabilitas Lereng 1

Tabel A.1 Model 1 Lereng 1 Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,354	2,763	46	53,52	0,719	0,694	38,48	37,14
2	1,044	2,556	28	49,51	0,469	0,882	23,22	43,67
3	2,000	2,376	13	46,03	0,22	0,974	10,13	44,83
4	2,766	2,197	1	42,56	0,017	0,999	0,72	42,52
5	3,302	2,017	15	39,07	0,258	0,965	10,08	37,70
jumlah	9,466						82,63	205,86

Dengan L = 9,466 meter

$$cL = 1,765 \times 9,466 = 16,71$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga $F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$

$$F = \frac{16,71 + 0,649 (205,86)}{82,63} = 1,82$$

Tabel A.2 Model 2 Lereng 1 Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,203	2,763	61	53,52	0,874	0,484	46,78	25,90
2	0,722	2,556	35	49,51	0,573	0,819	28,37	40,55
3	1,949	2,376	16	46,03	0,275	0,961	12,66	44,23
4	2,868	2,197	0	42,56	0	1	0,00	42,56
5	3,638	2,017	17	39,07	0,292	0,956	11,41	37,35
6	3,993	1,103	31	21,37	0,515	0,857	11,00	18,31
jumlah	13,373						110,22	208,91

Dengan L = 13,373 meter

$$cL = 1,765 \times 13,373 = 23,60$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{23,60 + 0,649 (208,91)}{101,22} = 1,44$$

Tabel A.3 Model 3 Lereng 1 Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W $\sin \alpha$	W $\cos \alpha$
1	0,107	1,127	54	21,83	0,809	0,587	17,66	12,81
2	0,554	2,763	39	53,52	0,629	0,777	33,67	41,59
3	1,321	2,556	23	49,51	0,39	0,92	19,31	45,55
4	2,385	2,376	8	46,03	0,13	0,99	5,98	45,57
5	3,189	2,197	4	42,56	0,069	0,997	2,94	42,43
6	3,569	2,017	19	39,07	0,325	0,945	12,70	36,92
7	3,641	1,103	29	21,37	0,484	0,874	10,34	18,67
jumlah	14,766						102,60	243,54

Dengan L = 14,766 meter

$$cL = 1,765 \times 14,766 = 26,06$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{26,06 + 0,649 (243,54)}{102,60} = 1,79$$

Tabel A.4 Model 4 Lereng 1 Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W $\sin \alpha$	W $\cos \alpha$
1	0,104	1,127	55	21,83	0,819	0,573	17,88	12,51
2	0,518	2,763	42	53,52	0,669	0,743	35,81	39,77
3	1,262	2,556	26	49,51	0,438	0,898	21,69	44,46
4	2,162	2,376	13	46,03	0,22	0,974	10,13	44,83
5	2,912	2,197	0	42,56	0	1	0,00	42,56
6	3,345	2,017	12	39,07	0,2	0,978	7,81	38,21
7	3,448	1,103	22	21,37	0,374	0,927	7,99	19,81
jumlah	13,751						101,30	242,14

Dengan $L = 13,751$ meter

$$cL = 1,765 \times 13,751 = 24,27$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{24,27 + 0,649 (242,14)}{101,30} = 1,79$$

Tabel A.5 Model 5 Lereng 1 Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,254	2,763	55	53,49	0,819	0,573	43,81	30,65
2	0,844	2,556	32	49,49	0,529	0,848	26,18	41,96
3	1,961	2,376	14	46,00	0,24	0,97	11,04	44,62
4	2,904	2,197	2	42,54	0,034	0,999	1,45	42,49
5	3,613	2,017	21	39,05	0,358	0,933	13,98	36,43
6	3,825	1,103	35	21,36	0,573	0,819	12,24	17,49
jumlah	13,401						108,69	213,66

Dengan $L = 13,401$ meter

$$cL = 1,765 \times 13,401 = 23,65$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{23,65 + 0,649 (213,66)}{108,69} = 1,49$$

Tabel A.6 Model 1 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	$\sin \emptyset$	W sin \emptyset
1	0,750	0,440	46	8,52	0,719	6,13
2	0,750	0,897	28	17,38	0,469	8,15
3	0,750	0,943	13	18,27	0,22	4,02

4	0,750	0,787	1	15,24	0,017	0,26
5	0,750	0,430	15	8,33	0,258	2,15
jumlah						20,704

Terusan

hw	u=hw* γ_w	b*u	W-bu	(W-bu)tg \emptyset	c*b
0	0,000	0	8,52	5,53	1,32
0	0,000	0	17,38	11,28	1,32
0	0,000	0	18,27	11,86	1,32
0	0,000	0	15,24	9,89	1,32
0	0,000	0	8,33	5,41	1,32

Terusan

Mi				
Xi	F1 = 1,5	Yi1	F2 = 0,9	Yi2
6,86	1,17	5,86	1,42	4,83
12,60	1,06	11,89	1,18	10,68
13,18	1,02	12,92	1	13,18
11,22	1,01	11,11	0,99	11,33
6,73	1,01	6,66	1,01	6,66
		48,437		46,68

$$FK = \frac{48,437}{20,704} = 2,399$$

$$FK = \frac{46,68}{20,704} = 2,25$$

Tabel A.7 Model 2 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	sin \emptyset	W sin \emptyset
1	0,750	0,420	61	8,14	0,874	7,11
2	0,750	1,034	35	20,03	0,573	11,48
3	0,750	1,167	16	22,61	0,275	6,22
4	0,750	1,039	0	20,13	0	0,00
5	0,750	0,086	17	1,67	0,292	0,49
6	0,441	0,224	31	4,34	0,515	2,23
jumlah						27,525

Terusan

hw	u=hw* γ_w	b*u	W-bu	(W-bu)tg \emptyset	c*b
0	0,000	0	8,14	5,28	1,32

0	0,000	0	20,03	13,00	1,32
0	0,000	0	22,61	14,67	1,32
0	0,000	0	20,13	13,06	1,32
0	0,000	0	1,67	1,08	1,32
0	0,000	0	4,34	2,82	0,78

Terusan

Mi				
Xi	F1 =0,1	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
6,60	1,6	4,13	1,2	5,50
14,32	1,6	8,95	0,89	16,09
16,00	1,6	10,00	0,95	16,84
14,39	1	14,39	1	14,39
2,40	1,6	1,50	0,95	2,53
3,59	1,6	2,25	0,93	3,86
		41,212		59,22

$$FK = \frac{41,212}{27,525} = 1,497$$

$$FK = \frac{59,22}{27,525} = 2,15$$

Tabel A.8 Model 3 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø	W sin Ø
1	0,299	0,434	54	8,41	0,809	6,80
2	0,750	0,874	39	16,93	0,629	10,65
3	0,750	1,098	23	21,27	0,39	8,30
4	0,750	1,078	8	20,88	0,13	2,71
5	0,750	0,865	4	16,76	0,069	1,16
6	0,750	0,464	19	8,99	0,325	2,92
7	0,441	0,095	29	1,84	0,484	0,89
jumlah						33,428

Terusan

hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø	c*b
0	0,000	0	8,41	5,46	0,53
0	0,000	0	16,93	10,99	1,32
0	0,000	0	21,27	13,80	1,32
0	0,000	0	20,88	13,55	1,32
0	0,000	0	16,76	10,87	1,32

0	0,000	0	8,99	5,83	1,32
0	0,000	0	1,84	1,19	0,78
Terusan					
Mi					
Xi	F1 =3	Yi1	F2 = 3,5	Yi2	
5,98	0,89	6,72	0,8	7,48	
12,31	0,98	12,56	0,91	13,53	
15,13	0,86	17,59	0,82	18,45	
14,88	0,98	15,18	0,92	16,17	
12,20	0,92	13,26	0,8	15,25	
7,16	0,82	8,73	0,79	9,06	
1,97	0,91	2,17	0,89	2,22	
		76,211		82,15	

$$FK = \frac{76,211}{33,428} = 2,280$$

$$FK = \frac{82,15}{33,428} = 2,46$$

Tabel A.9 Model 4 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø	W sin Ø
1	0,299	0,233	55	4,51	0,819	3,70
2	0,750	0,711	42	13,77	0,669	9,21
3	0,750	0,986	26	19,10	0,438	8,37
4	0,750	1,020	13	19,76	0,22	4,35
5	0,750	0,870	0	16,85	0	0,00
6	0,750	0,552	12	10,69	0,2	2,14
7	0,441	0,173	22	3,35	0,374	1,25
jumlah						29,015

Terusan

hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø	c*b
0	0,000	0	4,51	2,93	0,53
0	0,000	0	13,77	8,94	1,32
0	0,000	0	19,10	12,40	1,32
0	0,000	0	19,76	12,82	1,32
0	0,000	0	16,85	10,94	1,32
0	0,000	0	10,69	6,94	1,32
0	0,000	0	3,35	2,17	0,78

Terusan

Mi				
Xi	F1 =4	Yi1	F2 = 4,5	Yi2
3,46	0,9	3,84	0,89	3,88
10,26	0,83	12,36	0,79	12,99
13,72	0,88	15,59	0,78	17,59
14,15	0,9	15,72	0,82	17,25
12,26	0,91	13,47	0,81	15,14
8,26	0,88	9,39	0,75	11,02
2,95	0,85	3,47	0,77	3,84
		73,853		81,71

$$FK = \frac{73,853}{29,015} = 2,54$$

$$FK = \frac{81,71}{29,015} = 2,82$$

Tabel A.10 Model 5 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø	W sin Ø
1	0,750	0,736	55	14,26	0,819	11,68
2	0,750	1,235	32	23,92	0,529	12,66
3	0,750	1,305	14	25,28	0,24	6,07
4	0,750	1,138	2	22,04	0,034	0,75
5	0,750	0,746	21	14,45	0,358	5,17
6	0,441	0,245	35	4,75	0,573	2,72
jumlah						39,041

Terusan

hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø	c*b
0	0,000	0	14,26	9,25	1,32
0	0,000	0	23,92	15,53	1,32
0	0,000	0	25,28	16,41	1,32
0	0,000	0	22,04	14,31	1,32
0	0,000	0	14,45	9,38	1,32
0	0,000	0	4,75	3,08	0,78

Terusan

Mi				
Xi	F1 =5	Yi1	F2 = 10	Yi2
10,58	0,87	12,16	0,69	15,33
16,85	0,82	20,55	0,74	22,77
17,73	0,92	19,27	0,89	19,92

15,63	0,98	15,95	0,91	17,18
10,70	0,89	12,03	0,81	13,21
3,86	0,79	4,88	0,79	4,88
		84,836		93,29

$$FK = \frac{84,836}{39,041} = 2,17$$

$$FK = \frac{93,29}{39,041} = 2,39$$

Tabel A.11 model 1 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø	W sin Ø
1	0,750	0,440	46	8,523	0,719	6,13
2	0,750	0,897	28	17,376	0,469	8,15
3	0,750	0,943	13	18,267	0,22	4,02
4	0,750	0,787	1	15,245	0,017	0,26
5	0,750	0,430	15	8,330	0,258	2,15
jumlah				67,74		

Terusan

hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø	c*b
0,00	0,00	0,00	8,52	5,53	1,32
0,00	0,00	0,00	17,38	11,28	1,32
0,00	0,00	0,00	18,27	11,86	1,32
0,00	0,00	0,00	15,24	9,89	1,32
0,00	0,00	0,00	8,33	5,41	1,32
				43,96	6,62

Terusan

sec ² α	tan α	W tan α
2,08	1,04	8,86
1,29	0,530	9,21
1,05	0,23	4,22
1,00	0,02	0,27
1,07	0,27	2,25
6,49	2,09	24,82

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,62+43,96] \frac{6,49}{1+\frac{2,09 \times 0,649}{1,5}}}{24,82}$$

$$FK = 2,28$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times F_S$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,901}{4,686} - 1,4 \left(\frac{0,901}{4,686} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,009 \times 2,28$$

$$F = 2,30$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,62+43,96] \frac{6,49}{1+\frac{2,09 \times 0,649}{1,75}}}{24,82}$$

$$FK = 2,35$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times F_S$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,901}{4,686} - 1,4 \left(\frac{0,901}{4,686} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,35$$

$$F = 2,37$$

Tabel A.12 model 2 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,750	0,420	61	8,136	0,874
2	0,750	1,034	35	20,030	0,573
3	0,750	1,167	16	22,606	0,275
4	0,750	1,039	0	20,126	0
5	0,750	0,086	17	1,666	0,292
6	0,441	0,224	31	4,339	0,515
jumlah				76,90	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
7,11	0,00	0,00	0,00	8,14	5,28
11,48	0,00	0,00	0,00	20,03	13,00
6,22	0,00	0,00	0,00	22,61	14,67
0,00	0,00	0,00	0,00	20,13	13,06
0,49	0,00	0,00	0,00	1,67	1,08
2,23	0,00	0,00	0,00	4,34	2,82
					49,91

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,32	4,27	1,80	14,64
1,32	1,49	0,700	14,02
1,32	1,08	0,29	6,56
1,32	1,00	0,00	0,00
1,32	1,09	0,31	0,52
0,78	1,36	0,60	2,60
7,40	10,29	3,70	38,34

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,40+49,91] \frac{10,29}{1+\frac{3,70 \times 0,649}{1,5}}}{38,34}$$

$$FK = 1,68$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,111}{4,218} - 1,4 \left(\frac{1,111}{4,218} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 0,995$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 0,995 \times 1,68$$

$$F = 1,67$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,40+49,91] \frac{10,29}{1+\frac{3,70 \times 0,649}{1,75}}}{38,34}$$

$$FK = 2,34$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,111}{4,218} - 1,4 \left(\frac{1,111}{4,218} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 0,995$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 0,995 \times 2,34$$

$$F = 2,33$$

Tabel A.13 model 3 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,299	0,434	54	8,407	0,809
2	0,750	0,874	39	16,930	0,629
3	0,750	1,098	23	21,269	0,39
4	0,750	1,078	8	20,882	0,13
5	0,750	0,865	4	16,756	0,069
6	0,750	0,464	19	8,988	0,325
7	0,441	0,095	29	1,840	0,484
jumlah				95,07	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
6,80	0,00	0,00	0,00	8,41	5,46
10,65	0,00	0,00	0,00	16,93	10,99
8,30	0,00	0,00	0,00	21,27	13,80
2,71	0,00	0,00	0,00	20,88	13,55
1,16	0,00	0,00	0,00	16,76	10,87
2,92	0,00	0,00	0,00	8,99	5,83
0,89	0,00	0,00	0,00	1,84	1,19
					61,70

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
0,53	2,90	1,38	11,60
1,32	1,66	0,810	13,71
1,32	1,18	0,42	8,93
1,32	1,02	0,14	2,92
1,32	1,01	0,07	1,17
1,32	1,12	0,34	3,06
0,78	1,31	0,55	1,01
7,92	10,20	3,71	42,41

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,92+61,70] \frac{10,20}{1+\frac{3,71 \times 0,649}{1,5}}}{42,41}$$

$$FK = 2,41$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,039}{4,391} - 1,4 \left(\frac{1,039}{4,391} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,41$$

$$F = 2,43$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,92+61,70] \frac{10,20}{1+\frac{3,71 \times 0,649}{1,75}}}{42,41}$$

$$FK = 2,74$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,039}{4,391} - 1,4 \left(\frac{1,039}{4,391} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,007 \times 2,74$$

$$F = 2,76$$

Tabel A.14 model 4 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,299	0,233	55	4,513	0,819
2	0,750	0,711	42	13,773	0,669
3	0,750	0,986	26	19,100	0,438
4	0,750	1,020	13	19,758	0,22
5	0,750	0,870	0	16,853	0
6	0,750	0,552	12	10,693	0,2
7	0,441	0,173	22	3,351	0,374
jumlah				88,04	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
3,70	0,00	0,00	0,00	4,51	2,93
9,21	0,00	0,00	0,00	13,77	8,94
8,37	0,00	0,00	0,00	19,10	12,40
4,35	0,00	0,00	0,00	19,76	12,82
0,00	0,00	0,00	0,00	16,85	10,94
2,14	0,00	0,00	0,00	10,69	6,94
1,25	0,00	0,00	0,00	3,35	2,17
					57,14

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan a
0,53	3,05	1,43	6,45
1,32	1,81	0,900	12,40
1,32	1,24	0,49	9,36
1,32	1,05	0,23	4,56
1,32	1,00	0,00	0,00
1,32	1,05	0,21	2,28
0,78	1,16	0,40	1,35
7,92	10,36	3,67	36,40

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,92+57,14] \frac{10,36}{1 + \frac{3,67 \times 0,649}{1,5}}}{36,40}$$

$$FK = 2,66$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,974}{4,688} - 1,4 \left(\frac{0,974}{4,688} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,66$$

$$F = 2,69$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,92+57,14] \frac{10,36}{1 + \frac{3,67 \times 0,649}{1,75}}}{36,40}$$

$$FK = 3,03$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,974}{4,688} - 1,4 \left(\frac{0,974}{4,688} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,007 \times 3,03$$

$$F = 3,06$$

Tabel A.15 model 5 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,750	0,736	55	14,257	0,819
2	0,750	1,235	32	23,923	0,529
3	0,750	1,305	14	25,279	0,24
4	0,750	1,138	2	22,044	0,034
5	0,750	0,746	21	14,451	0,358
6	0,441	0,245	35	4,746	0,573
jumlah				104,70	
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
11,68	0,00	0,00	0,00	14,26	9,25
12,66	0,00	0,00	0,00	23,92	15,53
6,07	0,00	0,00	0,00	25,28	16,41
0,75	0,00	0,00	0,00	22,04	14,31
5,17	0,00	0,00	0,00	14,45	9,38
2,72	0,00	0,00	0,00	4,75	3,08
					67,95
Terusan					
c*b	sec ² α	tan α	W tan α		
1,32	3,05	1,43	20,39		
1,32	1,39	0,630	15,07		
1,32	1,06	0,25	6,32		
1,32	1,00	0,04	0,77		
1,32	1,15	0,38	5,49		
0,78	1,49	0,70	3,32		
7,40	9,14	3,43	51,36		

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,40+67,95] \frac{9,14}{1+\frac{3,43 \times 0,649}{1,5}}}{51,36}$$

$$FK = 2,93$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,281}{4,400} - 1,4 \left(\frac{1,281}{4,400} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,008 \times 2,93$$

$$F = 2,96$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,40+67,95] \frac{9,14}{1+\frac{3,43 \times 0,649}{1,75}}}{51,36}$$

$$FK = 3,02$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,281}{4,400} - 1,4 \left(\frac{1,281}{4,400} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,008 \times 3,02$$

$$F = 3,03$$

B. Perhitungan Stabilitas Lereng 2

Tabel B.16 model 1 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W $\sin \alpha$	W $\cos \alpha$
1	0,686	2,685	68	52,01	0,927	0,374	48,21	19,45
2	1,369	2,620	44	50,75	0,694	0,719	35,22	36,49
3	2,129	2,793	27	54,10	0,453	0,891	24,51	48,21
4	2,882	2,572	12	49,82	0,2	0,978	9,96	48,73
5	3,592	2,300	1	44,55	0,017	0,999	0,76	44,51
6	4,302	1,966	15	38,08	0,258	0,965	9,83	36,75
7	5,012	1,672	30	32,39	0,5	0,886	16,19	28,70
jumlah	19,972						144,69	262,83

Dengan L = 19,972 meter

$$cL = 1,765 \times 19,972 = 35,25$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{35,25 + 0,649 (262,83)}{144,69} = 1,42$$

Tabel B.17 model 2 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W $\sin \alpha$	W $\cos \alpha$
1	0,291	2,620	49	50,75	0,754	0,656	38,27	33,29
2	0,987	2,793	28	54,10	0,469	0,882	25,37	47,72
3	1,583	2,572	10	49,82	0,173	0,984	8,62	49,03

4	2,044	2,300	5	44,55	0,087	0,996	3,88	44,38
jumlah	4,905						76,14	174,41

Dengan $L = 4,905$ meter

$$cL = 1,765 \times 4,905 = 35,25$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \Sigma (Wi \cos \alpha_i)}{\Sigma (Wi \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{35,25 + 0,649 (174,41)}{76,14} = 1,60$$

Tabel B.18 model 3 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,242	2,620	43	50,75	0,681	0,731	34,56	37,10
2	0,734	2,793	24	54,10	0,406	0,913	21,97	49,40
3	1,106	2,572	9	49,82	0,15	0,987	7,47	49,17
4	1,16	2,300	5	44,55	0,087	0,996	3,88	44,38
jumlah	3,242						67,88	180,05

Dengan $L = 3,242$ meter

$$cL = 1,765 \times 3,242 = 5,76$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \Sigma (Wi \cos \alpha_i)}{\Sigma (Wi \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{5,76 + 0,649 (180,05)}{67,88} = 1,81$$

Tabel B.19 model 4 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,686	2,685	61	52,01	0,874	0,484	45,46	25,17
2	1,369	2,620	39	50,75	0,629	0,777	31,92	39,43
3	2,129	2,793	22	54,10	0,374	0,927	20,23	50,15

4	2,882	2,572	6	49,82	0,1	0,994	4,98	49,52
5	3,592	2,300	8	44,55	0,13	0,99	5,79	44,11
6	4,302	1,966	23	38,08	0,39	0,92	14,85	35,04
7	5,012	1,672	40	32,39	0,642	0,766	20,79	24,81
jumlah	19,972						144,04	268,24

Dengan $L = 19,972$ meter

$$cL = 1,765 \times 19,972 = 35,25$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{35,25 + 0,649 (268,24)}{144,04} = 1,45$$

Tabel B.20 model 5 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,683	2,620	56	50,75	0,829	0,559	42,07	28,37
2	1,443	2,793	36	54,10	0,587	0,809	31,76	43,77
3	2,196	2,572	19	49,82	0,325	0,945	16,19	47,08
4	2,906	2,300	5	44,55	0,087	0,996	3,88	44,38
5	3,616	1,966	8	38,08	0,13	0,99	4,95	37,70
6	4,326	1,672	23	32,39	0,39	0,92	12,63	29,80
jumlah	15,17						111,48	231,10

Dengan $L = 15,17$ meter

$$cL = 1,765 \times 15,17 = 26,78$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{26,78 + 0,649 (231,10)}{111,48} = 1,59$$

Tabel B.21 model 1 Km 0+001 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,336	68	6,51	0,927
2	0,683	1,319	44	25,55	0,694
3	0,760	1,681	27	32,56	0,453
4	0,753	1,698	12	32,89	0,2
5	0,710	1,481	1	28,69	0,017
6	0,710	1,004	15	19,45	0,258
7	0,710	0,360	30	6,97	0,5

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
6,03	0	0,000	0	6,51	4,22
17,73	0	0,000	0	25,55	16,58
14,75	0	0,000	0	32,56	21,13
6,58	0	0,000	0	32,89	21,35
0,49	0	0,000	0	28,69	18,62
5,02	0	0,000	0	19,45	12,62
3,49	0	0,000	0	6,97	4,53
54,087					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =1,5	Yi1	F2 = 0,9	Yi2
1,21	5,43	1,33	4,09	1,5	3,62
1,21	17,79	1,1	16,17	1,43	12,44
1,34	22,47	1,17	19,21	1,19	18,89
1,33	22,68	1,04	21,80	1,1	20,61
1,25	19,87	0,91	21,84	1,05	18,93
1,25	13,88	1,02	13,60	1,3	10,67
1,25	5,78	1,02	5,67	1,2	4,82
			102,376		89,98

$$FK = \frac{102,376}{54,087} = 1,893$$

$$FK = \frac{89,98}{54,087} = 1,66$$

Tabel B.22 model 2 Lereng 2 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,401	49	7,77	0,754
2	0,683	0,824	28	15,96	0,469
3	0,760	0,832	10	16,12	0,173
4	0,753	0,56	5	10,85	0,087
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
5,86	0	0,000	0	7,77	5,04
7,49	0	0,000	0	15,96	10,36
2,79	0	0,000	0	16,12	10,46
0,94	0	0,000	0	10,85	7,04
17,075					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =0,1	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
1,21	6,25	1,6	3,91	1,5	4,17
1,21	11,56	1,6	7,23	1,43	8,09
1,34	11,80	1,6	7,38	1,19	9,92
1,33	8,37	1,6	5,23	1,15	7,28
					23,742
					29,45

$$FK = \frac{23,742}{17,075} = 1,393$$

$$FK = \frac{29,45}{17,075} = 1,76$$

Tabel B.23 model 3 Lereng 2 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,372	43	7,21	0,681
2	0,683	0,622	24	12,05	0,406
3	0,760	0,544	9	10,54	0,15
4	0,710	0,218	5	4,22	0,087
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
4,91	0	0,000	0	7,21	4,68
4,89	0	0,000	0	12,05	7,82
1,58	0	0,000	0	10,54	6,84
0,37	0	0,000	0	4,22	2,74
11,747					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =3	Yi1	F2 = 3,5	Yi2
1,21	5,89	1,33	4,43	1,5	3,92
1,21	9,03	1,1	8,20	1,43	6,31
1,34	8,18	1,17	6,99	1,19	6,87
1,25	3,99	1,04	3,84	1,15	3,47
			23,463		20,58

$$FK = \frac{23,463}{11,747} = 1,997$$

$$FK = \frac{20,58}{11,747} = 1,75$$

Tabel B.24 model 4 Lereng 2 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	1,284	61	24,87	0,874
2	0,683	2,003	39	38,80	0,629
3	0,760	2,269	22	43,95	0,374
4	0,753	2,2	6	42,62	0,1
5	0,710	1,883	8	36,48	0,13
6	0,710	1,333	23	25,82	0,39
7	0,710	0,540	40	10,46	0,642
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
21,74	0	0,000	0	24,87	16,14
24,41	0	0,000	0	38,80	25,18
16,44	0	0,000	0	43,95	28,53
4,26	0	0,000	0	42,62	27,66
4,74	0	0,000	0	36,48	23,67

10,07	0	0,000	0	25,82	16,76
6,72	0	0,000	0	10,46	6,79
88,371					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =4	Yi1	F2 = 4,5	Yi2
1,21	17,35	1,33	13,05	0,71	24,44
1,21	26,39	1,1	23,99	0,77	34,27
1,34	29,87	1,17	25,53	0,92	32,46
1,33	28,99	1,04	27,87	0,82	35,35
1,25	24,93	0,7	35,61	0,88	28,32
1,25	18,01	0,81	22,24	0,72	25,02
1,25	8,04	1,02	7,88	0,88	9,14
			156,163		189,00

$$FK = \frac{156,163}{88,371} = 1,767$$

$$FK = \frac{189,00}{88,371} = 2,14$$

Tabel B.25 model 5 Lereng 2 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,683	0,672	56	13,02	0,829
2	0,760	1,256	36	24,33	0,587
3	0,753	1,412	19	27,35	0,325
4	0,710	1,261	5	24,43	0,087
5	0,710	0,897	8	17,38	0,13
6	0,710	0,352	23	6,82	0,39

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
10,79	0	0,000	0	13,02	8,45
14,28	0	0,000	0	24,33	15,79
8,89	0	0,000	0	27,35	17,75
2,13	0	0,000	0	24,43	15,85
2,26	0	0,000	0	17,38	11,28
2,66	0	0,000	0	6,82	4,43

41,006

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =5	Yi1	F2 = 6	Yi2
1,21	9,65	0,71	13,60	0,69	13,99
1,34	17,13	0,78	21,96	0,76	22,54
1,33	19,08	0,89	21,44	0,82	23,27
1,25	17,11	0,91	18,80	0,91	18,80
1,25	12,53	0,89	14,08	0,89	14,08
1,25	5,68	0,86	6,60	0,8	7,10
			96,478	99,78	

$$FK = \frac{96,478}{41,006} = 2,353$$

$$FK = \frac{99,78}{41,006} = 2,43$$

Tabel B.26 model 1 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,336	68	6,509	0,927
2	0,683	1,319	44	25,550	0,694
3	0,760	1,681	27	32,563	0,453
4	0,753	1,698	12	32,892	0,2
5	0,710	1,481	1	28,688	0,017
6	0,710	1,004	15	19,448	0,258
7	0,710	0,360	30	6,974	0,5
jumlah				152,62	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
6,03	0,00	0,00	0,00	6,51	4,22
17,73	0,00	0,00	0,00	25,55	16,58
14,75	0,00	0,00	0,00	32,56	21,13
6,58	0,00	0,00	0,00	32,89	21,35
0,49	0,00	0,00	0,00	28,69	18,62
5,02	0,00	0,00	0,00	19,45	12,62
3,49	0,00	0,00	0,00	6,97	4,53
					99,05

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,21	7,15	2,48	16,14

1,21	1,93	0,970	24,78
1,34	1,26	0,51	16,61
1,33	1,05	0,21	6,91
1,25	1,00	0,02	0,49
1,25	1,07	0,27	5,25
1,25	1,27	0,58	4,04
8,85	14,73	5,04	74,22

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,85+99,05] \frac{14,73}{1 + \frac{5,04 \times 0,649}{1,5}}}{74,22}$$

$$FK = 1,92$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,612}{5,270} - 1,4 \left(\frac{1,612}{5,270} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,92$$

$$F = 1,94$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,85+99,05] \frac{14,73}{1 + \frac{5,04 \times 0,649}{1,75}}}{74,22}$$

$$FK = 2,12$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,612}{5,270} - 1,4 \left(\frac{1,612}{5,270} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,12$$

$$F = 2,14$$

Tabel B.27 model 2 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,401	49	7,768	0,754
2	0,683	0,824	28	15,962	0,469
3	0,760	0,832	10	16,117	0,173
4	0,753	0,56	5	10,848	0,087
Jumlah				50,694	
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
5,86	0,00	0,00	0,00	7,77	5,04
7,49	0,00	0,00	0,00	15,96	10,36
2,79	0,00	0,00	0,00	16,12	10,46
0,94	0,00	0,00	0,00	10,85	7,04
					32,90
Terusan					
c*b	sec ² α	tan α	W tan α		
1,21	2,32	1,15	8,93		
1,21	1,29	0,530	8,46		
1,34	1,03	0,18	2,90		
1,33	1,01	0,09	0,94		
5,09	5,65	1,95	21,24		

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[5,09+32,90] \frac{5,65}{1 + \frac{1,95 \times 0,649}{1,5}}}{21,24}$$

$$FK = 1,95$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{0,860}{3,443} - 1,4 \left(\frac{0,860}{3,443} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,008 \times 1,95$$

$$F = 1,97$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[5,09+32,90] \frac{5,65}{1 + \frac{1,95 \times 0,649}{1,75}}}{21,24}$$

$$FK = 2,45$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,860}{3,443} - 1,4 \left(\frac{0,860}{3,443} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,008 \times 1,95$$

$$F = 2,47$$

Tabel B.28 model 3 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	0,372	43	7,206	0,681
2	0,683	0,622	24	12,049	0,406
3	0,760	0,544	9	10,538	0,15
4	0,710	0,218	5	4,223	0,087
jumlah				34,02	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
4,91	0,00	0,00	0,00	7,21	4,68
4,89	0,00	0,00	0,00	12,05	7,82
1,58	0,00	0,00	0,00	10,54	6,84
0,37	0,00	0,00	0,00	4,22	2,74
					22,08

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,21	1,87	0,93	6,70
1,21	1,20	0,45	5,42
1,34	1,03	0,16	1,69
1,25	1,01	0,09	0,37
5,01	5,11	1,63	14,18

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\sum [5,01 + 22,08] \frac{5,11}{1 + \frac{1,63 \times 0,649}{1,5}}}{14,18}$$

$$FK = 2,06$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,591}{3,219} - 1,4 \left(\frac{0,591}{3,219} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 2,06$$

$$F = 2,08$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] - \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[5,01 + 22,08] - \frac{5,11}{1 + \frac{1,63 \times 0,649}{1,75}}}{14,18}$$

$$FK = 2,18$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,591}{3,219} - 1,4 \left(\frac{0,591}{3,219} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 2,18$$

$$F = 2,20$$

Tabel B.29 model 4 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,686	1,284	61	24,872	0,874
2	0,683	2,003	39	38,800	0,629
3	0,760	2,269	22	43,953	0,374
4	0,753	2,2	6	42,616	0,1
5	0,710	1,883	8	36,476	0,13
6	0,710	1,333	23	25,822	0,39
7	0,710	0,540	40	10,460	0,642
jumlah				223,00	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
21,74	0,00	0,00	0,00	24,87	16,14
24,41	0,00	0,00	0,00	38,80	25,18
16,44	0,00	0,00	0,00	43,95	28,53
4,26	0,00	0,00	0,00	42,62	27,66
4,74	0,00	0,00	0,00	36,48	23,67
10,07	0,00	0,00	0,00	25,82	16,76
6,72	0,00	0,00	0,00	10,46	6,79
					144,73

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,21	4,27	1,80	44,77
1,21	1,66	0,810	31,43
1,34	1,16	0,40	17,58
1,33	1,01	0,11	4,69
1,25	1,02	0,14	5,11
1,25	1,18	0,42	10,85
1,25	1,70	0,84	8,79
8,85	12,00	4,52	123,21

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,85+144,73] \frac{122,00}{1+\frac{4,52 \times 0,649}{1,5}}}{123,21}$$

$$FK = 2,20$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,148}{5,290} - 1,4 \left(\frac{2,148}{5,290} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,20$$

$$F = 2,23$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,85+144,73] \frac{122,00}{1+\frac{4,52 \times 0,649}{1,5}}}{123,21}$$

$$FK = 2,56$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,148}{5,290} - 1,4 \left(\frac{2,148}{5,290} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,56$$

$$F = 2,59$$

Tabel B.30 model 5 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,683	0,672	56	13,017	0,829
2	0,760	1,256	36	24,330	0,587
3	0,753	1,412	19	27,352	0,325
4	0,710	1,261	5	24,427	0,087
5	0,710	0,897	8	17,376	0,13
6	0,710	0,352	23	6,819	0,39
jumlah				113,32	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
10,79	0,00	0,00	0,00	13,02	8,45
14,28	0,00	0,00	0,00	24,33	15,79
8,89	0,00	0,00	0,00	27,35	17,75
2,13	0,00	0,00	0,00	24,43	15,85
2,26	0,00	0,00	0,00	17,38	11,28
2,66	0,00	0,00	0,00	6,82	4,43
					73,54

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,21	3,20	1,48	19,27
1,34	1,53	0,730	17,76
1,33	1,12	0,34	9,30
1,25	1,01	0,09	2,13
1,25	1,02	0,14	2,43
1,25	1,18	0,42	2,86
7,64	9,06	3,20	53,75

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,64+73,54] \frac{9,06}{1+\frac{3,20 \times 0,649}{1,5}}}{53,75}$$

$$FK = 2,46$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,320}{4,601} - 1,4 \left(\frac{1,320}{4,601} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,20$$

$$F = 2,48$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,64+73,54] \frac{9,06}{1+\frac{3,20 \times 0,649}{1,75}}}{53,75}$$

$$FK = 2,68$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,320}{4,601} - 1,4 \left(\frac{1,320}{4,601} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,68$$

$$F = 2,70$$

C. Perhitungan Stabilitas Lereng 3

Tabel C.31 model 1 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,720	6,287	61	121,79	0,874	0,484	106,44	58,94
2	1,431	6,235	39	120,78	0,629	0,777	75,97	93,84
3	2,212	6,890	22	133,47	0,374	0,927	49,92	123,72
4	2,995	6,720	7	130,17	0,12	0,992	15,62	129,13
5	3,742	4,940	3	95,69	0,052	0,998	4,98	95,50
jumlah	11,100						252,92	501,15

Dengan L = 11,100 meter

$$cL = 1,765 \times 11,100 = 19,59$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{19,59 + 0,649 (501,15)}{252,92} = 1,36$$

Tabel C.32 model 2 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,720	6,287	61	121,79	0,933	0,358	113,63	43,60
2	1,431	6,235	39	120,78	0,731	0,681	88,29	82,25
3	2,212	6,890	22	133,47	0,5	0,886	66,73	118,25
4	2,995	6,720	7	130,17	0,258	0,965	33,58	125,62
5	3,742	4,940	3	95,69	0,19	0,981	18,18	93,87
jumlah	11,100						320,41	463,59

Dengan L = 11,100 meter

$$cL = 1,765 \times 11,100 = 19,59$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{19,59 + 0,649 (463,59)}{320,41} = 1,00$$

Tabel C.33 model 3 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,720	6,287	65	121,79	0,906	0,422	110,34	51,39
2	1,431	6,235	46	120,78	0,719	0,694	86,84	83,82
3	2,212	6,890	32	133,47	0,529	0,848	70,60	113,18
4	2,995	6,720	19	130,17	0,325	0,945	42,31	123,01
5	3,742	4,940	7	95,69	0,12	0,992	11,48	94,93
jumlah	11,100						321,57	466,33

Dengan L = 11,100 meter

$$cL = 1,765 \times 11,100 = 19,59$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{19,59 + 0,649 (466,33)}{321,57} = 1,00$$

Tabel C.34 model 4 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,720	6,287	65	121,79	0,906	0,422	110,34	51,39
2	1,431	6,235	46	120,78	0,719	0,694	86,84	83,82
3	2,212	6,890	33	133,47	0,544	0,838	72,61	111,84
4	2,995	6,720	20	130,17	0,342	0,939	44,52	122,23
5	3,742	4,940	9	95,69	0,15	0,987	14,35	94,45
jumlah	11,100						328,66	463,74

Dengan $L = 11,100$ meter

$$cL = 1,765 \times 11,100 = 19,59$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{19,59 + 0,649 (463,74)}{328,66} = 0,98$$

Tabel C.35 model 5 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,720	6,287	66	121,79	0,913	0,406	111,19	49,44
2	1,431	6,235	49	120,78	0,754	0,656	91,07	79,23
3	2,212	6,890	35	133,47	0,573	0,819	76,48	109,31
4	2,995	6,720	24	130,17	0,406	0,913	52,85	118,85
jumlah	7,358						331,58	356,83

Dengan $L = 7,358$ meter

$$cL = 1,765 \times 7,358 = 12,99$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{12,99 + 0,649 (356,83)}{331,58} = 0,74$$

Tabel C.36 model 1 Lereng 3 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	$\sin \emptyset$
1	0,720	0,756	68	14,64	0,927
2	0,711	1,661	44	32,18	0,694
3	0,781	1,998	27	38,70	0,453
4	0,783	2,136	12	41,38	0,2
5	0,747	1,665	1	32,25	0,017
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,58	0	0,000	0	14,64	9,50
22,33	0	0,000	0	32,18	20,88
17,53	0	0,000	0	38,70	25,12
8,28	0	0,000	0	41,38	26,85
0,55	0	0,000	0	32,25	20,93
62,261					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =1,5	Yi1	F2 = 0,9	Yi2
1,27	10,78	1,6	6,73	1,6	6,73
1,25	22,14	1,14	19,42	1,36	16,28
1,38	26,50	0,98	27,04	0,9	29,44
1,38	28,24	0,96	29,41	0,99	28,52
1,32	22,25	0,97	22,94	0,92	24,19
			105,541		105,16

$$FK = \frac{105,541}{62,261} = 1,695$$

$$FK = \frac{105,16}{62,261} = 1,69$$

Tabel C.37 model 2 Lereng 3 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	0,81	68	15,69	0,927
2	0,711	1,641	44	31,79	0,694
3	0,781	2,066	27	40,02	0,453
4	0,783	2,142	12	41,49	0,2
5	0,747	1,125	1	21,79	0,017
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
14,55	0	0,000	0	15,69	10,18
22,06	0	0,000	0	31,79	20,63
18,13	0	0,000	0	40,02	25,97
8,30	0	0,000	0	41,49	26,93

0,37	0	0,000	0	21,79	14,14
63,404					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =2	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
1,27	11,45	1,32	8,68	1,21	9,47
1,25	21,89	0,98	22,33	0,89	24,59
1,38	27,35	0,91	30,06	0,83	32,95
1,38	28,31	0,9	31,46	0,89	31,81
1,32	15,46	0,93	16,63	0,93	16,63
			109,148		115,45

$$FK = \frac{109,148}{63,404} = 1,721$$

$$FK = \frac{115,45}{63,404} = 1,82$$

Tabel C.38 model 3 Lereng 3 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,578	68	30,57	0,927
2	0,711	2,661	44	51,55	0,694
3	0,781	3,717	27	72,00	0,453
4	0,783	3,479	12	67,39	0,2
5	0,747	1,691	1	32,76	0,017

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
28,34	0	0,000	0	30,57	19,84
35,77	0	0,000	0	51,55	33,45
32,62	0	0,000	0	72,00	46,73
13,48	0	0,000	0	67,39	43,74
0,56	0	0,000	0	32,76	21,26
110,761					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 = 3	Yi1	F2 = 3,5	Yi2
1,27	21,11	1,19	17,74	0,8	26,39

1,25	34,71	0,98	35,42	0,78	44,50
1,38	48,11	0,97	49,60	0,89	54,05
1,38	45,12	0,89	50,70	0,89	50,70
1,32	22,58	0,95	23,77	0,95	23,77
			177,212		199,40

$$FK = \frac{177,212}{110,761} = 1,60$$

$$FK = \frac{199,40}{110,761} = 1,80$$

Tabel C.39 model 4 Lereng 3 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,67	68	32,35	0,927
2	0,711	2,739	44	53,06	0,694
3	0,781	3,360	27	65,09	0,453
4	0,783	3,560	12	68,96	0,2
5	0,747	1,860	1	36,03	0,017
jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
29,99	0	0,000	0	32,35	20,99
36,82	0	0,000	0	53,06	34,43
29,48	0	0,000	0	65,09	42,24
13,79	0	0,000	0	68,96	44,76
0,61	0	0,000	0	36,03	23,38
110,699					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =4	Yi1	F2 = 4,5	Yi2
1,27	22,27	1	22,27	0,98	22,72
1,25	35,69	0,84	42,49	0,84	42,49
1,38	43,62	0,85	51,32	0,85	51,32
1,38	46,14	0,89	51,84	0,89	51,84
1,32	24,70	0,93	26,56	0,93	26,56
			194,471		194,93

$$FK = \frac{194,471}{110,699} = 1,757$$

$$FK = \frac{194,93}{110,699} = 1,76$$

Tabel C.40 model 5 Lereng 3 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,549	68	30,01	0,927
2	0,711	2,642	44	51,18	0,694
3	0,781	3,285	27	63,63	0,453
4	0,783	1,754	12	33,98	0,2
jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
27,82	0	0,000	0	30,01	19,47
35,52	0	0,000	0	51,18	33,21
28,83	0	0,000	0	63,63	41,30
6,80	0	0,000	0	33,98	22,05
98,954					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =5	Yi1	F2 = 5,5	Yi2
1,27	20,74	0,85	24,41	0,56	37,04
1,25	34,47	0,65	53,03	0,65	53,03
1,38	42,68	0,8	53,35	0,82	52,04
1,38	23,43	0,9	26,04	0,94	24,93
				156,818	167,05

$$FK = \frac{156,818}{98,945} = 1,585$$

$$FK = \frac{167,05}{98,945} = 1,69$$

Tabel C.41 model 1 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	0,756	68	14,644	0,927
2	0,711	1,661	44	32,175	0,694

3	0,781	1,998	27	38,703	0,453
4	0,783	2,136	12	41,376	0,2
5	0,747	1,665	1	32,253	0,017
jumlah				159,15	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,58	0,00	0,00	0,00	14,64	9,50
22,33	0,00	0,00	0,00	32,18	20,88
17,53	0,00	0,00	0,00	38,70	25,12
8,28	0,00	0,00	0,00	41,38	26,85
0,55	0,00	0,00	0,00	32,25	20,93
					103,29

Terusan

c*b	sec² a	tan a	W tan a
1,27	4,27	1,80	26,36
1,25	1,66	0,810	26,06
1,38	1,16	0,40	15,48
1,38	1,02	0,12	5,09
1,32	1,00	0,03	0,81
6,60	9,11	3,16	73,80

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \emptyset] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \emptyset \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 103,29] \frac{9,11}{1 + \frac{3,16 \times 0,649}{1,5}}}{73,80}$$

$$FK = 1,75$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,089}{4,026} - 1,4 \left(\frac{2,089}{4,026} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 1,75$$

$$F = 1,77$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\sum [6,60 + 103,29] \frac{9,11}{1 + \frac{3,16 \times 0,649}{1,75}}}{73,80}$$

$$FK = 1,69$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,089}{4,026} - 1,4 \left(\frac{2,089}{4,026} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 1,69$$

$$F = 1,71$$

Tabel C.42 model 2 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	0,81	68	15,691	0,927
2	0,711	1,641	44	31,788	0,694
3	0,781	2,066	27	40,020	0,453
4	0,783	2,142	12	41,493	0,2
5	0,747	1,125	1	21,792	0,017
jumlah				150,78	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
14,55	0,00	0,00	0,00	15,69	10,18
22,06	0,00	0,00	0,00	31,79	20,63
18,13	0,00	0,00	0,00	40,02	25,97
8,30	0,00	0,00	0,00	41,49	26,93
0,37	0,00	0,00	0,00	21,79	14,14
					97,86

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,27	7,80	1,80	28,24
1,25	2,16	0,810	25,75
1,38	1,27	0,40	16,01
1,38	1,07	0,12	5,10
1,32	1,04	0,05	1,13
6,60	13,34	3,19	76,24

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] - \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 97,86] - \frac{13,34}{1 + \frac{3,19 \times 0,649}{1,5}}}{76,24}$$

$$FK = 1,84$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_o \times F_S$$

Dengan

$$F_o = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1 + 0,05 \left[\frac{1,984}{3,328} - 1,4 \left(\frac{1,984}{3,328} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_o \times F_S$$

$$F = 1,008 \times 1,84$$

$$F = 1,86$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 97,86] \frac{13,34}{1 + \frac{3,19 \times 0,649}{1,75}}}{76,24}$$

$$FK = 1,77$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,984}{3,328} - 1,4 \left(\frac{1,984}{3,328} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 1,77$$

$$F = 1,79$$

Tabel C.43 model 3 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,578	68	30,567	0,927
2	0,711	2,661	44	51,546	0,694
3	0,781	3,717	27	72,002	0,453
4	0,783	3,479	12	67,392	0,2
5	0,747	1,691	1	32,756	0,017
jumlah				254,26	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
28,34	0,00	0,00	0,00	30,57	19,84

35,77	0,00	0,00	0,00	51,55	33,45
32,62	0,00	0,00	0,00	72,00	46,73
13,48	0,00	0,00	0,00	67,39	43,74
0,56	0,00	0,00	0,00	32,76	21,26
					165,02

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,27	5,62	2,14	65,54
1,25	2,08	1,035	53,35
1,38	1,39	0,62	44,64
1,38	1,12	0,34	22,91
1,32	1,02	1,12	36,79
6,60	11,23	5,26	223,23

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \alpha] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \alpha \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 165,02] \frac{11,23}{1 + \frac{5,26 \times 0,649}{1,5}}}{223,23}$$

$$FK = 1,65$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,093}{5,322} - 1,4 \left(\frac{3,093}{5,322} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,65$$

$$F = 1,68$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 165,02] \frac{11,23}{1 + \frac{5,26 \times 0,649}{1,75}}}{223,23}$$

$$FK = 1,82$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,093}{5,322} - 1,4 \left(\frac{3,093}{5,322} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,82$$

$$F = 1,85$$

Tabel C.44 model 4 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,67	68	32,350	0,927
2	0,711	2,739	44	53,057	0,694
3	0,781	3,360	27	65,087	0,453
4	0,783	3,560	12	68,961	0,2
5	0,747	1,860	1	36,030	0,017
jumlah				255,48	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
29,99	0,00	0,00	0,00	32,35	20,99

36,82	0,00	0,00	0,00	53,06	34,43
29,48	0,00	0,00	0,00	65,09	42,24
13,79	0,00	0,00	0,00	68,96	44,76
0,61	0,00	0,00	0,00	36,03	23,38
					165,81

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,27	5,62	2,14	69,36
1,25	2,08	1,035	54,91
1,38	1,42	0,65	42,24
1,38	1,13	0,36	24,83
1,32	1,03	0,16	5,69
6,60	11,28	4,35	197,03

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 165,81] \frac{11,23}{1 + \frac{4,35 \times 0,649}{1,5}}}{197,03}$$

$$FK = 1,75$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,273}{5,477} - 1,4 \left(\frac{3,273}{5,477} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,75$$

$$F = 1,78$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[6,60 + 165,81] \frac{11,23}{1 + \frac{4,35 \times 0,649}{1,75}}}{197,03}$$

$$FK = 1,79$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,273}{5,477} - 1,4 \left(\frac{3,273}{5,477} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,79$$

$$F = 1,82$$

Tabel C.45 model 5 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,720	1,549	68	30,006	0,927
2	0,711	2,642	44	51,178	0,694
3	0,781	3,285	27	63,634	0,453
4	0,783	1,754	12	33,977	0,2
jumlah				178,79	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
27,82	0,00	0,00	0,00	30,01	19,47
35,52	0,00	0,00	0,00	51,18	33,21
28,83	0,00	0,00	0,00	63,63	41,30
6,80	0,00	0,00	0,00	33,98	22,05
					116,04

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,27	6,07	2,25	67,51
1,25	2,32	1,150	58,85
1,38	1,49	0,70	44,54
1,38	1,20	0,45	15,29
5,29	11,08	4,55	186,20

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[5,29+116,04] \frac{11,08}{1+\frac{4,55 \times 0,649}{1,5}}}{186,20}$$

$$FK = 1,55$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_o \times FS$$

Dengan

$$F_o = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1 + 0,05 \left[\frac{2,405}{5,045} - 1,4 \left(\frac{2,405}{5,045} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_o \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,55$$

$$F = 1,57$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[5,29+116,04] \frac{11,08}{1+\frac{4,55 \times 0,649}{1,75}}}{186,20}$$

$$FK = 1,70$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,405}{5,045} - 1,4 \left(\frac{2,405}{5,045} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,70$$

$$F = 1,72$$

D. Perhitungan Stabilitas Lereng 4

Tabel D.46 model 1 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W \sin α	W \cos α
1	0,560	2,917	62	56,51	0,882	0,469	49,84	26,50
2	0,560	2,919	44	56,54	0,694	0,719	39,24	40,66
3	0,910	4,619	27	89,47	0,453	0,891	40,53	79,72
4	0,910	4,372	8	84,69	0,13	0,99	11,01	83,84
5	0,910	4,122	8	79,85	0,13	0,99	10,38	79,05
6	0,910	3,857	27	74,71	0,453	0,891	33,85	66,57
jumlah	4,760						184,85	376,34

Dengan L = 4,760 meter

$$cL = 1,765 \times 4,760 = 8,40$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{8,40 + 0,649 (376,34)}{184,85} = 1,37$$

Tabel D.47 model 2 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,910	4,372	61	84,69	0,874	0,484	74,02	40,99
2	0,910	4,122	31	79,85	0,515	0,857	41,12	68,43
3	0,910	3,857	9	74,71	0,15	0,987	11,21	73,74
4	0,910	3,621	10	70,14	0,173	0,984	12,13	69,02
5	0,911	3,373	33	65,34	0,544	0,838	35,54	54,75
jumlah	4,551						174,03	306,94

Dengan L = 4,551 meter

$$cL = 1,765 \times 4,551 = 8,03$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{8,03 + 0,649 (306,94)}{174,03} = 0,95$$

Tabel D.48 model 3 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,560	2,917	61	56,51	0,857	0,515	48,42	29,10
2	0,560	2,919	31	56,54	0,681	0,731	38,51	41,33
3	0,910	4,619	9	89,47	0,453	0,891	40,53	79,72
4	0,910	4,372	10	84,69	0,15	0,987	12,70	83,59
5	0,910	4,122	33	79,85	0,1	0,994	7,98	79,37
6	0,910	3,857	23	74,71	0,39	0,92	29,14	68,74
7	0,910	3,621	38	70,14	0,615	0,788	43,14	55,27
jumlah	5,670						220,43	437,12

Dengan L = 5,670 meter

$$cL = 1,765 \times 5,670 = 10,01$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{10,01+0,649 (437,12)}{220,43} = 1,06$$

Tabel D.49 model 4 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,560	2,917	68	56,51	0,927	0,374	52,38	21,13
2	0,560	2,919	52	56,54	0,778	0,615	43,99	34,77
3	0,910	4,619	37	89,47	0,601	0,798	53,77	71,40
4	0,910	4,372	22	84,69	0,374	0,927	31,67	78,51
5	0,910	4,122	9	79,85	0,15	0,987	11,98	78,81
6	0,910	3,857	3	74,71	0,052	0,998	3,89	74,56
7	0,910	3,621	16	70,14	0,275	0,961	19,29	67,41
8	0,911	3,373	30	65,34	0,5	0,886	32,67	57,89
jumlah	6,581						249,64	484,49

Dengan L = 6,581 meter

$$cL = 1,765 \times 6,581 = 11,62$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{11,62 + 0,649 (484,49)}{249,64} = 1,04$$

Tabel D.50 model 5 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,560	2,917	0	56,51	0	1	0,00	56,51
2	0,560	2,919	16	56,54	0,275	0,961	15,55	54,34
3	0,910	4,619	43	89,47	0,681	0,731	60,93	65,41
jumlah	2,030						76,48	176,25

Dengan L = 2,030 meter

$$cL = 1,765 \times 2,030 = 3,58$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{3,58 + 0,649 (176,25)}{76,48} = 1,22$$

Tabel D.51 model 1 Lereng 4 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	0,466	62	9,03	0,882
2	0,560	1,611	44	31,21	0,694
3	0,910	1,628	27	31,54	0,453
4	0,910	1,353	8	26,21	0,13
5	0,910	0,784	8	15,19	0,13
6	0,910	1,215	27	23,54	0,453

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
7,96	0	0,000	0	9,03	5,86
21,66	0	0,000	0	31,21	20,25
14,29	0	0,000	0	31,54	20,47
3,41	0	0,000	0	26,21	17,01
1,97	0	0,000	0	15,19	9,86
10,66	0	0,000	0	23,54	15,27
59,948					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =1,5	Yi1	F2 = 0,9	Yi2
0,99	6,85	1,35	5,07	1,5	4,56
0,99	21,24	1,19	17,85	1,43	14,85
1,61	22,07	1,17	18,87	1,19	18,55
1,61	18,62	0,98	19,00	1,15	16,19
1,61	11,46	0,98	11,70	1,07	10,71
1,61	16,88	0,91	18,55	1,07	15,78
			91,030		80,64

$$FK = \frac{91,030}{59,948} = 1,518$$

$$FK = \frac{80,64}{59,948} = 1,35$$

Tabel D.52 model 2 Lereng 4 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,910	0,543	61	10,52	0,874
2	0,910	1,228	31	23,79	0,515
3	0,910	1,294	9	25,07	0,15
4	0,910	1,009	10	19,55	0,173
5	0,911	0,376	33	7,28	0,544
jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
9,19	0	0,000	0	10,52	6,83
12,25	0	0,000	0	23,79	15,44
3,76	0	0,000	0	25,07	16,27
3,38	0	0,000	0	19,55	12,68
3,96	0	0,000	0	7,28	4,73
32,547					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =2	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
1,61	8,43	1,39	6,07	1,29	6,54
1,61	17,04	0,98	17,39	0,98	17,39
1,61	17,87	0,89	20,08	0,89	20,08
1,61	14,29	0,89	16,06	0,79	18,09
1,61	6,33	1,05	6,03	0,99	6,40
				65,633	68,50

$$FK = \frac{65,633}{32,547} = 2,017$$

$$FK = \frac{68,50}{32,547} = 2,10$$

Tabel D.53 model 3 Lereng 4 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	0,623	61	12,07	0,857
2	0,560	1,327	31	25,71	0,681
3	0,910	1,715	9	33,22	0,453
4	0,910	1,743	10	33,76	0,15

5	0,910	1,492	33	28,90	0,1
6	0,910	0,968	23	18,75	0,39
7	0,910	0,315	38	6,10	0,615

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
10,34	0	0,000	0	12,07	7,83
17,51	0	0,000	0	25,71	16,68
15,05	0	0,000	0	33,22	21,56
5,06	0	0,000	0	33,76	21,91
2,89	0	0,000	0	28,90	18,76
7,31	0	0,000	0	18,75	12,17
3,75	0	0,000	0	6,10	3,96

61,917

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =3	Yi1	F2 = 3,5	Yi2
0,99	8,82	1,04	8,48	0,88	10,02
0,99	17,67	1	17,67	0,98	18,03
1,61	23,17	0,88	26,33	0,79	29,33
1,61	23,52	0,98	24,00	0,98	24,00
1,61	20,36	0,97	20,99	0,89	22,88
1,61	13,78	0,97	14,20	0,91	15,14
1,61	5,57	0,89	6,25	0,8	6,96
					117,926
					126,35

$$FK = \frac{117,926}{61,917} = 1,905$$

$$FK = \frac{126,35}{61,917} = 2,04$$

Tabel D.54 model 4 Lereng 4 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	1,76	68	34,09	0,927
2	0,560	2,745	52	53,17	0,778
3	0,910	3,383	37	65,53	0,601
4	0,910	3,594	22	69,62	0,374
5	0,910	3,579	9	69,33	0,15
6	0,910	3,349	3	64,87	0,052

7	0,910	2,911	16	56,39	0,275
8	0,911	2,236	30	43,31	0,5
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
31,60	0	0,000	0	34,09	22,13
41,37	0	0,000	0	53,17	34,51
39,38	0	0,000	0	65,53	42,53
26,04	0	0,000	0	69,62	45,18
10,40	0	0,000	0	69,33	44,99
3,37	0	0,000	0	64,87	42,10
15,51	0	0,000	0	56,39	36,60
21,66	0	0,000	0	43,31	28,11
189,332					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =4	Yi1	F2 = 4,5	Yi2
0,99	23,11	1	23,11	0,78	29,63
0,99	35,50	0,92	38,58	0,6	59,16
1,61	44,14	0,89	49,59	0,78	56,59
1,61	46,79	0,88	53,17	0,92	50,86
1,61	46,60	0,91	51,21	0,98	47,55
1,61	43,71	0,98	44,60	0,99	44,15
1,61	38,20	0,88	43,41	0,93	41,08
1,61	29,72	0,79	37,62	0,87	34,16
			341,301		363,18

$$FK = \frac{341,301}{189,332} = 1,803$$

$$FK = \frac{363,18}{189,332} = 1,92$$

Tabel D.55 model 5 Lereng 4 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	1,433	0	27,76	0
2	0,560	1,358	16	26,31	0,275
3	0,910	0,847	43	16,41	0,681

jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
0,00	0	0,000	0	27,76	18,02
7,23	0	0,000	0	26,31	17,07
11,17	0	0,000	0	16,41	10,65
18,407					

Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =5	Yi1	F2 = 5,5	Yi2
0,99	19,00	1	19,00	0,91	20,88
0,99	18,06	0,89	20,29	0,98	18,43
1,61	12,25	0,69	17,76	0,72	17,02
			57,057		56,33

$$FK = \frac{57,057}{18,407} = 3,10$$

$$FK = \frac{56,33}{18,407} = 3,06$$

Tabel D.56 model 1 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	0,466	62	9,027	0,882
2	0,560	1,611	44	31,207	0,694
3	0,910	1,628	27	31,536	0,453
4	0,910	1,353	8	26,209	0,13
5	0,910	0,784	8	15,187	0,13
6	0,910	1,215	27	23,536	0,453
jumlah				136,70	
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
7,96	0,00	0,00	0,00	9,03	5,86
21,66	0,00	0,00	0,00	31,21	20,25
14,29	0,00	0,00	0,00	31,54	20,47
3,41	0,00	0,00	0,00	26,21	17,01
1,97	0,00	0,00	0,00	15,19	9,86
10,66	0,00	0,00	0,00	23,54	15,27
					88,72

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
0,99	4,55	1,88	16,97
0,99	1,93	0,965	30,11
1,61	1,26	0,51	16,05
1,61	1,02	0,14	3,67
1,61	1,02	0,14	2,13
1,61	1,26	0,06	1,39
8,40	11,04	3,69	70,32

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\sum [8,40 + 88,72] \frac{11,04}{1 + \frac{3,69 \times 0,649}{1,5}}}{70,32}$$

$$FK = 1,56$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,575}{5,123} - 1,4 \left(\frac{1,575}{5,123} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,56$$

$$F = 1,58$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,40+88,72] \frac{11,04}{1+\frac{3,69 \times 0,649}{1,75}}}{70,32}$$

$$FK = 1,45$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,575}{5,123} - 1,4 \left(\frac{1,575}{5,123} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,45$$

$$F = 1,47$$

Tabel D.57 model 2 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,910	0,543	61	10,518	0,874
2	0,910	1,228	31	23,788	0,515
3	0,910	1,294	9	25,066	0,15
4	0,910	1,009	10	19,545	0,173
5	0,911	0,376	33	7,283	0,544
jumlah				86,20	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
9,19	0,00	0,00	0,00	10,52	6,83
12,25	0,00	0,00	0,00	23,79	15,44
3,76	0,00	0,00	0,00	25,07	16,27
3,38	0,00	0,00	0,00	19,55	12,68
3,96	0,00	0,00	0,00	7,28	4,73
					55,94

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,61	4,27	1,04	10,94
1,61	1,36	0,600	14,27
1,61	1,03	0,16	3,96
1,61	1,03	0,18	3,44
1,61	1,42	0,65	4,73
8,03	9,11	2,62	37,34

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,03+55,94] \frac{9,11}{1 + \frac{2,62 \times 0,649}{1,5}}}{37,34}$$

$$FK = 2,01$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,249}{4,406} - 1,4 \left(\frac{1,249}{4,406} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,01$$

$$F = 2,03$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,03+55,94] \frac{9,11}{1 + \frac{2,62 \times 0,649}{1,75}}}{37,34}$$

$$FK = 2,22$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times F_S$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,249}{4,406} - 1,4 \left(\frac{1,249}{4,406} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,009 \times 2,01$$

$$F = 2,24$$

Tabel D.58 model 3 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	0,623	61	12,068	0,857
2	0,560	1,327	31	25,705	0,681
3	0,910	1,715	9	33,221	0,453
4	0,910	1,743	10	33,764	0,15
5	0,910	1,492	33	28,902	0,1
6	0,910	0,968	23	18,751	0,39
7	0,910	0,315	38	6,102	0,615
jumlah				158,51	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
10,34	0,00	0,00	0,00	12,07	7,83
17,51	0,00	0,00	0,00	25,71	16,68
15,05	0,00	0,00	0,00	33,22	21,56
5,06	0,00	0,00	0,00	33,76	21,91
2,89	0,00	0,00	0,00	28,90	18,76
7,31	0,00	0,00	0,00	18,75	12,17
3,75	0,00	0,00	0,00	6,10	3,96
					102,87

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
0,99	3,77	1,66	20,03
0,99	1,87	0,933	23,98
1,61	1,26	0,51	16,91
1,61	1,03	0,16	5,33
1,61	1,01	0,11	3,03
1,61	1,18	0,42	7,95
1,61	1,61	0,78	4,77
10,01	11,73	4,57	82,01

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[10,01+102,87] \frac{11,73}{1+\frac{4,57 \times 0,649}{1,5}}}{82,01}$$

$$FK = 1,85$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,681}{5,428} - 1,4 \left(\frac{1,681}{5,428} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,85$$

$$F = 1,88$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[10,01+102,87] \frac{11,73}{1+\frac{4,57 \times 0,649}{1,75}}}{82,01}$$

$$FK = 2,02$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,681}{5,428} - 1,4 \left(\frac{1,681}{5,428} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,02$$

$$F = 2,03$$

Tabel D.59 model 4 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	1,76	68	34,093	0,927
2	0,560	2,745	52	53,173	0,778
3	0,910	3,383	37	65,532	0,601
4	0,910	3,594	22	69,619	0,374
5	0,910	3,579	9	69,329	0,15
6	0,910	3,349	3	64,873	0,052
7	0,910	2,911	16	56,389	0,275
8	0,911	2,236	30	43,314	0,5
jumlah				456,32	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
31,60	0,00	0,00	0,00	34,09	22,13
41,37	0,00	0,00	0,00	53,17	34,51
39,38	0,00	0,00	0,00	65,53	42,53
26,04	0,00	0,00	0,00	69,62	45,18
10,40	0,00	0,00	0,00	69,33	44,99
3,37	0,00	0,00	0,00	64,87	42,10
15,51	0,00	0,00	0,00	56,39	36,60

21,66	0,00	0,00	0,00	43,31	28,11
					296,15

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
0,99	7,15	2,48	84,38
0,99	2,64	1,279	68,01
1,61	1,57	0,753	49,35
1,61	1,16	0,404	28,13
1,61	1,03	0,158	10,95
1,61	1,00	0,05	3,40
1,61	1,08	0,29	16,18
1,61	1,27	0,58	24,99
11,62	16,90	5,99	285,39

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[11,62+296,15] \frac{16,90}{1 + \frac{5,99 \times 0,649}{1,5}}}{285,39}$$

$$FK = 1,87$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{3,458}{7,419} - 1,4 \left(\frac{3,458}{7,419} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 1,87$$

$$F = 1,90$$

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[11,62+296,15] \frac{16,90}{1+\frac{5,99 \times 0,649}{1,75}}}{285,39}$$

FK = 1,95

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

F = fo x FS

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{3,458}{7,419} - 1,4 \left(\frac{3,458}{7,419} \right)^2 \right]$$

F0 = 1,009

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

F = fo x FS

F = 1,009 x 1,87

F = 1,98

Tabel D.60 model 5 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,560	1,433	0	27,759	0
2	0,560	1,358	16	26,306	0,275
3	0,910	0,847	43	16,407	0,681
jumlah				97,51	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
0,00	0,00	0,00	0,00	27,76	18,02
7,23	0,00	0,00	0,00	26,31	17,07
11,17	0,00	0,00	0,00	16,41	10,65
					45,74

Terusan

c*b	sec² a	tan a	W tan a
0,99	6,07	0,00	0,00
0,99	2,32	0,287	7,55
1,61	1,49	0,93	15,31

3,58	9,88	1,22	22,86
-------------	------	------	-------

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[3,58+45,74] \frac{9,88}{1 + \frac{1,22 \times 0,649}{1,5}}}{22,86}$$

$$FK = 2,41$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,553}{2,465} - 1,4 \left(\frac{1,553}{2,465} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,41$$

$$F = 2,46$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[3,58+45,74] \frac{9,88}{1 + \frac{1,22 \times 0,649}{1,75}}}{22,86}$$

$$FK = 2,83$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,553}{2,465} - 1,4 \left(\frac{1,553}{2,465} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,83$$

$$F = 2,85$$

E. Perhitungan Stabilitas Lereng 5

Tabel E.61 model 1 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,879	6,042	58	117,04	0,848	0,529	99,25	61,91
2	0,877	6,017	34	116,56	0,559	0,892	65,15	103,97
3	0,814	5,484	16	106,23	0,275	0,961	29,21	102,09
4	0,809	5,134	0	99,45	0	1	0,00	99,45
5	0,840	4,923	15	95,36	0,258	0,965	24,60	92,03
6	0,836	4,542	33	87,98	0,544	0,838	47,86	73,73
jumlah	5,055						266,08	533,18

Dengan L = 5,055 meter

$$cL = 1,765 \times 5,055 = 8,92$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{8,92 + 0,649 (533,18)}{266,08} = 1,33$$

Tabel E.62 model 2 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W \sin α	W \cos α
1	0,917	6,097	53	118,10	0,798	0,601	94,25	70,98
2	0,917	6,231	37	120,70	0,601	0,798	72,54	96,32
3	0,879	6,042	26	117,04	0,438	0,898	51,26	105,10
4	0,877	6,017	13	116,56	0,22	0,974	25,64	113,52
5	0,814	5,484	3	106,23	0,052	0,998	5,52	106,02
6	0,809	5,134	6	99,45	0,1	0,994	9,95	98,85
7	0,840	4,923	18	95,36	0,309	0,951	29,47	90,69
8	0,836	4,542	28	87,98	0,469	0,882	41,26	77,60
9	0,500	0,119	38	2,31	0,615	0,788	1,42	1,82
jumlah	7,389						331,31	760,91

Dengan L = 7,389 meter

$$cL = 1,765 \times 7,389 = 13,04$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{13,04 + 0,649 (760,91)}{331,31} = 1,53$$

Tabel E.63 model 3 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W \sin α	W \cos α
1	0,685	0,455	62	8,81	0,882	0,469	7,77	4,13
2	0,917	6,097	44	118,10	0,694	0,719	81,96	84,92
3	0,917	6,231	28	120,70	0,469	0,882	56,61	106,46
4	0,879	6,042	15	117,04	0,258	0,965	30,20	112,94
5	0,877	6,017	3	116,56	0,052	0,998	6,06	116,32
6	0,814	5,484	8	106,23	0,13	0,99	13,81	105,17
7	0,809	5,134	19	99,45	0,325	0,945	32,32	93,98
8	0,840	4,923	32	95,36	0,529	0,848	50,45	80,87
9	0,836	4,542	46	87,98	0,719	0,694	63,26	61,06
jumlah	7,574						342,44	765,85

Dengan L = 7,574 meter

$$cL = 1,765 \times 7,754 = 13,04$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{13,04 + 0,649 (765,85)}{342,44} = 1,49$$

Tabel E.64 model 4 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,917	6,231	51	120,70	0,777	0,629	93,78	75,92
2	0,879	6,042	35	117,04	0,573	0,819	67,06	95,86
3	0,877	6,017	21	116,56	0,358	0,933	41,73	108,75
4	0,814	5,484	6	106,23	0,1	0,994	10,62	105,59
5	0,809	5,134	5	99,45	0,087	0,996	8,65	99,05
6	0,840	4,923	17	95,36	0,292	0,956	27,85	91,17
7	0,836	4,542	31	87,98	0,515	0,857	45,31	75,40
jumlah	5,972						295,01	651,74

Dengan L = 5,972meter

$$cL = 1,765 \times 5,972 = 10,54$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{10,54 + 0,649 (651,74)}{295,91} = 1,47$$

Tabel E.65 model 5 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,879	6,042	48	117,04	0,743	0,669	86,96	78,30
2	0,877	6,017	32	116,56	0,529	0,848	61,66	98,84
3	0,814	5,484	19	106,23	0,325	0,945	34,52	100,39
4	0,809	5,134	7	99,45	0,12	0,992	11,93	98,66
5	0,840	4,923	4	95,36	0,069	0,997	6,58	95,08
6	0,836	4,542	16	87,98	0,275	0,961	24,20	84,55

jumlah	5,055	225,85	555,81
---------------	-------	--------	--------

Dengan L = 5,055 meter

$$cL = 1,765 \times 5,670 = 8,92$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga $F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$

$$F = \frac{10,01 + 0,649 (437,12)}{225,85} = 1,64$$

Tabel E.66 model 1 Lereng 5 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	∅	W=γb*h	sin ∅
1	0,879	0,904	58	17,51	0,848
2	0,877	1,820	34	35,26	0,559
3	0,814	2,047	16	39,65	0,275
4	0,809	1,817	0	35,20	0
5	0,840	1,296	15	25,10	0,258
6	0,836	0,423	33	8,19	0,544
jumlah					
Terusan					
W sin ∅	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg ∅
14,85	0	0,000	0	17,51	11,36
19,71	0	0,000	0	35,26	22,88
10,90	0	0,000	0	39,65	25,73
0,00	0	0,000	0	35,20	22,84
6,48	0	0,000	0	25,10	16,29
4,46	0	0,000	0	8,19	5,32
56,396					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 = 1,5	Yi1	F2 = 1,25	Yi2
1,55	12,92	1,39	9,29	1,38	9,36
1,55	24,43	1,09	22,41	1,19	20,53
1,44	27,17	0,89	30,53	0,89	30,53
1,43	24,27	1	24,27	1	24,27
1,48	17,78	1,02	17,43	1,19	14,94
1,48	6,79	1,05	6,47	1,2	5,66

110,401	105,29
---------	--------

$$FK = \frac{110,401}{56,396} = 1,958$$

$$FK = \frac{105,29}{56,396} = 1,87$$

Tabel E.67 model 2 Lereng 5 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,917	0,846	53	16,39	0,798
2	0,917	1,934	37	37,46	0,601
3	0,879	2,551	26	49,42	0,438
4	0,877	2,853	13	55,27	0,22
5	0,814	2,802	3	54,28	0,052
6	0,809	2,432	6	47,11	0,1
7	0,840	1,838	18	35,60	0,309
8	0,836	0,990	28	19,18	0,469
9	0,500	0,258	38	5,00	0,615
jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,08	0	0,000	0	16,39	10,64
22,52	0	0,000	0	37,46	24,31
21,64	0	0,000	0	49,42	32,07
12,16	0	0,000	0	55,27	35,87
2,82	0	0,000	0	54,28	35,23
4,71	0	0,000	0	47,11	30,57
11,00	0	0,000	0	35,60	23,11
8,99	0	0,000	0	19,18	12,45
3,07	0	0,000	0	5,00	3,24
99,998					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =2	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
1,62	12,25	1,12	10,94	1,5	8,17
1,62	25,93	1,05	24,70	0,99	26,19
1,55	33,62	0,95	35,39	0,88	38,21
1,55	37,42	0,91	41,12	0,82	45,63
1,44	36,66	0,93	39,42	0,98	37,41

1,43	32,00	0,91	35,17	0,96	33,34
1,48	24,59	1,02	24,11	0,89	27,63
1,48	13,92	0,96	14,50	0,87	16,00
0,88	4,13	1,09	3,79	0,79	5,22
			229,130		237,80

$$FK = \frac{229,130}{99,998} = 2,291$$

$$FK = \frac{237,80}{99,998} = 2,38$$

Tabel E.68 model 3 Lereng 5 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,685	0,934	62	18,09	0,882
2	0,917	2,119	44	41,05	0,694
3	0,917	2,944	28	57,03	0,469
4	0,879	3,381	15	65,49	0,258
5	0,877	3,524	3	68,26	0,052
6	0,814	3,314	8	64,20	0,13
7	0,809	2,771	19	53,68	0,325
8	0,840	1,956	32	37,89	0,529
9	0,836	0,770	46	14,92	0,719

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
15,96	0	0,000	0	18,09	11,74
28,49	0	0,000	0	41,05	26,64
26,75	0	0,000	0	57,03	37,01
16,90	0	0,000	0	65,49	42,51
3,55	0	0,000	0	68,26	44,30
8,35	0	0,000	0	64,20	41,66
17,45	0	0,000	0	53,68	34,84
20,04	0	0,000	0	37,89	24,59
10,72	0	0,000	0	14,92	9,68

148,196

Terusan

Mi

c*b	Xi	F1 =3	Yi1	F2 = 3,5	Yi2
1,21	12,95	0,98	13,22	0,79	16,39

1,62	28,26	0,97	29,13	0,78	36,23
1,62	38,63	0,96	40,24	0,89	43,40
1,55	44,06	0,98	44,96	0,92	47,89
1,55	45,85	0,97	47,27	0,98	46,79
1,44	43,10	0,89	48,43	0,99	43,53
1,43	36,26	0,97	37,39	0,91	39,85
1,48	26,07	0,94	27,74	0,87	29,97
1,48	11,16	0,95	11,74	0,71	15,71
			300,104		319,77

$$FK = \frac{300,104}{148,196} = 2,025$$

$$FK = \frac{319,77}{148,196} = 2,16$$

Tabel E.69 model 4 Lereng 5 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,917	0,908	51	17,59	0,777
2	0,879	1,863	35	36,09	0,573
3	0,877	2,319	21	44,92	0,358
4	0,814	2,373	6	45,97	0,1
5	0,809	2,020	5	39,13	0,087
6	0,840	1,433	17	27,76	0,292
7	0,836	0,548	31	10,62	0,515
jumlah					
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,67	0	0,000	0	17,59	11,42
20,68	0	0,000	0	36,09	23,42
16,08	0	0,000	0	44,92	29,15
4,60	0	0,000	0	45,97	29,83
3,40	0	0,000	0	39,13	25,39
8,11	0	0,000	0	27,76	18,02
5,47	0	0,000	0	10,62	6,89
72,000					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =4	Yi1	F2 = 4,5	Yi2
1,62	13,03	0,89	14,64	0,62	21,02

1,55	24,97	0,92	27,14	0,8	31,22
1,55	30,70	0,89	34,50	0,89	34,50
1,44	31,27	0,98	31,91	0,98	31,91
1,43	26,82	0,99	27,09	0,98	27,37
1,48	19,50	0,89	21,91	0,89	21,91
1,48	8,36	0,9	9,29	0,81	10,33
			166,489		178,25

$$FK = \frac{166,489}{72,00} = 2,312$$

$$FK = \frac{178,25}{72,00} = 2,48$$

Tabel E.70 model 5 Lereng 5 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,879	0,606	48	11,74	0,743
2	0,877	1,357	32	26,29	0,529
3	0,814	1,625	19	31,48	0,325
4	0,809	1,442	7	27,93	0,12
5	0,840	1,098	4	21,27	0,069
6	0,836	0,396	16	7,67	0,275
jumlah					

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
8,72	0	0,000	0	11,74	7,62
13,91	0	0,000	0	26,29	17,06
10,23	0	0,000	0	31,48	20,43
3,35	0	0,000	0	27,93	18,13
1,47	0	0,000	0	21,27	13,80
2,11	0	0,000	0	7,67	4,98
39,787					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =5	Yi1	F2 = 5,5	Yi2
1,55	9,17	0,81	11,32	0,62	14,79
1,55	18,61	0,85	21,89	0,79	23,55
1,44	21,87	0,9	24,30	0,89	24,57
1,43	19,56	0,98	19,96	0,98	19,96
1,48	15,29	0,99	15,44	0,99	15,44

1,48	6,45	0,89	7,25	0,79	8,17
			100,156		106,48

$$FK = \frac{100,156}{39,787} = 2,517$$

$$FK = \frac{106,48}{39,787} = 2,68$$

Tabel E.71 model 1 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,879	0,904	58	17,511	0,848
2	0,877	1,820	34	35,255	0,559
3	0,814	2,047	16	39,652	0,275
4	0,809	1,817	0	35,197	0
5	0,840	1,296	15	25,105	0,258
6	0,836	0,423	33	8,194	0,544
jumlah				160,91	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
14,85	0,00	0,00	0,00	17,51	11,36
19,71	0,00	0,00	0,00	35,26	22,88
10,90	0,00	0,00	0,00	39,65	25,73
0,00	0,00	0,00	0,00	35,20	22,84
6,48	0,00	0,00	0,00	25,10	16,29
4,46	0,00	0,00	0,00	8,19	5,32
					104,43

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,55	3,57	1,60	28,02
1,55	1,26	0,670	23,62
1,44	1,08	0,29	11,50
1,43	1,00	0,00	0,00
1,48	1,07	0,27	6,78
1,48	1,42	0,65	5,33
8,92	9,40	3,48	75,24

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,92+104,43] \frac{9,40}{1+\frac{3,48 \times 0,649}{1,5}}}{75,24}$$

$$FK = 2,10$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,899}{5,149} - 1,4 \left(\frac{1,899}{5,149} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,10$$

$$F = 2,12$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,92+104,43] \frac{9,40}{1+\frac{3,48 \times 0,649}{1,75}}}{75,24}$$

$$FK = 1,96$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,899}{5,149} - 1,4 \left(\frac{1,899}{5,149} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,007 \times 1,96$$

$$F = 1,98$$

Tabel E.72 model 2 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,917	0,846	53	16,388	0,798
2	0,917	1,934	37	37,464	0,601
3	0,879	2,551	26	49,415	0,438
4	0,877	2,853	13	55,265	0,22
5	0,814	2,802	3	54,278	0,052
6	0,809	2,432	6	47,110	0,1
7	0,840	1,838	18	35,604	0,309
8	0,836	0,990	28	19,177	0,469
9	0,500	0,258	38	4,998	0,615
jumlah				319,70	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,08	0,00	0,00	0,00	16,39	10,64
22,52	0,00	0,00	0,00	37,46	24,31
21,64	0,00	0,00	0,00	49,42	32,07
12,16	0,00	0,00	0,00	55,27	35,87
2,82	0,00	0,00	0,00	54,28	35,23
4,71	0,00	0,00	0,00	47,11	30,57
11,00	0,00	0,00	0,00	35,60	23,11
8,99	0,00	0,00	0,00	19,18	12,45
3,07	0,00	0,00	0,00	5,00	3,24
					207,48

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
1,62	2,77	1,33	21,80
1,62	1,57	1,75	65,56
1,55	1,24	0,48	23,72
1,55	1,05	0,23	12,71
1,44	1,00	0,05	2,82
1,43	1,01	0,105	4,95

1,48	1,11	0,33	11,75
1,48	1,29	0,53	10,16
0,88	1,61	0,78	3,90
13,04	12,65	5,59	157,37

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[13,04+207,48] \frac{12,65}{1 + \frac{5,59 \times 0,649}{1,5}}}{157,37}$$

$$FK = 2,39$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{2,836}{7,543} - 1,4 \left(\frac{2,836}{27,543} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,39$$

$$F = 2,42$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[13,04+207,48] \frac{12,65}{1 + \frac{5,59 \times 0,649}{1,75}}}{157,37}$$

$$FK = 2,35$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,836}{7,543} - 1,4 \left(\frac{2,836}{27,543} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,35$$

$$F = 2,38$$

Tabel E.73 model 3 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,685	0,934	62	18,093	0,882
2	0,917	2,119	44	41,047	0,694
3	0,917	2,944	28	57,028	0,469
4	0,879	3,381	15	65,493	0,258
5	0,877	3,524	3	68,263	0,052
6	0,814	3,314	8	64,195	0,13
7	0,809	2,771	19	53,677	0,325
8	0,840	1,956	32	37,890	0,529
9	0,836	0,770	46	14,916	0,719
jumlah				420,60	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
15,96	0,00	0,00	0,00	18,09	11,74
28,49	0,00	0,00	0,00	41,05	26,64
26,75	0,00	0,00	0,00	57,03	37,01
16,90	0,00	0,00	0,00	65,49	42,51
3,55	0,00	0,00	0,00	68,26	44,30
8,35	0,00	0,00	0,00	64,20	41,66
17,45	0,00	0,00	0,00	53,68	34,84
20,04	0,00	0,00	0,00	37,89	24,59
10,72	0,00	0,00	0,00	14,92	9,68
					272,97

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,21	4,55	1,88	34,01
1,62	1,93	0,97	39,82
1,62	1,29	0,53	30,22
1,55	1,07	0,27	17,68
1,55	1,00	0,05	3,55
1,44	1,02	0,140	8,99
1,43	1,12	0,34	18,46
1,48	1,39	0,62	23,49
1,48	2,08	1,04	15,44
13,37	15,45	5,84	191,67

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\sum [13,37 + 272,97] \frac{15,45}{1 + \frac{5,84 \times 0,649}{1,5}}}{22,86}$$

$$FK = 2,17$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,505}{7,696} - 1,4 \left(\frac{3,505}{7,696} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,17$$

$$F = 2,20$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[13,37 + 272,97] \frac{15,45}{1 + \frac{5,84 \times 0,649}{1,75}}}{22,86}$$

$$FK = 2,42$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,505}{7,696} - 1,4 \left(\frac{3,505}{7,696} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 2,42$$

$$F = 2,45$$

Tabel E.74 model 4 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,917	0,908	51	17,589	0,777
2	0,879	1,863	35	36,088	0,573
3	0,877	2,319	21	44,921	0,358
4	0,814	2,373	6	45,967	0,1
5	0,809	2,020	5	39,129	0,087
6	0,840	1,433	17	27,759	0,292
7	0,836	0,548	31	10,615	0,515
jumlah				222,07	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
13,67	0,00	0,00	0,00	17,59	11,42
20,68	0,00	0,00	0,00	36,09	23,42
16,08	0,00	0,00	0,00	44,92	29,15
4,60	0,00	0,00	0,00	45,97	29,83
3,40	0,00	0,00	0,00	39,13	25,39
8,11	0,00	0,00	0,00	27,76	18,02
5,47	0,00	0,00	0,00	10,62	6,89
					144,12

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,62	2,53	1,23	21,63
1,55	1,49	0,700	25,26
1,55	1,15	0,38	17,07
1,44	1,01	0,11	4,83
1,43	1,01	0,09	3,40
1,48	1,09	0,31	8,47
1,48	1,36	0,60	6,37
10,54	9,64	3,41	87,03

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \emptyset] - \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \emptyset \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[10,54 + 144,12] - \frac{9,64}{1 + \frac{3,14 \times 0,649}{1,5}}}{87,03}$$

$$FK = 2,30$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,217}{6,173} - 1,4 \left(\frac{2,217}{6,173} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,30$$

$$F = 2,32$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[10,54 + 144,12] \frac{9,64}{1 + \frac{3,14 \times 0,649}{1,75}}}{87,03}$$

$$FK = 2,53$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{2,217}{6,173} - 1,4 \left(\frac{2,217}{6,173} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,007 \times 2,53$$

$$F = 2,56$$

Tabel E.75 model 5 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,879	0,606	48	11,739	0,743
2	0,877	1,357	32	26,286	0,529
3	0,814	1,625	19	31,478	0,325
4	0,809	1,442	7	27,933	0,12
5	0,840	1,098	4	21,269	0,069

6	0,836	0,396	16	7,671	0,275
jumlah				126,38	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
8,72	0,00	0,00	0,00	11,74	7,62
13,91	0,00	0,00	0,00	26,29	17,06
10,23	0,00	0,00	0,00	31,48	20,43
3,35	0,00	0,00	0,00	27,93	18,13
1,47	0,00	0,00	0,00	21,27	13,80
2,11	0,00	0,00	0,00	7,67	4,98
					82,02

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan α
1,55	2,23	0,11	1,29
1,55	1,39	0,620	16,30
1,44	1,12	0,344	10,83
1,43	1,02	0,123	3,44
1,48	1,01	0,07	1,47
1,48	1,08	0,29	2,20
8,92	7,85	1,55	35,52

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,92 + 82,02] \frac{7,85}{1 + \frac{1,55 \times 0,649}{1,5}}}{35,52}$$

$$FK = 2,47$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,472}{5,331} - 1,4 \left(\frac{1,472}{5,331} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,007 \times 2,47$$

$$F = 2,79$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{\tan \theta \tan \alpha}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[8,92 + 82,02] \frac{7,85}{1 + \frac{1,55 \times 0,649}{1,5}}}{35,52}$$

$$FK = 2,78$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times F_S$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{1,472}{5,331} - 1,4 \left(\frac{1,472}{5,331} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,007$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,007 \times 2,78$$

$$F = 2,80$$

F. Nilai Faktor Keamanan dengan Menggunakan Bidang Longsor Optum G2+

Tabel F.76 model 1 Lereng 1 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W $\sin \alpha$	W $\cos \alpha$
1	0,177	1,127	58	21,82	0,848	0,53	18,50	11,56
2	0,787	2,763	45	53,49	0,707	0,707	37,82	37,82
3	0,787	2,556	28	49,49	0,469	0,883	23,21	43,70

4	0,787	2,376	14	46,00	0,241	0,97	11,09	44,62
5	0,787	2,197	1	42,54	0,0175	1,000	0,74	42,53
6	0,787	2,017	12	39,05	0,208	0,978	8,12	38,19
7	0,463	1,103	23	21,36	0,391	0,921	8,35	19,67
jumlah	4,575						107,84	238,09

Dengan L = 4,575 meter

$$cL = 1,765 \times 4,575 = 8,07$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

$$\text{sehingga } F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (Wi \cos ai)}{\sum (Wi \sin ai)}$$

$$F = \frac{8,07 + 0,649 (238,09)}{107,84} = 1,51$$

Tabel F.77 model 1 Lereng 1 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	∅	W=γb*h	sin ∅
1	0,177	0,151	58	2,93	0,848
2	0,750	0,622	45	12,05	0,707
3	0,750	0,949	28	18,38	0,469
4	0,750	1,007	14	19,51	0,241
5	0,750	0,865	1	16,76	0,0175
6	0,750	0,557	12	10,79	0,208
7	0,441	0,176	23	3,41	0,391
jumlah					

Terusan

W sin ∅	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg ∅
2,48	0	0,000	0	2,93	1,90
8,52	0	0,000	0	12,05	7,82
8,62	0	0,000	0	18,38	11,93
4,70	0	0,000	0	19,51	12,66
0,29	0	0,000	0	16,76	10,87
2,24	0	0,000	0	10,79	7,00
1,33	0	0,000	0	3,41	2,21
28,192					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =2,25	Yi1	F2 = 3	Yi2

0,31	2,21	0,87	2,54	0,69	3,20
1,32	9,14	0,82	11,15	0,74	12,36
1,32	13,25	0,92	14,41	0,89	14,89
1,32	13,98	0,98	14,27	0,91	15,37
1,32	12,20	0,89	13,71	0,81	15,06
1,32	8,33	0,89	9,36	0,89	9,36
0,78	2,99	0,79	3,79	0,79	3,79
			69,215	74,02	

$$FK = \frac{69,215}{28,192} = 2,455$$

$$FK = \frac{74,02}{28,192} = 2,63$$

Tabel F.78 model 1 Lereng 1 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,177	0,151	58	2,925	0,848
2	0,750	0,622	45	12,049	0,707
3	0,750	0,949	28	18,383	0,469
4	0,750	1,007	14	19,507	0,241
5	0,750	0,865	1	16,756	0,0175
6	0,750	0,557	12	10,790	0,208
7	0,441	0,176	23	3,409	0,391
jumlah				83,82	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
2,48	0,00	0,00	0,00	2,93	1,90
8,52	0,00	0,00	0,00	12,05	7,82
8,62	0,00	0,00	0,00	18,38	11,93
4,70	0,00	0,00	0,00	19,51	12,66
0,29	0,00	0,00	0,00	16,76	10,87
2,24	0,00	0,00	0,00	10,79	7,00
1,33	0,00	0,00	0,00	3,41	2,21
					54,40

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
0,31	3,56	1,60	4,68
1,32	2,00	1,000	12,05

1,32	1,28	0,53	9,78
1,32	1,06	0,25	4,88
1,32	1,00	0,02	0,29
1,32	1,05	0,21	2,30
0,78	1,18	0,42	1,45
7,71	11,13	4,04	35,42

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,71+54,40] \frac{11,13}{1 + \frac{4,04 \times 0,649}{2}}}{35,52}$$

$$FK = 2,80$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{0,975}{4,570} - 1,4 \left(\frac{0,975}{4,570} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,002$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,002 \times 2,80$$

$$F = 2,79$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1 + \frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,71+54,40] \frac{11,13}{1 + \frac{4,04 \times 0,649}{2,25}}}{35,52}$$

$$FK = 3,18$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{0,975}{4,570} - 1,4 \left(\frac{0,975}{4,570} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,002$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,002 \times 3,18$$

$$F = 3,17$$

Tabel F.79 model 1 Lereng 2 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,254	1,101	55	21,33	0,819	0,573	17,47	12,22
2	0,694	2,685	45	52,01	0,707	0,707	36,77	36,77
3	0,689	2,620	33	50,75	0,544	0,838	27,61	42,53
4	0,800	2,793	22	54,10	0,374	0,927	20,23	50,15
5	0,800	2,572	11	49,82	0,190	0,981	9,47	48,88
6	0,789	2,300	1	44,55	0,017	0,999	0,76	44,51
7	0,789	1,966	8	38,08	0,130	0,99	4,95	37,70
8	0,789	1,672	18	32,39	0,309	0,951	10,01	30,80
jumlah	5,604						127,27	303,56

Dengan L = 5,604 meter

$$cL = 1,765 \times 5,604 = 9,89$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga
$$F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{9,89 + 0,649 (303,56)}{127,27} = 1,64$$

Tabel F.80 model 1 Lereng 2 Metode *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,254	0,199	55	3,85	0,819
2	0,686	0,759	45	14,70	0,707
3	0,683	1,256	33	24,33	0,544
4	0,760	1,476	22	28,59	0,374
5	0,753	1,443	11	27,95	0,190
6	0,710	1,209	1	23,42	0,017
7	0,710	0,828	8	16,04	0,130
8	0,710	0,311	18	6,02	0,309

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
3,16	0	0,000	0	3,85	2,50
10,39	0	0,000	0	14,70	9,54
13,24	0	0,000	0	24,33	15,79
10,69	0	0,000	0	28,59	18,56
5,31	0	0,000	0	27,95	18,14
0,40	0	0,000	0	23,42	15,20
2,09	0	0,000	0	16,04	10,41
1,86	0	0,000	0	6,02	3,91
47,136					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =2,25	Yi1	F2 = 3	Yi2
0,45	2,95	0,71	4,16	0,69	4,28
1,21	10,75	0,78	13,79	0,76	14,15
1,21	17,00	0,89	19,10	0,82	20,73
1,34	19,90	0,91	21,87	0,91	21,87
1,33	19,47	0,91	21,40	0,91	21,40
1,25	16,45	0,99	16,62	0,99	16,62
1,25	11,66	0,89	13,10	0,89	13,10
1,25	5,16	0,86	6,00	0,8	6,45
			116,024		118,59

$$FK = \frac{116,024}{47,136} = 2,46$$

$$FK = \frac{118,59}{47,136} = 2,52$$

Tabel F.81 model 1 Lereng 2 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,254	0,199	55	3,855	0,819
2	0,686	0,759	45	14,703	0,707
3	0,683	1,256	33	24,330	0,544
4	0,760	1,476	22	28,592	0,374
5	0,753	1,443	11	27,952	0,190
6	0,710	1,209	1	23,420	0,017
7	0,710	0,828	8	16,039	0,130
8	0,710	0,311	18	6,024	0,309
jumlah				144,91	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
3,16	0,00	0,00	0,00	3,85	2,50
10,39	0,00	0,00	0,00	14,70	9,54
13,24	0,00	0,00	0,00	24,33	15,79
10,69	0,00	0,00	0,00	28,59	18,56
5,31	0,00	0,00	0,00	27,95	18,14
0,40	0,00	0,00	0,00	23,42	15,20
2,09	0,00	0,00	0,00	16,04	10,41
1,86	0,00	0,00	0,00	6,02	3,91
					94,05

Terusan

c*b	sec ² α	tan α	W tan α
0,45	3,05	1,43	5,50
1,21	2,00	1,000	14,70
1,21	1,42	0,65	15,79
1,34	1,16	0,40	11,55
1,33	1,04	0,19	5,42
1,25	1,00	0,02	0,41
1,25	1,02	0,14	2,26
1,25	1,11	0,33	1,96
9,29	11,80	4,16	57,60

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[9,25+94,05] \frac{11,80}{1+\frac{4,16 \times 0,649}{2}}}{57,60}$$

$$FK = 2,69$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,62}{5,525} - 1,4 \left(\frac{1,162}{5,525} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,005$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,002 \times 2,69$$

$$F = 2,70$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[9,25+94,05] \frac{11,80}{1+\frac{4,16 \times 0,649}{2,25}}}{57,60}$$

$$FK = 2,93$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{1,62}{5,525} - 1,4 \left(\frac{1,162}{5,525} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,005$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,002 \times 2,93$$

$$F = 2,94$$

Tabel F.82 model 1 Lereng 3 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	0,063	6,89	64	133,47	0,899	0,438	119,99	58,46
2	0,792	6,72	48	130,17	0,743	0,669	96,72	87,09
3	3,879	4,940	29	95,69	0,484	0,874	46,32	83,64
jumlah	4,734						278,73	237,98

Dengan L = 4,734 meter

$$cL = 1,765 \times 4,734 = 8,36$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga
$$F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{8,36 + 0,649 (237,98)}{278,73} = 0,58$$

Tabel F.84 model 1 Lereng 3 *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	$\sin \emptyset$
1	0,063	2,501	64	48,45	0,927
2	0,783	3,082	48	59,70	0,694
3	0,664	3,625	29	70,22	0,453
jumlah					

Terusan

W sin \emptyset	hw	u=hw* γ_w	b*u	W-bu	(W-bu)tg \emptyset
44,91	0	0,000	0	48,45	31,44
41,43	0	0,000	0	59,70	38,75
31,81	0	0,000	0	70,22	45,57
118,153					

Terusan

			Mi		
c*b	Xi	F1 =2,5	Yi1	F2 = 2	Yi2
0,11	31,55	1,23	25,65	1,2	26,29
1,38	40,13	1,19	33,72	1,01	39,73
1,17	46,74	1,08	43,28	1,18	39,61
			102,656	105,64	

$$FK = \frac{102,656}{118,153} = 0,869$$

$$FK = \frac{105,64}{118,153} = 0,89$$

Tabel F.84 model 1 Lereng 3 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,063	2,501	64	48,447	0,927
2	0,783	3,082	48	59,701	0,694
3	0,664	3,625	29	70,220	0,453
jumlah				144,82	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
44,91	0,00	0,00	0,00	48,45	31,44
41,43	0,00	0,00	0,00	59,70	38,75
31,81	0,00	0,00	0,00	70,22	45,57
					115,76

Terusan

c*b	sec ² a	tan a	W tan a
0,11	5,21	2,05	99,32
1,38	2,23	1,110	66,27
1,17	1,31	0,55	38,90
2,67	8,75	3,71	204,49

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[2,67+115,76] \frac{8,75}{1+\frac{3,71 \times 0,649}{2}}}{204,49}$$

$$FK = 0,89$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{5,682}{4,229} - 1,4 \left(\frac{5,682}{4,229} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = fo \times FS$$

$$F = 1,009 \times 0,89$$

$$F = 0,92$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[2,67+115,76] \frac{8,75}{1+\frac{3,71 \times 0,649}{2,25}}}{204,49}$$

$$FK = 0,73$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = fo \times FS$$

Dengan

$$Fo = 1 + b1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$Fo = 1 + 0,05 \left[\frac{5,682}{4,229} - 1,4 \left(\frac{5,682}{4,229} \right)^2 \right]$$

$$F0 = 1,009$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,009 \times 0,73$$

$$F = 0,75$$

Tabel F.85 model 1 Lereng 4 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	W sin α	W cos α
1	1,360	0,029	13	0,56	0,225	0,974	0,126	0,55
2	0,560	2,918	26	56,52	0,438	0,899	24,76	50,82
3	0,560	2,919	54	56,54	0,809	0,588	45,74	33,25
jumlah	2,480						70,63	84,61

Dengan L = 4=2,480 meter

$$cL = 1,765 \times 2,480 = 4,38$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga
$$F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{4,38 + 0,649 (84,61)}{70,63} = 0,67$$

Tabel F.86 model 1 Lereng 4 *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	$\sin \emptyset$
1	0,042	1,354	13	26,23	0,225
2	0,560	1,246	26	24,14	0,438
3	0,560	0,777	54	15,05	0,809
jumlah					

Terusan

W sin \emptyset	hw	u= $hw \cdot \gamma_w$	b \cdot u	W-bu	(W-bu)tg \emptyset
5,90	0	0,000	0	26,23	17,02
10,57	0	0,000	0	24,14	15,66
12,18	0	0,000	0	15,05	9,77

28,650					
Terusan					
Mi					
c*b	Xi	F1 =1,5	Yi1	F2 = 2,5	Yi2
0,07	17,10	1,09	15,68	0,91	18,79
0,99	16,65	1,12	14,87	1,12	14,87
0,99	10,76	1,4	7,68	1,39	7,74
			38,237	41,39	

$$FK = \frac{38,237}{28,650} = 1,33$$

$$FK = \frac{41,39}{28,650} = 1,44$$

Tabel F.87 model 1 Lereng 4 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,042	1,354	13	26,228	0,225
2	0,560	1,246	26	24,136	0,438
3	0,560	0,777	54	15,051	0,809
jumlah				97,51	
Terusan					
W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
5,90	0,00	0,00	0,00	26,23	17,02
10,57	0,00	0,00	0,00	24,14	15,66
12,18	0,00	0,00	0,00	15,05	9,77
					42,45
Terusan					
c*b	sec ² α	tan α	W tan α		
0,07	1,05	0,23	6,03		
0,99	1,24	0,488	11,78		
0,99	2,89	1,38	20,71		
2,05	5,18	2,09	38,52		

$$FK = \frac{\sum [cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\sum W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[2,05+42,45] \frac{5,18}{1+\frac{2,09 \times 0,649}{2}}}{38,52}$$

$$FK = 1,15$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,009}{1,787} - 1,4 \left(\frac{3,009}{1,787} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,010$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,010 \times 1,15$$

$$F = 1,19$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb+\{W-ub\}tan\theta] \frac{sec^2 a}{1+\frac{tan\theta tan a}{F}}}{\Sigma W tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[2,05+42,45] \frac{5,18}{1+\frac{2,09 \times 0,649}{2,25}}}{38,52}$$

$$FK = 1,07$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{3,009}{1,787} - 1,4 \left(\frac{3,009}{1,787} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,010$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times F_S$$

$$F = 1,010 \times 1,07$$

$$F = 1,11$$

Tabel F.88 model 1 Lereng 5 Metode Fellenius

No. slice	L (m)	luas (m ²)	α	WT (luas x γb)	sin α	cos α	W sin α	W cos α
1	0,353	6,028	62	116,77	0,882	0,469	102,99	54,76
2	0,889	6,017	43	116,56	0,681	0,731	79,37	85,20
3	0,883	5,484	24	106,23	0,406	0,913	43,13	96,99
4	0,976	5,134	8	99,45	0,130	0,990	12,93	98,46
5	0,971	4,923	8	95,36	0,130	0,990	12,40	94,41
6	0,425	4,542	20	87,98	0,342	0,939	30,09	82,62
jumlah	4,497						280,91	512,44

Dengan L = 4,497 meter

$$cL = 1,765 \times 4,497 = 7,94$$

$$\tan \emptyset = 0,649$$

sehingga
$$F = \frac{cL + \tan \emptyset \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{7,94 + 0,649 (512,44)}{280,92} = 1,21$$

Tabel F.89 model 1 Lereng 5 *Simplified Bishop*

no slice	b (m)	h	\emptyset	W= $\gamma b \cdot h$	sin \emptyset
1	0,353	0,419	62	8,12	0,882
2	0,820	1,033	43	20,01	0,681
3	0,809	1,246	24	24,14	0,406
4	0,838	1,070	8	20,73	0,13
5	0,836	0,574	8	11,12	0,13
6	0,418	0,127	20	2,46	0,342

jumlah

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
7,16	0	0,000	0	8,12	5,27
13,63	0	0,000	0	20,01	12,99
9,80	0	0,000	0	24,14	15,66
2,69	0	0,000	0	20,73	13,45
1,45	0	0,000	0	11,12	7,22
0,84	0	0,000	0	2,46	1,60
35,566					

Terusan

Mi					
c*b	Xi	F1 =2,25	Yi1	F2 = 3	Yi2
0,62	5,89	1,19	4,95	0,62	9,50
1,45	14,43	0,98	14,73	0,79	18,27
1,43	17,09	0,90	18,99	0,89	19,20
1,48	14,93	0,98	15,24	0,98	15,24
1,48	8,69	0,99	8,78	0,99	8,78
0,74	2,33	0,89	2,62	0,79	2,95
			65,308		73,95

$$FK = \frac{65,308}{35,566} = 1,86$$

$$FK = \frac{73,95}{35,566} = 2,08$$

Tabel F.90 model 1 Lereng 5 Metode *Simplified Janbu*

no slice	b (m)	h	Ø	W=γb*h	sin Ø
1	0,353	0,419	62	8,116	0,743
2	0,82	1,033	43	20,010	0,529
3	0,809	1,246	24	24,136	0,325
4	0,838	1,07	8	20,727	0,12
5	0,836	0,574	8	11,119	0,069
6	0,418	0,127	20	2,460	0,275
jumlah				86,57	

Terusan

W sin Ø	hw	u=hw*γw	b*u	W-bu	(W-bu)tg Ø
6,03	0,00	0,00	0,00	8,12	5,27
10,59	0,00	0,00	0,00	20,01	12,99
7,84	0,00	0,00	0,00	24,14	15,66
2,49	0,00	0,00	0,00	20,73	13,45

0,77	0,00	0,00	0,00	11,12	7,22
0,68	0,00	0,00	0,00	2,46	1,60
					56,18

Terusan

c*b	sec² α	tan α	W tan a
0,62	4,55	1,88	15,26
1,45	1,87	0,93	18,61
1,43	1,20	0,45	10,86
1,48	1,02	0,14	2,90
1,48	1,02	0,14	1,56
0,74	1,13	0,36	0,89
7,19	10,79	3,90	50,07

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \theta \tan \alpha}{F}}}{\Sigma W \tan \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,19 + 56,18] \frac{10,79}{1 + \frac{3,90 \times 0,649}{2}}}{50,07}$$

$$FK = 2,27$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_o \times F_S$$

Dengan

$$F_o = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1 + 0,05 \left[\frac{5,943}{4,438} - 1,4 \left(\frac{5,943}{4,438} \right)^2 \right]$$

$$F_o = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_o \times F_S$$

$$F = 1,008 \times 2,27$$

$$F = 2,29$$

Perhitungan FK 2

$$FK = \frac{\Sigma[cb + \{W - ub\} \tan \theta] \frac{\sec^2 a}{1 + \frac{\tan \theta \tan a}{F}}}{\Sigma W \tan a}$$

$$FK = \frac{\Sigma[7,19 + 56,18] \frac{10,79}{1 + \frac{3,90 \times 0,649}{2,25}}}{50,07}$$

$$FK = 2,12$$

Sehingga faktor keamanan setelah di koreksi menjadi

$$F = f_0 \times FS$$

Dengan

$$F_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1 + 0,05 \left[\frac{5,943}{4,438} - 1,4 \left(\frac{5,943}{4,438} \right)^2 \right]$$

$$F_0 = 1,008$$

Sehingga faktor keamanan setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

$$F = f_0 \times FS$$

$$F = 1,008 \times 2,12$$

$$F = 2,14$$

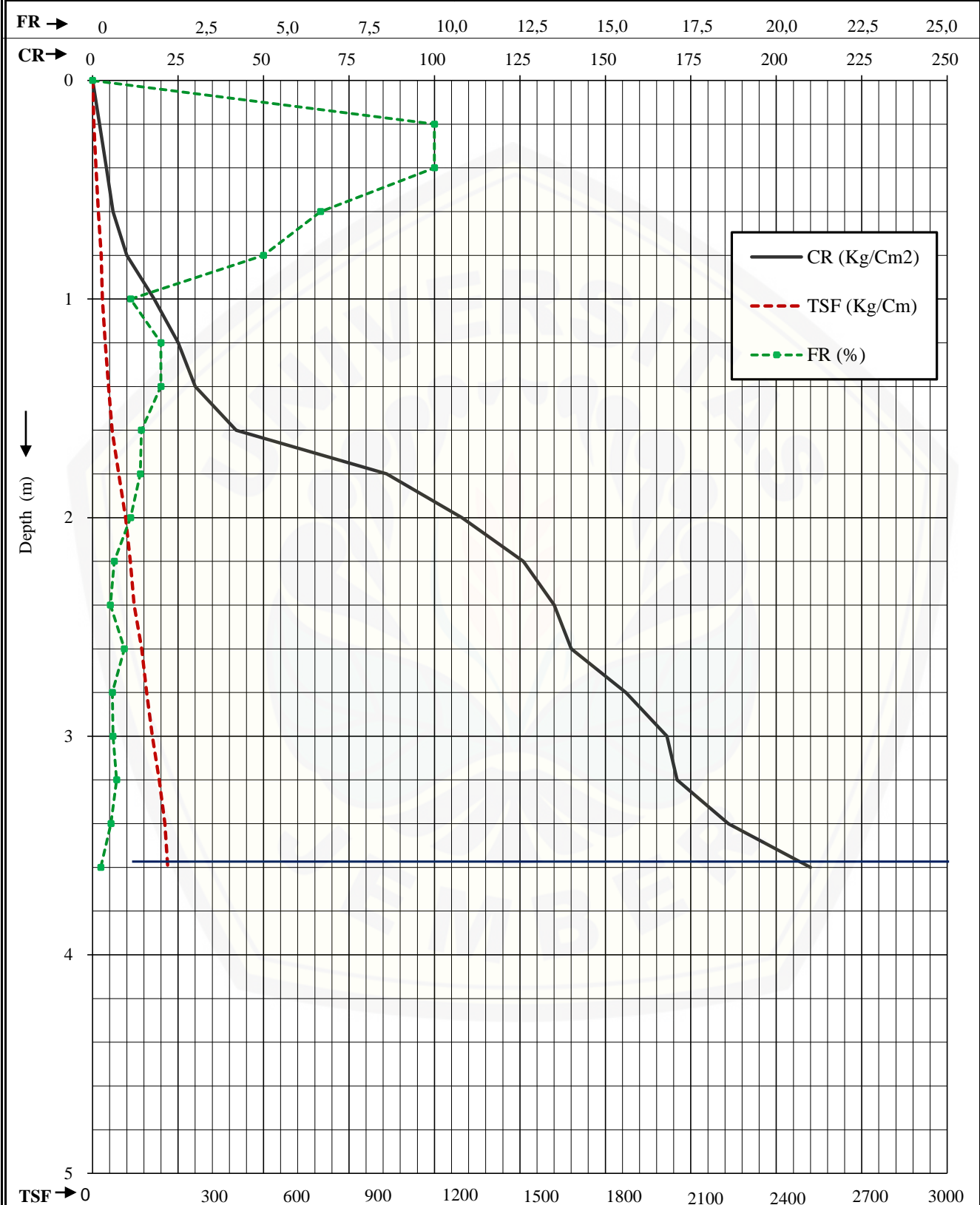


Lampiran 4

				SONDERING TEST (DUTCH CONE PENETRATION TEST)			
Test No : S-1				Capacity : 2.50 ton			
Date : 03 Mei 2015				Sondering Master :			
Elevation : - m				Checked By :			
GWL : - m				Coordinate : X = - m ; Y = - m			
Depth (m)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm ²	Total Resistant (TR) Kg/Cm ²	Skin Friction (SF) Kg/Cm ²	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm	Friction Ratio (FR) %
0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00
0.20	2	4	2	4	4	0.20	10.00
0.40	4	8	4	8	12	0.40	10.00
0.60	6	10	4	8	20	0.40	6.67
0.80	10	15	5	10	30	0.50	5.00
1.00	18	20	2	4	34	0.20	1.11
1.20	25	30	5	10	44	0.50	2.00
1.40	30	36	6	12	56	0.60	2.00
1.60	42	48	6	12	68	0.60	1.43
1.80	86	98	12	24	92	1.20	1.40
2.00	108	120	12	24	116	1.20	1.11
2.20	126	134	8	16	132	0.80	0.63
2.40	135	142	7	14	146	0.70	0.52
2.60	140	153	13	26	172	1.30	0.93
2.80	156	165	9	18	190	0.90	0.58
3.00	168	178	10	20	210	1.00	0.60
3.20	171	183	12	24	234	1.20	0.70
3.40	186	196	10	20	254	1.00	0.54
3.60	210	215	5	10	264	0.50	0.24
3.80							
4.00							
4.20							
4.40							
4.60							
4.80							
5.00							
5.20							
5.40							
5.60							
5.80							
6.00							
6.20							
6.40							
6.60							
6.80							
7.00							
Project :				Location :		Page :	
JALUR PIPA GAS				KM.100		2	

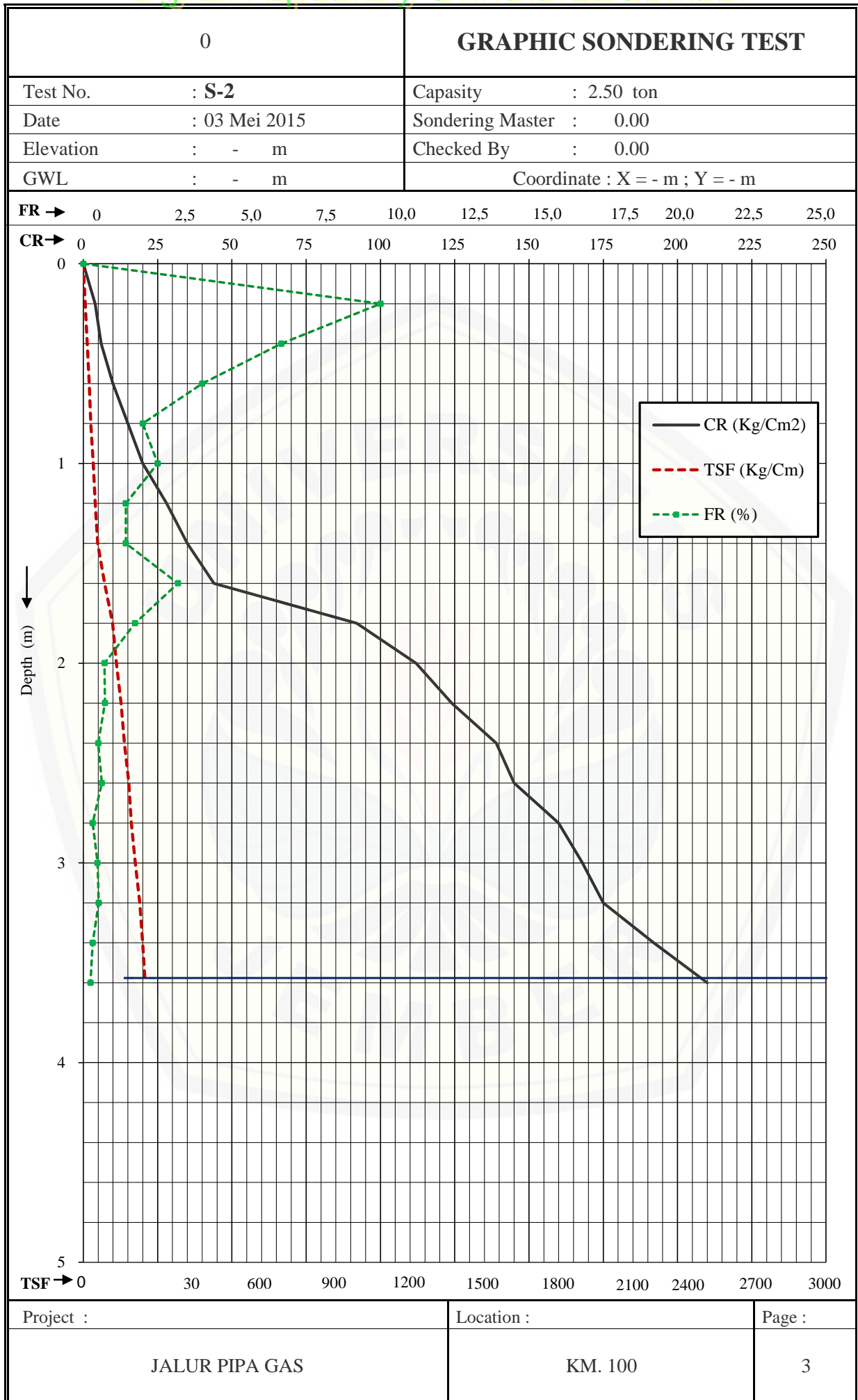
GRAPHIC SONDERING TEST

Test No. : S-1	Capacity : 2.50 ton
Date : 03 Mei 2015	Sondering Master : 0.00
Elevation : - m	Checked By : 0.00
GWL : - m	Coordinate : X = - m ; Y = - m



Project :	Location :	Page :
JALUR PIPA GAS	KM.100	1

				SONDERING TEST (DUTCH CONE PENETRATION TEST)			
Test No : S-2				Capacity : 2.50 ton			
Date : 03 Mei 2015				Sondering Master :			
Elevation : - m				Checked By :			
GWL : - m				Coordinate : X = - m ; Y = - m			
Depth (m)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm ²	Total Resistant (TR) Kg/Cm ²	Skin Friction (SF) Kg/Cm ²	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm	Friction Ratio (FR) %
0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00
0.20	4	8	4	8	8	0.40	10.00
0.40	6	10	4	8	16	0.40	6.67
0.60	10	14	4	8	24	0.40	4.00
0.80	15	18	3	6	30	0.30	2.00
1.00	20	25	5	10	40	0.50	2.50
1.20	28	32	4	8	48	0.40	1.43
1.40	35	40	5	10	58	0.50	1.43
1.60	44	58	14	28	86	1.40	3.18
1.80	92	108	16	32	118	1.60	1.74
2.00	112	120	8	16	134	0.80	0.71
2.20	124	133	9	18	152	0.90	0.73
2.40	139	146	7	14	166	0.70	0.50
2.60	145	154	9	18	184	0.90	0.62
2.80	160	165	5	10	194	0.50	0.31
3.00	168	176	8	16	210	0.80	0.48
3.20	175	184	9	18	228	0.90	0.51
3.40	192	198	6	12	240	0.60	0.31
3.60	210	215	5	10	250	0.50	0.24
3.80							
4.00							
4.20							
4.40							
4.60							
4.80							
5.00							
5.20							
5.40							
5.60							
5.80							
6.00							
6.20							
6.40							
6.60							
6.80							
7.00							
Project :				Location :		Page :	
JALUR PIPA GAS				KM. 100		4	



Bore No.		BH-I (KM. 100 + 000)	
Depth		1.00 - 1.50 m	5.00 - 5.50 m
Moisture Content	W (%)	15.34	31.19
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.487	1.667
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.289	1.270
Specific Gravity	G _s	2.627	2.647
Void Ratio	e	1.0375	1.0839
Porosity	n	0.5092	0.5201
Degree of Saturation	S _r (%)	38.84	76.19
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	NP	30.65
Plastic Limit	PL (%)	NP	22.61
Plastic Index	PI (%)	NP	8.04
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 1b	A - 2 - 4
USCS		SP	ML
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	56.22	81.49
No. 10	Passing Percent	48.71	66.72
No. 20	Passing Percent	45.68	64.42
No. 40	Passing Percent	44.15	60.71
No. 60	Passing Percent	39.17	55.81
No. 100	Passing Percent	22.29	46.73
No. 200	Passing Percent	9.74	32.71
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	33° 7' 49,83"	30° 21' 55,77"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.018	0.046

Bore No.		BH-I (KM. 100 + 000)	
Depth		9.50 - 10.00 m	15.00 - 15.50 m
Moisture Content	W (%)	24.04	19.79
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.822	1.944
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.469	1.623
Specific Gravity	G _s	2.630	2.653
Void Ratio	e	0.7903	0.6348
Porosity	n	0.4414	0.3883
Degree of Saturation	S _r (%)	80.01	82.72
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	23.57	30.79
Plastic Limit	PL (%)	18.70	22.57
Plastic Index	PI (%)	4.87	8.23
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 2 - 4	A - 2 - 4
USCS		ML	ML
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	97.73	100.00
No. 10	Passing Percent	71.32	94.87
No. 20	Passing Percent	60.95	86.73
No. 40	Passing Percent	55.42	76.44
No. 60	Passing Percent	47.82	59.59
No. 100	Passing Percent	33.57	48.25
No. 200	Passing Percent	22.66	30.39
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	36° 1' 33,15"	37° 9' 42,60"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.029	0.049

Bore No.		BH-I (KM. 100 + 000)	
Depth		19.50 - 20.00 m	25.00 - 25.50 m
Moisture Content	W (%)	34.33	29.23
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.686	1.691
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.255	1.309
Specific Gravity	G _s	2.645	2.642
Void Ratio	e	1.1068	1.0188
Porosity	n	0.5253	0.5047
Degree of Saturation	S _r (%)	82.04	75.79
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	30.54	28.58
Plastic Limit	PL (%)	21.98	21.39
Plastic Index	PI (%)	8.57	7.20
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 2 - 4	A - 2 - 4
USCS		ML	ML
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	80.29	77.70
No. 10	Passing Percent	77.65	74.07
No. 20	Passing Percent	72.90	71.01
No. 40	Passing Percent	66.57	64.68
No. 60	Passing Percent	62.74	52.28
No. 100	Passing Percent	53.34	44.71
No. 200	Passing Percent	28.56	26.23
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	30° 1' 28,05"	32° 3' 7,75"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.038	0.029

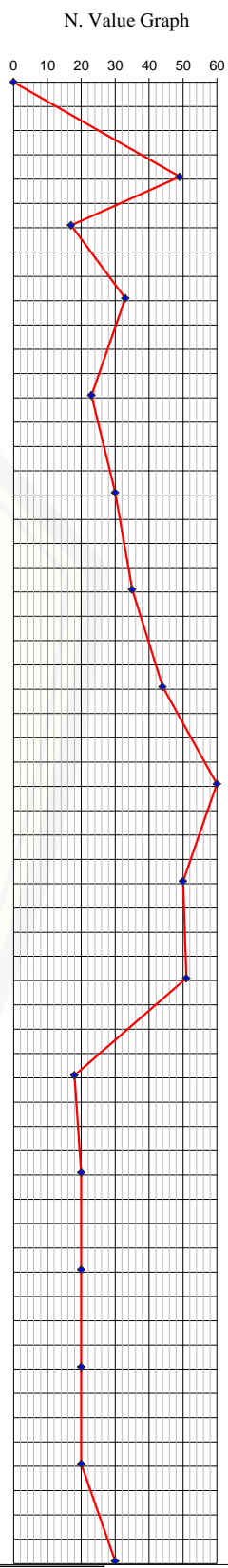
Bore No.		BH-I (KM. 100 + 000)	BH-II (KM. 106 + 000)
Depth		29.50 - 30.00 m	1.00 - 1.50 m
Moisture Content	W (%)	25.47	18.63
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.722	1.393
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.372	1.174
Specific Gravity	G _s	2.635	2.648
Void Ratio	e	0.9203	1.2558
Porosity	n	0.4793	0.5567
Degree of Saturation	S _r (%)	72.94	39.28
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	25.42	29.74
Plastic Limit	PL (%)	20.19	21.41
Plastic Index	PI (%)	5.23	8.34
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 2 - 4	A - 1b
USCS		ML	GC
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	77.11	64.97
No. 10	Passing Percent	72.62	54.23
No. 20	Passing Percent	66.71	51.29
No. 40	Passing Percent	64.15	45.16
No. 60	Passing Percent	54.72	42.36
No. 100	Passing Percent	42.77	30.75
No. 200	Passing Percent	23.92	21.74
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	33° 57' 26,97"	27° 43' 18,87"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.034	0.026

Bore No.		BH-II (KM. 106 + 000)	
Depth		5.00 - 5.50 m	9.50 - 10.00 m
Moisture Content	W (%)	36.74	13.44
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.673	1.976
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.224	1.741
Specific Gravity	G _s	2.663	2.612
Void Ratio	e	1.1764	0.5000
Porosity	n	0.5405	0.3334
Degree of Saturation	S _r (%)	83.17	70.24
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	31.97	21.97
Plastic Limit	PL (%)	22.96	17.06
Plastic Index	PI (%)	9.01	4.92
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 2 - 4	A - 1b
USCS		CL	GM
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	89.16	62.75
No. 10	Passing Percent	85.94	55.25
No. 20	Passing Percent	71.77	49.64
No. 40	Passing Percent	67.37	39.74
No. 60	Passing Percent	58.99	34.23
No. 100	Passing Percent	50.13	30.20
No. 200	Passing Percent	31.36	18.04
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	28° 14' 3,29"	38° 0' 50,67"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.040	0.040

Bore No.	BH-II (KM. 106 + 000)		
Depth	15.00 - 15.50 m	19.50 - 20.00 m	
Moisture Content	W (%)	32.79	23.73
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.706	1.778
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.285	1.437
Specific Gravity	G _s	2.659	2.628
Void Ratio	e	1.0698	0.8284
Porosity	n	0.5169	0.4531
Degree of Saturation	S _r (%)	81.49	75.28
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	31.86	22.67
Plastic Limit	PL (%)	23.01	17.36
Plastic Index	PI (%)	8.86	5.32
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 2 - 4	A - 1b
USCS		ML	GM
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	100.00	68.97
No. 10	Passing Percent	96.77	66.36
No. 20	Passing Percent	87.38	61.25
No. 40	Passing Percent	83.33	58.34
No. 60	Passing Percent	72.01	47.02
No. 100	Passing Percent	49.69	39.28
No. 200	Passing Percent	33.18	24.11
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	30° 27' 57,34"	35° 5' 31,25"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.045	0.033

Bore No.	BH-II (KM. 106 + 000)		
Depth	25.00 - 25.50 m	29.50 - 30.00 m	
Moisture Content	W (%)	14.39	19.06
Natural Density	ρ_w (gr/cc)	1.953	1.885
Dry Density	ρ_d (gr/cc)	1.707	1.583
Specific Gravity	G _s	2.616	2.623
Void Ratio	e	0.5322	0.6567
Porosity	n	0.3473	0.3964
Degree of Saturation	S _r (%)	70.71	76.15
<u>Atterberg Limit Test</u>			
Liquid Limit	LL (%)	19.70	20.77
Plastic Limit	PL (%)	15.46	15.96
Plastic Index	PI (%)	4.24	4.81
<u>Soil Classification</u>			
AASTHO		A - 1b	A - 1b
USCS		GM	GM
<u>Sieve Analysis Test</u>			
No. 4	Passing Percent	59.58	61.59
No. 10	Passing Percent	53.82	57.05
No. 20	Passing Percent	51.12	51.49
No. 40	Passing Percent	44.82	44.43
No. 60	Passing Percent	39.16	38.75
No. 100	Passing Percent	32.13	28.79
No. 200	Passing Percent	18.30	21.56
<u>Hydrometer Test</u>			
Sand	%	-	-
Silt	%	-	-
Clay	%	-	-
<u>Direct Shear Test</u>			
Internal Friction	Φ (Degree)	37° 42' 28,21"	36° 51' 23,74"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.042	0.039

DRILLING LOG										Coordinate x : - m		y : - m								
Bore No. : BH-I					Project : JALUR PIPA GAS					Depth of Drill : 30.50 m										
Beginning : 30 April 2015					Location : KM. 100 + 000					Bore Master :										
Ending : 01 Mei 2015					LANGSA					Description By :										
GWL : -5.00 m										Drilling Rig : ZT - 100										
Elevation : - m										Engine : Dongpeng										
										Checked by :										
Scala (m)	Depth (m)	Thickness (m)	Ground Water Level (m)	Symbol	Description	Core Recovery in (%)	Method of sample UDS SPT	Thickness (m)	Depth	Elevation	Standart Penetration Test (SPT)									
											Blows Penetration Each 15 cm			N Blows N2+N3 30 cm						
												N1			N2		N3		N	
0	0.00	0.00				0				0.00										
				Oo o:: :O::	Description : Sandy Gravel															
				Oo o:: :O::	Colour : Yellowish Gray				1.00	-1.00										
1	1.50	1.50		Oo o:: :O::	Consistensy : Medium to Dense		UDS	0.50	1.50	-1.50										
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Non Plastic		SPT	0.45	1.95	-1.95	8	31	18	49						
				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : Very Low				2.50	-2.50										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	2.95	-2.95	10	7	10	17						
2				o:::o:v: :Ov	Description : Gravelly Silty Sand															
				o:::o:v: :Ov	Colour : Grayes White				4.00	-4.00										
				o:::o:v: :Ov	Consistensy : Medium to Dense		SPT	0.45	4.45	-4.45	14	15	18	33						
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Low Plastic				5.00	-5.00										
5				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : Low to High		UDS	0.50	5.50	-5.50										
6	6.00	4.50		o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	6.45	-6.45	8	11	12	23						
				o:::o:v: :Ov	Description : Coarse Sand some Silt															
				o:::o:v: :Ov	Colour : Grayes White				8.00	-8.00										
				o:::o:v: :Ov	Consistensy : Medium to Dense				8.45	-8.45	9	13	17	30						
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Very Low to Non Plastic		SPT	0.45	8.45	-8.45	9	13	17	30						
				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : High				9.50	-9.50										
				o:::o:v: :Ov			UDS	0.50	10.00	-10.00										
10	10.00	4.00		o:::o:v: :Ov	Description : Gravelly Coarse Sand		SPT	0.45	10.45	-10.45	15	17	18	35						
				o:::o:v: :Ov	Colour : Whitish Yellow															
				o:::o:v: :Ov	Consistensy : Dense				12.00	-12.00										
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Non Plastic		SPT	0.45	12.45	-12.45	13	20	24	44						
				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : High				14.00	-14.00										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	14.45	-14.45	28	31	34	≥60						
				o:::o:v: :Ov	Description : Silty Fine Sand				15.00	-15.00										
				o:::o:v: :Ov	Colour : Brownish Yellow		UDS	0.50	15.50	-15.50										
				o:::o:v: :Ov	Consistensy : Dense to Very Dense				16.00	-16.00										
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Low Plastic		SPT	0.45	16.45	-16.45	13	18	32	50						
				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : High				18.00	-18.00										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	18.45	-18.45	18	24	27	51						
19	19.00	7.00		o:::o:v: :Ov					19.50	-19.50										
				o:::o:v: :Ov			UDS	0.50	20.00	-20.00										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	20.45	-20.45	6	8	10	18						
				o:::o:v: :Ov					22.00	-22.00										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	22.45	-22.45	8	9	11	20						
				o:::o:v: :Ov	Description : Silty Gravelly Sand				24.00	-24.00										
				o:::o:v: :Ov	Colour : Brownish Gray				24.45	-24.45	7	10	10	20						
				o:::o:v: :Ov	Consistensy : Medium Dense		SPT	0.45	24.45	-24.45	7	10	10	20						
				o:::o:v: :Ov	Plasticity : Very Low Plastic				25.00	-25.00										
				o:::o:v: :Ov	Moisture Content : High		UDS	0.50	25.50	-25.50										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	26.45	-26.45	11	10	10	20						
				o:::o:v: :Ov					28.00	-28.00										
				o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	28.45	-28.45	11	9	11	20						
				o:::o:v: :Ov					29.50	-29.50										
				o:::o:v: :Ov			UDS	0.50	30.00	-30.00										
30	30.50	11.50		o:::o:v: :Ov			SPT	0.45	30.45	-30.45	15	16	14	30						



Legend :	=== Clay vv vv Silt :: :: Sand	⊗ Undisturbed Sample (UDS) □ Disturbed Sample (DS) ▽ SPT	↓ Ground Water Level ooo Gravel ooo Tuff Rock	Peat Soil Fossil/Organic Boulder/Sedimentary Rock
----------	--------------------------------------	--	---	---



Lampiran 5

