

**DISTRIBUSI JANGKAUAN MATERIAL LONGSOR BERDASARKAN
ANALISIS GEOMETRI LERENG DAN SIFAT MEKANIKA BATUAN
PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*DISTRIBUTION OF LANDSLIDE MATERIAL COVERAGE BASED ON
SLOPE GEOMETRY ANALYSIS AND ROCK MECHANICAL PROPERTIES IN
JENEBERANG WATERSHEAD SOUTH SULAWESI PROVINCE*

TESIS

**MAPUAY MENASYE THEO AFASEDANYA
P3000216010**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2019

**DISTRIBUSI JANGKAUAN MATERIAL LONGSOR BERDASARKAN
ANALISIS GEOMETRI LERENG DAN SIFAT MEKANIKA BATUAN
PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Magister Teknik Geologi
Universitas Hasanuddin

Disusun dan diajukan oleh

MAPUAY MENASYE THEO AFASEDANYA

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2019**

TESIS
DISTRIBUSI JANGKAUAN MATERIAL LONGSOR BERDASARKAN
ANALISIS GEOMETRI LERENG DAN SIFAT MEKANIKA BATUAN
PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG
PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

MAPUAY MENASYE THEO AFASEDANYA

Nomor Pokok P3000216010

Menyetujui

Komisi Penasihat,

Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M.Eng

Ketua

Dr. Adi Tonggihroh, ST., MT.

Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Geologi,

Dr. Ir. Hj. Ratna Husain., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Mapuay Menasye Theo Afasedanya

Nomor Mahasiswa : P3000216010

Program Studi : Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa,

Yang Menyatakan

Mapuay Menasye Theo Afasedanya

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga tesis dengan judul “Distribusi Jangkauan Material Longsor berdasarkan Analisis Geometri Lereng dan Sifat Mekanika Batuan pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Provinsi Sulawesi Selatan ” dapat diselesaikan. Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M.Eng. selaku Pembimbing Utama dan Dr. Adi Tonggih, S.T., MT. selaku Pembimbing Pendamping, atas segala curahan ilmu, saran pemikiran, motivasi dan nasehatnya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. rer. nat. Ir. A.M Imran, Dr. Ir. Busthan Azikin, MT, Dr. Ir. Haerany Sirajuddin. MT, selaku tim penguji, Dr. Hj. Ratna Husain, M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi dan Dr.Eng. Asri Jaya HS, ST., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya, Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, ucapan terima kasih kepada semua keluarga atas segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan dan penelitian, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan motivasi yang diberikan selama ini.

Akhir kata, semoga penyusunan Tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin.

Gowa, Januari 2020

Penulis,

Mapuay Afasedanya

NIM. P3000216010

ABSTRAK

MAPUAY MENASYE THEO AFASEDANYA. *Distribusi Jangkauan Material Longsor berdasarkan analisis Geometri lereng dan Sifat Mekanika Batuan pada daerah aliran sungai Jeneberang Provinsi Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Hendra Pachri dan Adi Tonggih).

Daerah penelitian terdiri dari dua lereng yang sudah mengalami longsor, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng dengan menggunakan parameter hasil uji geser langsung, kohesi dan berat jenis dengan pengolahan data menggunakan *geostudio 2012 slope/w* dan hubungannya dengan Distribusi jangkauan maksimum jatuhnya material longsor menggunakan metode *Hukum Coulomb*. pengujian dilakukan berdasarkan kondisi topografi dan jenis litologi.

Faktor keamanan lereng didapatkan dengan menggunakan simulasi pada aplikasi *geostudio 2012 slope/w*, metode yang digunakan adalah metode kesetimbangan batas (Mohr Coulomb), selanjutnya kondisi keamanan lereng dapat diinterpretasi berdasarkan kondisi topografi dan jenis litologi. Dalam perbandingan kondisi topografi antara stasiun 1 dan 2 memiliki perbedaan yaitu stasiun 1 sebesar 28,57 derajat dengan nilai FK sebesar 0,824 di mana jenis litologi yang terdapat di stasiun 1 adalah Basal, sedangkan untuk stasiun 2 yang tersusun atas litologi Tufa dengan kondisi topografi sebesar 53 derajat memiliki nilai FK sebesar 0,866. Serta perbedaan nilai korelasi antara FK stasiun 1 dan 2 untuk distribusi jangkauan maksimum jatuhnya material sebesar 15,2 meter sedangkan stasiun 2 sebesar 46 meter.

Kata kunci : kohesi, *geostudio 2012 slope/w*, hukum coulomb, stabilitas lereng, mohr coulomb

ABSTRACT

MAPUAY MENASYE THEO AFASEDANYA. *Distribution of landslide material coverage based on slope geometry analysis and rock mechanical properties in Jeneberang watershed south Sulawesi Province* (supervised by Hendra Pachri and Adi Tonggiroh).

The study area consists of two slopes that have experienced landslides. This study aims to analyze slope stability by using the parameters of direct shear test, cohesion and specific gravity by processing data using the geostudio 2012 *slope / w* and its relationship to the distribution of maximum fall landslide materials using the method Coulumb Law. testing is carried out based on topographic conditions and lithology types

Slope safety factor is obtained by using simulations on the geostudio 2012 *slope / w* application, the method used is the boundary equilibrium method (Mohr Coulumb), then the slope security conditions can be interpreted based on topographic conditions and lithology types. In comparison the topographic conditions between stations 1 and 2 have differences, namely station 1 is 28.57 degrees with a FK value of 0.824 where the lithology type at station 1 is Basal, while for station 2 is composed of Tufa lithology with a topographic condition of 53 the degree has a FK value of 0.866. And the difference in the correlation value between FK stations 1 and 2 for the distribution of the maximum range of material falls of 15.2 meters while station 2 is 46 meters.

Keywords: *cohesion, geostudio 2012 slope / w, coulomb law, slope stability, mohr coulumb*

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTARK	vi
ABSTARCT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Geologi Regional Daerah Peneltian	7
B. Geomorfologi Regional Daerah Penelitian	7
C. Statigrafi Regional Daerah Penelitian	7
D. Struktur Geologi Daerah Penelitian	10
E. Landasan Teori	12
1 Longsor	12
2 Klasifikasi Gerakan Tanah	13
3 Stabilitas Lereng	24
4 Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng	27
5 Kestabilan Lereng Batuan	31

6	Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan	32
7	Program Geostudio 2012/ <i>Slope W</i>	33
8	Faktor Keamanan Lereng	37
8.1.1	Metode Mohr Coulumb	38
8.1.2	Metode Gesek Coulumb sederhana	39
BAB III. METODE PENELITIAN		43
A.	Lokasi dan Kesampaian Daerah	43
B.	Alat dan Bahan	43
C.	Tahapan Penelitian	45
1.	Tahap Persiapan	45
2.	Tahap Pengambilan Data Lapangan	46
3.	Analisis Data Geologi	47
4.	Tahap Analisis Data dan Simulasi FK Lereng	48
5.	Simulasi Faktor keamanan	49
6.	Tahap Penyusunan Tesis	50
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		52
A.	Geologi Daerah Penelitian	52
1.	Geomorfologi Daerah Penelitian	52
2.	Litologi Daerah Penelitian	54
B.	Geometri Lereng	59
C.	Nilai Mekanik Batuan	61
D.	Kuat Geser Batuan (<i>Direct Shear Test</i>)	61
E.	Analisis Stabilitas Lereng	63
F.	Hubungan antara Kestabilan Lereng dengan Jenis material dan Topografi	66
G.	Distribusi Jangkauan Jatuhnya Material Longsor	68
H.	Hasil Simulasi Kestabilan Lereng dan Distribusi material Longsor	71
I.	Faktor utama penyebab longsor pada dua stasiun	74
J.	Modifikasi Ulang Sudut Lereng	77

BAB V. PENUTUP	81
A. Kesimpulan	81
B. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Daftar Peneliti-Peneliti Terdahulu	2
2. Kolom Statigrafi Regional (Sukamto & Supriatna, 1982)	9
3. Tabel Klasifikasi gerakan tanah berdasarkan tipe gerakan dan jenis materialnya menurut Varnes, (1978 dalam Zakaria 2009)	22
4. Tabel Hubungan Nilai Faktor Keamanan dan Kemungkinan Longsor (Bowles, 1984)	38
5. Tabel Geometri Lereng daerah Sapaya dan Parangloe	59
6. Tabel Nilai Mekanik Batuan	61
7. Tabel Klasifikasi relief berdasarkan sudut lereng dan beda tinggi (Van Zuidam, 1979).	67
8. Nilai Parameter yang digunakan dalam menghitung prediksi jangkauan jatuhnya material longsor	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta Geologi Regional Lokasi Penelitian	11
2.1.1 Model gerakan tanah tipe jatuhan tanah	15
2.1.2 Runtuhan/robohan batuan (Varnes, 1978)	16
2.1.3 Model gerakan tanah tipe longsoran Rotasi dan Translasi	18
2.1.4 Model gerakan tipe nendatan tanah (luncuran lengkung)	19
2.1.5 Model gerakan kombinasi antara nendatan di lereng bagian atas kemudian berkembang menjadi aliran tanah bercampur batu pada lereng bagian tengah	20
2.1.6 Gambaran dari <i>debris flow</i>	20
2.1.7 Tipe dan Jenis Tanah Longsor	23
2.3.1 Kelongsoran lereng (Hidayah dan Gratia, 2007)	24
2.3.2 Bentuk-bentuk keruntuhan lereng	26
2.4.1 Kekuatan geser tanah/batuan (Turangan dan Sartje M, 2014)	29
2.5 Rumus Metode Mohr-Coulomb	39
2.6 Ilustrasi pergerakan pusat massa tanah (berasal dari Jaboyedoff et al)	41
3.1 Peta Lokasi penelitian	44
3.2 Diagram Alir Penelitian	51
4.1 Kodisi Geomorfologi Pada Daerah Sapaya	53
4.2 .Kodisi Geomorfologi Pada Daerah Parangloe	53
4.3 Sketsa Geometri lereng dua stasiun pengamatan	59

4.4 Hasil analisa kestabilan lereng pada stasiun 1	64
4.5 Hasil analisa kestabilan lereng pada stasiun 2	65
4.6 Hasil Simulasi distribusi Jangkauan Maksimum jatuhnya material longsor pada stasiun pengamatan 1	72
4.7 Hasil Simulasi distribusi Jangkauan Maksimum jatuhnya material longsor pada stasiun pengamatan 2	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu daerah yang rawan longsor di Provinsi Sulawesi Selatan adalah Kabupaten Gowa. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya Indeks Rawan Bencana Indonesia (IRBI) Kabupaten Gowa yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang berada di peringkat 88 dengan skor 29 kategori “tinggi” pada tahun 2011, dan berada pada peringkat 5 dengan skor 36 kategori “tinggi” pada tahun 2013 (Kurniawan dkk., 2011 dan Kurniawan dkk, 2014). Menurut data BNPB (2012), kejadian Megalongsor pada 24 Maret 2004 menyebabkan tewasnya 33 orang dan 200 orang diungsikan,(BNPB,2015).

Berdasarkan identifikasi yang dilakukan dilapangan terdapat dua daerah yang terkena dampak Longsor cukup besar yaitu Daerah Sappaya (26/01/2019) dan Parangloe (20/01/2019) dimana bencana Longsor yang menimpah kedua daerah tersebut menelan korban jiwa sebanyak 17 orang, tata guna lahan rusak yaitu berupa pemukiman warga dan pasar serta akses jalan yang menjadi terganggu.

Data BNPB selama satu bulan terakhir (Januari-Februari2019) pada daerah Sulawesi Selatan telah terjadi bencana sebanyak 477 kali kejadian yang mengakibatkan 102 orang meninggal,11 orang hilang,164 luka-luka dan juga mengakibatkan 6290 unit rumah rusak,144 fasilitas umum rusak (Data rekapan BNPB per 7 Februari 2019)

Daerah Penelitian merupakan lokasi yang memiliki intensitas curah hujan yang cukup tinggi sehingga memicu potensi terjadinya longsor berikutnya lagi akibat dari lereng yang tidak stabil,dan kondisi Geomorfologi yang membentuk perbukitan

bergelombang, Informasi lainnya yang diperoleh nanti diharapkan dapat memenuhi kebutuhan data-data geologi serta daerah rawan akan gerakan tanah yang berpotensi longsor.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Distribusi Jangkauan Material Longsor Berdasarkan Analisis Geometri Lereng dan Sifat Mekanika Batuan pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Provinsi Sulawesi Selatan” yang mana penulis menitik beratkan pada dua daerah yaitu Sappaya dan Parangloe.

❖ Tabel 1.1 Daftar Peneliti – Peneliti Terdahulu

No	Nama peneliti	Judul Penelitian	Tahun
1.	Imran, A. M, Azikin, B & Sultan	“Peranan Aspek Geologi sebagai penyebab terjadinya Longsoran pada jalan poros Malino – Sinjai”	2012
2	A. M. Imran, Sultan	“Tingkat Kerentanan Longsoran pada Ruas Jalan Poros Malino-Sinjai Berdasarkan Aspek Geologi”	2012
3	Busthan Azikin, A. M. Imran	“Pengendalian dan Mitigasi Geologi Tanah Longsor Malino-Manipi, Sulawesi Selatan Indonesia”	2013
4	Ardy Arsyad dkk	“ Analisis Kegagalan Lereng Batuan Vulkanik Pada Jalan Malino – Sinjai Dengan Menggunakan Pemodelan Elemen Hingga”	2014

5	Firmansyah, S Ferani, A.Tohari, F D E Latief	“Prediksi Jangkauan pergerakan Tanah Longsor Menggunakan Model Gesekan Coulomb Sederhana”	2015
6	Hendra Pachri	“Spatial variation in soil depth and failure of shallow slopes on Mount Sangun,Japan Fukuoka Prefecture.”	2015
7	Hendra Pachri	“Propobability of the slopes is influenced by the dept of the soil on Mount sangun Fukuoka Prefectur Japan”	2015
8	Busthan Azikin	“Analisis Kerentanan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Tingkat Pelapukan Batuan Vulkanik”	2015
9	Intan chalid	“Analisis Kestabilan Lereng Tabbingjai Area Km 114 +460. KecamatanTombolopao. Kabupaten Gowa”	2015
.10	Arya pratama	“Studi Kawasan Kerentanan Longsor Pada Ruas Jalan Poros Malino – Tondong Kabupaten	2015

		Gowa – Sinjai Dengan Menggunakan Aplikasi ARCGIS”	
11	Ratna Husain	“Sifat Dan Plastisitas Tanah Residual Serta Hubungannya dengan Longsor”	2015
12	Busthan Azikin,A.M.Imran, Muhammad Ramli.	“Kerentanan Longsor Malino – Manipi Sulawesi Selatan Indonesia”	2016
13	Aditya Angga., Selly Feranie, Adrin Tohari, Foureier D.E. Latief	“Karakterisasi Lereng Berpotensi Longsor Serta Upaya Mitigasi Bencananya, Studi Kasus di Badan Jalan Lembang dan Cijambe – Subang “	2016
14	Aulifa Andhini Putri, Samsu Arif, Amiruddin, Bambang Hari Mei	Analisis Resiko Dalam Upaya Penanggulangan Tanah Longsor Di Kabupaten Gowa	2018

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang ada pada latar belakang diatas maka penulis mencoba merumuskan tentang :

1. Bagaimana faktor Keamanan Lereng daerah penelitian?
2. Bagaimana hubungan antara kestabilan lereng dengan nilai sudut geser dalam, kohesi dan berat jenis ?
3. Distribusi jangkauan maksimum jatuhnya material longsor ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada daerah penelitian
2. Untuk mengetahui hubungan antara kestabilan lereng dengan nilai sudut geser dalam, kohesi dan berat jenis
3. Untuk mengetahui distribusi jangkauan maksimum jatuhnya material longsor

D. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis hanya membatasi antara faktor keamanan lereng dan distribusi jangkauan maksimum jatuhnya material longsor yang akan terjadi.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat secara Ilmiah

Sebagai bahan kajian secara ilmiah dalam bidang ilmu Geologi, khususnya Geologi Teknik pada Universitas Hasanuddin

2. Manfaat secara Praktis

Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan wacana sekaligus sebagai masukan bagi pemerintah daerah, melalui media informasi dalam rangka pengembangan BPBD dalam pengembangan dan penanggulangan serta mitigasi bencana.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kondisi Geologi

1. Geologi Regional

Penjelasan tentang tinjauan geologi pada daerah penelitian, meliputi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi yang akan menjadi dasar informasi mengenai kondisi geologi yang berkembang pada daerah penelitian.

2. Geomorfologi Regional

Menurut Sukanto dan Supriatna, 1982, daerah penelitian termasuk dalam lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai. Kondisi geomorfologi pada sebelah barat Gunungapi Cindako dan utara Gunungapi Baturape merupakan daerah berbukit, timur mencapai ketinggian kira-kira 500 m, di atas muka laut dan hampir merupakan pedataran. Tersusun oleh batuan klastik gunungapi berumur miosen. Bagian timur terdapat bukit-bukit terisolir tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur miosen dan pliosen. Pesisir baratdaya ditempati oleh morfologi berbukit memanjang rendah dengan arah umum kira-kira baratlaut tenggara.

3. Stratigrafi Regional

Secara regional batuan yang dijumpai tersingkap di daerah penelitian termasuk dalam anggota Satuan Batuan Gunungapi Baturape Cindako, dan satuan batuan Gunungapi Lompobattang (Tabel 2.1), Formasi yang akan diuraikan sebagai berikut :

Satuan batuan berumur pliosen akhir menyusun Formasi Gunungapi Baturape Cindako (Tpbv), terdiri atas Lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansat mata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili; banyak mengandung pecahan piroksen.

Satuan Gunungapi Lompobatang *Volcanics* (Qlv) yang merupakan batuan Gunungapi Lompobatang. Batuan gunungapi ini terdiri dari aglomerat, lava, breksi, endapan lahar, dan tufa, membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas permukaan laut. Batuannya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal. Lavanya ada yang berlubang-lubang seperti yang dijumpai di sebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis. Lava yang terdapat kira-kira 2,5 km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal. Setempat dijumpai breksi dan tufa yang dominan disusun oleh biotit. Di daerah sekitar pusat erupsi, batuannya terutama terdiri dari lava dan aglomerat yang termasuk dalam Kwarter Lompobatang *Volcanics* (Qlv), dan di daerah yang agak jauh dari pusat erupsi, umumnya tersusun oleh breksi, endapan lahar, dan tufa yang termasuk dalam kwarter Lompobatang *Volcanics Breccia* (Qlvb). Berdasarkan posisi stratigrafinya diperkirakan batuan gunungapi ini berumur pliosen-plistosen yang tertera pada table 2.1 kolom stratigrafi regional.

Tabel 2.1.
Kolom Stratigrafi Regional (Sukamto & Supriatna, 1982)

MASA	ZAMAN	KALA	JUTA TAHUN	Endapan Permukaan	Batuan Gunungapi	Batuan Terobosan
KENOZOIKUM	KUARTER	Holosen	0.01	Qac		
		Plistosen		Qlvc, Qlv, Qlva, Qlvb, Qlvp		
	TERSIER	Pliosen	1.8	Batuan Sedimen	Tpbc, Tpbli, Tpbv	t/a, b
				Tmpw, Tmps		
		Miosen	Akhir	5	Tmc, Tmcv	d
			Tengah			
			Awal		Tmkv	gd
		Oligosen	22.5	Temt		
		Eosen	36	Teos		
	Paleosen	55	Tpv			
	MESOZOIKUM	KAPUR	65	Km		
		JURA	141	Batuan malihan	S	
TRIAS		195				

4. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Menurut Sukamto dan Supriatna (1982), secara regional struktur geologi daerah Pegunungan Lompobattang dan sekitarnya berupa struktur lipatan dan struktur sesar. Terjadinya perlipatan dan pensesaran berhubungan dengan proses tektonik, dimana akhir dari kegiatan gunungapi miosen diikuti oleh aktivitas tektonik yang menyebabkan terbentuknya terban walanae. Peristiwa ini mengakibatkan terbentuknya sesar yang kemungkinan berlangsung sejak awal miosen tengah sampai kala pliosen yang disertai dengan proses sedimentasi. Hal ini juga diikuti oleh kegiatan gunungapi pada daerah bagian Barat. Peristiwa ini berlangsung selama miosen tengah sampai pliosen. Berhentinya kegiatan magma pada kala plistosen atas oleh kegiatan tektonik menyebabkan terjadinya sesar di daerah ini.

B. LANDASAN TEORI

Pembahasan landasan teori mengenai Klasifikasi longsor, yaitu untuk mendapatkan angka keamanan lereng. Pembahasan longsor mengarah pada Klasifikasi Gerakan Tanah. Program yang akan dibahas adalah *Geostudio 2012 slope/wserta Hukum Coulmb Sederhana* Yaitu untuk mendapatkan Jangkauan Jatuhnya Material longsor.

1. Longsor

Longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun pencampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Secara umum informasi mengenai longsor sangat diperlukan baik pada lereng alami maupun lereng buatan karena lereng yang tidak stabil bisa membahayakan bagi manusia. Apalagi jika lereng-lereng yang tidak stabil bisa saja terletak dekat dengan pemukiman masyarakat, lahan- lahan pertanian dan perkebunan karena bisa merugikan masyarakat sekitar dan dapat menimbulkan korban jiwa serta kerugian material.

Faktor - faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng penting untuk diketahui karena merupakan acuan dalam melakukan upaya penanggulangan. Faktor – faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng pada dasarnya dibedakan menjadi 2 yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam yang mempengaruhi kestabilan lereng antara lain morfologi daerah tersebut, struktur geologi, litologi yang menyusun daerah tersebut meliputi sifat fisik dan sifat mekanik tanah yang ada di daerah penelitian. Dalam hal ini parameter yang paling penting untuk analisa kestabilan lereng adalah geometri lereng, kohesi, sudut geser dan berat jenis.

Faktor manusia yang mempengaruhi kestabilan lereng antara lain pemotongan lereng untuk perumahan, penggundulan hutan dan pembuatan lahan pertanian di lereng-lereng yang curam dengan sistem irigrasi yang kurang baik. Kestabilan lereng akan tercapai apabila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak. Adapun yang termasuk gaya penahan antara lain sudut geser dalam dan kohesi sedangkan untuk gaya penggerak antara lain gravitasi, berat jenis dan sudut lereng. dalam faktor pengontrol terjadinya longsor merupakan fenomena yang mengkondisikan suatu lereng menjadi berpotensi bergerak, meskipun pada saat ini lereng tersebut masih stabil (belum bergerak atau belum longsor). Lereng yang berpotensi bergerak ini, baru akan bergerak apabila ada gangguan yang memicu terjadinya gerakan (Karnawati 2005).

Faktor dominan yang menentukan tingkat potensi longsor di beberapa jalan daerah Sulawesi Selatan yakni Topografi, kondisi geologi, drainase air, dan vegetasi zona jalan (Samang dkk, 2007).

2. Klasifikasi Gerakan Tanah

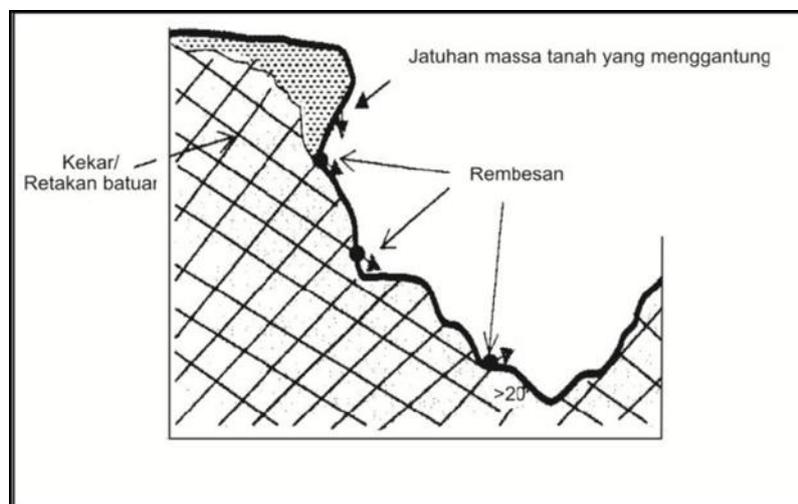
Jenis tanah longsor menurut Klasifikasi Varnes (1978) dalam Indrayana (2011) dibagi berdasarkan mekanisme pergerakan dan tipe material yang bergerak sebagai berikut :

- a. Jatuhan (*falls*) adalah runtuh/jatuhnya sebagian massa batuan atau tanah penyusun lereng yang terjal, dengan sedikit atau tanpa disertai terjadinya pergeseran antara massa yang runtuh dengan massa yang tidak runtuh.
- b. Jungkiran (*topples*) adalah robohnya batuan yang umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinuitas (bidang-bidang yang tidak menerus) yang sangat

tegak pada lereng. Seperti halnya pada runtuhan, bidang-bidang diskontinuitas ini berupa bidang-bidang kekar atau retakan pada batuan.

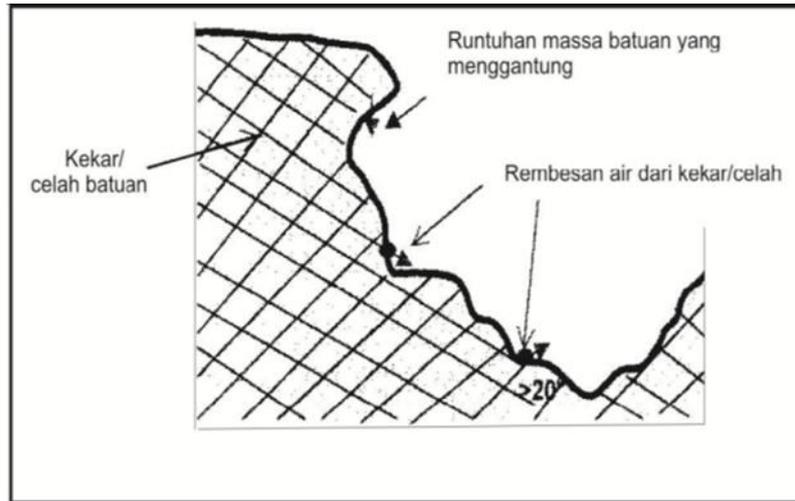
- c. Gelinciran (*slide*) adalah gerakan menuruni lereng oleh suatu massa tanah dan atau batuan penyusun lereng, melalui bidang gelincir pada lereng, atau pada bidang regangan geser yang relatif tipis. Bidang gelincir atau bidang regangan geser ini dapat berupa bidang yang relatif lurus (translasi) ataupun bidang lengkung ke atas (rotasi).
- d. Gerak horizontal/bentang lateral (*lateral spread*) adalah material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bidang dengan kemiringan landai sampai datar, pergerakan terjadi pada lereng atau lahan yang tersusun oleh lapisan tanah/batuan yang lunak, yang terbebani oleh massa tanah/batuan yang berada di atasnya
- e. Aliran (*flows*) yaitu aliran massa yang bersifat plastik atau berupa aliran fluida kental.

Jatuhan (falls) adalah runtuhnya/jatuhnya sebagian massa batuan atau tanah penyusun lereng yang terjadengan sedikit atau tanpa disertai terjadinya pergeseran antara massa yang runtuh dengan massa yang tidak runtuh. Hal ini berarti runtuhnya massa batuan atau tanah umumnya dengan cara jatuh bebas, meloncat atau menggelinding tanpa melalui bidang gelincir. Proses terjadinya runtuh pada lereng dapat berlangsung sangat cepat, yaitu lebih dari 3 m/menit (Varnes, 1978 dalam Indrayana, 2011). Penyebab terjadinya runtuh dapat berupa hilangnya penyangga lereng dari arah lateral, karena pemotongan lereng, penggalian, pelapukan, erosi oleh sungai atau abrasi gelombang laut (gambar 2.1.1).



Gambar 2.1.1
Model gerakan tanah tipe jatuhan tanah
(Varnes, 1978)

Jungkiran (topples) adalah robohnya batuan yang umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinuitas (bidang-bidang yang tidak menerus) yang sangat tegak pada lereng(gambar 2.1.2).

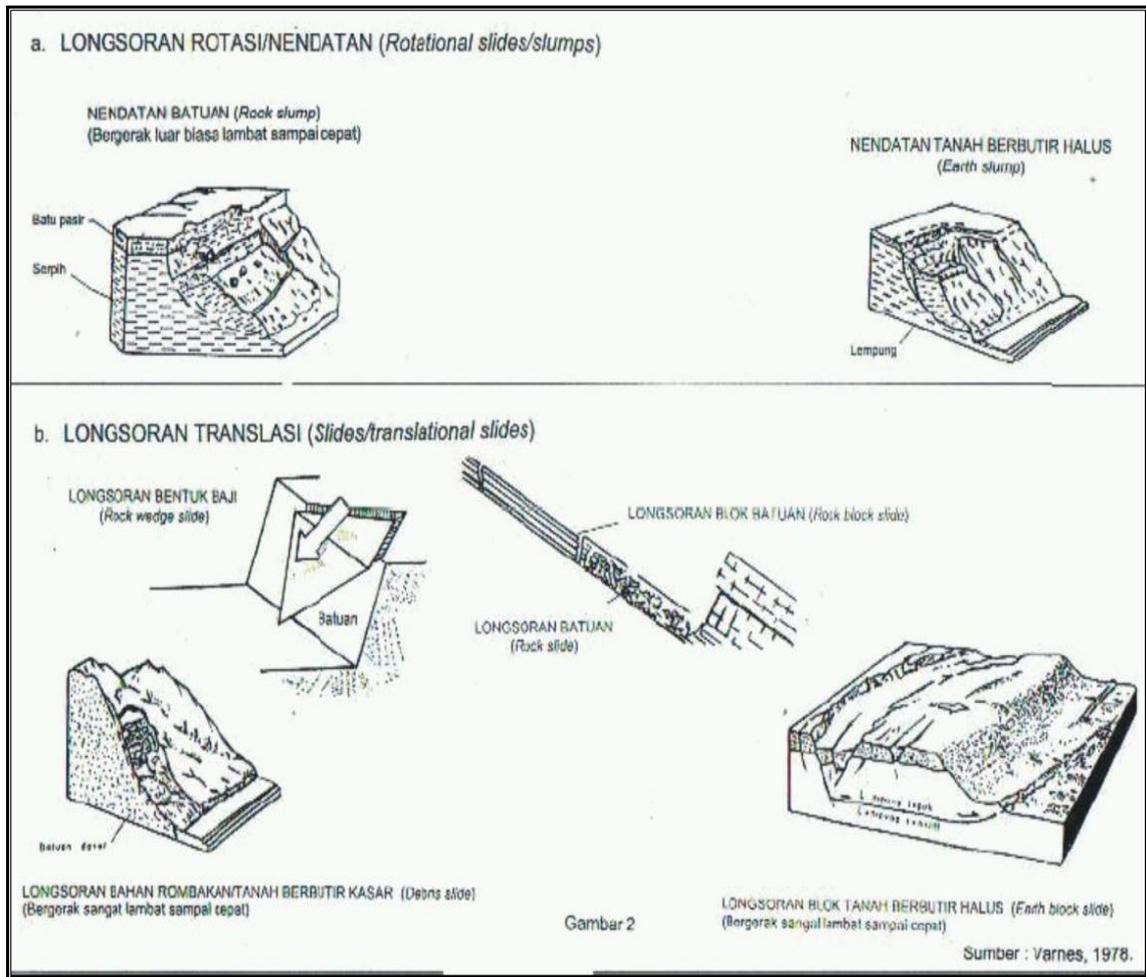


Gambar 2.1.2
Runtuhan/robohan batuan
(Varnes, 1978)

Gelinciran (*slide*) adalah gerakan menuruni lereng oleh suatu massa tanah dan atau batuan penyusun lereng melalui bidang gelincir pada lereng, atau pada bidang regangan geser yang relatif tipis. Bidang gelincir tersebut merupakan bidang dimana tegangan geser berkembang paling intensif. Gerakan terjadi sebagai akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Varnes, 1978 dalam Indrayana, 2011 menjelaskan bahwa pergerakan terjadi di sepanjang bidang gelincir secara tidak serempak. Seringkali dijumpai tanda-tanda awal gerakan berupa retakan berbentuk lengkung tapal kuda pada bagian permukaan lereng yang mulai bergerak. Munculnya retakan ini tidak langsung seketika diikuti oleh Bergeraknya seluruh bagian bidang gelincir. Seringkali ada jeda waktu antara terjadinya retakan awal dengan terjadinya pergerakan seluruh bagian bidang gelincir. Jeda waktu ini dapat berkisar selama beberapa jam hingga beberapa tahun. Bahkan dapat pula terjadi pembentukan retakan pada lereng tidak diikuti dengan pergerakan keseluruhan bidang gelincir, tergantung pada kondisi geologi dan hidrologi pada lereng, serta tergantung pada aktivitas pemicu gerakan.

Bidang gelincir atau bidang regangan geser ini dapat berupa bidang yang relatif lurus (translasi) ataupun bidang lengkung ke atas (rotasi), seperti yang terlihat pada gambar 2.1.3 Kedalaman bidang gelincir pada longsoran jenis translasi umumnya lebih dangkal daripada kedalaman bidang gelincir longsoran rotasi.

Longsoran yang bergerak secara rotasi melalui bidang gelincir lengkung disebut sebagai nendatan (Gambar 2.1.2a). Nendatan umumnya terjadi pada lereng yang tersusun oleh material yang relatif homogen. Pergerakan rotasi ini mengakibatkan terbentuknya gawir berbentuk tapal kuda di bagian lereng atas, serta dicirikan dengan terjadinya penurunan tanah (graben) dan permukaan tanah pada bagian atas lereng. Akibat penurunan tanah ini umumnya permukaan tanah yang mengalami penurunan menjadi miring ke arah belakang lereng. Pergerakan rotasi pada nendatan cenderung berakhir apabila massa yang bergerak telah mencapai kesetimbangan, yaitu apabila posisi massa sudah bergeser di atas bidang gelincir yang melengkung ke arah puncak lereng. Sebaliknya, longsoran translasi dengan bidang gelincir yang miring curam (Gambar 2.2.2b), pergerakan massa tanah/batuannya lebih sulit untuk dihambat.



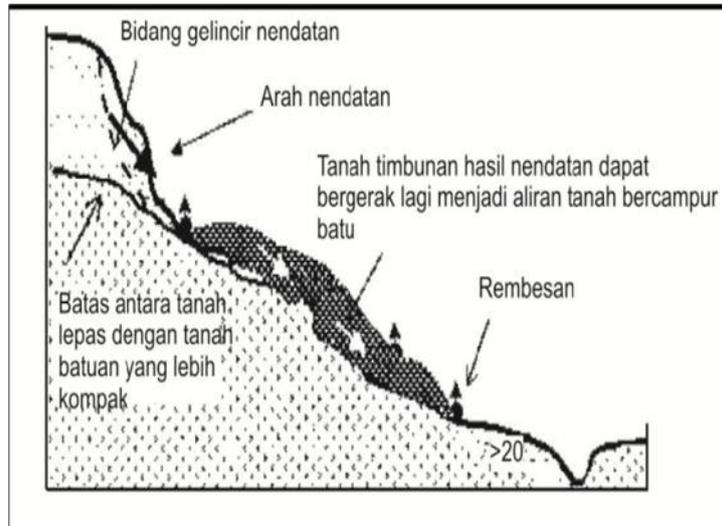
Gambar 2.1.3
Model gerakan tanah tipe longsor
(a. Longsor rotasi)
(b. Longsor translasi)
(Varnes, 1978)

Gerak horizontal/bentang lateral (*lateral spread*) adalah material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bidang dengan kemiringan landai sampai datar. Pergerakan terjadi pada lereng atau lahan yang tersusun oleh lapisan tanah/batuan yang lunak, yang terbebani oleh massa tanah/batuan yang berada di atasnya (Gambar 2.1.4).



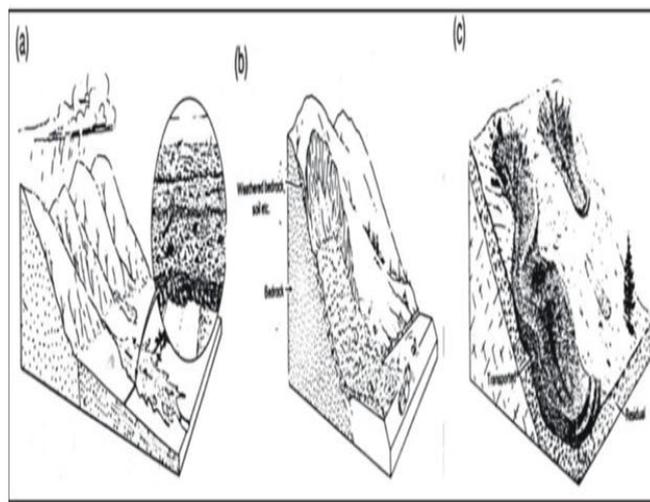
Gambar 2.1.4
Model gerakan tipe nendatan tanah (luncuran lengkung)
(Varnes, 1978)

Aliran (*flows*) yaitu aliran massa yang bersifat plastik atau berupa aliran fluida kental (gambar 2.1.4 dan 2.1.5). Aliran ini dapat juga terjadi pada batuan tetapi lebih sering terjadi pada bahan rombakan yang merupakan percampuran antara material tanah (berbutir halus) dan hancuran-hancuran batuan (berbutir kasar).



Gambar 2.1.5

Model gerakan kombinasi antara nendatan di lereng bagian atas kemudian berkembang menjadi aliran tanah bercampur batu pada lereng bagian tengah. (Varnes, 1978)



Gambar 2.1.6

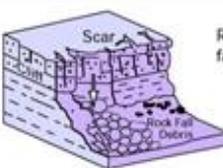
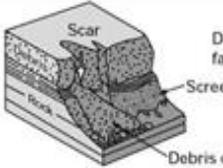
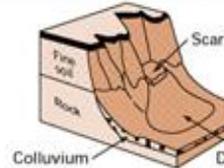
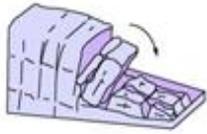
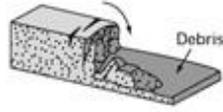
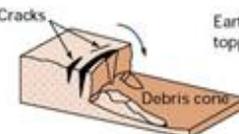
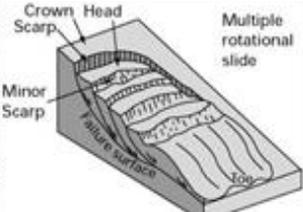
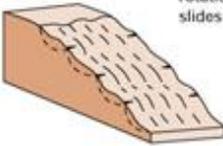
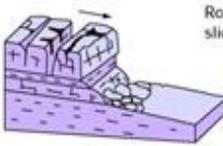
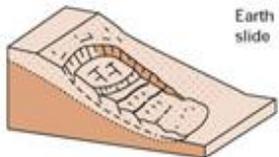
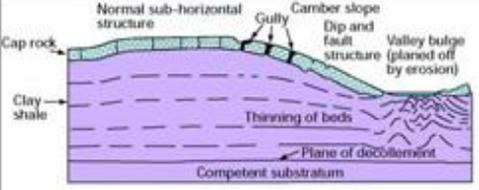
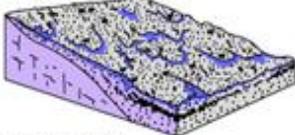
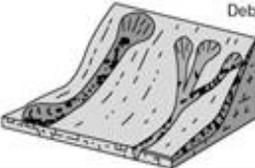
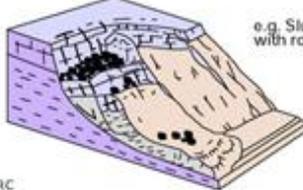
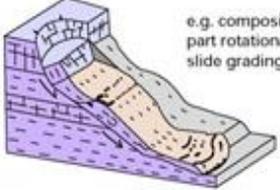
Gambaran dari *debris flow* (Varnes, 1978)

Material tanah yang berbutir halus ini umumnya berukuran butir pasir (berdiameter butir sekitar 2 mm) hingga lempung (berdiameter butir sekitar 2 μ atau lebih halus), sedangkan hancuran-hancuran batuan dapat berukuran kerikil (berdiameter butir lebih kasar dari 2 mm) hingga bongkah-bongkah (berdiameter sekitar 25 cm hingga beberapa meter. Aliran pada bahan rombakan (*debris*) dapat dibedakan lagi menjadi aliran bahan rombakan (*debris flow*) (gambar 2.2.6), aliran tanah (*earth flow*) apabila massa yang bergerak didominasi oleh material tanah berukuran butir halus (terutama berukuran butir lempung) dan aliran lumpur (*mud flow*) apabila massa yang bergerak jenuh air. Jenis lain dari aliran ini adalah aliran kering yang biasa terjadi pada endapan pasir (*dry flow*).

Menurut Varnes,(1978)mengklasifikasigerakan tanah / longsor menjadi 2 bagian yaitu berdasarkan tipe gerakan dan jenis material.

Tabel 2.1
Klasifikasi gerakan tanah berdasarkan tipe gerakan dan jenis materialnya menurut Varnes, 1978

Jenis gerakan (type of movement)			Jenis Material (type of material)		
			Batuan dasar (bedrock)	Tanah keteknikan (engineering soils)	
				Bebas, butir kasar (freedom, coarse)	Berbutir halus (predominantly fine)
Jatuhan (falls)			Jatuhan batu (rock fall)	Jatuhan bahan rombakan (debris fall)	Jatuhan tanah (earth fall)
Jungkiran (topple)			Jungkiran batu (rock topple)	Jungkiran bahan rombakan (debris topple)	Jungkiran tanah (earth topple)
Gelinciran (slides)	Rotasi	Satuan sedikit (few units)	Nendatan batu (rock slump)	Nendatan bahan rombakan (debris slump)	Nendatan tanah (earth slump)
	Translasi	Satuan banyak (many units)	Luncuran bongkah batu (rock block slide)	Luncuran bongkah bahan rombakan (debris block slide)	Luncuran bongkah tanah (earth block slide)
			Luncuran batu (rock slide)	Luncuran bahan rombakan (debris slide)	Luncuran tanah (earth slide)
Gerak horisontal / bentang lateral (lateral spreads)			Bentang lateral batu (rock spread)	Bentang lateral bahan rombakan (debris spread)	Bentang lateral tanah (earth spread)
Aliran (flow)			Aliran batu / rayapan dalam (rock flow / deep creep)	Aliran bahan rombakan (debris flow)	Aliran tanah (earth flow)
				Rayapan tanah (soil creep)	
Majemuk (complex)			Gabungan dua atau lebih gerakan (combination two or more movement)		

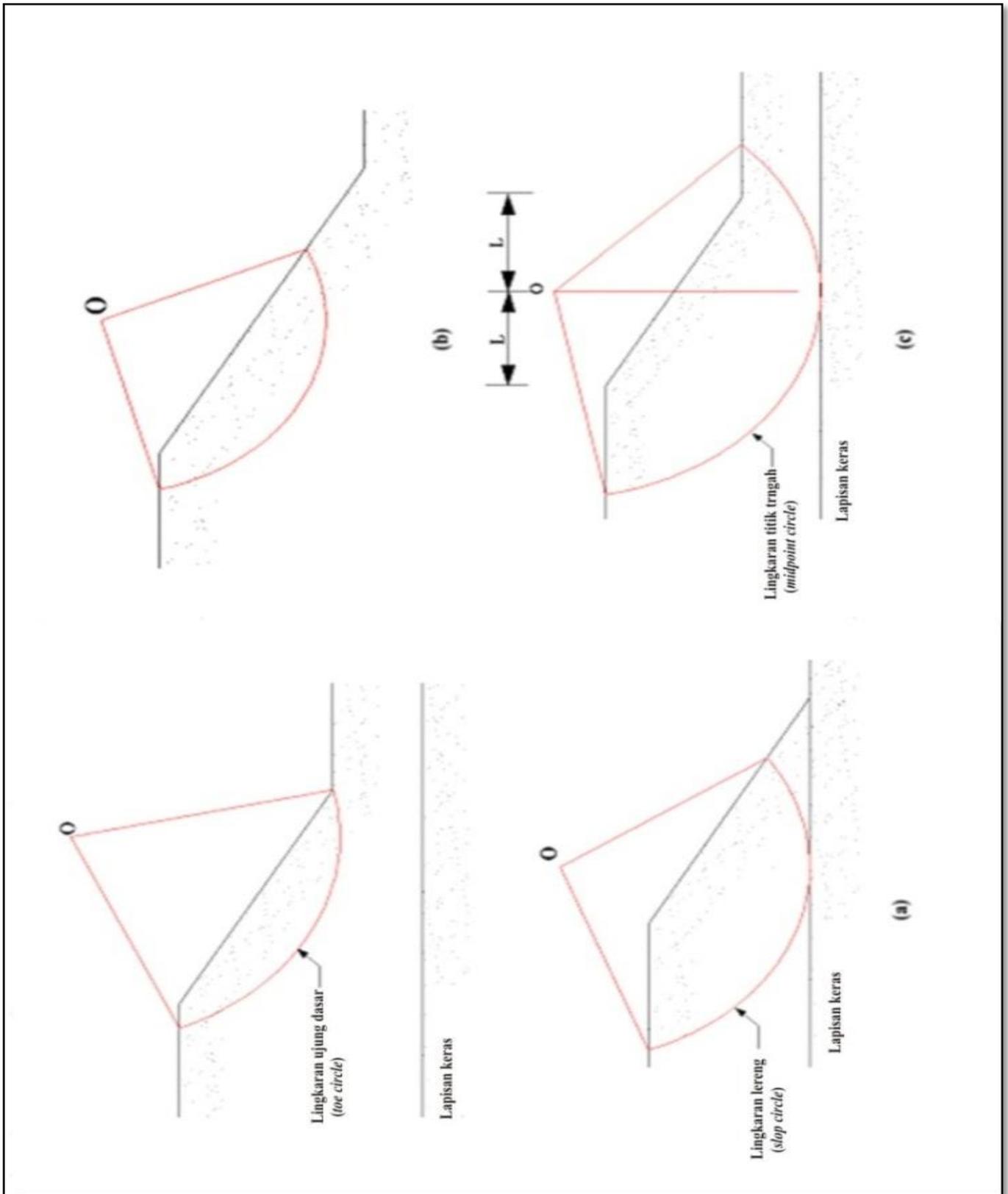
Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 <p>Rock fall</p>	 <p>Debris fall</p>	 <p>Earth fall</p>
		 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple</p>	 <p>Earth topple</p>
SLIDES	Rotational	 <p>Single rotational slide (slump)</p>	 <p>Multiple rotational slide</p>	 <p>Successive rotational slides</p>
	Translational (Planar)	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>
SPREADS		 <p>e.g. cambering and valley bulging</p>		 <p>Earth spread</p>
FLOWS		 <p>Solifluction flows (Periglacial debris flows)</p>	 <p>Debris flow</p>	 <p>Earth flow (mud flow)</p>
COMPLEX		 <p>e.g. Slump-earthflow with rockfall debris</p>	 <p>e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe</p>	

BGS © NERC

Gambar 2.1.7
Tipe dan Jenis Tanah Longsor menurut (Varnes, 1978)

Pada kondisi tertentu terjadi kelongsoran dangkal (*shallow slope failure*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.2b. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir berada agak jauh di bawah ujung dasar dinamakan longsor dasar (*base failure*) seperti pada Gambar 2.3.1 Lengkung kelongsorannya dinamakan lingkaran titik tengah (*midpoint circle*)

Proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan dinamakan dengan Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*)



Gambar 2.3.2 Bentuk-bentuk keruntuhan lereng (a) Kelongsoran lereng, (b) Kelongsoran lereng dangkal, (c) Longsor dasar (Das B.M, 2002)

4. Faktor –faktor yang berpengaruh pada Kestabilan Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap kestabilan lereng batuan antara lain :

1. Struktur batuan

Struktur batuan yang sangat mempengaruhi kemantapan lereng adalah adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi (Sukandar, 1991). Struktur batuan tersebut merupakan bidang lemah dan sekaligus sebagai tempat merembesnya air, sehingga batuan lebih mudah longsor.

2. Sifat fisik dan mekanik batuan

Menurut Turangan dan Sartje M, 2014 Sifat fisik batuan yang mempengaruhi kemantapan lereng adalah : bobot isi, porositas, dan kandungan air, kuat tekan, kuat tarik, kuat geser dan sudut geser dalam batuan merupakan sifat mekanik batuan yang berpengaruh terhadap kemantapan lereng.

a) Bobot isi batuan

Semakin besar bobot isi suatu batuan, maka gaya penggerak yang menyebabkan longsor semakin besar juga. Dengan demikian, kemantapan lereng tersebut semakin berkurang.

b) Porositas Batuan

Batuan yang mempunyai porositas besar akan banyak menyerap air. Dengan demikian bobot isinya menjadi lebih besar, sehingga memperkecil kemantapan lereng. Adanya air dalam batuan juga akan menimbulkan tekanan air pori yang memperkecil kuat geser batuan. Batuan yang mempunyai kuat geser kecil akan lebih mudah longsor.

c) Kandungan air dalam batuan

Semakin besar kandungan air dalam batuan, maka tekanan air pori menjadi semakin besar juga. Dengan demikian kuat geser batuan menjadi semakin kecil, sehingga kemantapan dari suatu lereng semakin mengecil.

d) Kuat geser batuan.

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Untuk analisis stabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c', ϕ'). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa ($c_r = 0; \phi_r$).

Menurut Turangan dan Sartje M, 2014 Salah satu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah/batuan adalah untuk analisis stabilitas lereng. Keruntuhan geser pada tanah atau batuan terjadi akibat gerak relatif antarbutirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antarbutirnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas :

- Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
- Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Kuat geser batuan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = C' + (\tau - \mu) \tan \phi$$

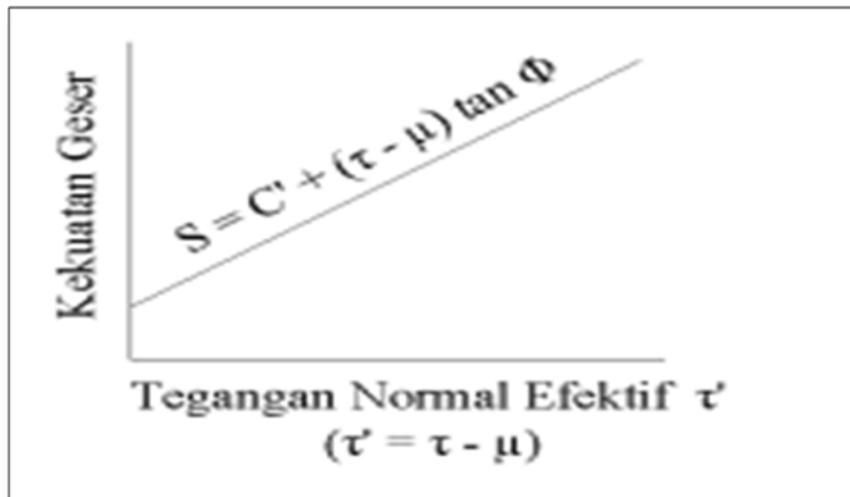
dimana : S = kekuatan geser

τ = tegangan total pada bidang geser

μ = tegangan air pori

C' = kohesi efektif

ϕ = sudut geser dalam efektif



Gambar 2.4.1 Kekuatan geser tanah/batuan (Turangan dan Sartje M, 2014)

e) Kohesi

Kohesi adalah kekuatan tarik menarik antara butir sejenis pada tanah, yang dinyatakan dalam satuan berat persatuan luas. Makin besar nilai kohesi, maka kekuatan geser tanah akan semakin besar juga, sehingga dapat dibuat lereng dengan kemiringan yang besar pada faktor keamanan yang sama. Harga kohesi didapat dari hasil analisis di laboratorium, yaitu pengujian geser langsung dan pengujian triaksial.

f) Sudut geser dalam batuan

Semakin besar sudut geser dalam, maka kuat geser batuan juga semakin besar. Dengan demikian, lereng yang disusun oleh batuan tersebut menjadi lebih mantap.

3. Kondisi hidrologi

Air tanah merupakan faktor yang penting dalam kestabilan lereng, air tanah dapat mempengaruhi lereng dengan lima cara:

- Mengurangi kekuatan
- Merubah kandungan mineral melalui proses alterasi dan pelarutan
- Merubah densitas
- Menimbulkan tekanan air pori
- Menyebabkan erosi

Muka air tanah yang ada menjadikan lereng sebagian besar basah dan batuan mempunyai kandungan air yang tinggi. Batuan dengan kandungan air yang tinggi kekuatannya menjadi rendah sehingga lereng lebih mudah longsor. Hal ini disebabkan air yang terkandung pada batuan akan menambah beban batuan tersebut.

4. Geometri lereng

Ada tiga komponen utama dari suatu lereng tambang yaitu : konfigurasi jenjang, sudut antar jenjang, dan sudut lereng total. Lereng yang terlalu tinggi menjadi lebih tidak stabil sehingga cenderung mudah longsor daripada lereng yang tidak terlalu tinggi pada batuan yang sama. Makin besar kemiringan lereng atau tingkat kecuramannya semakin besar maka semakin mungkin terjadinya kelongsoran.

5. Topografi

Topografi merupakan perbedaan tinggi rendah daerah dipermukaan bumi, baik berupa daerah dataran/landai, bergelombang/berbukit dan pegunungan. Topografi sangat berhubungan dengan kemiringan lereng dan beda tinggi relatif suatu tempat.

6. Gaya-gaya luar

Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi kemantapan suatu lereng adalah :

- a. Getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi, peledakan dan pemakaian alat-alat mekanis berat di dekat lereng.
- b. Pemotongan dasar (toe) pada lereng.
- c. Penebangan pohon-pohon pelindung lereng

5. Kestabilan Lereng Batuan

Kestabilan lereng batuan banyak dikaitkan dengan tingkat pelapukan dan struktur geologi yang hadir pada massa batuan tersebut, seperti sesar, kekar, lipatan dan bidang perlapisan. Struktur-struktur tersebut, selain lipatan, selanjutnya disebut sebagai bidang lemah. Disamping struktur geologi, kehadiran air dan karakteristik fisik dan mekanik juga dapat mempengaruhi kestabilan lereng (Sulistianto, 2001).

Untuk mengetahui adanya potensi tipe kelongsoran pada suatu aktivitas pemotongan lereng batuan, perlu dilakukan pemetaan orientasi diskontinuitas, baik sebelum maupun sesudah lereng batuan tersebut tersingkap. Sementara itu, metode analitik untuk memprediksi potensi kelongsoran batuan dan cara penanggulangannya seringkali tidak efektif (Maerz, 2000). Oleh karena itu, penggunaan desain empiris dan klasifikasi massa batuan menjadi penting (Franklin dan Maerz, 1996).

6. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

Batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika batuan dan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Sifat fisik batuan seperti bobot isi, berat jenis, porositas, absorpsi, dan *void ratio*.
2. Sifat mekanik batuan seperti kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, dan nisbah *poisson*.

Kedua sifat tersebut dapat ditentukan baik di laboratorium maupun lapangan (*in-situ*). Penentuan di laboratorium pada umumnya dilakukan terhadap sampel yang diambil di lapangan. Satu sampel dapat digunakan untuk menentukan kedua sifat batuan. Pertama-tama adalah penentuan sifat fisik batuan yang merupakan pengujian tanpa merusak (*nondestructive test*), kemudian dilanjutkan dengan penentuan sifat mekanik batuan yang merupakan pengujian merusak (*destructive test*) sehingga sampel batuan hancur.

6.1 Sifat Fisik Batuan

Menentukan sifat fisik batuan di laboratorium terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Pembuatan sampel

1) Di laboratorium

Pembuatan sampel di laboratorium dilakukan dari blok batuan yang diambil dari lapangan dan telah dihancurkan. Kemudian dicampurkan dengan semen dan dicetak dalam bentuk silinder. Sampel yang dihasilkan mempunyai diameter pada umumnya antara 50-60 mm dan tingginya dua kali diameter tersebut. Ukuran sampel dapat lebih kecil maupun lebih besar dari ukuran yang telah ditentukan tergantung dari maksud uji.

2) Di lapangan

Hasil pemboran inti ke dalam massa batuan yang akan berupa sampel inti batuan dapat digunakan untuk uji di laboratorium dengan syarat tinggi sampel dua kali diameternya. Setiap contoh yang diperoleh kemudian diukur diameter dan tingginya, kemudian dihitung luas permukaan dan volumenya.

6.2 Sifat Mekanik Batuan

Batuan memiliki sifat mekanik yang dilakukan dengan merusak, dimana dalam menentukan sifat mekanik batuan di laboratorium dilakukan beberapa pengujian, seperti :

- a. Uji Kuat Tekan Uniaksial
- b. Batas Elastis
- c. *Modulus Young*
- d. *Possion's Ratio*
- e. Uji Kuat Tarik Tak Langsung
- f. Uji *Point Load*
- g. Uji Triaksial
- h. Uji *Punch Shear*
- i. Uji Sudut Geser Langsung
- j. Uji Terhadap Gelombang Ultrasonik

7. Program Geostudio 2012 *Slope/W*

Geostudio 2012 adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi *SLOPE/W*.

2.7.1 *Slope/W*

Slope/W merupakan produk software yang menggunakan batas keseimbangan untuk menghitung faktor keamanan tanah dan lereng. Menganalisa stabilitas lereng, menggunakan batas keseimbangan, serta mempunyai kemampuan untuk menganalisis contoh tanah yang berbeda jenis dan tipe, longsor dan kondisi tekanan air pori dalam tanah yang berubah menggunakan bagian besar contoh tanah. *Slope/w* merupakan sub program dari *Geo-slope* yang dapat diintegrasikan dengan sub program lainnya, baik *vadose/w*, *seep/w*, *quake/w* dan *sigma/w*. Parameter masukan data analisa dapat ditentukan atau secara probabilitas. Beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan dan kemampuan dari *slope/w* :

1. Menghitung faktor keamanan lereng yang bertanah heterogen di atas tanah keras (bedrock), dengan lapisan lempung. Di ujung lereng (lembah) merupakan genangan air, air tanah mengalir sampai ujung lereng dan daerah retakan berkembang pada puncak akibat gaya tegangan pada lereng.
2. *Slope/w* dapat menghitung faktor keamanan dari lereng dengan beban luar dan perkuatan lereng dengan angker atau perkuatan dengan geo-textile
3. Kondisi tekanan air pori dalam tanah yang kompleks, kondisi air pori dapat dibedakan dalam beberapa cara, dapat semudah seperti garis piezometrik atau analisa elemen batas dari tekanan pori. Tekanan air pori pada tiap dasar potongan lereng ditemukan dari data titik cara interpolasi spline.

4. Menganalisa stabilitas dengan tekanan batas elemen. Memasukkan data tekanan lereng dari analisa batas stabilitas elemen sigma/w ke slope/w untuk mempermudah. Keuntungan lain yaitu dapat menghitung faktor keamanan tiap potongan, sebaik perhitungan faktor keamanan seluruh longsoran.

Pada dasarnya *Slope/W* terdiri dari tiga bagian pengerjaan (langkah kerja) yaitu:

1. *Define* : Pendefinisian model
 - Mengatur batas area yang akan digunakan
 - Mengatur skala dan satuan yang digunakan untuk mempermudah pengerjaan
 - Menginput data material (data-data tanah/batuan)
 - Mengsketsa permasalahan (lereng) dengan menggunakan icon garis lurus, lengkungan atau lingkaran
 - Menentukan bagian-bagian gambar dengan mendefinisikan kembali setelah data terinput
2. *Solve* : Nilai dari hasil perhitungan, dengan menekan start pada kotak dialog
3. *Contour* : memperlihatkan gambaran hasil perhitungan
 - Memperlihatkan sketsa hasil stabilitas tanah menggunakan metode Bishop, ordinary dan Janbu.
 - Terdapat icon-icon untuk memunculkan hasil seperti potongan dengan diagram free body dan force polygon
 - Memperlihatkan grafik hubungan antara jarak dan kekuatan, dan yang lainnya.
 - Memperoleh data slide mass.

2.7.2 Parameter Tanah/Batuan

Untuk analisis stabilitas lereng program *Geostudio 2007 slope/w* diperlukan parameter tanah/batuan :

a. Kuat geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Kohesi merupakan Untuk analisis stabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c' , ϕ'). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa ($c_r = 0$; ϕ_r).

b. Berat Isi

Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng. Berat isi dibedakan menjadi berat isi asli, berat isi jenuh, dan berat isi terendam air yang penggunaannya tergantung kondisi lapangan.

Salah satu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah/batuan adalah untuk analisis stabilitas lereng. Keruntuhan geser pada tanah atau batuan terjadi akibat gerak relatif antarbutirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antarbutirnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas :

1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

2.8 Faktor Keamanan Lereng

Mengingat lereng terbentuk oleh banyaknya variabel dan banyaknya faktor keridak pastian antarlain parameter-parameter tanah/batuan seperti kuat geser tanah, kondisi tekanan air pori maka dalam menganalisis selalu dilakukan penyederhanaan dengan berbagai asumsi. Secara teoritis masa yang bergerak dapat dihentikan denganmeningkatkan kekuatan gesernya.

Hal ini perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis stabilitas lereng . untuk menentukan faktor keamanannya (SKBI-2.3.06, 1987 dalam Hidayah dan Gratia,2007). Secara umum,faktor kemantapan lereng adalah perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\text{Resultan gaya-gaya penahan longsor}}{\text{Resultan gaya-gaya penyebab longsor}}$$

Di mana,

FK = Faktor kemantapan lereng

Bowles (1984) menyatakan bahwa kondisi $1,07 < FK < 1,25$ tetap tidak dikehendaki,karena apabila terjadi pengurangan gaya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun,lereng akan menjadi tidak stabil dan rawan terjadi longsor. Oleh karena itu, nilai FK selalu dibuat dari 1,25.

Tabel 2.1.8 Hubungan Nilai Faktor Keamanan dan Kemungkinan Kelongsoran Lereng (Bowless, 1984)

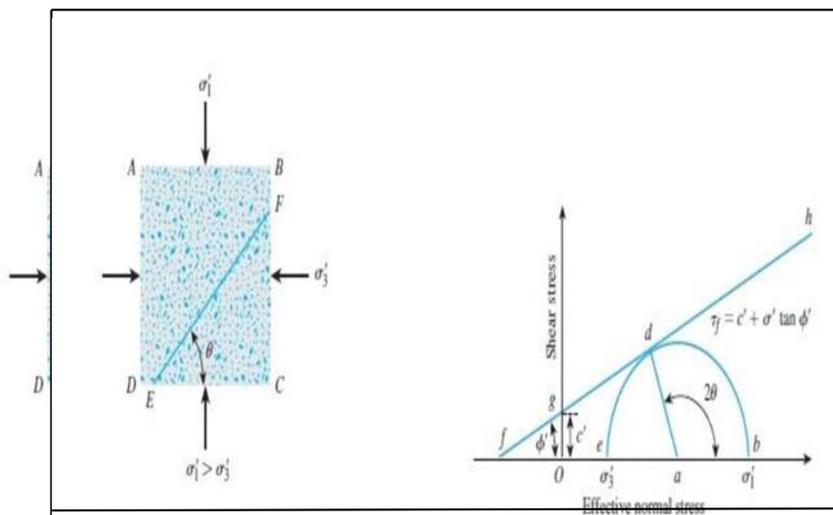
Nilai Faktor Keamanan	Keadaan Lereng
$FK < 1,07$	Lereng Labil
$1,07 < FK < 1,25$	Lereng Kritis
$FK > 1,25$	Lereng Stabil

2.8.1 Metode Mohr-Coulomb

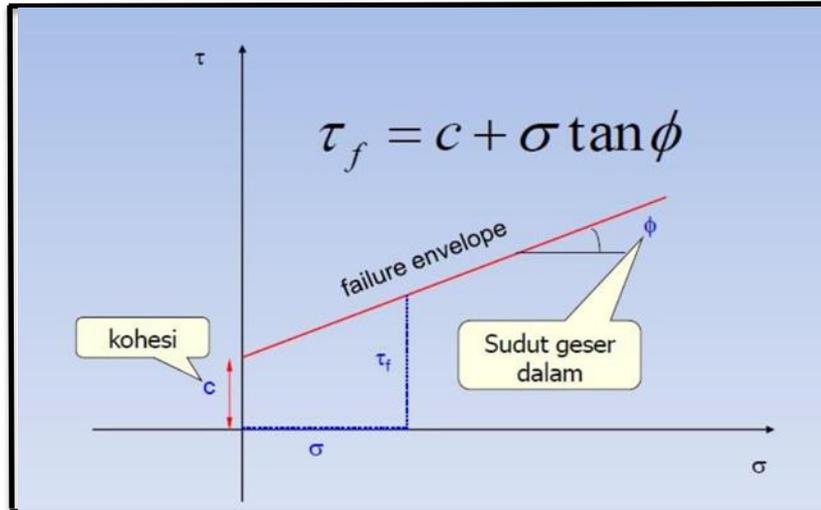
Metode Mohr-Coulomb dipakai untuk menganalisis keruntuhan sebagai akibat dari kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum saja.

Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah yang terjadi.

Menentukan kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar (major principal plane) diilustrasikan berikut :



Gambar 2.8.1 Ilustrasi Metode Mohr-Coulomb (Turangan dan Sartje M, 2014)



Gambar 2.8.2 Rumus Metode Mohr-Coulomb

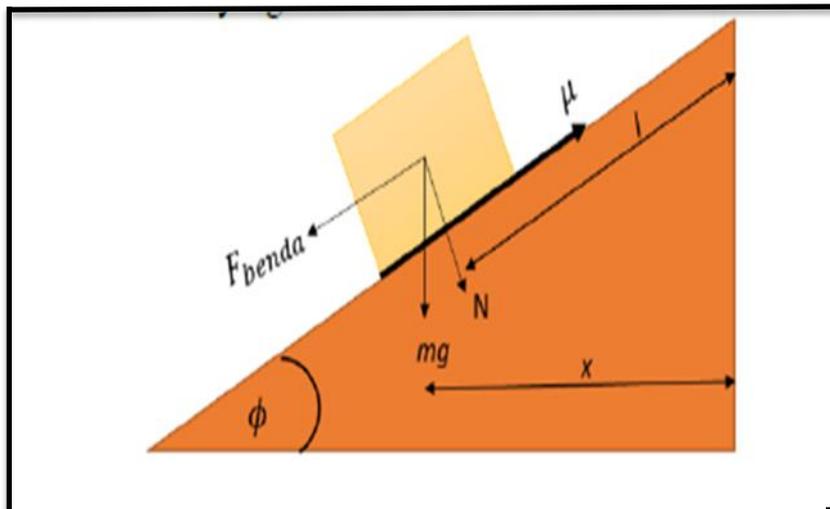
c = kohesi

ϕ = sudut geser dalam

τ_f = tegangan geser

2.8.2 Metode gesekan Coulomb Sederhana

Menurut Firmansyah, dkk (2015) Untuk memperoleh run-out tanah longsor diperlukan informasi volume tanah yang tidak stabil, dan geometri area tersebut, selanjutnya pergerakan tanah dapat ditentukan menggunakan sebuah pendekatan model *Coulumb* sederhana dengan menghitung energi potensial awal yang dimiliki oleh massa tanah yang tidak stabil.



Gambar 2.8.3. Model gesekan Coulumb sederhana (Firmansyah dkk 2015)

Berdasarkan gambar di atas, koefisien gesek dapat diturunkan berdasarkan hubungan kese-timbangan gaya (yaitu ketika benda tepat akan bergerak) sebagai berikut

$$F_{benda} = F_{gesek}$$

$$mg \sin(\phi) = \mu N$$

$$mg \sin(\phi) = \mu mg \cos(\phi)$$

$$\mu = \tan(\phi) \quad (1)$$

Dimana :

m= massa benda

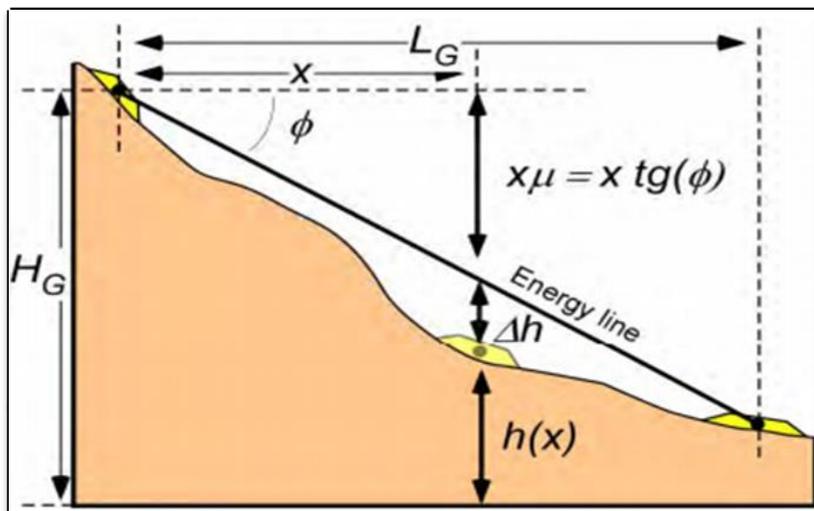
g= percepatan gravitasi

ϕ = sudut gesek semu

N= gaya normal , dan

μ =koefisien gesek.

Dengan menganggap bahwa massa tanah longsor bergerak yang hanya dipengaruhi gaya gravitasi dan gaya gesek saja, maka hukum gesekan Coulomb dapat diterapkan untuk meng-gambarkan pergerakannya seperti yang sudah dijelaskan oleh Jaboyedoff dan Labiouse, dengan ilustrasi dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2.8.4 Ilustrasi pergerakan pusat massa tanah (berasal dari Jaboyedoff et al)

Dalam gambar tersebut, H_G = tinggi awal pusat massa tanah, x = jarak pusat massa tanah setelah berpindah, $h(x)$ tinggi pusat massa pada jarak x , L_G = jarak pusat massa setelah terdeposit sepenuhnya/ jangkauan maksimum.

Berdasarkan hukum kekekalan energi, pada posisi awal massa tanah membawa energi potensial sebesar $E_P = mgH_G$, yang kemudian akan ditransformasikan menjadi energi kinetik ketika massa tanah mulai bergerak dan terdapat energi yang hilang akibat gesekan yang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 E_{gesek} &= F_{gesek} \cdot l \\
 &= \mu |N| \cdot l \\
 &= \mu mg \cos(\phi) l \rightarrow l = \frac{x}{\cos(\phi)} \\
 &= \mu mgx
 \end{aligned}$$

$$E_{gesek} = mgx \tan(\phi) \quad (2)$$

Perubahan kecepatan untuk setiap posisi dapat diturunkan berdasarkan hukum kekekalan energi, dengan memisalkan pusat massa tanah yang telah bergerak pada posisi x seperti pada Gambar 6.2 sehingga diperoleh hubungan berikut :

$$mg(H_G - h(x)) = \frac{1}{2}mv(x)^2 + mgx \tan(\phi) \quad (3)$$

dan diperoleh kecepatan di setiap posisi yaitu :

$$v(x)^2 = 2g(H_G - h(x) - x \tan(\phi))$$

$$\text{misalkan } \Delta h = (H_G - h(x) - x \tan(\phi))$$

$$v(x) = \sqrt{2g\Delta h} \quad (4)$$

Untuk memperoleh jarak jangkauan maksimum, substitusi $v(x_{max}) = 0$ pada Persamaan 3

$$mg(H_G - h(x_{maks})) = 0 + mgx_{maks} \tan(\phi)$$

$$L_G = x_{maks} = \frac{(H_G - h(x_{maks}))}{\tan(\phi)} \quad (5)$$

Untuk kondisi dimana $h(x_{max}) = 0$ maka Persamaan (5) dapat disederhanakan menjadi,

$$L = \frac{H}{\tan(\phi)} \quad (6)$$

Persamaan (6) merupakan persamaan umum untuk memprediksi jarak jangkauan longsor berdasarkan model diskrit dengan pendekatan pusat massa.

BAB III

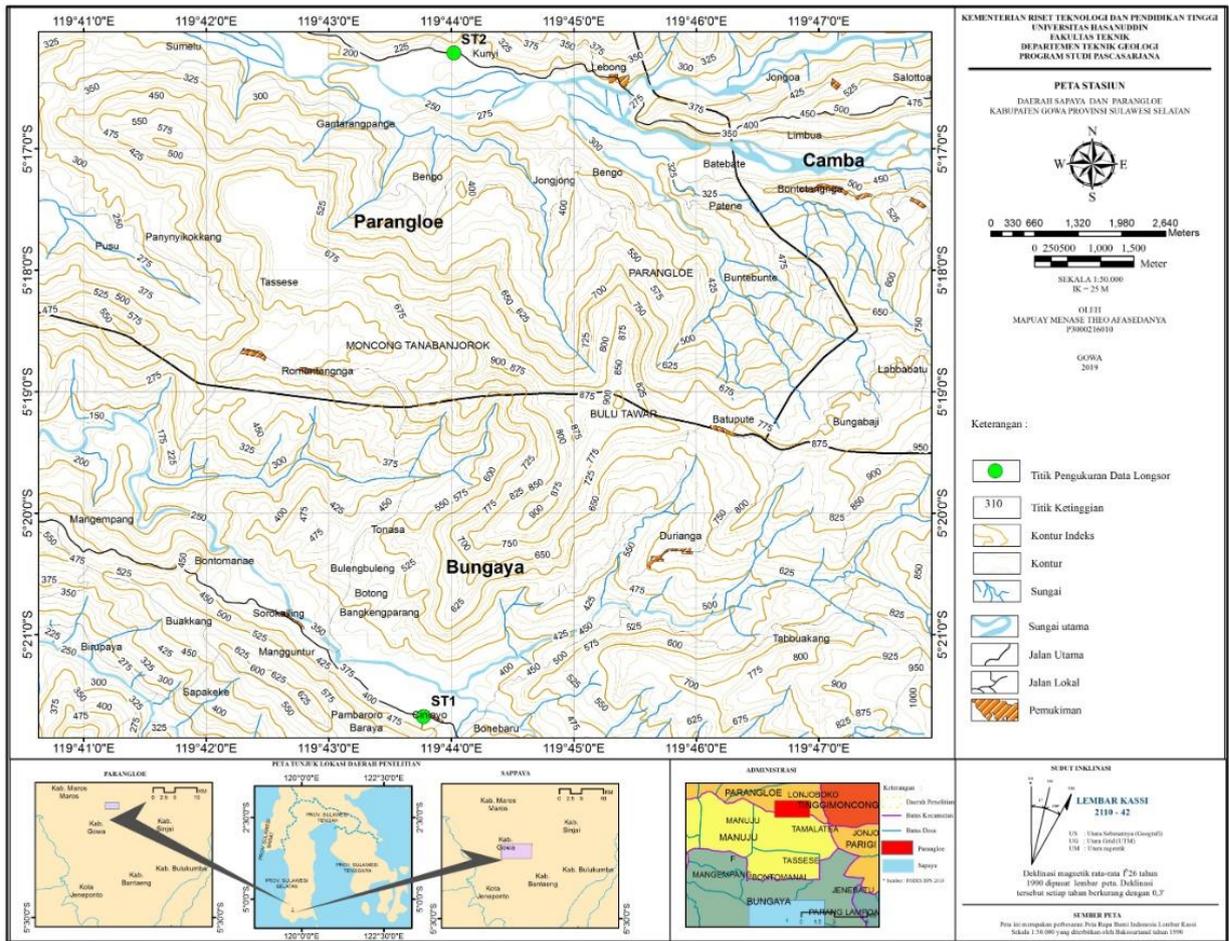
METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian disusun sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Hal ini dimaksudkan agar penelitian dapat berjalan secara ilmiah, terarah dan sistematis sehingga dapat memberikan hasil akhir yang diharapkan.

Sebelum melakukan penelitian lapangan dan laboratorium, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data sekunder berupa pengumpulan informasi mengenai kondisi geologi regional daerah penelitian serta teori – teori pendukung yang dibutuhkan dan akan digunakan pada saat penelitian. Selain itu peneliti juga mempelajari literatur - literatur berupa *text book*, jurnal, maupun laporan penelitian terdahulu.

A. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penelitian terdapat di Kabupaten Gowa,Provinsi Sulawesi Selatan di mana meliputi dua daerah yaitu Sappaya dan Parangloe”.Lokasi penelitian dapat dicapai menggunakan kendaraan roda dua (motor) maupun roda empat (mobil) dengan jarak tempuh 2 jam perjalanan dari kota Makassar (37 Km). Kedua lokasi tersebut berbatasan langsung dengan Kecamatan Sinjai Barat di Kabupaten Sinjai (sebelah utara), Kecamatan Bontocani di Kabupaten Bone dan Kecamatan Tanralili di Kabupaten Maros (sebelah barat), Kecamatan Tinggimoncong (sebelah selatan).



Gambar 3.1
 Peta Lokasi penelitian

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- Peta dasar skala 1 : 25.000
- GPS (*Global Positioning System*) Garmin, tipe GPS map 60cs.
- Palu geologi
- Kompas geologi
- Buku lapangan
- Kantong sampel
- Kamera digital
- Alat tulis menulis
- Roll Meter
- Peralatan penunjang lainnya

C. Tahapan Penelitian

Untuk memperoleh hasil yang diharapkan, maka penelitian ini akan dilaksanakan melalui beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, beberapa hal yang perlu dilakukan, yaitu :

a. Studi pustaka/literatur

Penelitian diawali dengan kajian kepustakaan untuk memahami *state of the art* dari topik dan menentukan rancangan penelitian serta persiapan yang menyangkut segala sesua yang dibutuhkan selama pelaksanaannya. Tahapan ini meliputi studi tentang geologi regional daerah penelitian, laporan atau jurnal dari peneliti terdahulu yang mencakup daerah penelitian serta literatur-literatur geologi yang masih berkaitan dengan batasan masalah penelitian.

b. Persiapan administrasi

Tahap ini meliputi pengajuan proposal penelitian, pengurusan surat izin penelitian pada tingkat provinsi hingga ke tingkat kelurahan lokasi penelitian.

c. Persiapan perlengkapan dan peralatan

Tahapan ini meliputi pengadaan perlengkapan dan peralatan yang dibutuhkan selama kegiatan pengambilan data di lapangan.

d. Perencanaan biaya dan jadwal kegiatan

Tahapan ini meliputi perincian biaya yang disusun berdasarkan kondisi daerah dan kebutuhan penelitian, agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan lancar dan tersistematis (sesuai proposal penelitian). Selain itu mempelajari kondisi sosial budaya masyarakat setempat sangat penting untuk kemudahan dan keamanan dalam melakukan kegiatan penelitian.

2. Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data permukaan daerah penelitian berupa jenis litologi, kondisi geomorfologi yang bekerja dan kondisi tanah. Secara teknis urutan pengambilan data pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

- Penentuan titik pengamatan pada peta dasar skala 1: 25.000
- Pengamatan material-material longsor.
- Mengukur sudut lereng longsor dan arah longsor
- Mengukur luas longsor berupa dimensi panjang dan lebar lokasi longsor yang diamati.
- Mengamati jenis litologi

- Mengamati struktur geologi yang dijumpai.
- Kondisi geomorfologi yang bekerja berupa tata guna lahan
- Pengambilan sampel batuan untuk menentukan nama batuan dasar pada daerah penelitian
- Pengambilan dokumentasi berupa foto.

3. Analisis Data Geologi

A. Data Geomorfologi

Pengambilan data geomorfologi dilakukan dengan cara mengukur geometri lereng yang merupakan data visualisasi lereng yang meliputi data tinggi lereng, panjang lereng, arah kemiringan lereng dan sudut kemiringan lereng dengan menggunakan kompas geologi dan roll meter. Pada tahap analisis data geometri lereng, data hasil pengukuran lapangan akan digambarkan melalui program Autocad 2013

B. Data Litologi

Pengambilan data litologi dilakukan dengan cara *random sampling* yaitu memilih secara acak batuan yang segar (*fresh*) pada lokasi penelitian. Pengambilan sampel litologi bertujuan untuk pengamatan laboratorium yaitu pengamatan petrografi dan pengujian sifat keteknikan batuan untuk mengetahui sifat mekanik batuan.

C. Analisis Data Laboratorium

Tahap analisa laboratorium, berupa pengamatan sampel yang diambil di lapangan dengan melakukan pengujian :

- a. Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)
- b. Berat Jenis (*Specific Gravity*)
- c. Petrografi

4. Tahap Analisis Data dan Simulasi Faktor Keamanan Lereng

Dari data-data yang telah diolah kemudian dianalisis untuk

- A. **Memprediksi/Mengetahui Distribusi jatuhnya material longsoran** dengan menggunakan rumus-rumus dan teori-teori yang ada yaitu menggunakan rumus hukum Gesekan Coulumb Sederhana, yang berkaitan dengan material longsor yang terjadi pada daerah penelitian.
- B. **Analisis Kestabilan Lereng**, Dalam analisis kestabilan lereng akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan. *Geostudio 2007slope/w* adalah suatu program stabilitas lereng 2 dimensi untuk menganalisis stabilitas lereng terhadap longsor. *Geostudio 2007slope/w* membutuhkan hasil dari geometri lereng serta parameter batuan hasil dari uji Kuat Geser (*Direct Shear*) dan Berat Jenis (*specific Gravity*). Program ini kemudian menghasilkan geometri lereng dengan kemungkinan longsor serta angka keamanan lereng.

5. Simulasi Faktor Keamanan

Pada dasarnya *Slope/W* terdiri dari tiga bagian pekerjaan (langkah kerja)

Yaitu

1. *Define* : Pendefinisian model

- Mengatur batas area yang akan digunakan
- Mengatur skala dan satuan yang digunakan untuk mempermudah pengerjaan
- Menginput data material (data-data tanah/batuan)
- Mengsketsa permasalahan (lereng) dengan menggunakan icon garis lurus, lengkungan atau lingkaran
- Menentukan bagian-bagian gambar dengan mendefinisikan kembali setelah data terinput

2. *Solve* : Nilai dari hasil perhitungan, dengan menekan start pada kotak dialog

3. *Contour* : memperlihatkan gambaran hasil perhitungan

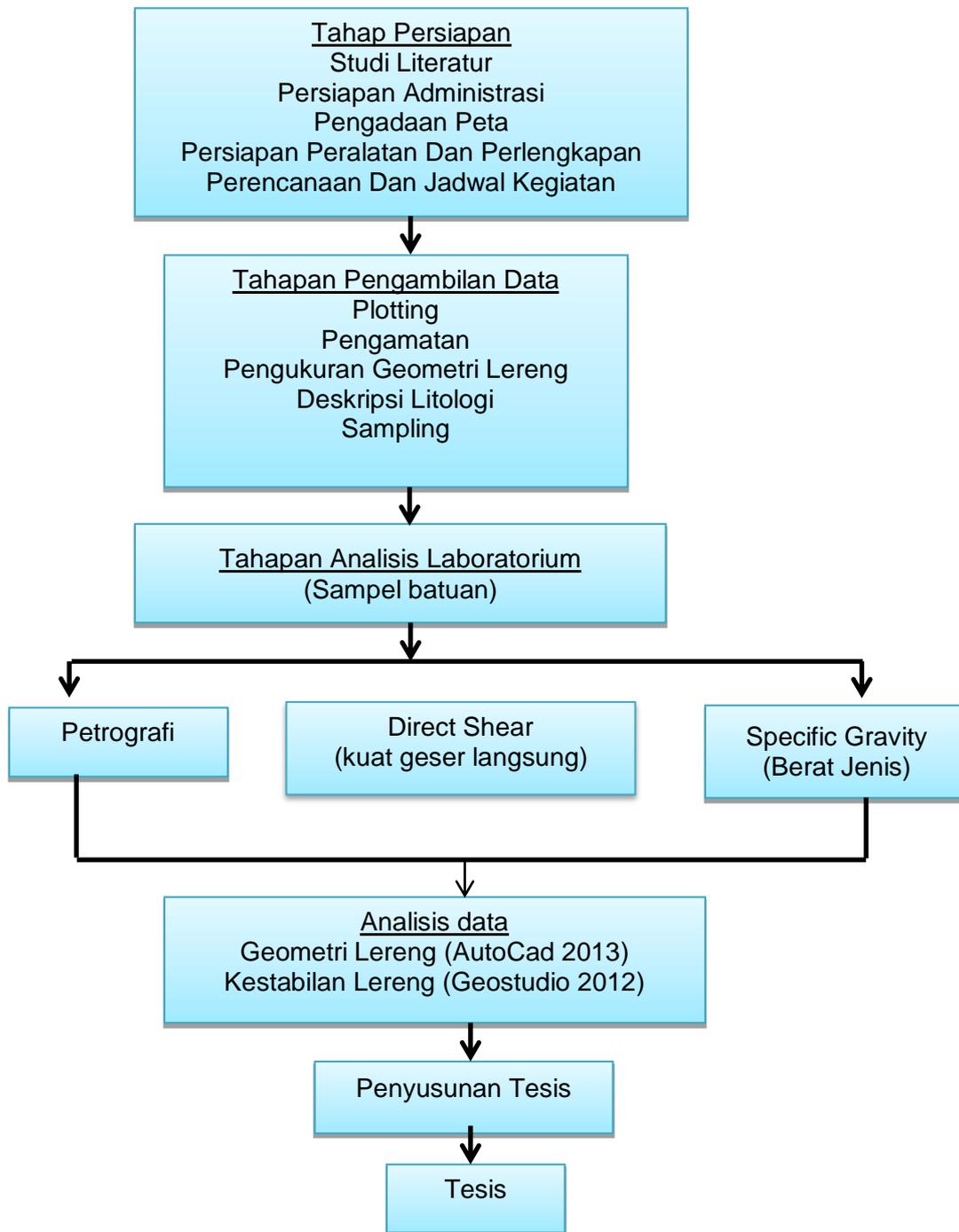
- Memperlihatkan sketsa hasil stabilitas tanah menggunakan metode Bishop, ordinary dan Janbu.
- Terdapat icon-icon untuk memunculkan hasil seperti potongan dengan diagram free body dan force polygon
- Memperlihatkan grafik hubungan antara jarak dan kekuatan, dan yang lainnya.
- Memperoleh data slide mass.

D. Geometri dan pemodelan bentuk distribusi material,

Bentuk Geometri lereng digambar dengan menggunakan Aplikasi Autocad 2013 sedangkan distribusi material diolah dengan menggunakan Aplikasi Geoslope 2012, untuk menghasilkan bentuk kenampakan secara 2 dimensi

6. Tahap Penyusunan Tesis

Hasil penelitian berupa hasil pengambilan data lapangan maupun analisa laboratorium akan disusun menjadi sebuah tulisan sesuai dengan format atau aturan penulisan yang telah ditentukan dan disusun secara sistematis



Gambar. 3.2
Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Geologi Daerah Penelitian

1. Geomorfologi Daerah Penelitian

Pengelompokan satuan geomorfologi pada daerah penelitian berdasarkan pada pendekatan morfologi dan morfometri. Pendekatan morfografi, yaitu pendekatan yang didasarkan pada bentuk permukaan bumi yang dijumpai di lapangan yakni berupa topografi perbukitan dan pegunungan. Aspek bentukan ini perlu memperhatikan beberapa parameter dari setiap topografi seperti bentuk puncak, bentuk lembah, dan bentuk lereng yang dijumpai di lapangan. Sedangkan pendekatan morfometri berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng berupa kelas lereng yang terdiri atas persentase lereng dan besar sudut lereng (Van Zuidam, 1985)

Satuan bentangalam pada dua stasiun (Sapaya dan Parangloe) pengamatan pada daerah penelitian digambarkan dengan bentuk kontur yang agak renggang dengan ketinggian berada pada 186-234 Meter diatas permukaan laut dan slope 28° sampai 55° sehingga membentuk relief perbukitan bergelombang sebagai akibat dari proses denudasional yang menempati 5,11 km² atau keseluruhan luas daerah penelitian.



Gambar 4.1 Kodisi Lereng pada daerah Sapaya (arah foto N 331 E)



Gambar 4.2 . Kodisi Lereng pada daerah Parangloe (arah foto N 214 E)

Proses Geomorfologi yang berlangsung pada daerah penelitian adalah proses pelapukan, erosi dan yg mendominasi adalah gerakan tanah (*Landslide*). Jenis pelapukan yang terjadi umumnya pelapukan dengan tingkat pelapukan sedang hingga tinggi dan erosi. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan komposisi kimia dari batuan tersebut dan pada akhirnya akan menjadi *soil*. Memiliki tingkat erosi yang tinggi yang mengerosi dominan secara vertical dan secara lateral.



Foto 4.1. Hasil Pelapukan pada singkapan Breksi Vulkanik (arah foto 332° N)

2. Litologi Daerah Penelitian

a. Singkapan dan Bongkahan

Satuan batuan pada daerah penelitian didasarkan atas litostatigrafi tidak resmi yang bersandikan pada ciri-ciri fisik batuan yang terdapat dipetakan dalam skala 1 : 25.000 (Sandi Statigrafi Indonesia 1996). Dasar penamaan litologi dari satuan batuan daerah penelitian terdiri atas dua cara pengamatan batuan secara megaskopis dan secara mikroskopis. Pengamatan secara megaskopis ditentukan secara langsung terhadap sifat fisik dan komposisi mineral yang bisa diamati, dan secara mikroskopis dengan menggunakan mikroskop polarisasi dengan dasar penamaan menggunakan klasifikasi batuan beku menurut Travis (1955).

Setelah dilakukan pengamatan secara langsung di lapangan dan deskripsi megaskopis, satuan batuan yang dijumpai di daerah penelitian yaitu Breksi Vulkanik dan Tufa. Deskripsi dan indentifikasi batuan tersebut masing-masing diuraikan sebagai berikut:

1. Breksi Vulkanik (foto.4.2) yang dijumpai pada stasiun 1, Jenis batuan pyroklastik dengan berwarna segar abu-abu dan warna lapuk coklat tekstur pyroklastik dengan fragmen batuan beku berukuran > 256 mm , bermatriks tufa berukuran 2 mm- 1 mm pasir kasar , dan semen merupakan silika, berstruktur massif dan tidak berlapis nama batuan breksi vulkanik.

Dijumpai singkapan batuan sedimen pyroklastik yang berfrakmen berdimensi Panjang, lebar, dan tinggi 3 X 3 X 1 meter, merupakan batuan insitu yg tidak mengalami traspotasi, berada pada tata guna lahan berupa pemukiman dan pasar.

Dijumpai bongkahan batuan beku, berdimensi Panjang Panjang, lebar, dan tinggi 2 X 2 X 1 meter, merupakan batuan eksitu yg tidak mengalami transpotasi, berada pada tata guna lahan berupa pemukiman dan pasar.

Terdapat bongkahan batuan pyroklastik yang berdimensi Panjang, lebar, dan tinggi 3 X 3 X 1 meter, berada pada tata guna lahan berupa pemukiman dan pasar



A. Singkapan batuan breksi vulkanik (arah foto N271°E)



B. Bongkahan batuan beku (arah foto N 318 °E)



C. Bongkahan batuan pyroklastik (arahfoto N 285 °E)

Berdasarkan analisis petrografis terhadap contoh sayatan pada litologi breksi vulkanik pada stasiun 1 dengan kode sayatan Spy/BR/ST 1 . menampilkan warna absorpsi kuning kecoklatan, bentuk mineral subhedral-anhedral, ukuran mineral 2-0,2 mm, warna abu-abu kehitaman, tekstur afanitik, komposisi mineral terdiri dari plagioklas (An 38 %), (horblende 5 %), (Olivin 5 %), (piroksin 10-15 %) dan masa batuan dasar (mikrolit 65-70 %), struktur massif, dengan nama batuan **Basal** (Travis,1955).

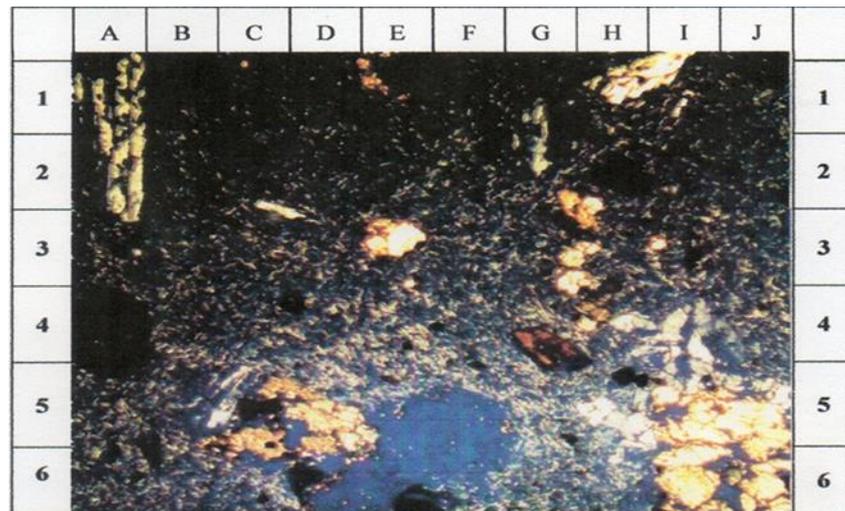
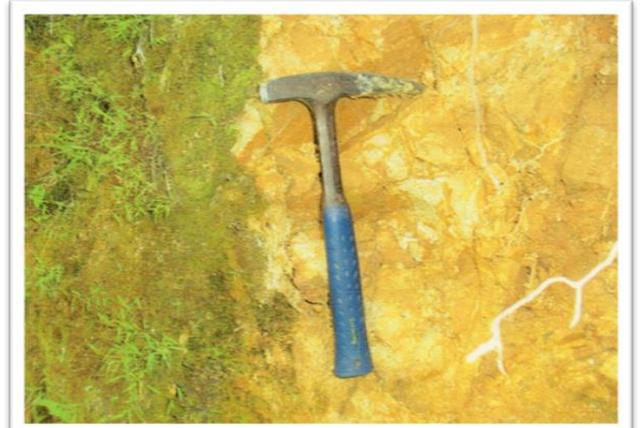


Foto 4.3 Kenampakan petrografis *basal* pada contoh sayatan **Sp/BR/ST 1** yang memperlihatkan mineral Piroksin(5D, horblende (4D), plagioklas (1 A), mineral opak (2H), massa dasar mikrolit (3F) dengan perbesaran 50x

2. Tufa (Foto 4.4) yang dijumpai yang dijumpai pada stasiun 2, jenis batuan pyroklastik dengan berwarna segar kuning- abu-abu dan warna lapuk coklat tua, bertekstur pyroklastik, berukuran 2 mm- b mm pasir kasar , dan berstruktur massif dengan komposisi mineral biotit berlapis nama batuan tufahalus. Dijumpai singkapan tufa, yang memperlihatkan ciri fisik antara lain warna putih kecoklatan pada kondisi segar berdimensi panjang, lebar, dan tinggi 1 X 0.9 X 1 meter, merupakan batuan yg tidak mengalami transportasi, berada pada tata guna lahan berupa pemukiman dan Jalanan .



A. Bongkahan batuan pyroklastik (N 214 °E)



B. Singkapan tufa di foto ke arah(N 237 °E)

Berdasarkan analisis petrografis terhadap contoh sayatan pada litologi tufa pada stasiun 2 dengan kode sayatan PrI/TF/ST2 . menampilkan warna kekuningan, bentuk material angular-subangular, ukuran mineral <math><0,01-0,3\text{ mm}</math>, warna interferensi abu-abu, tekstur piroklastik halus, komposisi mineral terdiri dari horblende, biotit, kuarsa dan gelas vulkanik, struktur tidak berlapis. Terdiri dari hornblende (7 %), biotit (8-15 %), dan kuarsa (2-3 %) dan gelas vulkanik (80-83 %), dengan nama batuan **Vitric Tuff** (Heinrich, 1956)

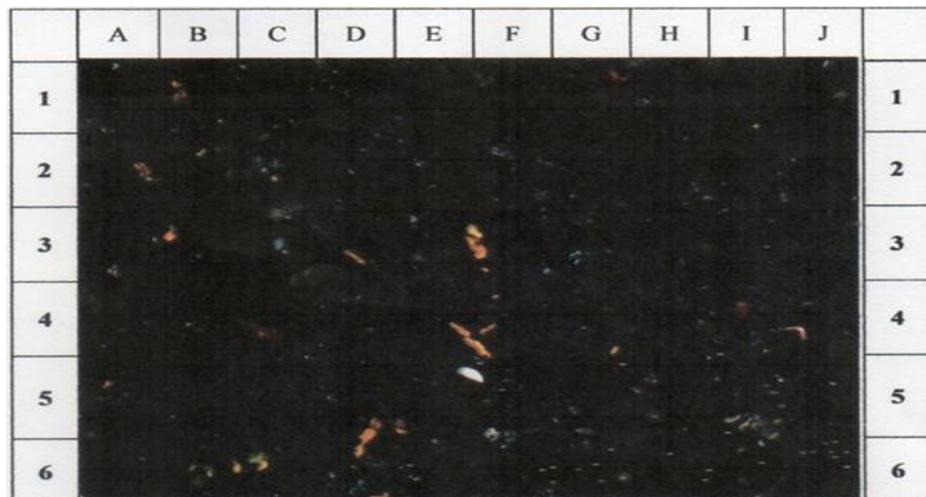


Foto 4.5 Kenampakan petrografis *Vitric Tuff* pada contoh sayatan **PrI/TF/ST 2** yang memperlihatkan mineral biotit (5D) , horblende (3E), kuarsa (5E), gelas vulkanik (2E).) dengan perbesaran 50x

B. Geometri Lereng

Geometri lereng merupakan kenampakan visual lereng di lapangan. Pengukuran geometri lereng dilakukan dengan menggunakan kompas, *Global Positioning System (GPS)* dan roll meter yang digunakan untuk mengetahui tinggi lereng, panjang lereng, *slope*, jarak dan sudut kemiringan (*dip*) lereng. Adapun hasil pengukuran geometri lereng lereng di lapangan dapat dilihat pada (tabel 4.1)

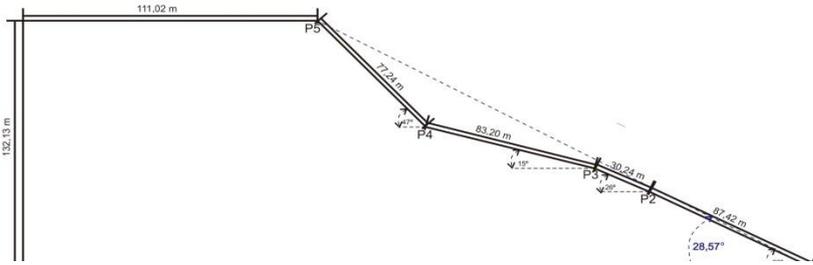
Tabel 4.1 Data Geometri Lereng stasiun 1 Daerah Sapaya

Stasiun 1	Orientasi Lereng			Tinggi Lereng (M)	Jarak datar Lereng (M)
	Slope (°)	Jarak (M)	Arah N.... (°E)		
1-2	28	87	265	9	28,5
2-3	26	30	265	5,5	26,8
3-4	15	83	265	23	28,5
4-5	47	77	265	29	53,2

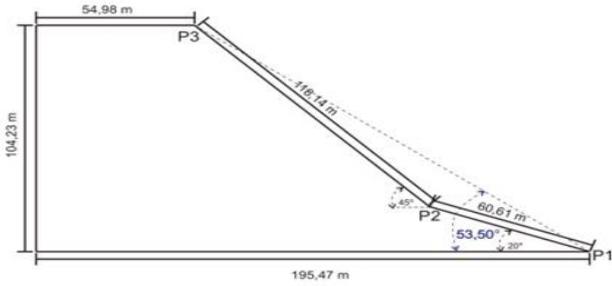
Tabel 4.2 Data Geometri Lereng stasiun 2 Daerah Parangloe

Stasiun 2	Orientasi Lereng			Tinggi Lereng (M)	Jarak datar Lereng (M)
	Slope (°)	Jarak (M)	Arah N.... (°E)		
1-2	20	60,61	255	23	56,7
2-3	45	118,14	265	54,9	83,76

**PRIFIL LERENG STASIUN 1
DAERAH SAPAYA**



**PRIFIL LERENG STASIUN 2
DAERAH PARANGLOE**



Gambar 4.6 Sketsa Geometri lereng dua stasiun pengamatan

C. Nilai Mekanik Batuan

Nilai mekanik batuan merupakan nilai yang diberikan pada tiap batuan berdasarkan sifat mekaniknya. Batuan yang digunakan Basal dan Tufa, nilai yang termasuk kedalam nilai mekanik berupa nilai kohesi, sudut geser dalam dan berat jenis (*densitas*) batuan. Penentuan nilai mekanik batuan dilakukan melalui uji laboratorium yang di sebandingkan dengan referensi nilai mekanik batuan yang sudah ada. Uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Geomekanika, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Berikut merupakan nilai mekanik dari tiap jenis batuan pada daerah penelitian.

Tabel 4.3 Nilai mekanik batuan pada daerah penelitian

Jenis Litologi	Kohesi (kPa)	Sudut Gesek Dalam (... °)	Berat jenis (kN/m ³)
Basal Porfiri (St.1)	14,2	16	31
Vitric Tuff (St.2)	14,8	12	20

* Laboratorium Geomekanika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin *

D. Kuat Geser Batuan (*Direct Shear Test*)

Sampel yang diambil dilapangan kemudian dibuat dalam bentuk silinder berukuran panjang 10 cm dan diameter 5,5 cm menggunakan alat coring. Setelah dibuat dalam bentuk silinder maka sampel tersebut di uji kuat geser batuan

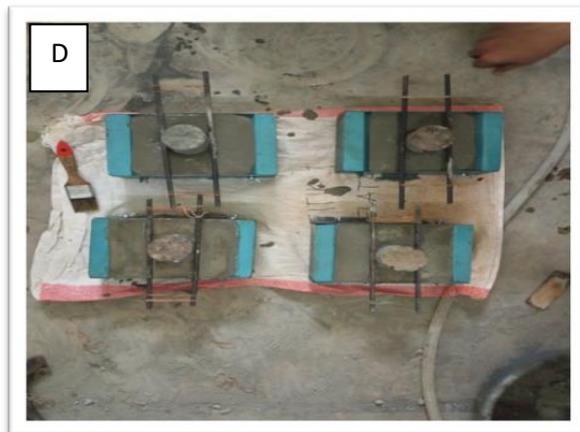
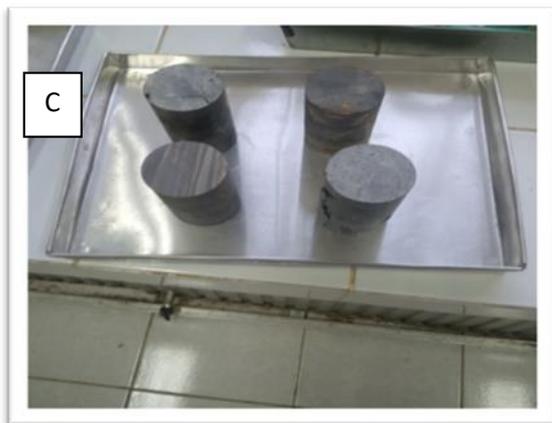


Foto 4.7

- A. Sampel hasil coring sebelum proses uji kuat geser langsung (*direct shear*)
- B Alat *Direct Shear* (Uji kuat geser langsung)
- C. Proses Pengujian batuan menggunakan alat *Direct Shear*
- D. Hasil Pengujian kuat geser langsung

E. Analisis Kestabilan Lereng

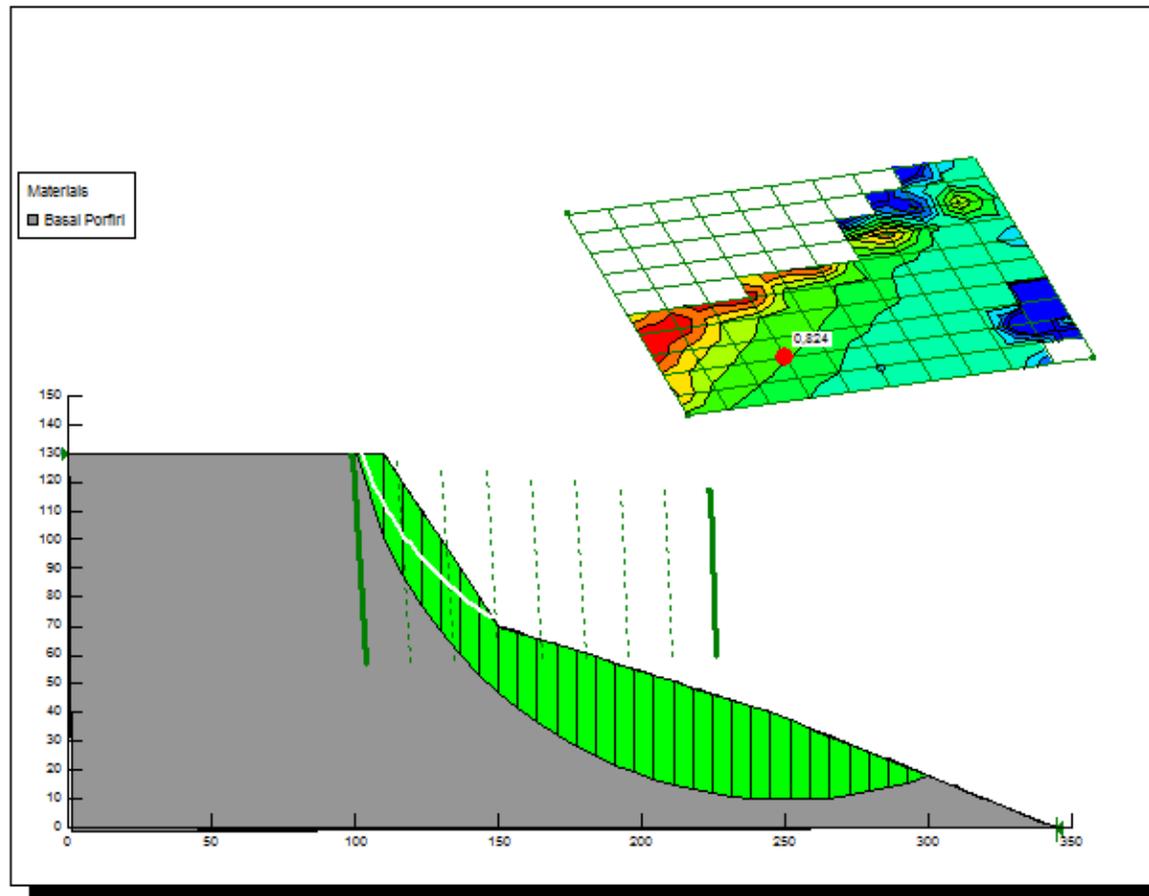
Analisis stabilitas ini merupakan hasil dari penggabungan data geometri lereng dengan hasil analisis laboratorium. Penggabungan data ini akan diolah dengan menggunakan aplikasi *Geostudio 2012 Slope/w*.

Analisis laboratorium sampel batuan (*Direct Shear*) .tujuan dari pengujian laboratorium ini adalah untuk mengetahui kekuatan geser batuan dan mendapatkan nilai sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c) dan berat isi (y) batuan (tabel 4.2). Parameter dari hasil uji laboratorium kemudian *diinput* ke dalam aplikasi *Geostudio 2012 Slope/w*.Bersamaan dengan geometri lereng,untuk mengetahui faktor keamanan lereng.

Dalam analisis kestabilan lereng dengan metode kesetimbangan batas (*Mohr-Coulomb*) kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan aplikasi *Geostudio slope/w 2012*. Perhitungan analisis kestabilan lereng dengan program ini memerlukan data yang diketahui lebih dahulu yaitu parameter geser batuan dan titik kordinat lereng yang akan dianalisis.

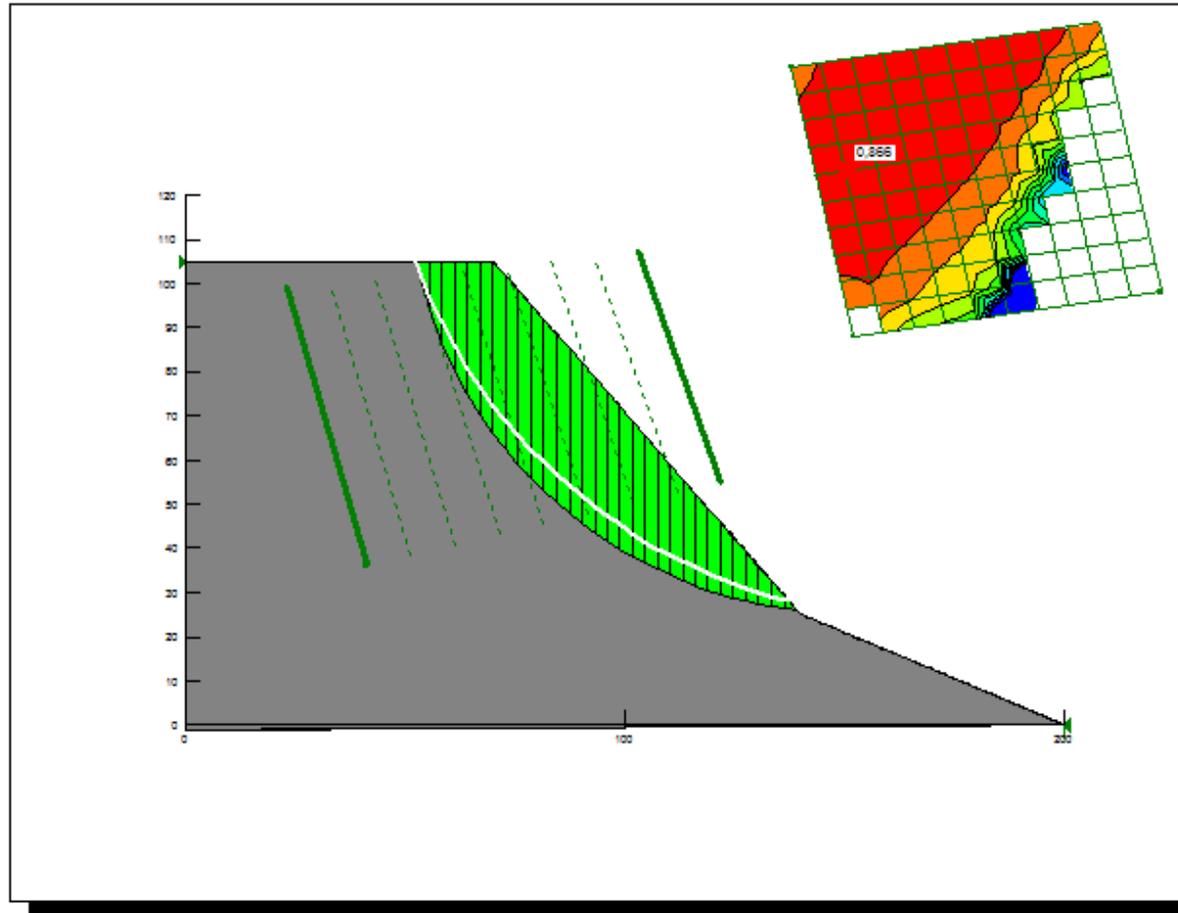
Setelah penulis melakukan simulasi perbandingan lereng tersebut diperoleh nilai faktor keamanan pada lereng stasiun 1 yaitu 0,824 (gambar 4.4) dan nilai faktor keamanan lereng pada stasiun 2 didapatkan, 0.866 (gambar 4.5). sehingga dapat di simpulkan bahwa kondisi kedua lereng rawan terhadap longsor(Bowles, 1984).

Analisis Nilai Faktor Keamanan berdasarkan nilai Sudut Geser Dalam, Kohesi dan Berat Jenis pada Stasiun Pengamatan 1 daerah Sapaya



Gambar 4. 8 Hasil analisa kestabilan lereng pada stasiun 1 dengan jenis litologi Basal, dan kemiringan lereng 28,57 menunjukkan nilai Faktor kemaan sebesar =0,824

Analisis Nilai Faktor Keamanan berdasarkan nilai Sudut Geser Dalam, Kohesi dan Berat Jenis pada Stasiun Pengamatan 2 daerah Parangloe



Gambar 4. 9 Hasil analisa kestabilan lereng pada stasiun 2 dengan jenis litologi Tufa dan kemiringan lereng 45 menunjukkan nilai Faktor kemanan sebesar $=0,86$

F. Hubungan antara Kestabilan lereng dengan Jenis Litologi dan Topografi

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam analisa kestabilan lereng adalah jenis material dan kondisi topografi, pada dua stasiun pengamatan dan pengambilan sampel batuan, menunjukkan jenis litologi yang berbeda dimana pada stasiun 1 disusun oleh Basal yang memiliki kandungan mineral piroksen, hornblende, plagioklas, opak dan massa dasar mikrolit, Di mana jenis material ini akan mudah mengalami pelapukan.

Kemudian bila ditinjau dari segi kondisi topografi, pada stasiun pengamatan 1 ini menunjukkan kemiringan lereng 28,57 derajat sehingga mengalami longsor.

Sedangkan pada stasiun 2 disusun oleh tiga jenis satuan yaitu Tufa, basalt dan breksi vulkanik yang mana masing-masing memiliki kandungan mineral hornblende, biotit, kuarsa dan gelas vulkanik, material jenis ini juga rentan mengalami pelapukan, Dari kondisi topografi pada stasiun pengamatan ini memiliki slope/kemiringan lereng 53,50 % sehingga rawan longsor.

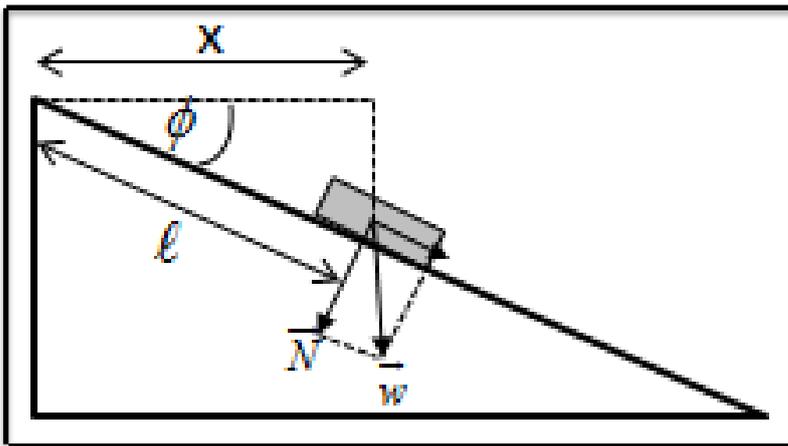
Tabel 4.6 Kelas lereng, dengan sifat-sifat proses dan kondisi alamiah yangkemungkinan terjadi dan usulan warna untuk peta relief secara umum (disadur dan disederhanakan dari Van Zuidam, 1985 dalam Noor, 2012)

Kelas Lereng	Sifat-sifat Proses dan Kondisi Alamiah	Warna
0° – 2° (0 – 2) %	Datar hingga hampir datar; tidak ada proses denudasi yang berarti	Hijau
2° – 4° (2 – 7) %	Agak miring; Gerakan tanah kecepatan rendah, erosi lembar dan erosi alur (sheet and rill erosion). rawan erosi	Hijau Muda
4° – 8° (7 – 15) %	Miring;sama dengan di atas, tetapi dengan besaran yang lebih tinggi. Sangat rawan erosi tanah.	Kuning
8° – 16° (15 – 30) %	Agak curam; Banyak terjadi gerakan tanah, dan erosi, terutama longsor yang bersifat nendatan.	Jingga
16° – 35° (30 – 70) %	Curam;Proses denudasional intensif, erosi dan gerakan tanah sering terjadi.	Merah Muda
35° – 55° (70 – 140) %	Sangat curam; Batuan umumnya mulai tersingkap, proses denudasional sangat intensif, sudah mulai menghasilkan endapan rombakan (koluvial)	Merah
>55° (>140) %	Curam sekali, batuan tersingkap; proses denudasional sangat kuat, rawan jatuhnya batu, tanaman jarang tumbuh (terbatas).	Ungu

Sumber: Noor, D. 2012. *Pengantar Dasar Geologi*. Bogor: Universitas Pakuan

G. Distribusi Jangkauan Maksimum Jatuhnya Material Longsor

Perhitungan Distribusi material Longsor yang jatuh menurut Firmansyah, dkk (2015) diperlukan informasi volume tanah yang tidak stabil, dan geometri area tersebut, selanjutnya pergerakan tanah dapat ditentukan menggunakan sebuah pendekatan model *Coulumb* sederhana dengan menghitung energi potensial awal yang dimiliki oleh massa tanah yang tidak stabil.



Untuk memperoleh jarak jangkauan maksimum, substitusi $v(x_{max}) = 0$ pada Persamaan :

$$mg(H_G - h(x_{maks})) = 0 + mgx_{maks} \tan(\phi)$$

$$L_G = x_{maks} = \frac{(H_G - h(x_{maks}))}{\tan(\phi)}$$

Perhitungan Jarak Jangkauan maksimum jatuhnya material longsor untuk stasiun 1 adalah sebagai berikut :

$$mg \sin(\Phi) = \mu N$$

$$(47^\circ) = 77,24 \text{ M}$$

$$(\sin 47 = 0,731) - (\cos 77,24 = 0,22)$$

$$\mu = 0,56 \tan (\Phi)$$

$$L_G = 132,13 - 47 (85,13) = 0 + 85,13 \tan (\Phi) 0,56$$

$$L_G = \frac{(132,13 - 47(85,13))}{0,56}$$

$$= 15,2 \text{ Meter}$$

Perhitungan Jarak Jangkaun maksimum jatuhnya material longsor untuk stasiun 2 adalah sebagai berikut :

$$mg \sin (\Phi) = \mu N$$

$$(45^\circ) = 118,14 \text{ M}$$

$$(\sin 45 = 0,707) - (\cos 118,14 = 0,46)$$

$$\mu = 0,95 \tan (\Phi)$$

$$L_G = 104,23 - 45 (59,23) = 0 + 59,23 \tan (\Phi) 0,95$$

$$L_G = \frac{(104,23 - 45 (59,23))}{0,95}$$

$$= 46 \text{ Meter}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas maka di peroleh bahwa pusat masa tanah jangkauan maksimum untuk masing-masing stasiun pengamatan berbeda yaitu untuk stasiun satu diperkirakan dapat mencapai jangkauan maksimum sebesar 15,2 meter sedangkan untuk stasiun dua diperkirakan dapat mencapai 46 meter.

Tabel. 4.7 Nilai parameter yang digunakan dalam menghitung prediksi jarak jangkauan jatuhnya material longsor untuk stasiun 1

Parameter	Nilai	Satuan
H (Tinggi Lereng)	132,13	M
Φ (Sudut gesek semu)	47	°
μ (Koefisien gesek)	0,56	tan
X (Jarak pusat massa setelah berpindah)	25,13	M
H (x) Tinggi Pusat massa pada jarak x	3,2	M
L (Jangkauan Longsor)	15,2	M

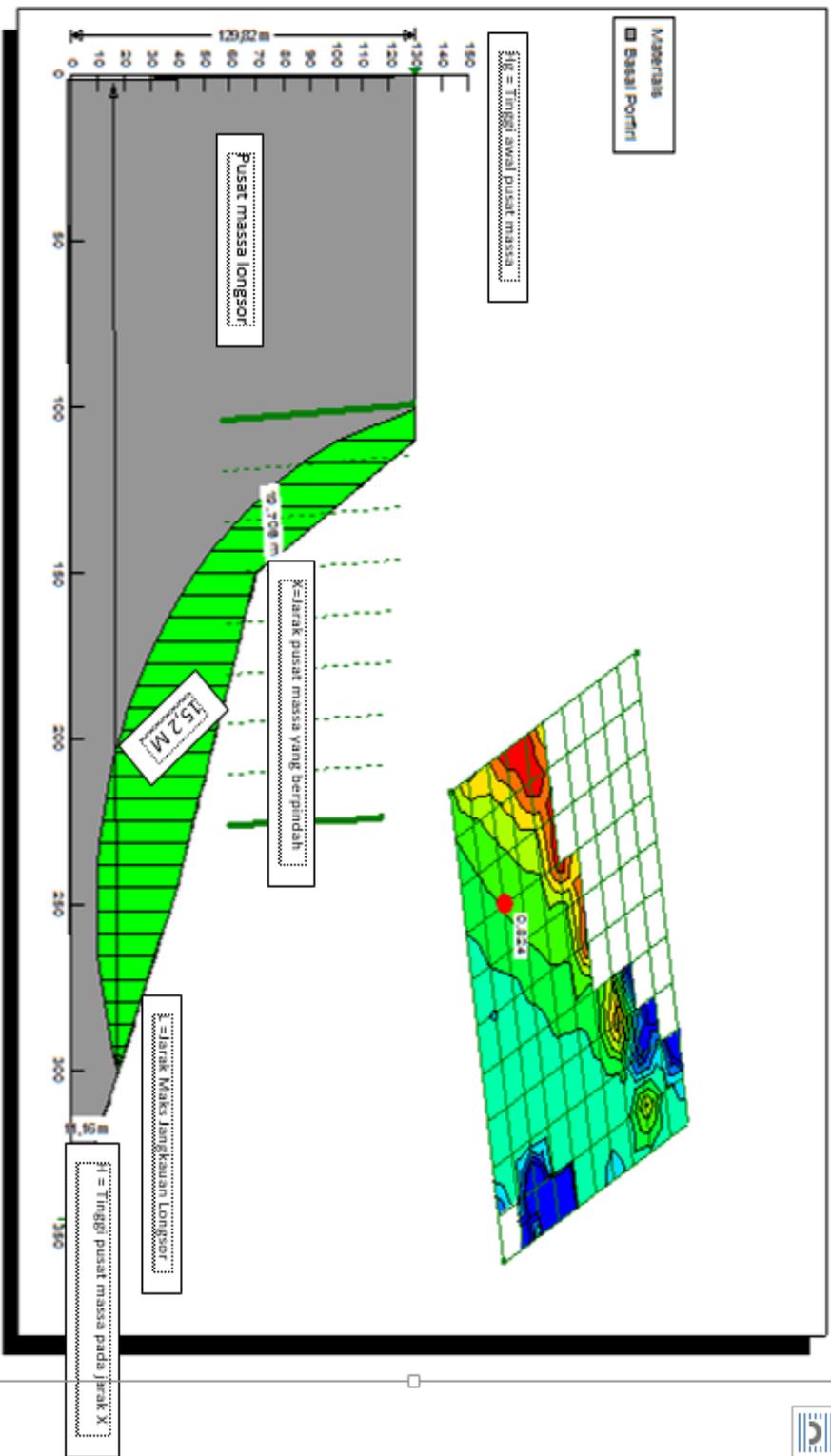
Tabel. 4.8 Nilai parameter yang digunakan dalam menghitung prediksi jarak jangkauan jatuhnya material longsor untuk stasiun 2

Parameter	Nilai	Satuan
H (Tinggi Lereng)	104,23	M
Φ (Sudut gesek semu)	45	°
μ (Koefisien gesek)	0,96	tan
X (Jarak pusat massa setelah berpindah)	59,23	M
H (x) Tinggi Pusat massa pada jarak x	5	M
L (Jangkauan Longsor)	46	M

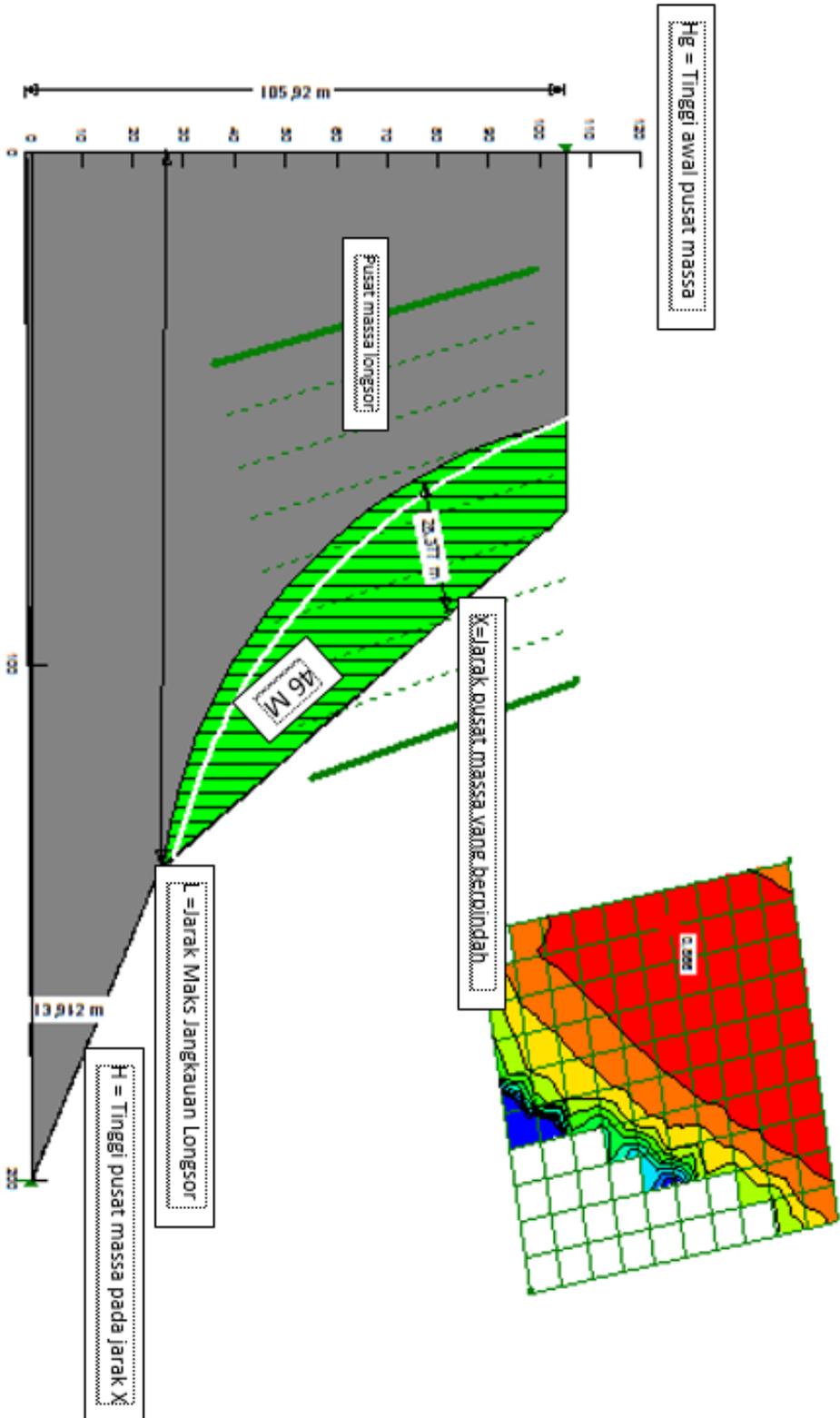
H. Hasil Simulasi hubungan Kestabilan Lereng(FK) dengan Distribusi Material Longsor

Dari hasil analisis yang menghasilkan angka keamanan diketahui bahwa kondisii kedua lereng tergolong dalam lereng yang kritis dimana memiliki nilai FK yang berbeda,yaitu stasiun pengamatan 1 nilai Fknya sebesar 0,824 dan stasiun pengamatan 2 nilai Fknya sebesar 0,089. Maka lereng yang paling kritis yaitu 0.866 (stasiun 2). Angka tersebut didukung sudut kemiringan lereng yang terjal, sehingga lereng pada lokasi penelitian merupakan lereng yang berada dalam keadaan tidak stabil dan rawan terjadi longsor dimana pada lokasi penelitian telah di jumpai adanya longsoran.

Selain itu hubungan antara Fk Lereng dengan nilai prediksi jarak jangkauan maksimum jatuhnya material longsor yang terjadi pada dua lokasi pengamatan nilainya berbeda yaitu untuk stasiun satu sebesar 15,2 meter, sedangkan untuk stasiun dua sejauh 46 meter.(Gambar 4.10 & Gambar 4.11)



Gambar 4.10 Hasil prediksi langkauan maksimum jatuhnya material longsor pada stasiun 1 sebesar 15,2 meter dengan nilai Faktor keamanan sebesar 0,874



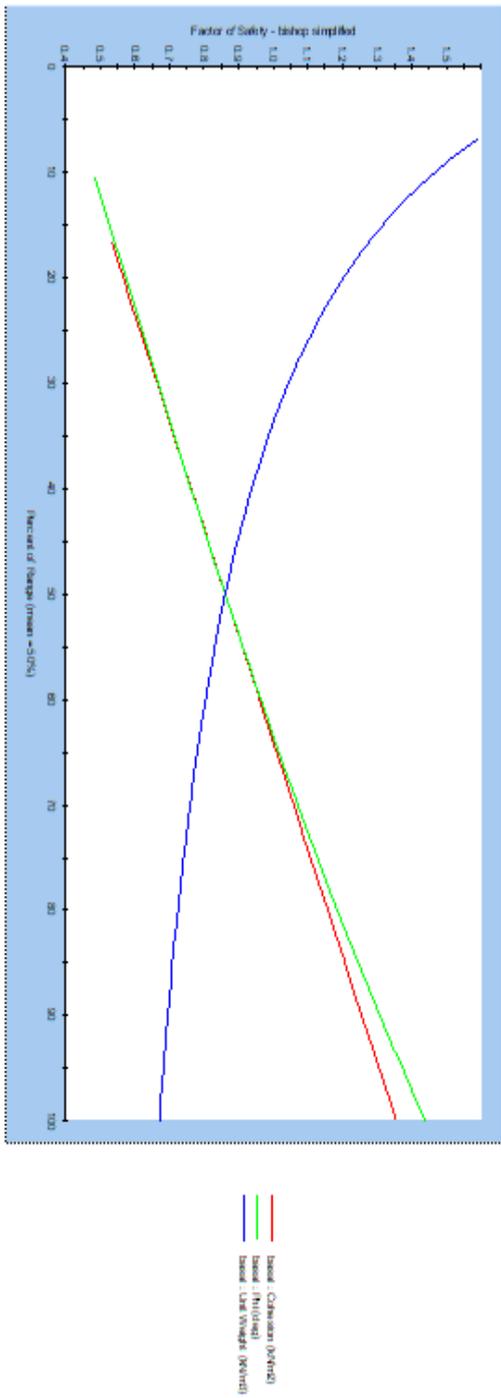
Gambar 4.10 Hasil prediksi jangkauan maksimum jatuhnya material longsor pada stasiun 2 sebesar 46 meter dengan nilai Faktor keamanan sebesar 0,866

I. Faktor Utama Penyebab longsor pada dua stasiun pengamatan

Faktor internal yang dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah adalah daya ikat (kohesi) tanah / batuan yang lemah sehingga butiran-butiran tanah / batuan dapat terlepas dari ikatannya dan bergerak ke bawah dengan menyeret butiran lainnya yang ada disekitarnya membentuk massa yang lebih besar. Lemahnya daya ikat tanah / batuan dapat disebabkan oleh sifat kesarangan (porositas) dan kelolosan air (permeabilitas) tanah / batuan maupun rekahan yang intensif dari massa tanah/batuan tersebut. Sedangkan faktor eksternal yang dapat mempercepat dan memicu terjadinya gerakan tanah terdiri dari berbagai sebab yang kompleks seperti sudut kemiringan lereng, perubahan kelembaban tanah/batuan karena masuknya air hujan, tutupan lahan dan pola pengolahan lahan, pengikisan oleh aliran air, ulah manusia seperti penggalian dan sebagainya.

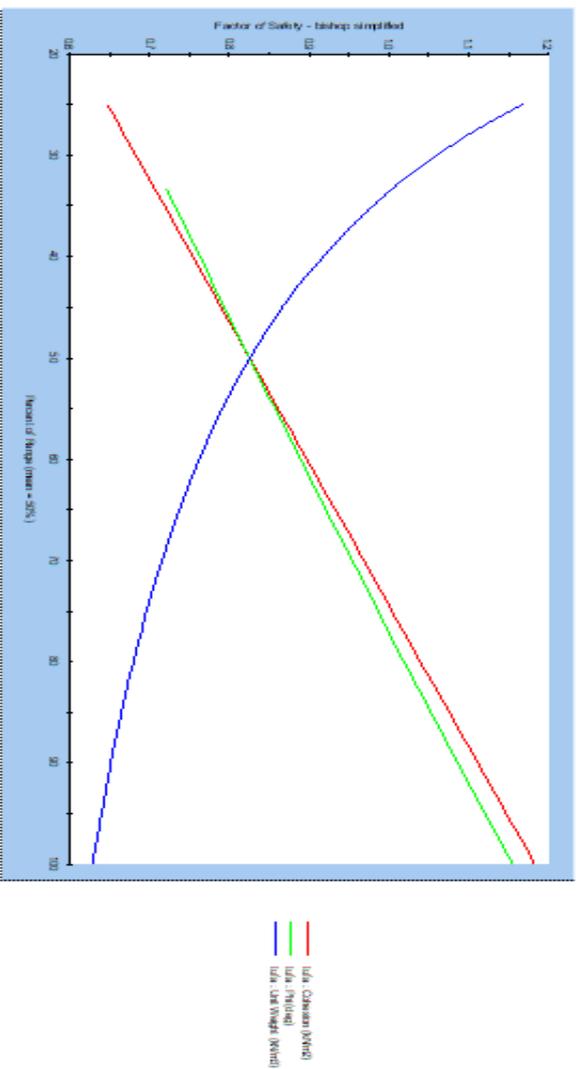
Hasil simulasi longsor yang didukung oleh grafik sensitifitas menunjukkan bahwa kedua lokasi penelitian yang telah terjadi longsor di sebabkan oleh faktor utama yaitu kecilnya Nilai Kohesi. dimana semakin kecil nilai kohesi membuat material didaerah tersebut akan mengalami longsor, namun apabila nilai kohesi semakin besar maka lereng tersebut akan semakin aman. Selain itu nilai Berat Jenis dan Sudut Gesek dalam menunjukkan nilai/angka yang stabil, maka apabila geometri lereng tersebut kembali normal maka yang mendasarinya adalah stabilnya nilai berat jenis dan sudut gesek dalam.

Grafik Sensitivitas



Dari Analisis Grafik Hubungan antara Nilai Kohesi, Sudut Gesek Dalam dan Berat Jenis, menunjukkan bahwa faktor utama yang mengakibatkan terjadinya Longsor pada stasiun pengamatan 1 disebabkan oleh kecilnya nilai kohesi, sehingga menunjukkan arah grafik yang menjadi menurun dan mengakibatkan longsor.

Gratik Sensitifitas



Dari Analisis Grafik Hubungan antara Nilai Kohesi, Sudut Gesek Dalam dan Berat Jenis, menunjukkan bahwa faktor utama yang mengakibatkan terjadinya Longsor pada stasiun pengamatan 2 disebabkan oleh kecilnya nilai Kohesi, sehingga menunjukkan arah grafik Kohesi yang menjadi menurun dan mengakibatkan terjadinya longsor.

J. Modifikasi Ulang Sudut Lereng

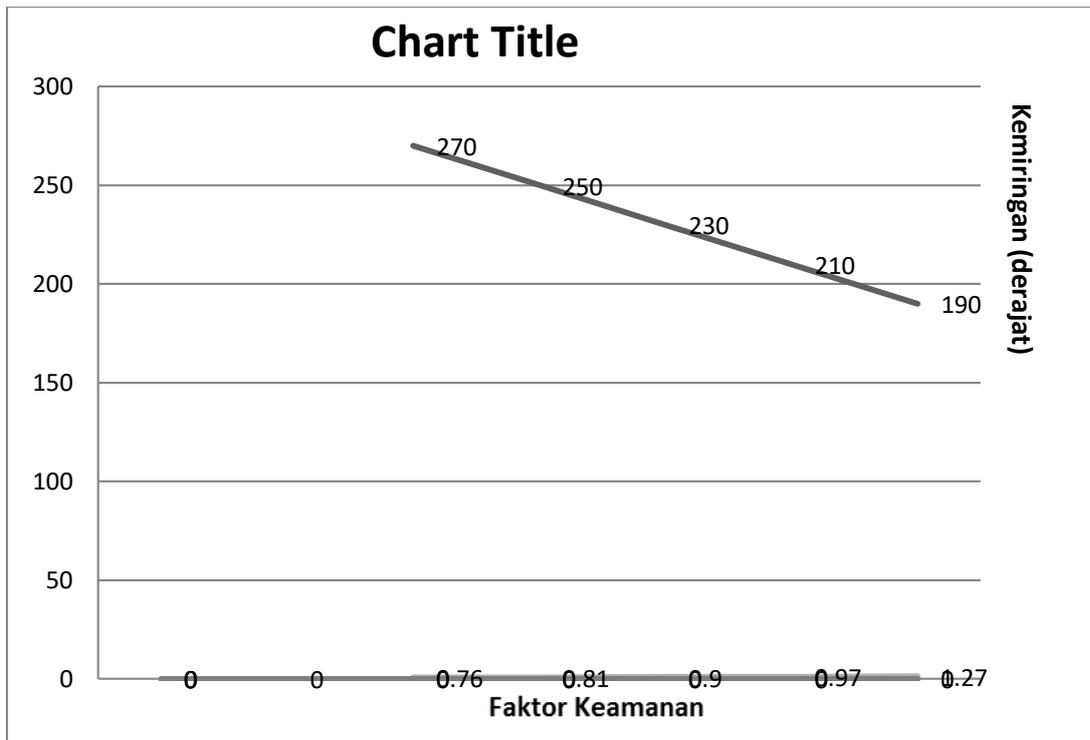
Pemodelan sudut lereng perlu dilakukan karena nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan pada gambar 4.8 sampai gambar 4.9 menghasilkan nilai faktor keamanan yang diperoleh masih lebih kecil dari 1,25 sehingga perlu dilakukan simulasi ulang terhadap kemiringan lereng awal.

Dalam hal ini pemodelan sudut lereng dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap faktor keamanan sebuah lereng. Pemodelan dilakukan dengan mengubah besarnya sudut kemiringan lereng (*single slope*) sebesar 27° , 25° , 23° , dan 21° dan 19° (Lampiran). Nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari pemodelan ulang geometri lereng dapat dilihat pada tabel 4.9. dan tabel 4.10. berikut :

Tabel 4.9. Perbandingan nilai faktor keamanan sampel 1 dengan perubahan sudut kemiringan awal dan geometri ke 2

Sudut Kemiringan	Faktor Keamanan	Keterangan Lereng aktual
27°	0,76	Desain 1
25°	0,81	Desai 2
23°	0,90	Desain 3
21°	0,97	Desain 4
19°	1,27	Desain 5

Pada tabel 4.9 diatas berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai faktor keamanan dengan perubahan sudut kemiringan $27^{\circ} = 0,76$, $25^{\circ} = 0,81$, $23^{\circ} = 0,90$, $21^{\circ} = 0,97$ dan $19^{\circ} = 1,27$. Grafik yang menunjukkan perbedaan nilai faktor keamanan disajikan pada gambar berikut :

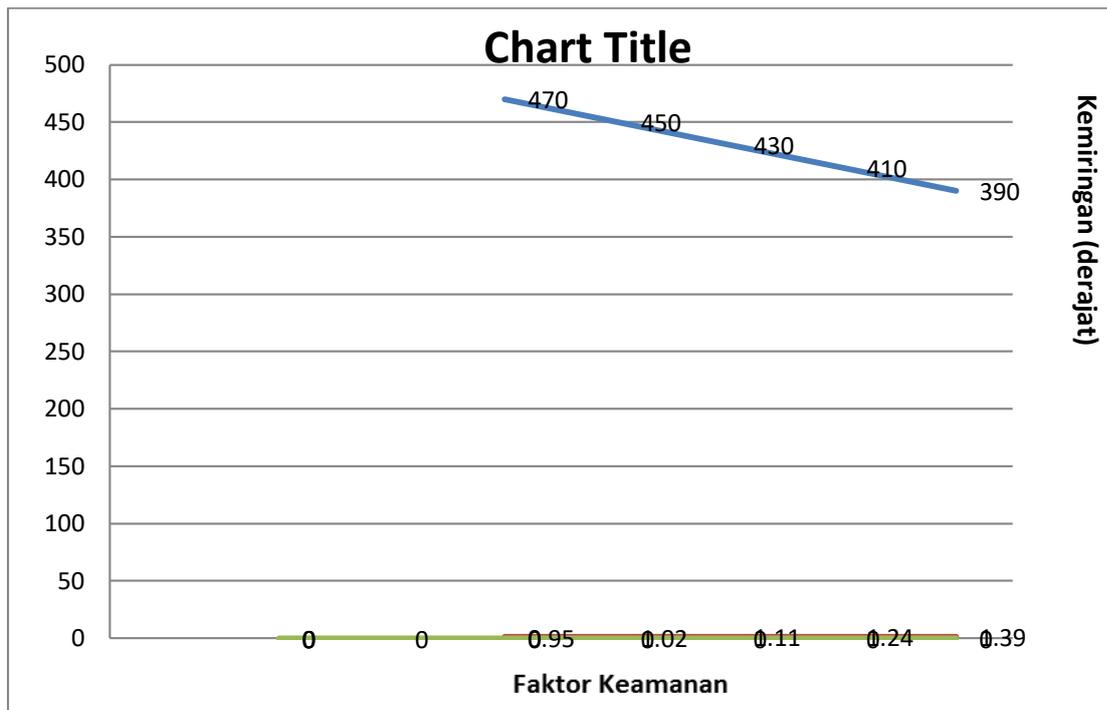


Gambar 4.5. Grafik nilai faktor keamanan perubahan sudut kemiringan lereng stasiun 1

Tabel 4.10. Perbandingan nilai faktor keamanan sampel 2 dengan perubahan sudut kemiringan awal dan geometri ke 2

Sudut Kemiringan	Faktor Keamanan	Keterangan Lereng aktual
47 ⁰	0,95	Desain 1
45 ⁰	1,02	Desai 2
43 ⁰	1,11	Desain 3
41 ⁰	1,24	Desain 4
39 ⁰	1,39	Desain 5

Tabel 4.10 diatas berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai faktor keamanan dengan perubahan sudut kemiringan 47⁰ = 0,95, 45⁰ = 1,02, 43⁰ = 1,11, 41⁰ = 1,24 dan 39⁰ = 1,39. Dari hasil perhitungan faktor keamanan diatas menunjukkan bahwa perubahan sudut kemiringan lereng menghasilkan faktor keamanan lebih besar dari perubahan geometri dengan mengubah sudut kemiringan. Grafik yang menunjukkan perbedaan nilai faktor keamanan disajikan pada gambar berikut :



Gambar 4.6. Grafik nilai faktor keamanan perubahan sudut kemiringan lereng stasiun 2

Perubahan Topografi pada suatu daerah sangat berpengaruh terhadap angka kestabilan lereng daerah tersebut di mana hasil perhitungan faktor keamanan dengan mengubah sudut kemiringan lereng cukup signifikan yang memperlihatkan semakin kecil sudut kemiringan suatu lereng maka nilai faktor keamanan semakin besar. Faktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah pada lokasi penelitian yaitu geometri lereng yang memiliki kemiringan sangat terjal menyebabkan tanah penyusun lereng berada pada keadaan jenuh sehingga mempengaruhi gerakan tanah pada lokasi penelitian.

Dari hasil perhitungan faktor keamanan diatas menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh lebih kecil sehingga dapat mengikuti nilai parameter dari Dr. K. Kikuchi, et al. (1982) sehingga faktor keamanan yang dihasilkan sangat berbeda.

Hal-hal yang perlu diperhatikan terhadap kerentanan gerakan tanah pada lokasi penelitian agar nantinya dapat mengurangi resiko bencana alam gerakan tanah sebagai berikut:

- Mengubah sudut kemiringan lereng dan jumlah jenjang lereng sehingga faktor keamanan pada lereng semakin tinggi.
- Penguatan lereng dengan cara pemasangan kawat penahan pada kaki lereng.
Penanaman pohon sehingga dapat menahan gerakan tanah

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tentang Distribusi Jangkauan material longsor pada daerah Sapaya dan Parangloe, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dua Stasiun Pengamatan tergolong dalam daerah yang rawan longsor dengan nilai FK stasiun 1 (0,824) dan stasiun 2(0,866)
2. Perubahan Topografi pada suatu daerah sangat berpengaruh terhadap angka kestabilan lereng di mana nilai kohesi yang bertambah akan menunjukkan semakin besarnya pula faktor keamanannya (FK)
3. Hubungan antara Distribusi jangkauan jatuhnya material longsor pada dua stasiun pengamatan dan nilai faktor kemanan (FK) suatu daerah sangat berpengaruh, di mana pada stasiun satu dengan FK 0,824 menunjukkan jangkauan jatuhnya material sebesar 15,2 meter dan pada stasiun dua dengan FK 0,826 menunjukkan jangkauan jatuhnya material sebesar 46 meter.

B. Saran

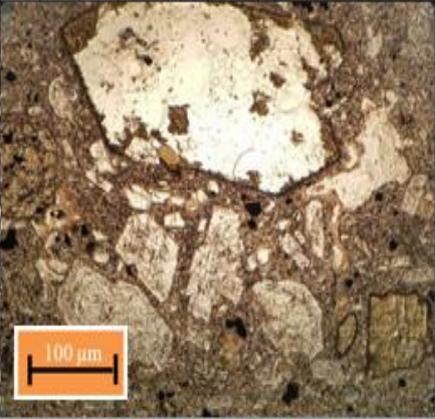
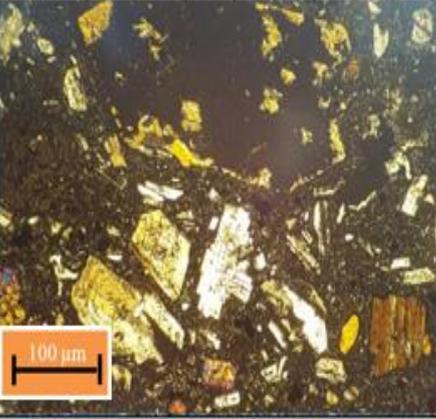
Kedua Daerah Penelitian (Sapaya & Parangloe) merupakan daerah yang tergolong kritis terhadap gerakan tanah, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut , dan juga data yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi dengan menggunakan parameter-parameter geologi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, MG, 1983. ***Jalan-potong kemiringan topografi dan stabilitas hubungan di St Lucia, Hindia Barat.*** Diterapkan Geografi 3, 104-114.
- Atkinson, PM, Massari, R., 1998. ***Generalized pemodelan linearkerentanan terhadap landsliding di Apennines pusat, Italia.*** Komputer dan Geosciences 24, 373-385.
- Aleotti, P., Chowdhury, R., 1999. ***penilaian bahaya Tanah Longsor: tinjauan ringkasan dan perspektif baru.*** Buletin Teknik Geologi dan Lingkungan 58, 21-44.
- Arya pratama, 2015. ***Studi Kawasan Kerentanan Longsor Pada Ruas Jalan Poros Malino – Tondong Kabupaten Gowa – Sinjai Dengan Menggunakan Aplikasi ARCGIS***
- Aditya Angga., Selly Feranie, Adrin Tohari, Foureier D.E. Latief 2016. ***Karakterisasi Lereng Berpotensi Longsor Serta Upaya Mitigasi Bencananya, Studi Kasus di Badan Jalan Lembang dan Cijambe – Subang***
- Bowles, J.E. 1993, ***Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)***(terjemahan), edisi 2, Erlangga, Jakarta
- Busthan Azikin, 2007. ***Studi Penyebab Longsor di Daerah Alejjang Kecamatan Barru Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan.***
- Busthan Azikin, A. M. Imran, 2013. ***Pengendalian dan Mitigasi Geologi Tanah Longsor Malino-Manipi, Sulawesi Selatan Indonesia***
- Busthan, 2015. ***Analisis Kerentanan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Tingkat Pelapukan Batuan Vulkanik***
- Busthan Azikin, A.M.Imran, Muhammad Ramli, 2016. ***Kerentanan Longsor Malino – Manipi Sulawesi Selatan Indonesia***
- Bahaya Longsor menggunakan regresi logistik dan GIS. 4 Int. ***Konferensi Mengintegrasikan GIS dan Pemodelan Lingkungan***, Alberta, Kanada. 9 pp
- Firmansyah dkk, 2015. ***Prediksi Jangkauan Tanah Longsor Menggunakan Metode Gesekan Coulumb Sederhana*** Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015
- Hendra Pachri, 2015. ***“Spatial Variation in soil depth and failure of shallow slopes on Mount Sangun, Japan Fukuoka Prefecture.”***
- Hendra Pachri, 2015. ***“Propobability of the slopes is influenced by the dept of the soil on Mount sangun Fukuoka Prefectur Japan”***

- Intan chalid, 2015. ***Analisis Kestabilan Lereng Tabbingjai Area Km 114 +460. Kecamatan Tombolopao. Kabupaten Gowa***
- Karnawati, D. 2005. ***Bencana alam Gerakan Tanah di Indonesia dan Upaya Penaggulangannya, Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gajahmada, Yogyakarta.***
- Noor. D, 2012 ***Pengantar Dasar Geologi.*** Bogor: Universitas Pakuan
- Pachauri, AK, Pant, M.,1992. ***pemetaan bahaya Longsor berdasarkan atribut geologi.*** Teknik Geologi 32, 81-100.
- Sukamto Rab & Sam Supriatna. 1982. ***Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai,*** Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung
- Varnes D.J., 1978, ***Slope Movement types and Processes. Special report 176; Landslide; Analisis and Control,*** Eds; R.I., Schuster dan R.J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

LAMP IRAN

No Sampel / No contoh : SPY/BB/ST 1		Nama Batuan : Basal Porfiri
Lokasi : Stasiun 01		
Tipe Batuan	: Batuan Beku	
Tipe Struktur	: Massive	
Klasifikasi	: R.B. Travis, 1955	
Kenampakan Mikroskopis : Kenampakan mikroskopis batuan, tidak berwarna- putih kekuningan , warna interferensi berwarna orange keabu-abuan, memiliki tekstur kristalinitas holokristalin, granularitas faneritik, tekstur khusus vitrofitik bentuk subhedral-anhedral, relas inequigranular dengan ukuran mineral 2 – 10 mm. adapun mineral penyusun batuan yaitu ortoklas, hornblende, dan piroksen		
Deskripsi Mineralogi		
Komposisi Mineral	Jumlah (%)	Keterangan optik mineral
• Ortoklas (I1)	6.67	Warna absorpsi tidak berwarna, relief Sedang, intensitas kuat, indeks bias $N_{\text{Ort}} > N_{\text{Ca}}$, bentuk subhedral-anhedral, ukuran mineral 10 mm, belahan tidak ada, warna interferensi abu-abu, sudut gelap 37°, jenis gelap miring, kembaran kalsbad
• Hornblende (J5)	20	Warna absorpsi coklat, relief sedang, intensitas sedang, indeks bias $N_{\text{Hbl}} > N_{\text{Ca}}$, ukuran mineral 1 mm, bentuk subhedral-anhedral (prismatik panjang). Warna interferensi orange kecoklatan, Sudut gelap 24°, jenis gelap miring
• Piroksen (A5) (Aegirin)	21.63	Warna absorpsi Kuning, Kecoklatan, relief tinggi, intensitas rendah, indeks bias $N_{\text{Pir}} > N_{\text{Ca}}$, ukuran mineral 1 mm, bentuk subhedral-anhedral. Warna interferensi ungu kemerahan orde III bagian atas Sudut gelap 14, jenis gelap miring
• Plagioklas (G4) Labradorit	20	Warna absorpsi Kuning, Kecoklatan, Relief sedang, intensitas kuat, indeks bias $N_{\text{Plg}} > N_{\text{Ca}}$, ukuran mineral 0.05 – 1,50 mm, bentuk subhedral-anhedral, Warna interferensi Abu-abu kehitaman, jenis kembaran albit, Sudut gelap 31°, jenis gelap miring
• Olivin	6.67	Warna absorpsi kecoklatan, relief tinggi, intensitas cahaya rendah, indeks bias $N_{\text{Oli}} > N_{\text{Ca}}$, warna Interferensi kuat, Biru tua keunguan dengan Orde II atas, ukuran mineral 1 mm, belahan 2 arah dengan pecahan tidak teratur, sudut gelap 17° dengan jenis gelap miring
• Massa Dasar (J6)	25	Warna absorpsi tidak berwarna, warna interferensi kuning gelap ukuran mineral > 0.02 mm
Foto		
A B C D E F G H I J	A B C D E F G H I J	A B C D E F G H I J
1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
<i>// - Sejajar</i>		<i>X - Silang</i>

No Sampel / No contoh : PRL/BR/ST 2		Nama Batuan: <i>Vitric Tuff</i> (Petijohn, 1975)			
Lokasi : Stasiun 02					
Jenis Batuan (Rock Type) : Piroklastik					
Jenis Struktur (Type of Structure) : Berlapis					
Mikroskopis (Microscopic) Savatan batuan piroklastik berwarna abu-abu pada nikol sejajar dan abu-abu kehitaman pada nikol silang, tekstur klastik, bentuk subrounded - subangular, ukuran butir 0.02 - 4 mm, komposisi mineral terdiri dari kuarsa, ortoklas, rock fragmen, gelas vulkanik, klorit dan mineral opak.					
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Description)					
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>			
• Kuarsa (8I)	15	Nikol sejajar warna absorpsi abu - abu, pleokrisma -, intensitas lemah, relief rendah, bentuk subrounded - subangular, indeks bias $n_{min} > n_{ch}$, belahan tidak ada, pada nikol silang warna interferensi maksimum putih, sudut gelap 3 ^o jenis gelap bergelombang, ukuran mineral 0.02 - 0.07 mm.			
• Ortoklas (3C)	5	Nikol sejajar warna absorpsi abu - abu, pleokrisma -, intensitas lemah, relief rendah, bentuk subrounded - subangular, indeks bias $n_{min} < n_{ch}$, belahan tidak ada, pada nikol silang warna interferensi maksimum putih, sudut gelap 31 ^o jenis gelap miring, ukuran mineral 0.02 - 0.3 mm.			
• Rock Fragmen (2B)	30	Nikol sejajar warna absorpsi coklat hitam, bentuk granular, relief lemah, intensitas rendah, warna interferensi abu - abu kehitaman, ukuran fragmen 2 - 4 mm			
• Klorit (4-5/E-F)	5	Nikol sejajar warna absorpsi abu - abu, pleokrisma -, intensitas lemah, relief rendah, bentuk subrounded - subangular, indeks bias $n_{min} > n_{ch}$, belahan tidak ada, pada nikol silang warna interferensi maksimum putih, sudut gelap 31 ^o jenis gelap miring, ukuran mineral 0.02 - 0.2 mm.			
• Mineral opak (A8)	5	Warna pada nikol sejajar dan silang hitam, tidak tembus cahaya, intensitas mineral tinggi dengan relief tinggi, ukuran 0.2 mm.			
• Gelas vulkanik (7G)	40	Warna pada nikol sejajar kuning, pleokrisma monokroik, intensitas lemah, relief rendah, bentuk anedral. Ukuran mineral < 0,02 mm, warna interferensi maksimum pada nikol silang abu-abu.			
Foto					
A B C D E F G H I J		A B C D E F G H I J			
1		1			
2		2			
3		3			
4		4			
5		5			
6		6			
7		7			
8		8			
// - Nikol		X - Nikol			



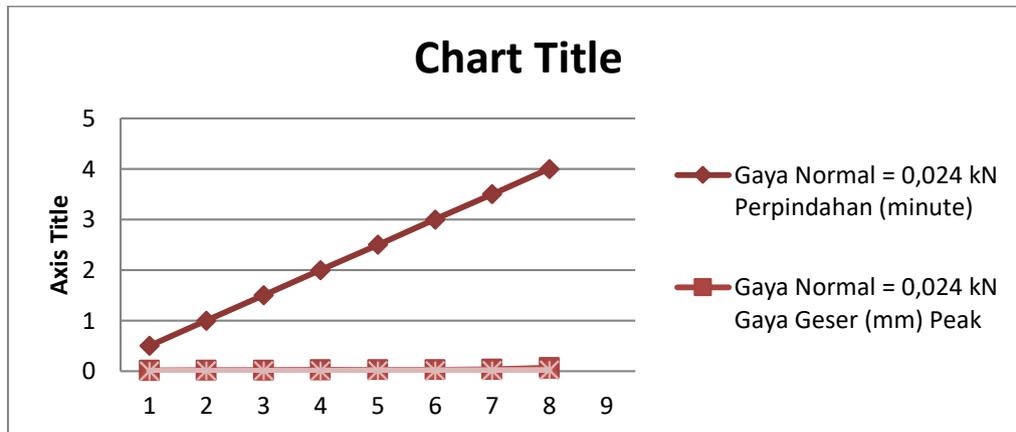
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Fakultas Teknik

Jalan malino, Borongloe, Bontomarannu Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

Data Sampel

Jenis Batuan	: Batuan Basalt
Lokasi Sampel	: Daerah Sapaya
Tanggal Pengujian	: 27 Juni 2019
Bentuk Sampel	: Silinder
Dimensi L/D ²	: 10/2.25 ²
Luas Jariπ ²	: 3.14 x 2.25 ² =
19.625 cm ²	
Beban Normal	: 8 kg
Tegangan Normal	: 8/19.625 cm ² =
0.76 kg/cm ²	

Gaya Normal = 0,024 kN				
Pergeseran/Perpindahan (minute)	Gaya Geser (mm)		Gaya Geser (kN)/ Gaya Horizontal	
	Peak(mm)	Residual (mm)	Peak (mm)	Residual (mm)
0,5	0,02	0,01	0,008	0,004
1	0,02	0,02	0,008	0,008
1,5	0,02	0,02	0,008	0,008
2	0,03	0,02	0,012	0,008
2,5	0,03	0,03	0,012	0,012
3	0,03	0,03	0,012	0,012
3,5	0,04	0,03	0,016	0,012
4	0,07	0,05	0,028	0,02





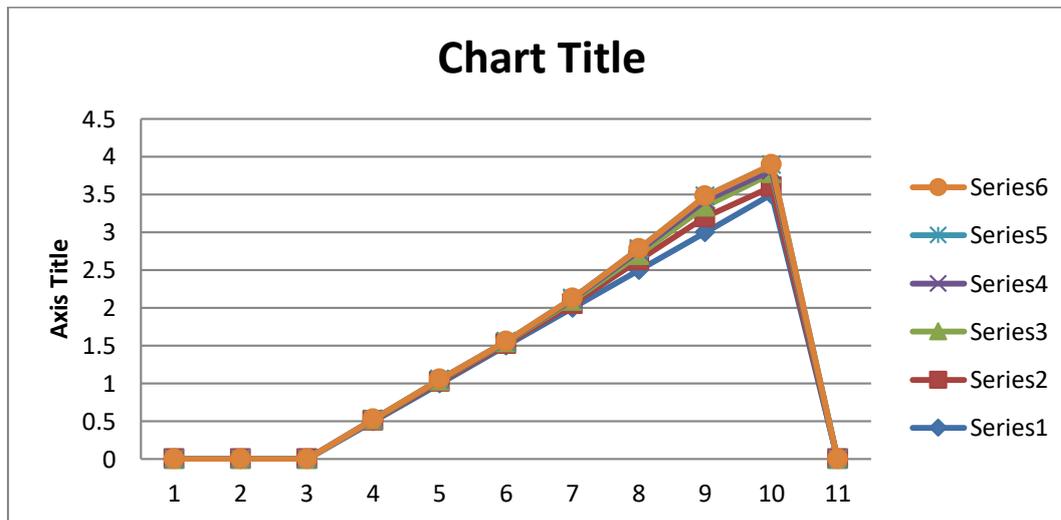
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Fakultas Teknik

Jalan malino, Borongloe, Bontomarannu Kabupaten Gowa, Sulawesi
Selatan 92119

Data Sampel

Jenis Batuan (Vitric Tuff)	: Batuan Tuffa
Lokasi Sampel Parangloe	: Daerah
Tanggal Pengujian	: 27 Juni 2019
Bentuk Sampel	: Silinder
Dimensi L/D ²	: 10/2.25 ²
Luas Jari ² 19.625 cm ²	: 3.14 x 2.25 ² =
Beban Normal	: 11 kg
Tegangan Normal 0.56 kg/cm ²	: 11/19.625 cm ² =

Pergeseran/pindahan (minute)	Gaya Geser (mm)		Gaya Geser (kN)/Gaya Horizontal	
	Peak (mm)	Residual (mm)	Peak (mm)	Residual (mm)
0,5	0,01	0,01	0,004	0,004
1	0,02	0,02	0,008	0,008
1,5	0,02	0,02	0,008	0,008
2	0,05	0,04	0,02	0,016
2,5	0,13	0,07	0,052	0,028
3	0,2	0,14	0,08	0,056
3,5	0,1	0,18	0,04	0,072



1. Bobot Isi asli (Natural Density) = $\frac{wb}{Ww-Ws}$
2. Bobot Isi kering (dry density) = $\frac{Wo}{Ww-Ws}$
3. Bobot Isi jenuh (saturated density) = $\frac{Ws}{Ww-Ws}$
4. Apparent Specific gravity = $\frac{Wo}{Ww-Ws}$ / bobot isi air
5. True specific gravity = $\frac{Wo}{Wo-Ws}$ / bobot isi air
6. Kadar air asli (natural water content) = $\frac{Wn-Wo}{Wo} \times 100\%$
7. Saturated Water Content (absorption) = $\frac{Ww-Wo}{Wo} \times 100\%$
8. Derajat kejenuhan = $\frac{Wn-Wo}{Ww-Wo} \times 100\%$
9. Porositas $n = \frac{Ww-Wo}{2aWw-Ws} \times 100\%$
10. Void ration = $e = \frac{n}{1-n}$
11. Berat Volume = $\frac{WW}{VOLUME}$

Kegiatan : Berat Jenis

Lokasi Penelitian : Sapaya dan Parangloe

Tanggal Pengujian : 23 Juni 2019

Sampel	Beras asli (gram/cm ³)WN	Berat kering (gram/cm ³)WO	Berat basa tergantung (gram/cm ³)WS	Berat basah(gram/cm ³)ww	Bobot isi asli (natural density)	Bobot isi kering (dry density)	Bobot isi jenuh (saturated density)	Berat isi semu (apparent specific gravity)	Berat jenis sejati (true , specific, grafitiy)	Kadar air asli (natural content water)	Saturated Water content (absorption)	Derajat Kejuhuan	Porositas	Berat Volume
I	123	234	215	84	244	1,46	1,34	1,53	1,34	1,64	0,09	0,13	18,13	31
II	131	119	74	154	1,64	1,49	1,93	1,49	2,64	0,10	0,29	0,34	43,75	20

Jenis Pengujian : Sifat Fisik Batuan

Volume : 100 cm³

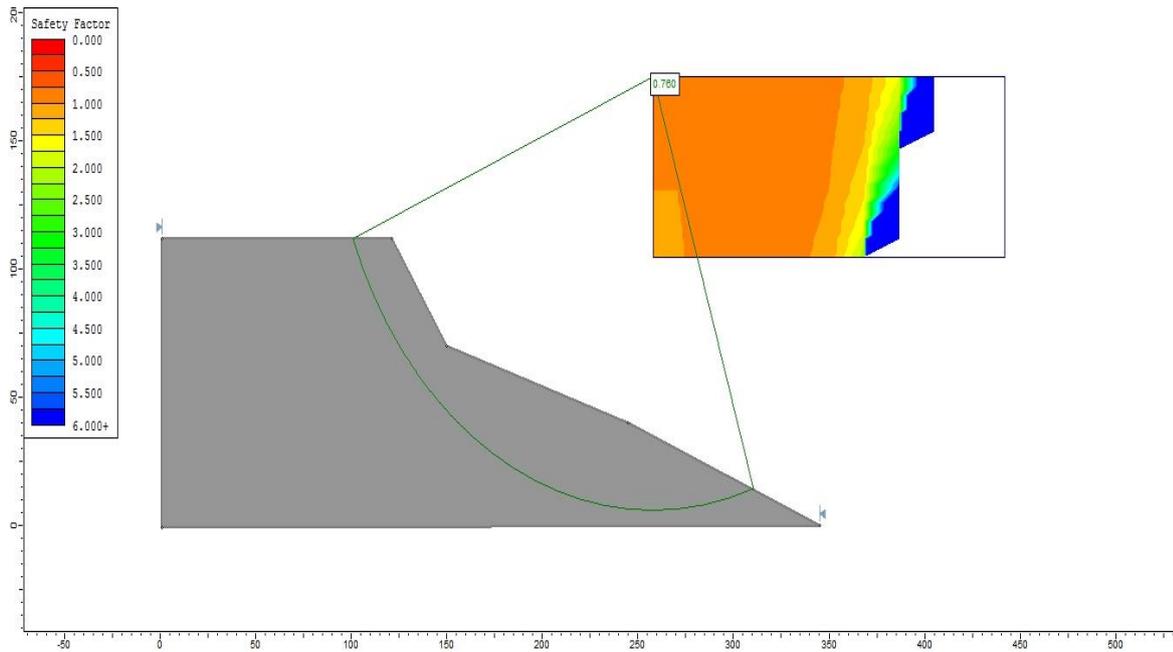
Alat yang digunakan : Eksikator

Oven

Timbangan Diigital

Ember/ Bak Air

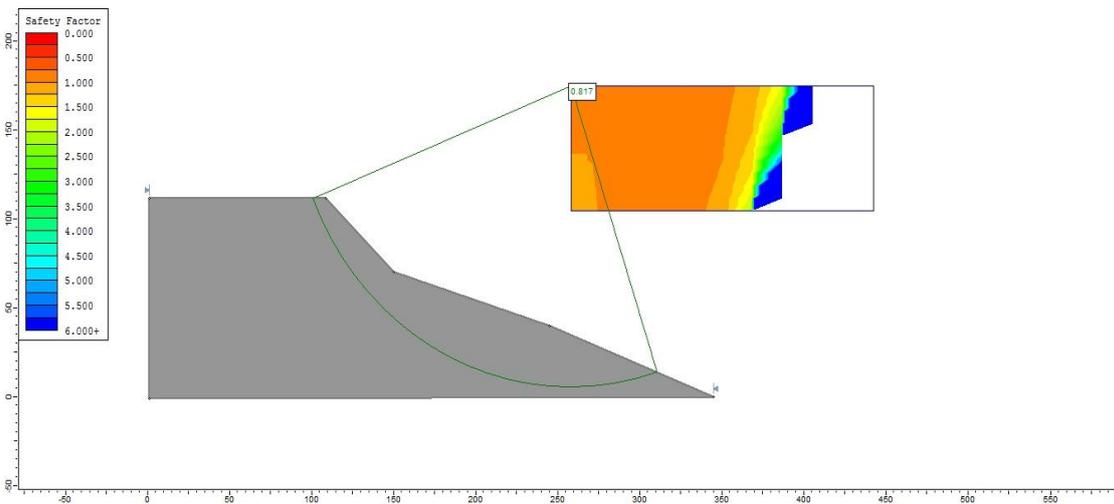
Hasil Simulasi Modifikasi Ulang Sudut Lereng pada Stasiun Pengamatan 1



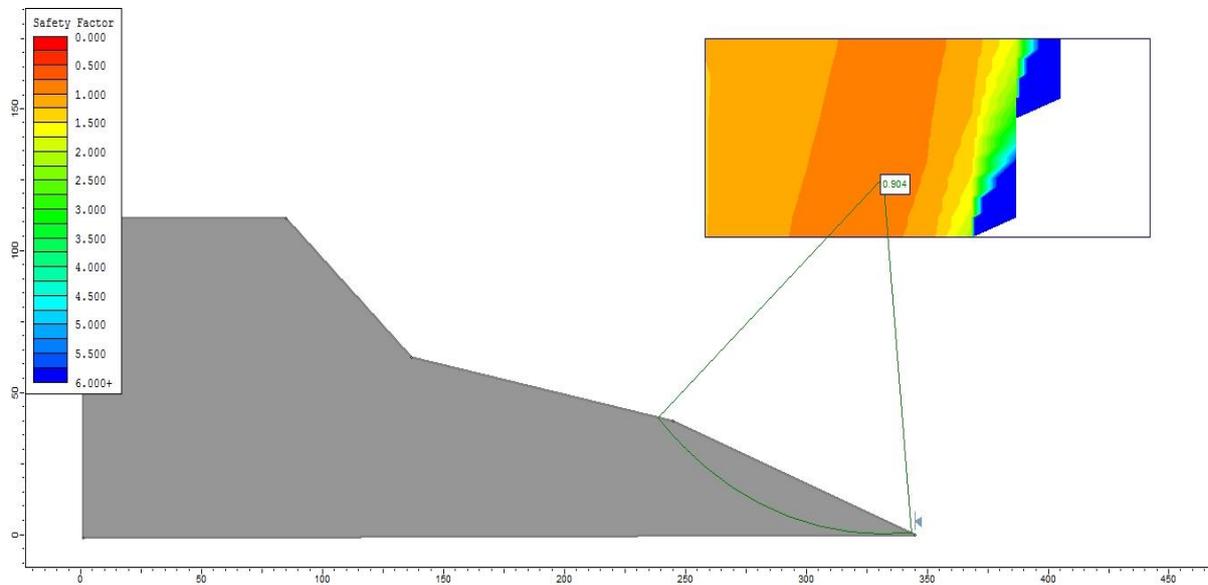
Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 1 dengan sudut kemiringan sebesar 27° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=0,76$

Lampiran 4: Hasil Simulasi Stasiun

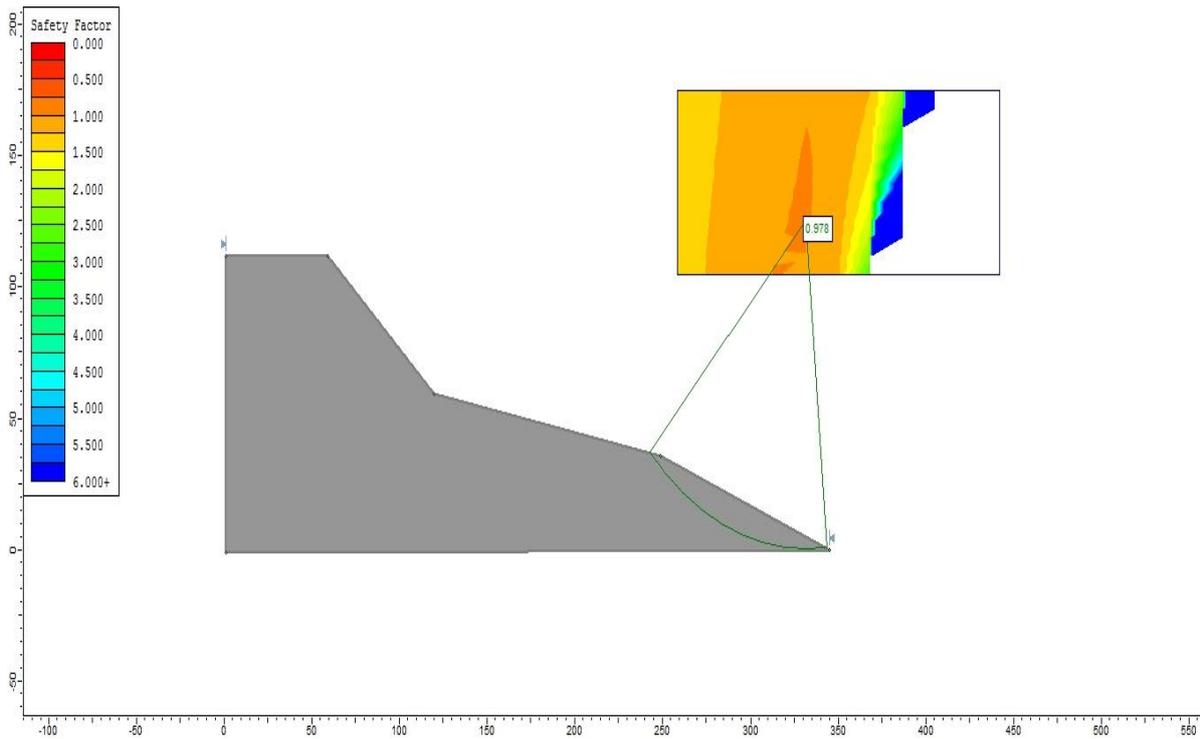
92



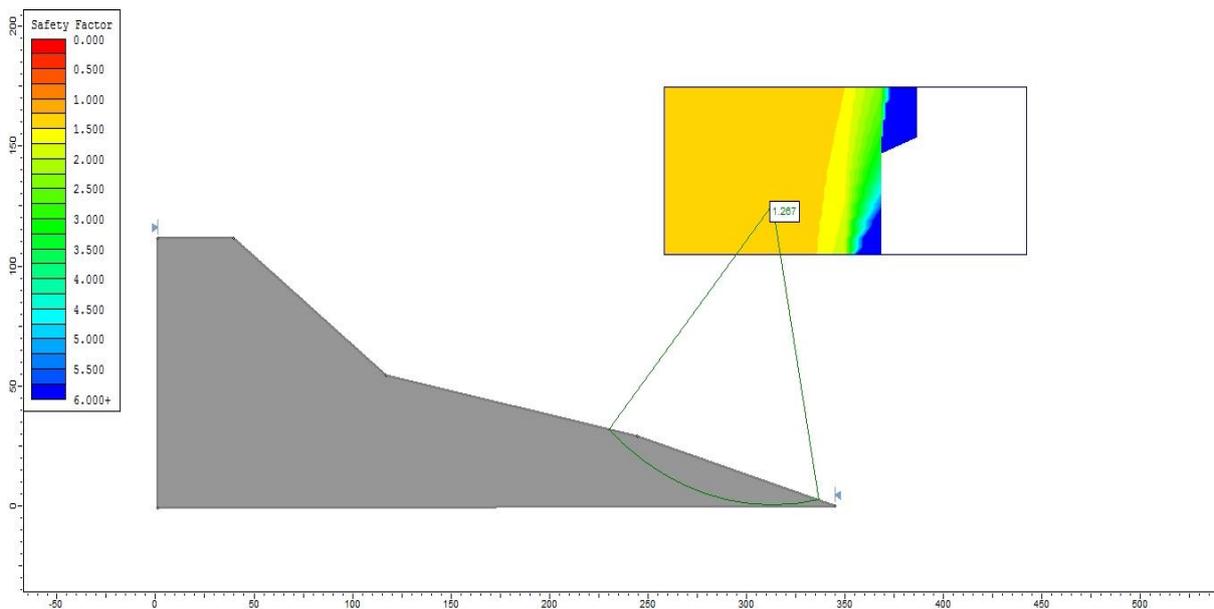
Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 1 dengan sudut kemiringan sebesar 25° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=0,81$



Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 1 dengan sudut kemiringan sebesar 23° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=0,90$

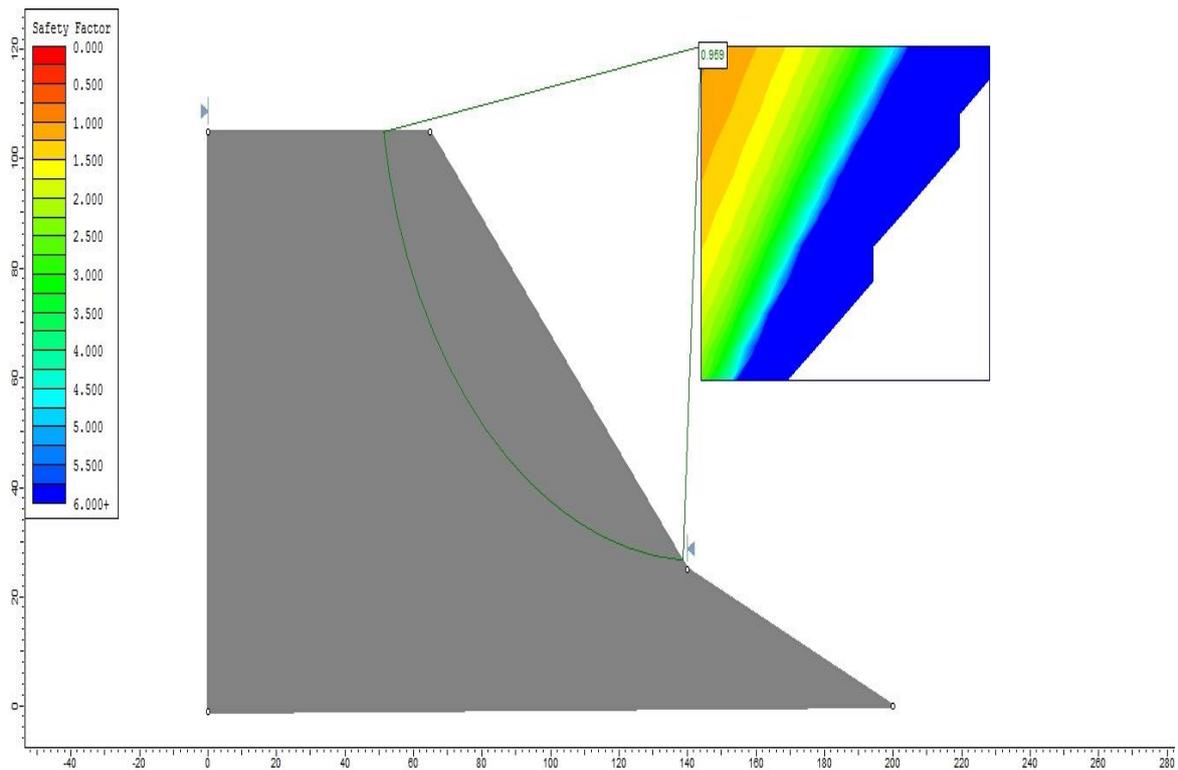


Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 1 dengan sudut kemiringan sebesar 21° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=0,97$

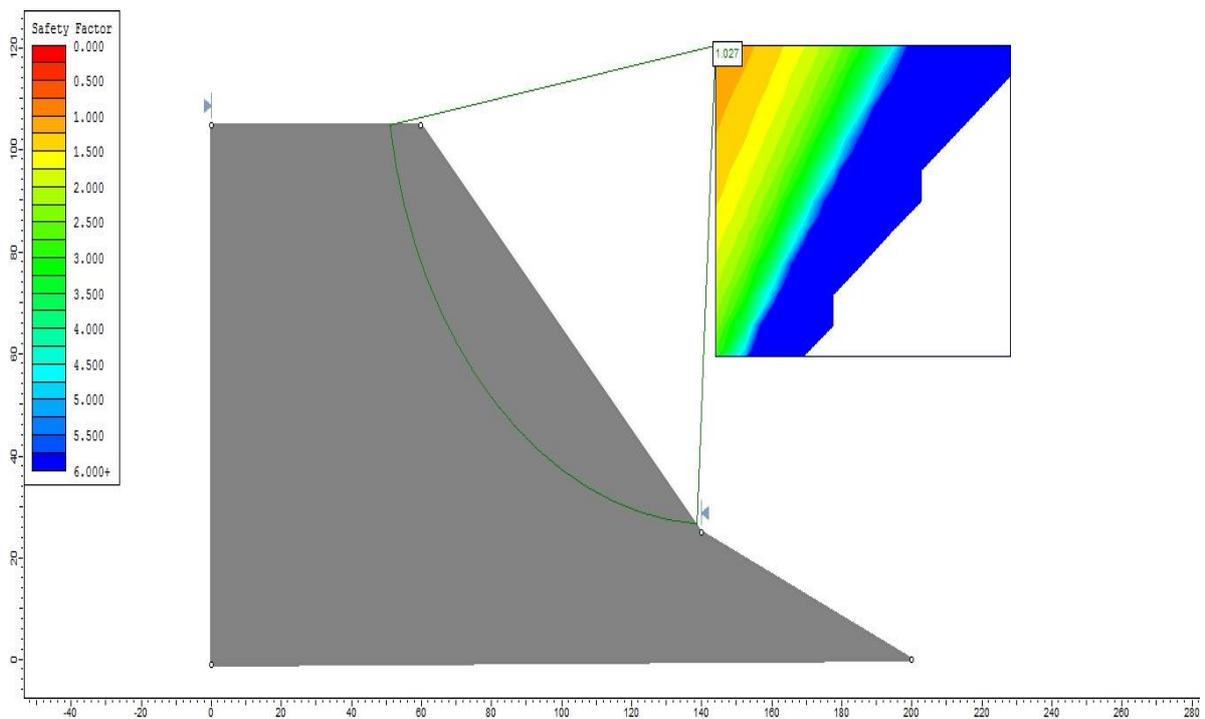


Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 1 dengan sudut kemiringan sebesar 19° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=1,26$

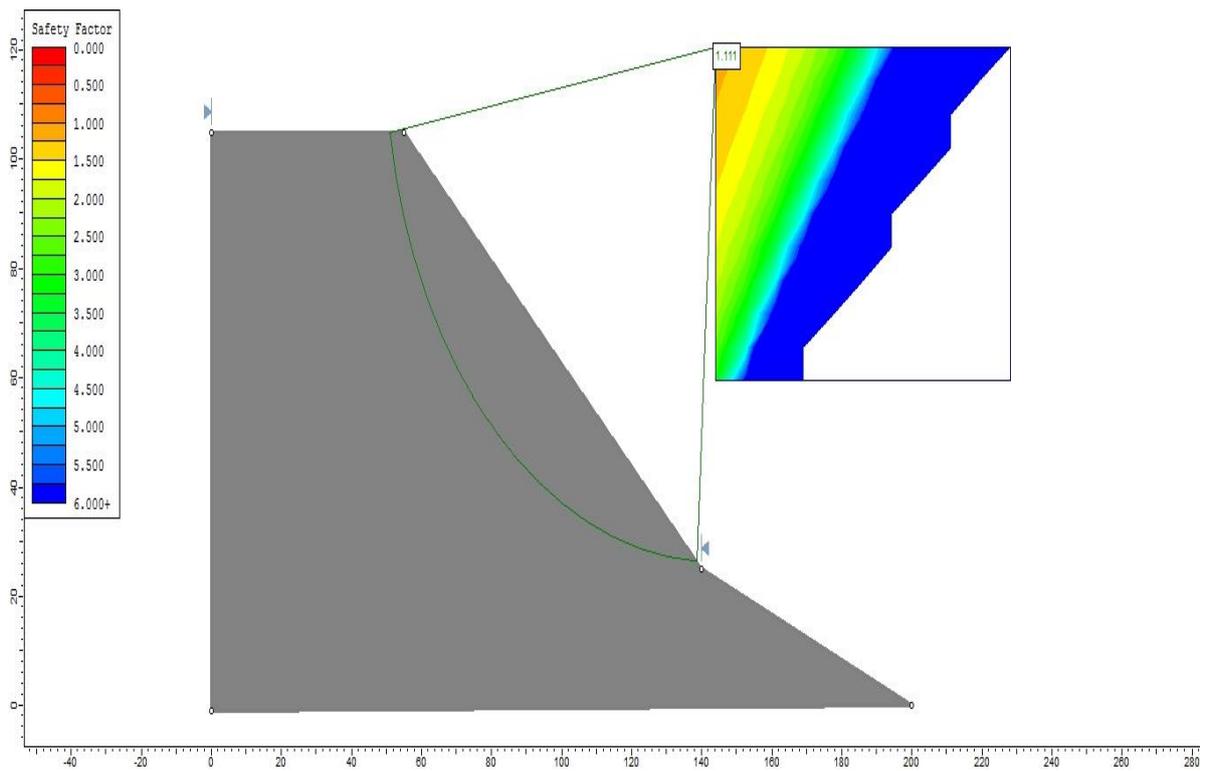
Hasil Simulasi Modifikasi Ulang Sudut Lereng pada Stasiun Pengamatan 2



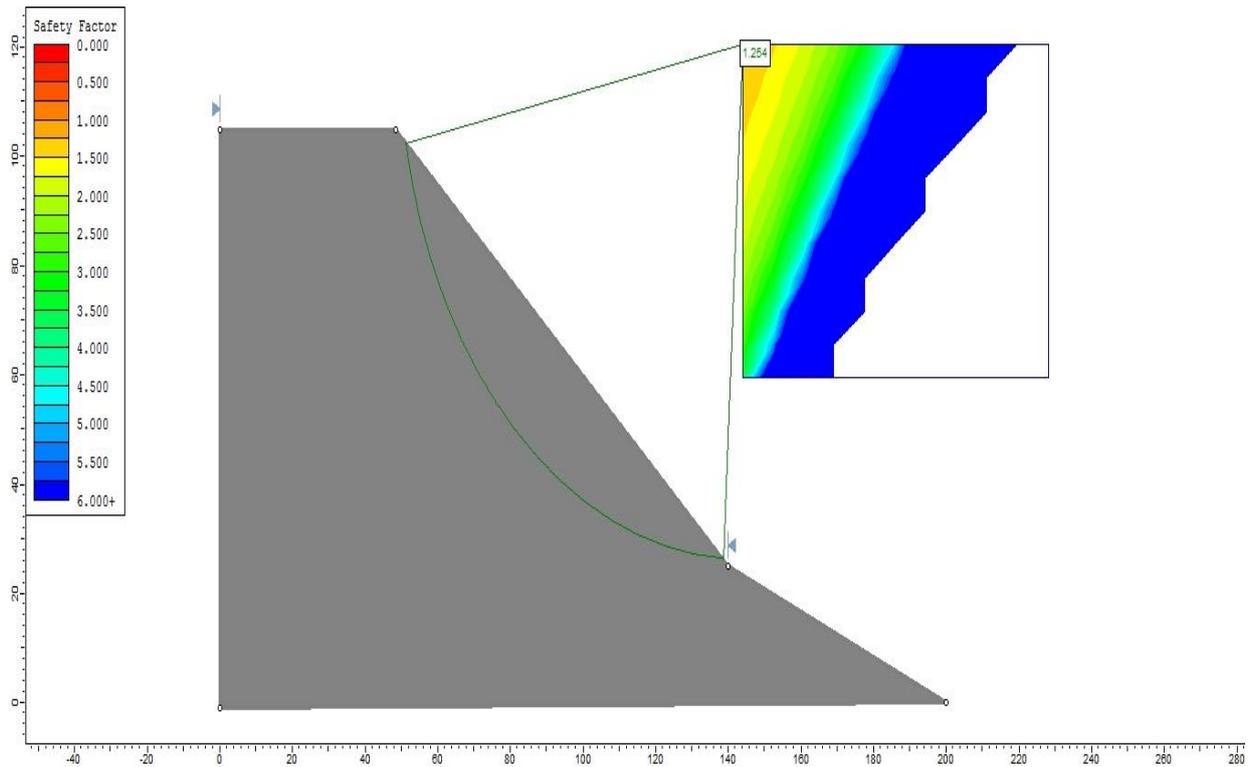
Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 2 dengan sudut kemiringan sebesar 47° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=0,95$



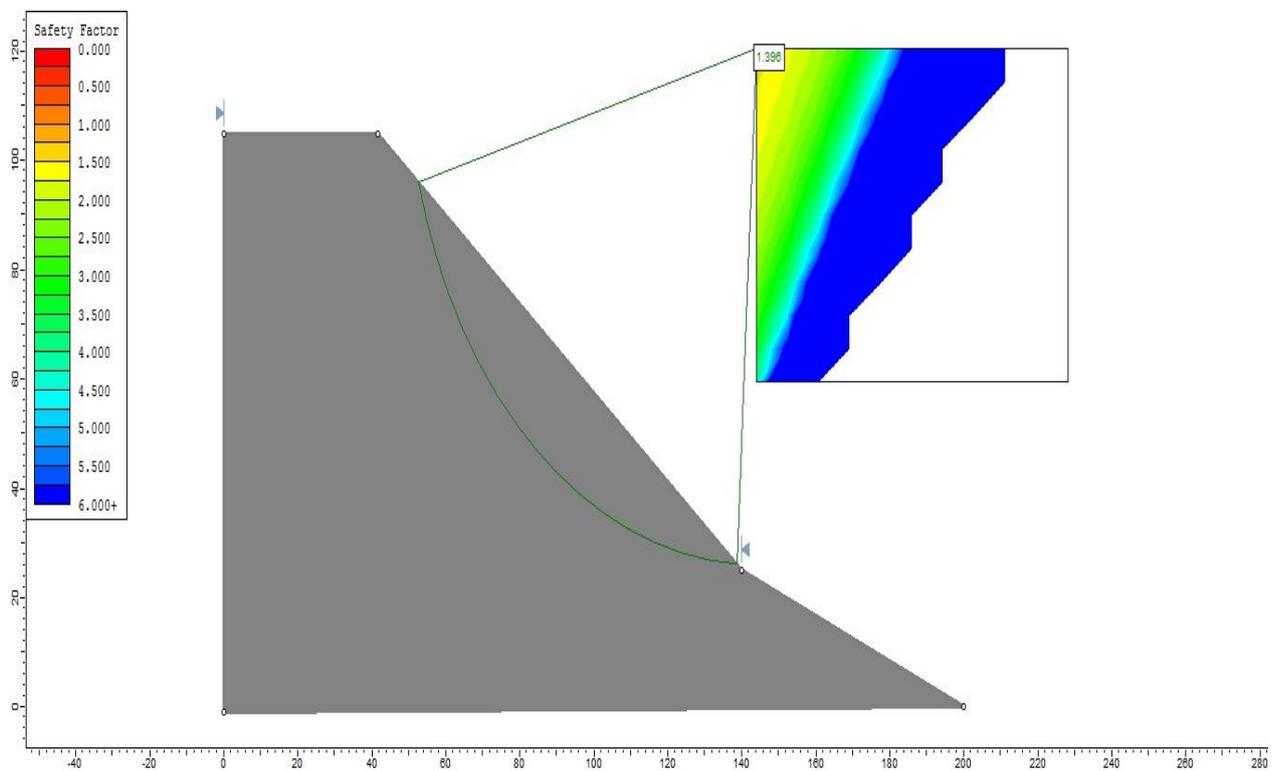
Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 2 dengan sudut kemiringan sebesar 45° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=1,02$



Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 2 dengan sudut kemiringan sebesar 43° dengan nilai Faktor kemanan sebesar =1,11



Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 2 dengan sudut



kemiringan sebesar 41° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=1,25$

Hasil Simulasi modifikasi ulang sudut lereng pada stasiun 2 dengan sudut kemiringan sebesar 39° dengan nilai Faktor keamanan sebesar $=1,39$