

GERAKAN TANAH PADA LOKASI BENDUNGAN KARALLOE KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI SELATAN

Landslide Of Karalloe Dam Site Gowa Regency, South Sulawesi Province

oleh

¹Reski Sandi, ²Emil Salim Rasyidi, ³Muhammad Fikruddin

Email : reskisandi72@gmail.com

¹Program Studi Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

³Program Studi Lingkungan, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

ABSTRAK

Kabupaten Gowa, dikenal sebagai salah satu daerah yang berpotensi dalam terjadinya gerakan tanah sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai gerakan tanah untuk menanggulangi atau meminimalisir dampak dari bencana tersebut. Studi ini membahas tentang gerakan tanah pada lereng bendungan Karalloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Penyebab yang perlu diperhatikan dalam analisis gerakan tanah yang ada pada lokasi penelitian yaitu meningkatnya tegangan geser, menurunnya kuat geser pada bidang longsor. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian geomekanika berupa berat unit (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Analisis kestabilan pada lereng bendungan yang berda pada bagian hulu di sebelah kiri sungai karalloe, kurang lebih berjarak sekitar 0,8-1,5 km dari has bendungan karalloe dengan arah longsoran mengarah ke bendungan. Metode analisis yang digunakan adalah metode irisan Fellenius dengan bantuan program komputer *geostudio/slope w2007*. Dari hasil analisis dengan menggunakan metode tersebut maka didapatkan nilai faktor keamanan masing-masing 0,95 dan 0,98, sedangkan analisis dengan penambahan muka air tanah nilai faktor keamanan yang dihasilkan yaitu 0,84 dan 0,91 yang menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan tidak stabil ($FK < 1,25$). Perencanaan ulang geometri lereng yang dilakukan dengan mengubah kemiringan lereng tunggal dan penambahan jenjang memperlihatkan bahwa semakin besar sudut kemiringan maka semakin kecil nilai faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan sampel 1 memiliki selisih antara 0 – 30,76%, tanah dan sampel 2 memiliki selisih 0 – 27%, sedangkan penambahan muka air tanah sampel 1 memiliki selisih antara 0 – 18,39%, sampel 2 0 – 22,44%.

Kata kunci: Stabilitas lereng, geomekanika, geometri lereng, faktor keamanan, *geostudio/slope w 2007*

ABSTRACT

Gowa, known as one of the potential in the ground so that the movement needs to do research on soil movement to overcome or minimize the impact of such disasters. This study discusses the soil movement in the dam slope Karalloe Gowa of South Sulawesi province. Causes that need to be considered in the analysis of ground motion that is among the sites that increasing shear stress, shear strength decrease in the avalanche field. In this experiment, carried out in the form of heavy geomechanics testing unit (γ), cohesion (c), and the angle friction (ϕ). Slope stability analysis in the dam is arriving on the upstream side to the left of the river karalloe, approximately around 0,8-1,5 km from the dam has karalloe with directions avalanche leading to the dam. Analysis method used is slice method of Fellenius constructively computer program of Geostudio / w2007 slope. From result of analysis by using the method hence got each factor of safety value 0,95 and 0,98, while analysis with addition of ground water face assess yielded factor of safety that is 0,84 and 0,91 which is showingthat bevel in a state of is unstable ($FK < 1,25$). Planning the slope geometry is done by changing the slope of the single and the addition ladder shows that the greater the tilt angle, the smaller the value of the safety factor. The value of the safety factor resulting sample 1 has a difference between 0 to 30.76%, ground and sample 2 has a difference of 0-27%, while an increase in the ground water level difference between the sample 1 has a 0 to 18.39%, sample 2 0-22 , 44%.

Keyword: slope stability, geomekanika, slope geometry, factor of safety, *geostudio/slope w 2007*

A. PENDAHULUAN

Gerakan massa tanah/batuan (longsor) merupakan proses pergerakan material penyusun lereng meluncur atau jatuh ke arah kaki lereng karena kontrol gravitasi bumi (Crozier & Glade dalam Karnawati, 2007). Gerakan tanah adalah suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan lereng yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia (Anwar ,dkk, 2003). Gerakan tanah akan terjadi pada suatu lereng, jika ada keadaan ketidak seimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian dari lereng bergerak mengikuti gaya gravitasi, dan selanjutnya setelah terjadi gerakan tanah lereng akan seimbang atau stabil kembali (Sandi, dkk, 2016). Jadi gerakan tanah merupakan pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng mengikuti gaya gravitasi akibat terganggunya kestabilan lereng. Apabila massa yang bergerak pada lereng ini didominasi oleh tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng, baik berupa bidang miring maupun lengkung, maka proses pergerakan tersebut disebut sebagai longsoran tanah (ESDM, 2005). Suripin (2002) mendefinisikan gerakan tanah merupakan suatu bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Ditinjau dari segi gerakannya, maka selain erosi longsor masih ada beberapa erosi yang diakibatkan oleh gerakan massa tanah, yaitu rayapan (*creep*), runtuhan batuan (*rock fall*) dan aliran lumpur (*mud flow*).

Gerakan tanah sering kali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban (*moisture*) tinggi, dan tumbuhan jarang (lahan terbuka). Faktor lain untuk timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terkait. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat sangat berkaitan pula dengan kondisi kestabilan lereng (Zakaria, 2000).

Data BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), sejak tahun 2002 hingga tahun 2013, di Kabupaten Gowa tercatat telah terjadi 10 kejadian bencana gerakan tanah dan 2 kejadian bersamaan banjir dan gerakan tanah, sedangkan untuk keseluruhan Daerah Sulawesi Selatan telah terjadi 31 kejadian gerakan tanah. Dari gambaran tersebut terlihat bahwa gerakan tanah merupakan bencana alam yang sangat mengancam dan penting untuk diperhatikan setelah banjir, karena frekwensi kejadian dan jumlah korban jiwa yang ditimbulkan cukup signifikan.

Analisis gerakan tanah didasarkan pada lima faktor yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Kelima faktor tersebut menurut Subagio (2008), adalah Geologi, Morfologi, Curah hujan, Penggunaan lahan, Kegempaan. Menurut Subowo (2003), ada enam jenis gerakan tanah, yaitu: translasi, rotasi, pergerakan blok, runtuhan batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombak. Dari keenam jenis gerakan tanah tersebut, jenis translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan tingkat pelapukan batuan yang tinggi.

Gerakan massa tanah (*mass movement*) merupakan gerakan massa tanah yang besar disepanjang bidang longsor kritisnya. Menurut Varnes (1978), karakteristik gerakan massa pembentuk. Lereng dapat dibagi menjadi lima macam yaitu Jatuh (*falls*), Robohan (*topples*), Longsoran (*slides*), Sebaran (*spreads*), Aliran (*flows*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gerakan tanah pada lokasi bendungan Karalloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.

B. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian ini akan menggunakan bentuk pendekatan yang mengkombinasikan antara penelitian kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode deduktif, dengan memadukan hasil-hasil kajian pustaka, penelitian terdahulu, data lapangan, serta hasil-hasil penelitian laboratorium yang keseluruhannya dikaji, dianalisis, dan disintesis secara komprehensif untuk mendefinisikan kesimpulan tentang tingkat kerentanan gerakan tanah pada

bendungan Karalloe Kabupaten Gowa. Metode pengumpulan data penelitian ini akan menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan baik dari pengamatan secara fisik, pengambilan sampel yang kemudian akan dilakukan analisis laboratorium. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dengan melakukan dengan pengumpulan data atau referensi tentang geologi daerah penelitian dan referensi kerentanan tanah longsor. Metode Analisis Data, penelitian ini akan menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan baik dari pengamatan secara fisik, pengambilan sampel yang kemudian akan dilakukan analisis laboratorium. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dengan melakukan dengan pengumpulan data atau referensi tentang geologi daerah penelitian dan referensi kerentanan gerakan tanah.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara administratif lokasi penelitian terletak di Desa Palupiang Kecamatan Tompobulu Kabupaten Gowa dengan letak geografis $119^{\circ}47'31.92''$ BT dan $05^{\circ}30'36.94''$ LS. Daerah ini mempunyai relief dengan ketinggian sekitar 310 mdpl dengan titik tertinggi 400 mdpl dan titik terendah 175 mdpl, sehingga berdasarkan ketinggian maka bentuk topografi atau ralief satuan dapat digolongkan sebagai bentang alam penebatan tersayat tajam dengan kemiringan lereng yang terjal.

Pada daerah penelitian terdapat aliran sungai yang umumnya mengalir dari arau timur laut dan mengarah ke arah selatan. Hasil pengamatan lapang di daerah lokasi penelitian tidak didapatkan kenampakan struktur geologi berupa patahan. Daerah ini disusun oleh batuan bereksi dan batuan andesit daerah penelitian termasuk batuan vulkanik Baturape-Cindako, dimana secara megaskopis kenampakan lapangan dari bereksi vulkanik dalam keadaan segar berwarna abu-abu, dalam keadaan lapuk berwarna hitam kecoklatan Sampel yang dianalisa laboratorium adalah sampel yang diperoleh dari lokasi penelitian terdiri dari sampel analisa kuat tekan untuk mengetahui

sifat fisik keteknikan batuan. Sampel yang diambil di lapangan kemudian diuji di Geotechnic laboratorotry sehingga di dapatkan sifat fisik dan mekanik batuan. Pengujian contoh sampel sebanyak 6 sampel. Parameter kuat geser ditentukan dari pengujian – pengujian laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan yang dianggap mewakili. sampel yang diambil dari lapangan harus diusahakan tidak berubah kondisinya, terutama pada contoh asli (*undisturb*).

Lereng yang dianalisis pada penelitian ini berupa lereng batuan yang bersifat homogen dan dalam kondisi kering. Analisis stabilitas lereng dalam penelitian ini menggunakan metode irisan Fellenius menggunakan *software Geostudio/Slope W 2007*. Metode ini mencari nilai faktor keamanan minimum dari lereng yang diteliti apakah lereng dalam keadaan stabil atau tidak. Apabila hasil yang didapatkan menunjukkan lereng dalam keadaan tidak stabil maka akan dilakukan perencanaan ulang geometri lereng berupa penambahan jenjang atau mengubah sudut kemiringan lereng. Perencanaan ulang geometri lereng juga dilakukan untuk melihat pengaruh geometri lereng terhadap nilai faktor keamanan.

Penelitian ini menunjukkan hasil perhitungan faktor keamanan lereng dengan menggunakan program *geostudio/slope w 2007* didapatkan nilai faktor keamanan minimum yaitu 0,95 dan 0,98. Pada analisis juga dilakukan simulasi atau penambahan muka air tanah pada lereng. Dari analisis tersebut nilai yang diperoleh 0,84 dan 0,91. Sesuai dengan nilai faktor keamanan yang ditetapkan yaitu lebih kecil 1,25 maka lereng dikatakan dalam kondisi tidak stabil sehingga perlu dilakukan perubahan geometri lereng. Pada perhitungan faktor keamanan dengan penambahan muka air tanah, nilai faktor keamanan dipengaruhi oleh tekanan air pori yang bekerja disepanjang bidang permukaan lereng sehingga nilai faktor keamanan yang dihasilkan juga lebih kecil. Apabila semakin besar tekanan air pori maka akan mengurangi nilai kuat geser dari batuan sehingga kestabilan lereng akan semakin berkurang.

Hasil perhitungan faktor keamanan dengan metode irisan Fellenius dengan bantuan *Geostudio/Slope W 2007* dianalisis apakah sudah sesuai dengan nilai standar dari

keamanan lereng FK $\geq 1,25$ (Bowles, 2011). Jika tidak, maka akan dilakukan pemodelan ulang geometri lereng dimana keadaan lereng dianalisis dalam kondisi kering. Pemodelan ulang geometri lereng juga bertujuan untuk melihat pengaruh geometri lereng terhadap nilai faktor keamanan. Pemodelan geometri lereng perlu dilakukan karena nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan tidak memenuhi syarat keamanan lereng. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa lereng masih dalam keadaan tidak stabil dengan nilai faktor keamanan lebih kecil 1,25.

Dalam hal ini pemodelan geometri lereng dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap faktor keamanan sebuah lereng. Pemodelan dilakukan dengan mengubah besarnya sudut kemiringan lereng (*single slope*) sebesar 70° , 60° , 50° , dan 40° dengan tinggi lereng, jumlah jenjang dan lebar jenjang dalam keadaan tetap (terlampir). Nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari pemodelan ulang geometri lereng tampa pengaruh muka air tanah sampel 1 dan sampel 2, perubahan geometri lereng dilakukan sebanyak dua kali, dimana pemodelan geometri pertama dengan mengubah sudut kemiringan lereng dan pemodelan kedua dengan merubah sudut kemiringan lereng dan penambahan jenjang pada lereng. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai faktor keamanan tanpa pengaruh muka air tanah dengan perubahan sudut kemiringan sampel 1 yaitu $70^\circ = 1,00$, $60^\circ = 1,13$, $50^\circ = 1,16$ dan $40^\circ = 1,17$ sedangkan perubahan sudut kemiringan dan penambahan jenjang pada lereng diperoleh nilai faktor keamanan $70^\circ = 1,10$, $60^\circ = 1,13$, $50^\circ = 1,40$ dan $40^\circ = 1,53$ dari hasil perhitungan tersebut memiliki persentase selisih antara 10 – 30,76%. Dan hasil perhitungan yang dihasilkan pada sampel 2 diperoleh nilai faktor keamanan tampa pengaruh muka air tanah dengan perubahan sudut kemiringan $80^\circ = 0,98$, $70^\circ = 1,03$, $60^\circ = 1,18$, $50^\circ = 1,24$ dan $40^\circ = 1,27$ sedangkan perubahan sudut kemiringan dan penambahan jenjang pada lereng diperoleh nilai faktor keamanan $80^\circ = 0,98$, $70^\circ = 1,18$, $60^\circ = 1,18$, $50^\circ = 1,47$ dan $40^\circ = 1,62$ dari hasil perhitungan tersebut memiliki persentase selisih antara 0 – 27,55%. Pemodelan juga dilakukan dengan penambahan muka air tanah pada lereng, nilai

faktor keamanan yang dihasilkan untuk sampel 1 dengan perubahan sudut kemiringan $70^\circ = 0,94$, $60^\circ = 0,99$, $50^\circ = 0,87$ dan $40^\circ = 0,94$ sedangkan perubahan sudut kemiringan dan penambahan jenjang pada lereng diperoleh nilai faktor keamanan lereng aktual $80^\circ = 0,84$ dan perubahan sudut kemiringan diperoleh $70^\circ = 0,99$, $60^\circ = 1,01$, $50^\circ = 1,03$ dan $40^\circ = 1,1$ dari hasil perhitungan tersebut memiliki persentase selisih antara 2,02% – 17,02%, sedangkan nilai faktor keamanan sampel 2 diperoleh nilai faktor keamanan dengan menambahkan muka air tanah lereng aktual $80^\circ = 0,91$ dengan perubahan sudut kemiringan $70^\circ = 1,03$, $60^\circ = 1,08$, $50^\circ = 0,98$ dan $40^\circ = 1,06$ sedangkan perubahan sudut kemiringan dan penambahan jenjang pada lereng diperoleh nilai faktor keamanan lereng aktual $80^\circ = 0,91$ dan perubahan sudut kemiringan diperoleh $70^\circ = 1,10$, $60^\circ = 1,14$, $50^\circ = 1,20$ dan $40^\circ = 1,28$ dari hasil perhitungan tersebut memiliki persentase selisih antara 5,5% – 20,75% (terlampir). Nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari pemodelan ulang geometri lereng dengan memasukkan muka air tanah lebih kecil karena penambahan muka air tanah menyebabkan besarnya tekanan air pori yang mengurangi kuat geser batuan sehingga kestabilan berkurang.

Dari hasil perhitungan faktor keamanan dengan mengubah sudut kemiringan lereng dan penambahan jenjang pada 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 dan curah hujan juga sangat mempengaruhi gerakan tanah pada lokasi penelitian.

Hal-hal yang perlu diperhatikan kerentanan gerakan tanah pada lokasi penelitian agar nantinya dapat mengurangi resiko bencana alam gerakan tanah yaitu dengan mengubah sudut kemiringan lereng dan jumlah jenjang lereng sehingga faktor keamanan pada lereng semakin tinggi dan dilakukan penguatan lereng dengan cara pemasangan kawat penahan pada kaki lereng atau dilakukan penanaman pohon sehingga dapat menahan gerakan tanah.

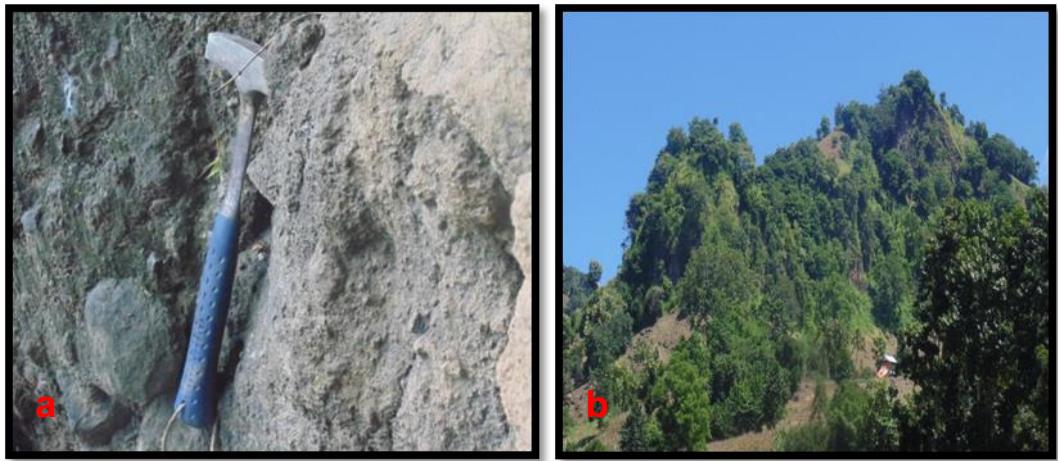
D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka disimpulkan sebagai berikut: Uji laboratorium terhadap contoh batuan pada lokasi penelitian pada sampel 1 menunjukkan nilai kohesi (c) = 49,91 kPa, berat isi (γ) = 20,13 kN/m³, dan sudut geser dalam (ϕ) = 24° dan untuk sampel 2 menunjukkan nilai kohesi (c) = 58,84 kPa, berat isi (γ) = 24,58 kN/m³, dan sudut geser dalam (ϕ) = 27°. analisis stabilitas lereng aktual menunjukkan nilai faktor keamanan untuk sampel 1 dan 2 yaitu 0,95 dan 0,98, sedangkan pdengan penambahan muka air tanah menghasilkan nilai faktor keamanan yaitu 0,84 dan 0,91. Dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng dalam keadaan keritis. Pengaruh geometri lereng terhadaf nilai faktor keamanan cukup signifikan. Sehingga dilakukan pemodelan ulang geometri lereng dimana pemodelan awala dilakukan dengan mengurangi nilai sudut kemiringan lereng untuk single slope sebanyak empat kali menunjukkan nilai faktor keamanan menunjukkan bahwa kondisi lereng masih dalam keadaan keritis. Melihat dari hasil faktor keamanan yang dihasilkan pada pemodelan awal maka dilakukan pemodelan kedua dengan mengubah sudut kemiringan dan jenjang lereng menghasilkan nilai faktor keamanan kondisi lereng dalam keadaan aman sehingga dapat diterapkan di lapangan. Dari hasil kesimpulan diatas perlu adanya penelitian lanjutan dan melibatkan berbagai disiplin ilmu terkait dengan kerentangan gerakan tanah pada lereng disekitar pembangunan bendungan Karalloe.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar H.Z., Sutanto, E.S.. Praptishi & Rukmana, I. (2003) Model mitigasi Gerakan Tanah di Daerah Tropis: *Studi Kasus di daerah Sambeang, Kebumen.* (Laporan Penelitian) Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Bowles J.E. (2011). *Sifat-sifat dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)* Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga
- BNPB, (2012). *Tanah Longsor.* <http://bpbd.kepriprov.go.id/>. Di akses pada Maret 2012. Makassar Das, Braja
- M, dkk. 1994. *Mekanika Tanah Jilid 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jakarta: Erlangga.
- Energi Sumber Daya Mineral. (2005). *Pengenalan Gerakan Tanah, Vulcanological Survey of Indonesia.* Energi Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Karnawati D., (2007). *Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempa Bumi: Tinjauan Dan Analisis Geologi Teknik.* Universitas Gajah Mada, D.I. Yogyakarta
- Sandi. R., Ramli. M., Azikin. B.. (2016). *Studi Gerakan Tanah Pada Lokasi Bendungan Karalloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.* Universitas Hasanuddin, Makassar
- Suripin, (2002). *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air.* Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Subagio. (2008). *Model Spasial Penilaian Rawan Longsor Studi Kasus di Trenggalek.* Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. Jakarta.
- Subowo E. (2003). *Pengenalan Gerakan Tanah.* Pusat Volkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Varnes D.J., (1978). *Slope Movement Types and Processes,* In Schuster, R.L. ang Krizek, R.J., Landslide Analysis and Control, Transportation Research Board, Special Report 176, National Academi of Sciences USA.
- Zakaria Z.. (2000). *Peran Identifikasi Longsoran dalam Studi Pendahuluan Per modelan Sistem STARLET Untuk Mitigasi Bencana Longsor.* Direktorat Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan. Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam.

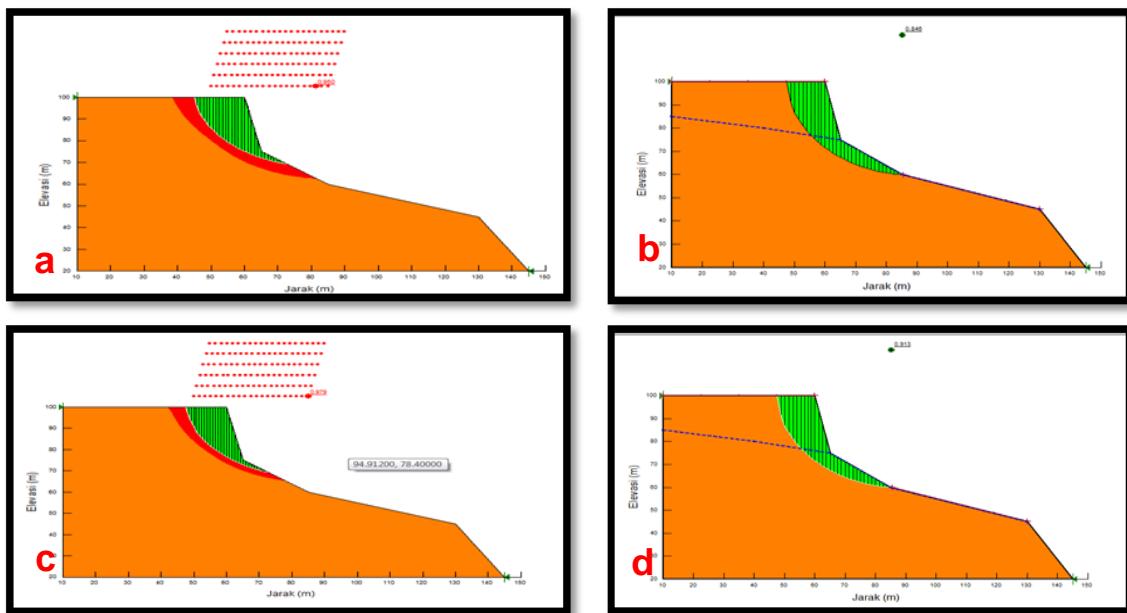
Lampiran



Gambar 1. a. Kenampakan batuan breksi vulkanik ke arah °N
b. Kenampakan bidang longsoran pada lokasi penelitian

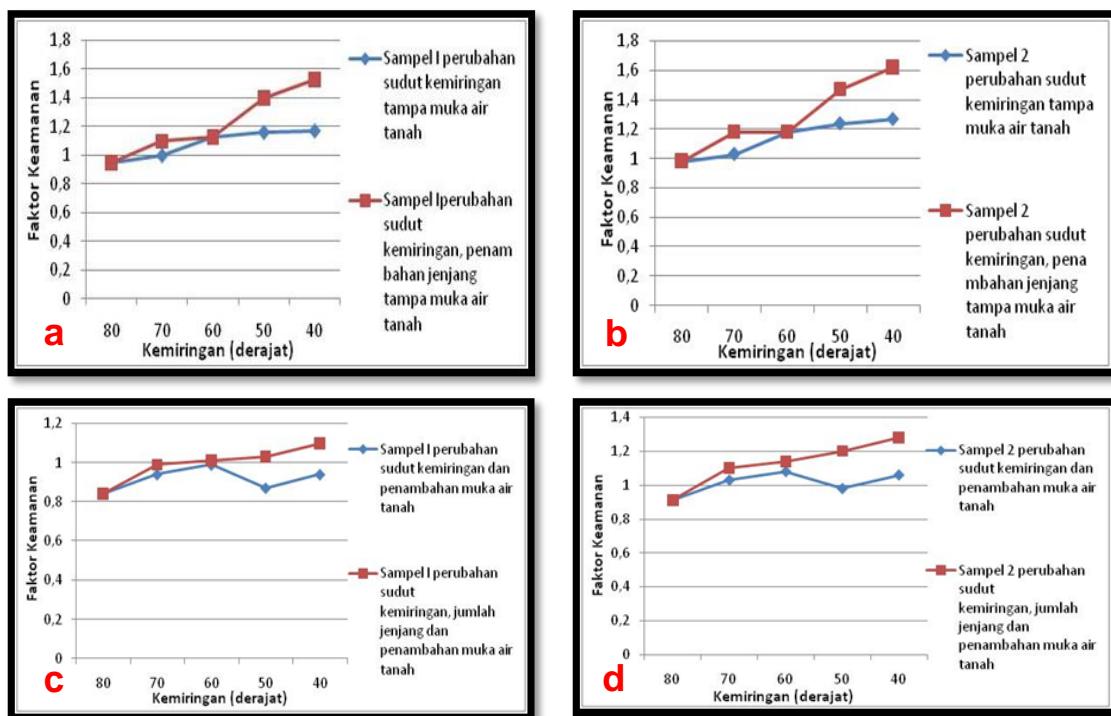
Tabel 1. Data parameter hasil pengujian laboratorium

Prameter	Nilai	Nilai Konversi
Berat Isi (y)	2,053 g	2,507 g
Sudut Geser Dalam (ϕ)	24°	27°
Kohesi (c)	0,509 kg/cm ²	0,6 kg/cm ²
		49,91 kPa
		58,83 kPa



Gambar 2.

- Hasil perhitungan faktor keamanan sampel 1 dengan program *Slope/W 2007*
- Hasil perhitungan faktor keamanan dengan program *Slope/W 2007* dengan penambahan muka air tanah
- Hasil perhitungan faktor keamanan sampel 2 dengan program *Slope/W 2007*
- Hasil perhitungan faktor keamanan dengan program *Slope/W 2007* dengan penambahan muka air tanah

**Gambar 3.**

- Garafik perbedaan nilai faktor keamanan sampel 1 perubahan sudut kemiringan dan perubahan sudut kemiringan, penambahan jenjang pada lereng tanpa muka air tanah
- Garafik perbedaan nilai faktor keamanan sampel 2 perubahan sudut kemiringan dan perubahan sudut kemiringan, penambahan jenjang pada lereng tanpa muka air tanah
- Garafik perbedaan nilai faktor keamanan sampel 1 perubahan sudut kemiringan dan perubahan sudut kemiringan, penambahan jenjang pada lereng dengan memasukkan aspek muka air tanah
- Garafik perbedaan nilai faktor keamanan sampel 2 perubahan sudut kemiringan dan perubahan sudut kemiringan, penambahan jenjang pada lereng dengan memasukkan aspek muka air tanah