

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN
OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDARUNG PT.
SEMEN PADANG SUMATERA BARAT”**



Oleh :

Oktaviana Saputri

BP. 2013/1306464

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
PADANG
2018**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

**ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN
OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDRAMUNG
PT. SEMEN PADANG SUMATERA BARAT**

OKTAVIANA SAPUTRI

Artikel ini disusun berdasarkan tugas akhir Oktaviana Saputri untuk persyaratan wisudha periode maret 2018, yang telah diperiksa/dijetujui oleh

kedua pembimbing
Padang Februari 2018

Pembimbing I



Drs. Bambang Heriyadi, M.T.
NIP. 19641114 198903 1002

Pembimbing II



Yoszi Mingsi Anaperta, S.T., M.T.
NIP. 19790304 200801 2010

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN
OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDARUNG PT.
SEMEN PADANG SUMATERA BARAT”**

Oktaviana Saputri¹, Bambang Heriyadi², Yoszi Mingsi Anaperta³
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang email:
oktaviana.saputri17@gmail.com

ABSTRAK

Oktaviana Saputri. 2017. “Analisis Kestabilan Lereng untuk Sistem Penambangan *Overburden(Soil)* di Area IUP 412 Ha Bukit Tajarang Indarung PT. Semen Padang Sumatera Barat” Skripsi. Padang: Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Sehubungan dengan sistem penambangan pada lereng *overburden (soil)* di area 412 Bukit Tajarang, maka perlu dilakukan kajian geoteknik untuk menilai apakah penambangan masih memungkinkan untuk dilanjutkan pada saat kondisi normal dan mengetahui seberapa besar batasan FK minimum lereng pada kondisi jenuh yang harus ditinggalkan oleh perusahaan, dan kembali produksi setelah lereng runtuh akibat stabilitas lereng saat hujan, yang mana akan digali oleh alat berat *excavator*. Sebagai upaya mendapatkan nilai faktor keamanan yang aman yaitu ($FK > 1.3$) pada kondisi kering, dilakukan kajian analisis kestabilan pada dinding lereng daerah *soil* dengan kondisi lereng dalam keadaan stabil setelah dilakukan proses penambangan lanjutan.

Kestabilan lereng pada pembahasan ini dianalisis menggunakan metode kesetimbangan batas *Bishop Simplified*. Analisis kestabilan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi longsor kedepan yang akan terjadi jika masih tetap dilakukan aktifitas penambangan pada area 412 Ha. Parameter *properties material* akan digunakan sebagai data masukan untuk pengoptimalan kestabilan lereng yang berpotensi terjadinya longsor.

Sebagai hasil pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut. Pertama, material pada lokasi penelitian tergolong sebagai material lunak, lemah, atau rapuh, sehingga bentuk longsor yang terjadi adalah longsor busur. Material juga dapat digali tanpa menggunakan peledakan. Kedua, parameter *properties material* yang berpotensi longsor yaitu *soil*: Berat isi tanah pada koordinat A, B, dan C adalah (ρ)= 1.33gram/cm², 2.02gram/cm³, dan 2.04gram/cm³. Berat isi kering adalah (ρ_d)= 1.104gram/cm³, 1.418gram/cm² dan 1.552gram/cm². Kohesi adalah (c)= 53.497 KN/m², 50.300 KN/m², 69.296 KN/m². Dan Sudut geser dalam adalah (ϕ)= 25.01°, 20.97° dan 17.57°.

Analisis lereng tunggal secara keseluruhan pada koordinat A dengan ketinggian 14 meter dan sudut 43°, B dengan ketinggian 21 dan sudut 78°, C dengan ketinggian 28° dan sudut 78°. Hasil dari analisis nilai *actual* lereng yang dilakukan didapatkan nilai faktor keamanan pada koordinat A, B dan C dengan nilai FK dalam kondisi jenuh, setengah jenuh, dan kering adalah 1.732, Setengah jenuh 2.378 dan kering 2.711. Koordinat B dengan nilai FK dalam kondisi jenuh 0.949, setengah jenuh 1.081 dan kering 1.062. Pada koordinat C dengan nilai FK dalam kondisi jenuh 1.064, setengah jenuh 1.158 dan kering 1.164.

Kata kunci: Analisis Kestabilan Lereng, faktor keamanan, geometri lereng

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK SISTEM PENAMBANGAN
OVERBURDEN (SOIL) DI AREA IUP 412 HA BUKIT TAJARANG INDARUNG PT.
SEMEN PADANG SUMATERA BARAT”**

Oktaviana Saputri¹, Bambang Heriyadi², Yoszi Mingsi Anaperta³

Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang email:

oktaviana.saputri17@gmail.com

ABSTRACT

Due to the potential avalanche that will occur on the slopes of overburden (soil) in 412 Bukit Tajarang area, a geotechnical study is needed to assess whether mining is still possible to continue. As an effort to get the value of safety factor that is safe ($FK > 1.3$), conducted stability analysis analysis on soil slope wall with slope condition in stable condition after continued mining process. However, with the current field conditions, the soil slope is very potential avalanche.

The stability of the slope in this discussion is analyzed using the borderline equilibrium method of Bishop simplified. Stability analysis is conducted to determine the critical value of material properties parameters at the time after the occurrence of landslide, to find out how much potential future landslide that will occur if still carried out mining activities in the area of 412 Ha. the soil slope. The material properties parameters will be used as input data for optimizing the slope stability with the potential for landslides.

As a result of the discussion, we can conclude the following points. First, the material at the research site is classified as soft, weak, or brittle material, so that the avalanche that occurs is an avalanche. Materials can also be extracted without using blasting. Second, the material properties parameters that have the potential of landslides are soil: The weight of the soil content at the coordinates A, B, and C is (ρ) = 1.33grams / cm²,

2.02gram / cm³, and 2.04gram / cm³. The dry fill weight is (ρ_d) = 1.418gram / cm³, 0.880 gram / cm² and 1.552gram / cm². Cohesion is (c) = 53.497 KN / m², 50.300 KN / m², 69.296 KN / m². And the inner shear angle is (φ) = 25.01°, 20.97° and 17.57°. Overall single slope design at A coordinates with height 14 meters and angle 43°, B with height 21 and angle 78°, C with height 28° and angle 78°. With the analysis of Bishop method that writer do got value of security factor at coordinate A with value of FK in saturated condition 1,732, Half saturated 2,378 and dry 2,711. Coordinate B with FK value in saturation condition 0.949, half saturated 1,081 and dry 1,062. At coordinate C with FK value in saturation condition 1,064, half saturated 1,158 and dry 1,164.

Keywords: *Analysis of Slope Stability, mining system, safety factor. geometry of the slope*

A. Pendahuluan

PT. Semen Padang merupakan pabrik semen yang memiliki tambang batukapur sebagai bahan galian utama. Sebelum dilakukan proses penambangan batukapur, PT Semen Padang terlebih dahulu menambang *overburden (soil)* dikarenakan batukapur terhalang oleh *soil*. Pada proses penambangan *soil* di area 412 Ha, terdapat beberapa lereng yang terbentuk akibat aktivitas penambangan *soil*.

Pada area *soil* Tajarang di IUP 412 Ha, terdapat sebuah lereng dengan ketinggian 28 meter dan sudut kemiringan 78° . Lereng *soil* tersebut memiliki *design* lereng tunggal. Perusahaan PT. Semen Padang melakukan penambangan pada lereng *soil* dengan cara menambang bagian punggung lereng *soil* terlebih dahulu, tanpa adanya analisis nilai FK dari lereng tersebut, proses penambangan ini terus berlanjut hingga mencapai puncak

lereng, dikarenakan tidak terjangkanya oleh *excavator*. Tipe *excavator* yang digunakan pada area *soil* tersebut adalah Komatsu 04 PC 300 yang memiliki batasan maksimum keterjangkauan panjang galian 7 meter.

Dengan kondisi kemiringan dan ketinggian lereng yang sangat terjal, serta dengan batasan maksimum keterjangkauan panjang galian *excavator* tersebut, tidak efisien apabila terus dilakukan cara sistem penambangan langsung pada lereng *soil* tanpa adanya batasan nilai FK yang efektif dalam keadaan jenuh dan setengah jenuh untuk dilakukannya penambangan.

Berdasarkan hal tersebut perusahaan sedang membutuhkan analisis kestabilan lereng lereng yang aman dengan batasan nilai FK minimum dalam kondisi jenuh dan setengah jenuh, agar proses penambangan untuk kedepannya dapat berjalan dengan lancar, sehingga target produksi bisa tercapai. Untuk memperoleh batasan nilai

FK yang efektif pada area lereng *soil* Tajarang di IUP 412 Hatersebut, perusahaan telah menetapkan nilai $FK > 1,3$ dalam kondisi kering. Dengan adanya analisis batasan nilai minimum FK pada lereng tersebut, akan lebih

memudahkan perusahaan untuk melakukan penambangan, dikarenakan keterbatasan alat berat, maka pada saat kondisi jenuh atau hujan lereng akan otomatis longsor. Akibat longsor tersebut proses penambangan berhenti, dan *soil* yang longsor dapat ditambang kembali dengan menggunakan *excavator* pada kondisi cuaca kembali normal.

Potensi longsor yang akan terjadi pada area *soil* Tajarang di IUP 412 Haini adalah longsor busur, hal ini disebabkan oleh jenis material yang lunak (*loose material*) dan bidang diskontinu yang rapat dan acak. Jika melihat dari potensi longsor yang akan terjadi (*failure history*),

material yang bersifat *loose*, pelapukan material yang kuat, serta terdapatnya bidang-bidang diskontinu yang rapat (*heavily jointed*) dan tidak dapat dikontrol maka longsor yang mungkin terjadi berupa longsor busur (Duncan C.

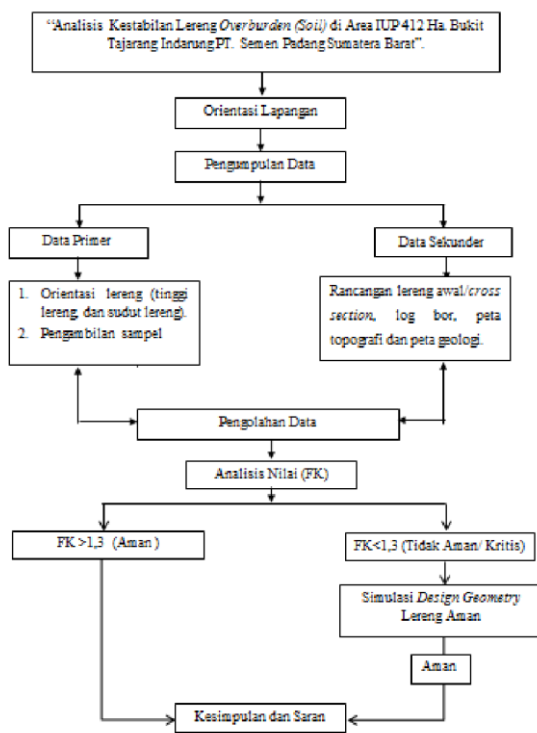
Wyllie dan Christopher W. Mah (2004:177).

Penelitian ini mencoba menganalisis kestabilan lereng untuk memperoleh batasan nilai FK minimum pada lereng *soil* tersebut. Longsor lereng dianalisis dari parameter masukan dan data yang di uji untuk mendapatkan geometri lereng optimum untuk perusahaan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 2 Februari 2017 sampai dengan tanggal 5 Mei 2017. Waktu penelitian selama kurang lebih 3 bulan dilakukan untuk pengambilan data primer dan sekunder untuk selanjutnya diolah dan dianalisis.

Penelitian ini ditujukan untuk memberikan solusi atas permasalahan pada lereng *soil* tunggal sehingga termasuk dalam penelitian terapan (*applied research*). Bagan alir penelitian ditunjukkan oleh gambar 1 berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Pengambilan data dilakukan di lokasi *soil* Tajarang 412 Ha dimaksudkan untuk mengetahui kemantapan lereng yang direkomendasikan berdasarkan data parameter geoteknik dari hasil parameter yang diperoleh dari hasil pengujian oleh

penulis sendiri. Parameter yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium geoteknik berupa nilai bobot isi material (γ_n), nilai kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Kemudian dilakukan pengambilan data di lokasi penelitian dengan mengambil data orientasi lereng (tinggi, lebar jenjang dan kemiringan lereng) pada daerah yang longsor. Untuk lokasi longsor dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Lokasi longsor

C. Hasil dan Pembahasan

Analisis kestabilan lereng ditujukan untuk mendapatkan nilai batasan minimum dari FK lereng penambangan. Lereng rekomendasi merupakan lereng yang telah dianalisis pada saat terjadi longsor. Turunnya nilai

kohesi dan sudut geser dalam merupakan penyebab utama terjadinya longsor, sehingga membuat lereng mencari kondisi stabil dengan kesetimbangan baru.

1. Analisis Faktor Keamanan Lereng

Aktual

Analisis faktor keamanan dilakukan pada lereng *soil* dengan menentukan nilai FK pada kondisi rancangan awal. Tipe longsor yang terjadi adalah tipe longsor busur, hal ini disebabkan oleh karena jenis material yang lunak (*loose material*) dan bidang diskontinu yang rapat dan acak.

Analisis dilakukan menggunakan metode kesetimbangan batas *Bishop simplified* dikarenakan bidang runtuh yang terjadi berupa busur lingkaran (*circular failure*) dengan hasil metode yang cukup teliti. Lereng pertama kali dianalisis

faktor keamanannya pada saat sebelum lereng longsor.

a. Data uji laboratorium

Hasil uji Laboratorium dan hasil pengamatan/pemetaan dari kegiatan geoteknik yang dilakukan dengan pengujian secara langsung oleh penulis sendiri, yang mana akan digunakan untuk menganalisis penelitian ini. Data dari hasil uji laboratorium sebelumnya digunakan untuk pemodelan dan analisis awal.

Data parameter uji laboratorium dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data parameter hasil uji laboratorium

| Nama Sampel | γ (gram/cm ³) | (%) | c (KN/m ²) | (°) |
|-------------|----------------------------------|-------|--------------------------|--------|
| Koordinat A | 1.33 | 20.56 | 53.497 | 25.018 |
| Koordinat B | 2.02 | 42.33 | 50.300 | 20.97 |
| Koordinat C | 2.04 | 31.85 | 69.296 | 17.57 |

b. Nilai Faktor Keamanan Lereng Tunggal (FK) *Soil Actual*

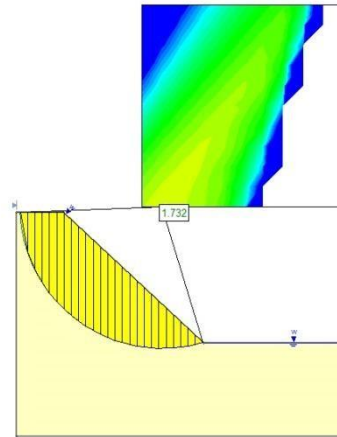
Lereng tunggal adalah lereng dengan 1 (satu) jenjang yang ditentukan dari setiap perlapisan pembentuk lereng keseluruhan. Simulasi geometri lereng tunggal merupakan data parameter material *properties* dari hasil uji laboratorium. Berikut tabel hasil analisis nilai FK lereng *Soil*:

Tabel 2. Analisis Nilai Faktor Keamanan (FK) Lereng Tunggal *Soil*

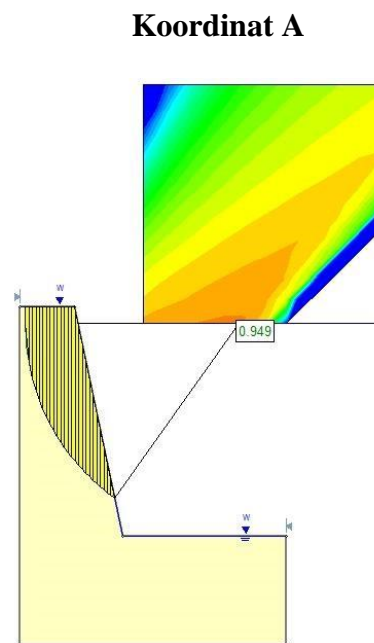
| Nama Sampel | t(m) | (°) | FK | | |
|-------------|------|-----|-------|----------------|--------|
| | | | Jenuh | Setengah Jenuh | Kering |
| Koordinat A | 14 | 43° | 1.732 | 2.378 | 3.221 |
| Koordinat B | 21 | 78° | 0.949 | 1.081 | 1.062 |
| Koordinat C | 28 | 78° | 1.064 | 1.158 | 1.164 |

Berdasarkan data dari parameter analisis lereng *soil* tunggal diatas, maka dapat dilihat hasil nilai

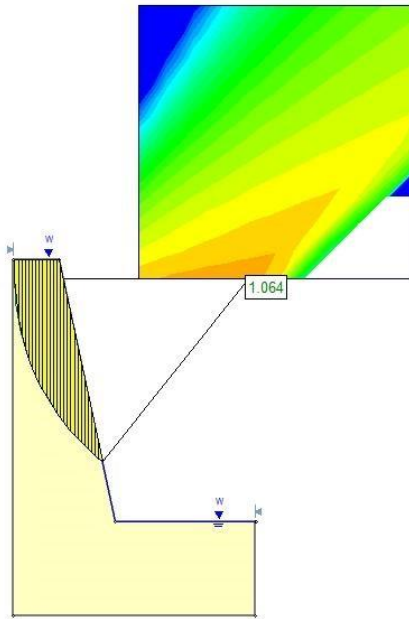
FK yang di olah dengan menggunakan program *software slide 6.0* pada gambar berikut:



Gambar 3. Nilai FK Jenuh



**Gambar 4. Nilai FK Jenuh
Koordinat B**



**Gambar 5. Nilai FK Jenuh
Koordinat C**

2. Analisis Faktor Keamanan Lereng

Rekomendasi

Dari hasil analisis faktor keamanan sebelumnya, diketahui bahwa lereng pada bagian Koordinat A berada pada kondisi aman. Sedangkan lereng pada Koordinat B dan C berada pada kondisi tidak aman hingga kritis pada kondisi kering, setengah jenuh dan *full* jenuh. Karena itu peneliti merekomendasi

perbaikan nilai FK minimum pada koordinat A, B dan C. Untuk mencapai tingkat yang stabilitas pada lereng tersebut dalam mencapai sistem penambangan yang lebih efektif untuk perusahaan, maka kemiringan lereng perlu dianalisis kembali agar lereng dalam kondisi

jenuh dengan nilai $FK < 1$, setengah jenuh $FK > 1$ dan pada kondisi kering nilai $FK > 1.3$. Hal ini bertujuan agar lereng *soil* tersebut longsor dalam kondisi jenuh hingga *soil* longsor tersebut dapat ditambah kembali pada cuaca normal. Dengan adanya batasan nilai FK minimum, akan memudahkan perusahaan dalam proses penambangan *soil* kedepan.

Berikut rekomendasi analisis nilai FK pada lereng pada tabel 3. dengan stabilitas yang aman yang akan diterapkan pada lereng *soil* Tajarang

PT. Semen Padang:

geser langsung. Adapun hasil dari analisis perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai dari:

Tabel 3. Rekomendasi Nilai FK

| Koordinat | Sudut (°) | Faktor Keamanan (FK) | | |
|-----------|-----------|----------------------|-------------------|-----------|
| | | FK Jenuh | FK Setengah Jenuh | FK Kering |
| A | 80 | 0.970 | 1.603 | 1.788 |
| B | 70 | 0.755 | 1.392 | 1.548 |
| C | 65 | 0.594 | 1.262 | 1.377 |

D. Simpulan dan Saran

Berdasarkan kajian geoteknik dan hasil pengujian di laboratorium hingga analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Pada lereng *overburden (soil)* ini dilakukan beberapa pengujian laboratorium untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK) dari lereng *soil* tersebut dengan beberapa kali pengujian. Analisis pengujian yang dilakukan adalah pengujian bobot isi tanah asli, berat isi kering, kadar air tanah, dan kuat

a. Bobot isi rata-rata dari pengujian tiga Koordinat adalah:

- 1) Koordinat A dengan bobot isi rata-rata 1.33gram/cm³.
- 2) Koordinat B dengan bobot isi rata-rata 2.02gram/cm³.
- 3) Koordinat C dengan bobot isi rata-rata 2.04gram/cm³.

b. Berat isi kering rata-rata dari pengujian tiga Koordinat adalah:

- 1) Koordinat A dengan berat isi kering rata-rata 1.104gram/cm³.
- 2) Koordinat B dengan berat isi kering rata-rata 1.418gram/cm³.
- 3) Koordinat C dengan berat isi kering rata-rata 1.552gram/cm³.

c. Kadar air tanah rata-rata dari pengujian tiga Koordinat adalah :

- 1) Koordinat A dengan kadar air

rata-rata 20.57%.

2) Koordinat B dengan kadar air

rata-rata 42.33%.

3) Koordinat C dengan kadar air

rata-rata 31.85%.

d. Didapatkan nilai sudut geser dalam langsung dan nilai koehesi dari grafik hubungan antara tegangan normal (σ) dengan tegangan geser maksimum (τ) dari ketiga Koordinat adalah sebagai berikut:

1) Koordinat A dengan nilai koehesi (c) 53.496 KN/m² dan sudut geser dalam (ϕ) 25.01°.

2) Koordinat B dengan nilai koehesi (c) 50.300 KN/m² dan sudut geser dalam (ϕ) 20.97°.

3) Koordinat C dengan nilai koehesi (c) 69.296 KN/m² dan sudut geser dalam (ϕ) 17.57°.

Nilai faktor keamanan (FK)

actually lereng soil tunggal di area IUP

412 Ha dengan menggunakan

software slide 6. dan metode bishop adalah:

| Nama Sampel | t(m) | (°) | FK | | |
|-------------|------|-----|-------|----------------|--------|
| | | | Jenuh | Setengah Jenuh | Kering |
| Koordinat A | 14 | 43° | 1.732 | 2.378 | 3.221 |
| Koordinat B | 21 | 78° | 0.949 | 1.081 | 1.062 |
| Koordinat C | 28 | 78° | 1.064 | 1.158 | 1.164 |

Berdasarkan tabel diatas

dapat dilihat bahwa, pada Koordinat A lereng soil dalam kondisi aman. Sedangkan pada Koordinat B lereng tidak aman dalam kondisi jenuh dan dalam kondisi setengah jenuh dan kering lereng dalam keadaan kritis. Pada Koordinat C dalam kondisi jenuh, setengah jenuh dan kering lereng soil dalam keadaan kritis.

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis kestabilan lereng, maka dapat ditentukan geometri lereng dalam kondisi jenuh, yaitu pada koordinat titik A dengan sudut 80° didapatkan nilai FK=0.970, titik B dengan sudut 70° nilai FK=0.755, dan pada titik C dengan sudut 65° nilai FK=0.594. Dengan nilai

FK<1.3 dalam kondisi jenuh, maka perusahaan bisa dengan efektif melakukan penambangan, akibat *soil* runtuh setelah hujan, bisa langsung ditambang oleh pihak perusahaan disaat cuaca kembali normal.

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan penulis, maka ada beberapa saran yang akan penulis sampaikan, antara lain.

- a. Keberadaan air berpengaruh signifikan terhadap kemantapan lereng, maka perlu untuk terus dipantau dan dikontrol.
- b. Dalam penerapannya, diperlukan evaluasi secara berkala terhadap rancangan geometri lereng yang direkomendasikan.
- c. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai faktor keamanan menggunakan metode-metode konvensional.

- d. Perlunya ketelitian saat pengujian laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih efisien.
- e. Langkah pemeliharaan, pemantauan dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng galian tambang tetap dalam kondisi aman.

Catatan: Artikel ini disusun berdasarkan Tugas Akhir penulis dengan Pembimbing **IDrs. Bambang Heriyadi, M.T.** dan Pembimbing II **Yoszi Mingsi Anaperta, S.T, M.T.**

E. Daftar Pustaka

- Arief, Saifuddin. 2007. "*Konsep Dasar & Metode-metode dalam Analisis Kestabilan Lereng*". Buku kompilasi tidak diterbitkan.
- Arief, Saifuddin. 2008. "*Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan*". Buku kompilasi tidak diterbitkan.
- Braja, M.Das. 1995. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jilid 1,2. Erlangga. Jakarta.

- Cherianto, Octovian. 2010. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop*. Jurnal Penelitian Sipil Statik. Muaro Bungo, Provinsi Jamb. Padang: Universitas Negeri Padang
- Enrico, Roy. 2008. *Analisis Kemantapan Lereng P3 West Tambang Grasberg PT Freeport Indonesia Menggunakan Metode Klasifikasi Massa Batuan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Febrianto, Edo. 2015. *Penentuan Ground Support Pada Lokasi Produksi CKN_1035_XC8 di PT. Cibaliung Sumberdaya, Desa Mangkualam-Padasuka Kec. Cimanggu Kab. Pandeglangan Prov. Banten*. Padang: Universitas Negeri Padang
- GINAN Ginanjar Kosim, Maryanto, & Dono Guntoro. 2015. *Analisis Balik longsoran low wall Pit B3 di Tambang Batubara PT BJA menggunakan Metode Probabilistik Monte Carlo*. Bandung: Universitas Islam Bandung Indian Institute of Technology. 2012. "Chapter 13: Sensitivity, Probability and Reliability Analysis". Lecture. India: IIT.
- Prayoga, Sonny. 2005. *Analisa Kestabilan Lereng Dinding Akhir di PIT AB Monyet PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Putra, Ilham Setiawan. 2017. *Analisis Balik Lereng High Wall Pada Penambangan Batubara Area Central, Pit Timur, Pt Kuansing Inti Makmur, Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten*
- Rahim, Azhary. 2015. *Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan Muara Tiga Besar Selatan PT Bukit Asam (Persero), Tbk*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Saptono, Singgih. 2012. "Pengembangan Metode Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka Batubara". Disertasi tidak diterbitkan. Bandung: ITB.
- Soedarmo, Djatmiko., & Purnomo, Edy. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Malang: Penerbit Kanisius
- Tim Perencanaan dan Pemetaan PT Semen Padang. "Data dan Informasi Umum PT. Semen Padang"
- Tornado, Engky. 2016. "Rancangan Geometri Lereng Berdasarkan Hasil Kajian Geoteknik Pada PIT X Blok Kananai 1 PT Multi Tambang Jaya Utama Kabupaten Barito Selatan Provinsi Kalimantan Tengah". Padang: Universitas Negeri Padang
- Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. 2004. "Rock Slope Engineering: Civil and Mining. 4rd. (ed)". New York: Spoon Press. London.
- Yapianto, Peter. 2008. "Analisis Kemantapan Lereng High Wall Pit Ata Tambang Batu Licin, PT Arutmin Indonesia, Kalimantan Selatan". Bandung: Institut Teknologi Bandung

Zakaria, Zulfiadi. 2009. *Analisis Kestabilan
Lereng*. Bandung:
Universitas Padjadjaran.