

Analisis Kestabilan Lereng Disposal *Inpit Dump* Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas dan Probabilistik *Monte Carlo* di Tambang Batu Bara PT XYZ Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Farhan Arif Fahmi*, Maryanto, Indra Karna Wijaksana

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*farhanaf1899@gmail.com

Abstract. PT.XYZ is a coal mining company in Tabang District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province. Overburden stripping activities require a landfill, hereinafter referred to as disposal. Geometry planning and disposal location must be well studied because it can affect the required operating costs and the stability of the disposal itself. Disposal sampling location are carried out at two points, namely Dozer Push 1 (DP1) and Dozer Push 2 (DP2). Based on the results of laboratory tests, it can be seen that the material disposal from DP1 has a natural weight value of 17.21 kN / m³, cohesion of 31.54 kPa and friction angle in 23.27⁰. While the material disposal from DP2 has a natural content weight value of 17.54 kN / m³, cohesion of 29.44 kPa and friction angle of 22.40⁰. Analysis of the disposal slope stability produces a recommendation single slope geometry that is safe for disposal DP1 and DP2 is at 6 meter height with angle 63⁰. In that geometry the single slope of disposal DP1 has SF value 1.414 and PF 17.3, while disposal of DP2 has SF value 1.325 and PF 2.6%. Analysis of the disposal slope stability produces a recommendation overall slope geometry that is safe for disposal DP1 and DP2 is at 12 meter high with angle 31⁰. In that geometry the overall slope of disposal DP1 has SF value 1.537 and PF 4.1%, while disposal DP2 has SF value 1.463 and PF 0%.

Keywords: Disposal, Safety Factor (SF), Probability of Failure (PF).

Abstrak. PT.XYZ merupakan salah satu perusahaan tambang batubara di Kecamatan Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Kegiatan pengupasan *overburden* memerlukan suatu tempat penimbunan yang selanjutnya disebut disposal. Perencanaan geometri serta lokasi disposal harus dikaji dengan baik karena dapat berpengaruh terhadap biaya operasi yang dibutuhkan serta kestabilan disposal itu sendiri. Lokasi pengambilan sampel disposal dilakukan di dua lokasi yaitu *Dozer Push 1* (DP1) dan *Dozer Push 2* (DP2). Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, dapat diketahui bahwa material disposal dari DP1 memiliki nilai bobot isi alami 17,21 kN/m³, kohesi 31,54 kPa dan sudut geser dalam 23,27⁰. Sedangkan material disposal dari DP2 memiliki nilai bobot isi alami 17,54 kN/m³, kohesi 29,44 kPa dan sudut geser dalam 22,40⁰. Analisis kestabilan lereng

disposal menghasilkan rekomendasi geometri lereng tunggal yang aman untuk disposal DP1 dan DP2 yaitu pada tinggi 6 meter dengan sudut 63° . Pada geometri tersebut lereng tunggal disposal DP1 memiliki nilai FK 1,414 dan PK 17,3, sedangkan disposal DP2 memiliki nilai FK 1,325 dan PK 2,6%. Analisis kestabilan lereng disposal menghasilkan rekomendasi geometri lereng keseluruhan yang aman untuk disposal DP1 dan DP2 yaitu pada tinggi 12 meter dengan sudut 31° . Pada geometri tersebut lereng keseluruhan disposal DP1 memiliki nilai FK 1,537 dan PK 4,1%, sedangkan disposal DP2 memiliki nilai FK 1,463 dan PK 0%.

Kata Kunci : Disposal, Faktor Keamanan, Probabilitas Kelongsoran

1. Pendahuluan

Latar belakang dilakukannya penelitian ini adalah terdapatnya material *overburden* yang menutupi target *seam* batu bara yang akan diambil. Dimana material tersebut perlu dipindahkan sementara ke suatu tempat yang selanjutnya disebut disposal, dalam upaya mempermudah kegiatan penggalian dan pengambilan batu bara.

Terdapatnya lahan kosong bekas tambang yang berada di dalam *pit* dapat dimanfaatkan sebagai tempat penimbunan material *overburden*. Selain untuk pemanfaatan lahan kosong, penempatan disposal di dalam area *pit* tambang juga dapat mempercepat proses pemindahan material karena jarak yang tidak terlalu jauh sehingga kegiatan penambangan lebih efektif dan meminimalisir biaya operasi.

Rancangan lereng disposal yang akan dibuat harus didesain dengan tepat demi tercapainya kondisi lereng yang aman dan stabil. Geometri serta sifat fisik dan mekanik material disposal merupakan faktor yang dapat berpengaruh terhadap kestabilan lereng disposal. Kestabilan lereng mengacu pada Kepmen Nomor 1827K/30/MEM/2018 tentang "Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik".

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian dengan judul "*Analisis Kestabilan Lereng Disposal Inpit Dump Menggunakan Metode Probabilitas Monte Carlo di Tambang Batu Bara PT XYZ Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*".

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui nilai karakteristik sifat fisik dan mekanik material tanah dasar dan disposal pada lokasi penelitian.
2. Menentukan rekomendasi geometri lereng tunggal (*single slope*) yang aman untuk lereng timbunan disposal.
3. Menentukan rekomendasi geometri lereng keseluruhan (*overall slope*) disposal yang aman dan optimal di area *low wall pit*.
4. Mengetahui kondisi keamanan tanah dasar pada lokasi penimbunan disposal DP1 dan DP2.

2. Landasan Teori

2.1 Rekayasa Geoteknik

Rekayasa geoteknik merupakan aplikasi rekayasa teknologi yang diterapkan kepada bumi (Holtz, 1981). Dalam mempelajari geoteknik, akan selalu berkaitan dengan material alam seperti tanah dan batuan. Untuk keperluan teknik, tanah diartikan sebagai lepasan aglomerasi mineral, material organik dan sedimen dengan cairan dan gas yang mengisi rongga (Das, 2002), sedangkan batuan adalah kumpulan dari bermacam mineral yang kompak (Giani, 1992).

Dalam dunia pertambangan, ilmu geoteknik memiliki peran yang penting untuk menjaga kelancaran kegiatan pertambangan. Geoteknik pada tambang terbuka diperlukan diantaranya dalam perancangan desain lereng yang aman serta pembangunan infrastruktur

tambang seperti *stockpile*, *disposal*, jalan *hauling*, dll.

Perencanaan desain lereng tambang yang aman akan menunjang terhadap kelancaran kegiatan penambangan. Perencanaan ini dilakukan dengan melewati tahapan penyelidikan geoteknik yang dimulai dari pemetaan geoteknik, pengambilan sampel, pengujian sampel di laboratorium, lalu pengolahan data sampai didapatkan rekomendasi geometri lereng yang optimal.

Dalam Keputusan Menteri Pertambangan No.555.K/26/MPE/1995, disebutkan bahwa objek kestabilan lereng meliputi lereng-lereng penambangan aktif maupun bekas tambang, lereng penimbunan bijih, lereng penimbunan tanah pucuk dan tanah buangan (*waste*), penimbunan *tailing* serta lereng sekitar konstruksi seperti bangunan jalan tambang.

2.2 Kestabilan Lereng

Dalam operasi kegiatan penambangan, masalah kestabilan lereng akan ditemukan pada penggalian terbuka (*open pit*), tempat penimbunan material buangan (*disposal*), penimbunan bijih (*stockyard*), bendungan dan infrastruktur lainnya seperti jalan, jembatan dan lereng di sekitar fasilitas seperti perumahan (Suryatono, 2003).

Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor. Secara sederhana, faktor-faktor tersebut dapat dinyatakan sebagai gaya penahan dan gaya penggerak. Apabila kondisi gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam kondisi stabil (aman). Namun, apabila kondisi gaya penggerak lebih besar dari gaya penahan maka lereng tersebut menjadi tidak stabil.

Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah Faktor Keamanan (FK). Nilai FK sendiri didapatkan dari perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak. Apabila nilai yang dihasilkan lebih dari 1 maka lereng tersebut stabil, sedangkan bila kurang dari 1 maka lereng tersebut dikatakan tidak stabil.

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

2.3 Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Kestimbangan Batas

Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menilai tingkat kestabilan suatu lereng. Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan tergantung dari data yang tersedia, *software* computer yang ada, tingkat ketelitian yang diperlukan dan hasil (*output*) yang dibutuhkan. Semakin detail data yang digunakan sebagai parameter geoteknik maka semakin bagus hasil yang akan diperoleh.

Salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis lereng yang memiliki material tanah dengan longsoran busur adalah metode kestimbangan batas. Metode kestimbangan batas atau *Limit Equilibrium Method* (LEM) merupakan metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen, atau gabungan dari keduanya untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK) lereng. Metode ini terlebih dahulu mengasumsikan kelongsoran yang dapat terjadi.

Perhitungan dengan metode kestimbangan batas dilakukan dengan membagi tanah yang berada dalam bidang longsor menjadi irisan-irisan sebagaimana dapat dilihat pada gambar di bawah. Oleh karena itu metode ini juga disebut dengan metode irisan (*method of slice*).

2.4 Probabilitas Kelongsoran (PK)

Probabilitas kelongsoran (PK) adalah tingkat kemungkinan suatu lereng berpotensi longsor akibat nilai dari satu atau lebih parameter geoteknik yang menyimpang dari perhitungan faktor keamanan lereng (Kepmen 1827 Thn 2018). Metode ini melakukan suatu pendekatan yang mempertimbangkan seluruh variasi data yang ada pada parameter masukan yang akan menghasilkan nilai FK tertentu. Hal ini didasarkan bahwa setiap parameter masukan acak tersebut memiliki peluang yang sama untuk mewakili karakteristik masing-masing parameter.

Analisis probabilitas kelongsoran dapat dilakukan dengan menggunakan metode *monte carlo*. Metode ini akan menghitung hasil analisis sebanyak ribuan kali untuk kemudian

didapatkan nilai-nilai menyimpang yang dianggap sebagai probabilitas kelongsoran.

Adanya probabilitas kelongsoran menyebabkan perlu adanya suatu penentuan ambang batas nilai PK untuk kestabilan tambang terbuka. Beberapa peneliti telah mendefinisikan ambang batas nilai PK seperti *Priest & Brown* (1983) dan *Pine* (1992), namun acuan tersebut masih bersifat umum untuk seluruh jenis lereng. *SRK Consulting* (2010) mengeluarkan nilai ambang batas PK lereng pada beberapa kategori lereng yang dapat dijadikan acuan dalam desain lereng.

Tabel 1. Kriteria Nilai PK Untuk Lereng Tambang

Jenis Lereng	Dampak Longsoran	FK (min) (Statik)	FK (min) (Dinamik)	PK (max) P [FK < 1]
Tunggal/Jenang (<i>Bench</i>)	Low-High	1,1	NA	25 – 50 %
Multi Jenjang (<i>Interramp</i>)	Low	1,15 – 1,2	1,0	25 %
	Medium	1,2	1,0	20 %
	High	1,2 – 1,3	1,1	10 %
Keseluruhan (<i>Overall</i>)	Low	1,2 – 1,3	1,0	15 – 20 %
	Medium	1,3	1,05	5 – 10 %
	High	1,5	1,1	≤ 5 %

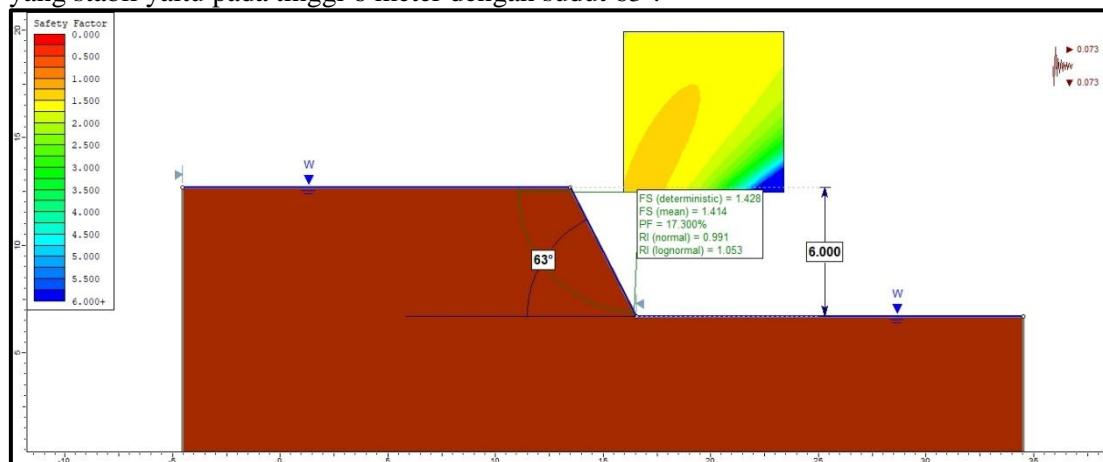
Sumber : *SRK Consulting, 2010*

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Kestabilan Lereng Tunggal Disposal

Lereng tunggal (*single slope*) yang stabil mengacu pada tabel ambang batas nilai FK dan PK yang dikeluarkan oleh SRK memiliki nilai FK yang tidak ditentukan dan PK < 50%. Hal itu berarti selama nilai PK yang didapat memenuhi kriteria lereng stabil, maka nilai FK sudah dapat disebut aman. Pada penelitian ini, nilai minimum FK lereng yang diambil adalah 1,3.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng tunggal disposal, didapatkan geometri yang stabil yaitu pada tinggi 6 meter dengan sudut 63°.



Gambar 1. Lereng Tunggal Disposal yang Stabil

3.2 Kestabilan Lereng Keseluruhan Disposal

Lereng keseluruhan (*overall slope*) didesain untuk mendapatkan geometri optimum dalam

menampung disposal yang akan ditimbun, namun tetap memperhatikan faktor keamanan lereng. Lereng keseluruhan yang stabil mengacu pada tabel ambang batas nilai FK dan PK dari SRK memiliki nilai $FK > 1,1$ dan $PK < 5\%$.

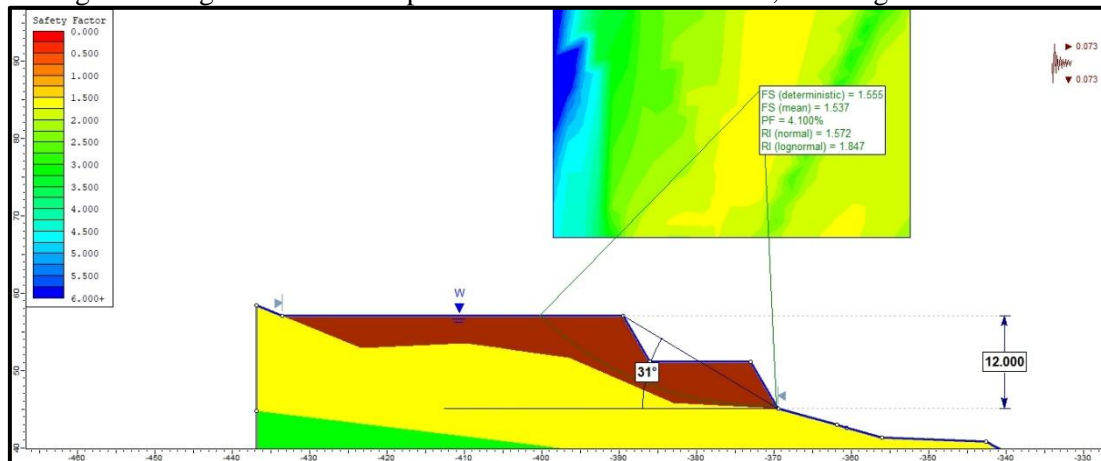
Berikut adalah hasil lengkap analisis kestabilan lereng keseluruhan disposal untuk masing-masing disposal DP1 dan DP2. (Tabel 4.13)

Tabel 2. Hasil Analisis Nilai FK dan PK Lereng Keseluruhan Disposal

Lereng Keseluruhan		Disposal DP1				Disposal DP2			
		MAT 3		MAT 5		MAT 3		MAT 5	
Tinggi Lereng (m)	Sudut ($^{\circ}$)	FK	PK (%)	FK	PK (%)	FK	PK (%)	FK	PK (%)
12	29	2,189	0	1,654	1,0	2,083	0	1,574	0
	30	2,151	0	1,610	1,6	2,047	0	1,564	0
	31	2,053	0	1,537	4,1	1,953	0	1,463	0
	32	1,948	0	1,459	7,1	1,854	0	1,399	0
	33	1,929	0	1,435	8,0	1,836	0	1,363	0
18	29	1,703	0	1,215	22,9	1,623	0	1,158	10
	30	1,615	0	1,168	27,5	1,539	0	1,115	18,6
	31	1,559	0	1,120	35	1,487	0	1,069	30
	32	1,502	0	1,057	44,3	1,433	0	1,010	50,7
	33	1,455	0	1,031	48,2	1,389	0	0,986	57,7

Sumber : Hasil Analisa Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan disposal didapatkan rekomendasi lereng stabil yaitu pada tinggi lereng 12 meter (2 jenjang) dengan sudut 31° . Pada geometri tersebut, lereng keseluruhan disposal DP1 memiliki nilai FK 1,537 dengan PK 4,1%, sedangkan lereng keseluruhan disposal DP2 memiliki nilai FK 1,463 dengan PK 0%.



Gambar 2. Lereng Keseluruhan Disposal yang Stabil

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada laporan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan data bor geoteknik dan hasil pengujian lab, dapat diketahui setiap material pada lokasi penelitian memiliki nilai karakteristik sifat fisik dan mekanik sebagai berikut :
 - Disposal *Dozer Push 1* (DP1), memiliki nilai bobot isi natural $17,21 \text{ kN/m}^3$, kohesi $31,54 \text{ kN/m}^2$ dan sudut geser dalam $23,27^{\circ}$.

- b. Disposal *Dozer Push 2* (DP2), memiliki nilai bobot isi natural $17,54 \text{ kN/m}^3$, kohesi $29,44 \text{ kPa}$ dan sudut geser dalam $22,40^\circ$.
 - c. *Claystone*, memiliki nilai bobot isi alami $20,82 \text{ kN/m}^3$, kohesi $111,57 \text{ kPa}$ dan sudut geser dalam $11,32^\circ$.
 - d. *Sandstone*, memiliki nilai bobot isi alami $20,72 \text{ kN/m}^3$, kohesi $210,66 \text{ kPa}$ dan sudut geser dalam $10,62^\circ$.
 - e. *Coal*, memiliki nilai bobot isi alami $13,24 \text{ kN/m}^3$, kohesi $59,60 \text{ kPa}$ dan sudut geser dalam $34,52^\circ$.
2. Rekomendasi geometri lereng tunggal disposal yang aman adalah pada tinggi 6 meter dengan sudut 63° . Pada geometri tersebut, lereng tunggal disposal DP1 memiliki nilai FK $1,414$ dengan PK $17,3\%$, dan lereng tunggal disposal DP2 memiliki nilai FK $1,325$ dengan PK $2,6\%$.
 3. Dari hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan, didapatkan rekomendasi lereng keseluruhan (*overall slope*) yang stabil untuk disposal DP1 dan DP2 adalah pada tinggi 12 meter (2 jenjang) dengan sudut 31° . Lereng keseluruhan disposal DP1 memiliki nilai FK $1,537$ dan PK $4,1\%$, sedangkan lereng keseluruhan disposal DP2 memiliki nilai FK $1,463$ dan PK 0% . Berdasarkan kriteria keamanan lereng menurut *SRK Consulting* (2010), dengan nilai tersebut maka lereng sudah termasuk kedalam kategori lereng yang aman.
 4. Kondisi daya dukung tanah dasar pada lokasi timbunan disposal berdasarkan nilai FK dan PK yang didapat, sudah memenuhi kriteria yang aman untuk menahan beban lereng timbunan disposal di atasnya. Nilai FK tanah dasar untuk lereng disposal DP1 adalah $1,888$ dengan PK $3,9\%$, sedangkan nilai FK tanah dasar untuk disposal DP2 adalah $1,908$ dengan PK $4,2\%$.

5. Saran

Material disposal di PT XYZ memiliki kekuatan batuan yang lemah karena disposal adalah material *loose*, maka geometri sudut yang dibentuk akan landai dengan tinggi lereng yang minimum demi mencapai lereng yang stabil. Selain itu, perlu dilakukan penangan khusus terhadap air tanah yang terdapat di sekitar lereng. Apabila kondisi air tanah dapat teratasi, maka geometri lereng dapat lebih ditingkatkan sehingga disposal yang ditampung lebih banyak.

Keadaan *pit* tambang yang masih dalam kondisi aktif melakukan kegiatan penambangan menyebabkan lereng disposal yang terbentuk tidak bisa maksimal, sehingga lereng keseluruhan disposal yang direkomendasikan hanya sampai dengan 2 jenjang, lereng disposal dengan 3 jenjang sudah tidak memungkinkan karena tidak stabil.

Apabila keadaan *pit* sudah habis tambang (*mine out*), maka lereng timbunan disposal bisa lebih dimaksimalkan karena sudah tidak ada lagi operasi pada *pit* tersebut dan tidak beresiko mengganggu kegiatan penambangan. Sehingga jumlah material disposal yang ditimbun dapat lebih banyak.

Daftar Pustaka

- [1] Arif, Irwandy, 2015, “**Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Kontinu Dengan Menjaga Kestabilan Lereng**”. Insitut Teknologi Bandung. Bandung.
- [2] Bowles, J, E. 1992. “**Analisis dan Desain Fondasi**”. Jilid 1, Edisi Keempat. Erlangga. Jakarta.
- [3] Brunsden, Denys and David B. 1984. “**Slope Instability**”. A Willey Interscience Publcation. New York.
- [4] Das, B, M. 2002. “**Principles of Geotechnical Engineering. 5th Edition**”. Bill Stenquist hal 1-11.
- [5] Giani, G, P. 1992. “**Rock Slope Stability Analysis. A.A. Balkem**”. Old Post Road. Brookfield, USA.

- [6] Handayani, Tri., Wulandari, Sri., & Wulan, Asri. 2014. “**Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan Geoslope**”. Jurnal Teknik Sipil Volume 8 Tahun 2014. Universitas Gunadarma. Tangerang
- [7] Hencher, S.R., 1987. “**The Implication of Joint and Structure for Slope Stability**”. Departement of Earth Sciences, University of Leeds. Leeds
- [8] Hoek, E. dan Bray, J. W. 1981. “**Rock Slope Engineering. 3rd edition**”. *Instituion of Mining and Metallurgy*. London.
- [9] Holtz, R.D. and Kovacs, W.D., 1981, “**An Introduction in Geotechnical Engineering**”, Prentice Hall Civil Engineering ang Engineering Mechanic Series.
- [10] Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017, “**Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017**”. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman. Jakarta.
- [11] Wijaksana, I. K. 2017. “**Analisis Hubungan Konstitutif Pada Batuan Anisotrop**”. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Vol 13, No.2. Bandung
- [12] Zakaria, Zulfiadi. 2009. “ **Analisis Kestabilan Lereng Tanah**”. Universitas Padjajaran. Bandung.