Vol -, No - Juli 2019: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Pertambangan
ISSN: -

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE *ROCK MASS RATING* DAN *SLOPE MASS RATING* PADA LERENG ZONA 1 TAMBANG ANDESIT PT. BINTANG SUMATERA PASIFIC KAB. LIMA PULUH KOTA

M Vicryl Naufal[1)] Tamrin Kasim[2)] Riam Marlina[2)]

[1)]Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang

[2)]Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang

rilmuhamad04@gmail.com

Abstrak

PT. Bintang Sumatera Pasific merupakan salah satu perusahaan tambang andesit yang melakukan kegiatan penambangan di Kenagarian Mangilang, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Keadaan lereng yang terbentuk saat ini memiliki kemiringan 88°, terdapat kekar dan longsoran kecil disekitar lereng dimana aktisvitas tambang sangat dekat jaraknya dengan lereng.

Analisis kestabilan lereng perlu dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai faktor keamanan dari lereng, seperti. Menentukan bobot massa batuan menggunakan *Rock mass Rating* (Bieniawski, 1989) dan *Slope Mass Rating* (Romana, 1985), Menentukan FK lereng aktual dan menentukan kemiringan ideal yang sesuai dengan Kepmen 555K pasal 241 tahun 1995. Standar nilai faktor keamanan menurut Bowles ditetapkan ≥ 1,25 (stabil).. Apabila lereng dalam keadaan tidak stabil maka perlu dilakukan pengkajian ulang.

Hasil analisis menyimpulkan bahwa lereng di Zona 1 memiliki nilai *Rock Mass Rating* 75, berada di kelas II, dengan kualitas batuan baik, kohesi 350 kN/m^2, sudut geser dalam 40°. dan nilai *Slope Mass Rating* 76, berada di kelas II, keadaan stabil. dan untuk analisis kestabilan pada *Slide V.6.0* menggunakan *Janbu* diperoleh FK 5,052 dan analisis menggunakan *Bishop* diperoleh FK 3,622. Hasil penelitian menunjukkan nilai faktor keamanan ≥ 1,25 maka lereng dinyatakan aman atau stabil. Sedangkan untuk kemiringan lereng ideal dimana kemiringan lereng saat ini 88° menunjukkan bahwa lereng masih dalam keadaan stabil, maka tidak perlu dilakukan perubahan geometri kemiringan lereng. Kalaupun dilakukan bisa dengan memperkecil tinggi dan sudut kemiringan lereng.

Kata kunci : Kestabilan Lereng, RMR, SMR, *Software Slide V.6.0,* Lereng Ideal

Abstrack

PT. Bintang Sumatera Pasific is one of the andesite mining companies that conduct mining activities in village Mangilang, District Pangkalan Koto Baru, Regency Lima Puluh Kota, West Sumatra Province. The condition of the slopes formed at this time has 88° slope, there are burrows and small avalanches around the slopes where mining activities are very close to the slope.

Slope stability analysis needs to be done with the aim of knowing the value of the safety factor of the slope, such as. Determine rock mass weights using Rock mass Rating (Bieniawski, 1989) and Slope Mass Rating (Romana, 1985), Determine the actual FK slope and determine the ideal slope in accordance with Kepmen 555K article 241 of 1995. The standard safety factor values according to Bowles are set ≥ 1 , 25 (stable). If the slope is unstable, a review needs to be done.

The analysis results concluded that the slopes in Zone 1 had a Rock Mass Rating 75, were in class II, with good rock quality, cohesion of 350 kN/m^2, shear angle in 40°. and the value of Slope Mass Rating 76, in class II, stable. and for stability analysis in Slide V.6.0 using Janbu obtained FK 5,052 and Bishop using analysis obtained FK 3,622. Research result shows the value of safety factor ≥ 1.25, the slope is declared safe or stable. While for the ideal slope where the current slope of 88° indicates that the slope is still stable, it is not necessary to do so changes in slope geometry. Even if done by minimizing the height and angle stability of slope.

***Key words**: Slope Stability, RMR, SMR, Slide Software V.6.0, Ideal Slope.*

1. PENDAHULUAN

Longsoran merupakan suatu bencana alam yang sering terjadi pada lereng–lereng alami maupun buatan kebanyakan longsor tejadi pada saat tekanan air tanah meningkat yang mengakibatkatkan penurunan kuat geser tanah (c),

dan sudut geser dalam (α) yang menyebabkan kelongsoran.

Pada saat merancang suatu tambang terbuka maka dilakukan suatu analisis terhadap kestabilan lereng yang terjadi karena proses penimbunan atau penggalian sehingga dapat memberikan keamanan pada rancangan tersebut. Stabilitas dari suatu lereng biasanya menjadi masalah yang membutuhkan perhatian yang lebih bagi kelangsungan operasi penambangan setiap harinya.

Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis kestabilan lereng sangat diperlukan. Ukuran kestabilan lereng dapat diketahui dengan menghitung nilai faktor keamanan.

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang rendah. Lereng umunya terbentuk baik secara alami maupun dibuat oleh manusia.

Kestabilan suatu lereng dikontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng, kondisi air tanah dan juga teknik penggalian dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng agar dapat dipastikan lereng tersebut disebut aman atau stabil.

Apabila kestabilan dari suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dimulai berdasarkan struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng. Kestabilan lereng pada batuan dipengaruhi oleh geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta gaya-gaya luar yang bekerja pada lereng tersebut.

Satu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan studi tentang kestabilan lereng, maka dibagi tiga kelompok rentang Faktor Keamanan (FK) yang ditinjau dari kemungkinan longsorannya.

***Tabel 1** Nilai faktor keamanan dan Kemungkinan Longsorannya.*

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian Atau Intensitas Longsoran
FK < 1,07	Longsoran Labil
FK ≤ 1,25	Longsoran Kritis
FK > 1,25	Longsoran Stabil

Sumber: Bowles, 1989

Menurut Bowles, lereng yang stabil memiliki harga FK yang tinggi (FK > 1,25) dan lereng yang tidak stabil memiliki harga FK yang rendah (FK < 1,07). (Bowles, 1989).

Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Umumnya stabil atau tidaknya suatu lereng tergantung dari beberapa faktor, antara lain:

a) Geometri Lereng

Geometri lereng meliputi bentukan lereng, baik tinggi lereng dan besar sudut lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Semakin besar kemiringan dan ketinggian suatu lereng, maka kestabilan semakin berkurang.

b) Struktur Batuan

Struktur batuan yang sangat mempengaruhi kestabilan lereng adalah bidang-bidang sesar, perlapisan dan rekahan. Struktur batuan tersebut merupakan bidang-bidang lemah (*diskontinuitas*) dan sekaligus sebagai tempat merembesnya air, sehingga batuan lebih mudah longsor. Jika orientasi umum bidang-bidang lemah tersebut searah dengan arah lereng dan kemiringan bidang lemah lebih landai dari kemiringan bidang lereng. Maka struktur tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih besar terhadap stabilitas lereng, sebaliknya jika arah dan kemiringan bidang lereng berlawanan maka struktur bidang lemah tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih kecil terhadap stabilitas lereng.

Struktur geologi mempunyai kemantapan lereng adalah adanya bidang ketidakmenerusan. Hal yang paling penting dalam bidang ketidakmenerusan adalah adanya pengaruh tekanan air yang berbeda pada saat rekahan ditarik. Selain adanya rembesan air pada bidang ketidakmenerusan tersebut, rekahan tarik juga akan terisi oleh material pengisi yang dapat memisahkan dua sisi batuan, batuan tersebut akan memiliki kuat geser yang kecil untuk menahan potensi longsoran.

Kondisi bidang lemah dan penyebaran perlu diketahui untuk menentukan arah dan jenis longsoran yang terjadi pada massa batuan tersebut. Bila jenis longsoran diketahui, maka lebih mudah untuk menentukan geometri yang mantap dengan melakukan analisa kestabilan lereng.

c) Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah sebagai *moisture* tanah pada lereng yang bersangkutan akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng. Selain itu juga, kondisi material yang jenuh dengan air tanah akan mengalami penurunan kekuatan geser akibat adanya tekanan air pori di dalam tubuh material tersebut.

Penambahan air tanah pada pori-pori tanah atau batuan akan memperbesar beban dan pada akhirnya menimbulkan gaya penggerak yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor. Kondisi air tanah yang dimaksud disini adalah ketinggian level air tanah yang berada di bawah permukaan lereng. Pengaruh air tanah terhadap kestabilan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang–bidang lemah yang secara efektif mengurangi kekuatan geser dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

d) Berat Beban Yang Ditanggung Oleh Lereng

Pada suatu lereng yang menanggung beban massa, semakin berat beban yang ditanggung lereng maka semakin besar potensi lereng untuk mengalami pergerakan. (Bowles, 1989)

e) Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

1. **Sifat Fisik Batuan**
   - Bobot isi asli (*natural density)*
   - Bobot isi kering (*dry density)*
   - Bobot isi (*saturated density)*
   - Berat Jenis Semu (*apparent specific*
   - *gravity)* Berat jenis sejati (*true specific*
   - *gravity*) Kadar air asli (*natural water*
   - *content*) *Saturated water content*
   - *(absorption)*
   - Derajat Kejenuhan
   - Porositas
   - *Void Ratio*
2. **Sifat Mekanik Batuan**
   - **Uji Kuat Tekan (*Unconfiend Compression Strength/UCS*)** Data hasil pengujian kuat tekan, dapat digambarkan kurva tegangan – regangan (*stress–strain)* untuk tiap percontoh batuan.

f) Gaya Dari Luar

Gaya–gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan suatu lereng adalah:

1. Getaran yang diakibatkan oleh gempa.
2. Peledakan di dekat lereng.
3. Pemakaian alat–alat mekanis yang berat. (Bowles, 1989)

Tujuan yang akan di capai dalam melakukan penelitian ini adalah:

- Mengetahui kestabilan lereng berdasarkan perhitungan faktor keamanan dengan metode *Janbu* dan *Bishop*.
- Mencari solusi yang tepat untuk mengatasi bahaya kelongsoran.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menurut tujuannya adalah berbentuk penelitian terapan (*applied research*). Penelitian terapan adalah penelitian yang dilakukan secara teliti, hati-hati, sistematik dan terus menerus terhadap suatu masalah dengan tujuan digunakan segera untuk keperluan tertentu (Wikley.et.al,1918).

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Bintang Sumatera Pasific secara geografis terletak pada koordinat 00° 00’ 99,8” – 00° 01’ 14,3” Lintang Selatan (LS) dan 100° 44’ 87,3” – 100° 45’ 04,5” Bujur Timur (BT) dan secara administratif terletak di Kenagarian Mangilang, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.

2.3 Data dan Sumber Data

Jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

a) Data primer

Data primer merupakan data yang dikupulkan dengan melakukan pengamatan atau pengukuran secara langsung di lapangan data primer berupa data titik koordinat daerah penelitian, sampel batuan, *Uniaxial Compressive Strength*, *Rock Quality Designation*, *Spacing Of Discontinuities*, *Condition Of Discontinuities*, arah dan kemiringan kekar, tinggi lereng dan data kemiringan lereng

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari arsip perusahaan berupa data peta topografi, peta geologi dan peta izin usaha pertambangan (IUP) PT. Bintang Sumatera Pasific.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Sifat Fisik dan Mekanik

Dalam membuat suatu *design* lereng dipengaruhi oleh sifat batuan yang terdiri dari berat asli, berat jenuh, berat melayang dan berat kering. (Swana, 2012). Sifat fisik batuan dapat diketahui dengan melakukan analisa laboratorium terhadap sampel batuan menggunakan uji sifat fisik *(physical properties test)* dan uji geser langsung *(direct shear test)* untuk sifat mekaniknya.

b) Klasifikasi RMR

Klasifikasi RMR *(Rock Mass Rating)* merupakan suatu klasifikasi geomekanik dengan metode empiris dalam menentukan pembobotan dari massa batuan, yang digunakan untuk mengevaluasi ketahanan massa batuan sebagai

salah satu cara untuk menentukan kemiringan lereng maksimum dengan memperhatikan 6 parameter yaitu *Unconfined Compressive Strength (UCS), Rock Quality Designation(RQD), spacing of discontinuities, condition of discontinuities, groundwater condition, orientation of discontinuities* (Bieniawski, 1989, dalam Swana, 2012).

***Tabel 2** Bobot Total Nilai RMR*

No	Parameter	Bobot
1	*UCS*	**2**
2	*RQD*	**20**
3	Jarak Kekar	**15**
4	Kondisi Kekar	
	a. Persistensi	**4**
	b. Aperture	**2**
	c. Kekasaran	**5**
	d. Isian	**6**
	e. Pelapukan	**6**
5	Kondisi Air Tanah	**15**
Bobot Total		**75**

Dengan bobot total diperoleh nilai RMR sebesar = 75,

***Tabel 3** Deskripsi Massa Lereng Menurut Pembobotan Total RMR*

No	Keterangan	Deskripsi
1	Bobot Total	**75**
2	Kelas	**II**
3	Deskripsi	**Batuan baik**
4	Kohesi	**350 kN/m^2**
5	Sudut Geser Dalam	**40^0**

Deskripsi massa batuan menurut bobot RMR termasuk ke dalam kelas II dengan deskripsi batuan baik,dengan kohesi 350° kN/m^2 dan sudut geser dalam 40°.

c) Klasifikasi SMR

Untuk mendapatkan suatu gambaran geometri lereng dapat dihitung menggunakan rumus matematis dengan metode *Slope Mass Rating* (Romana, 1993, dalam Swana, 2012) :

SMR = RMR – (F1 X F2 X F3) + F4

Keterangan :
F1 = rata–rata *strike* dari *joint* dikurangi *slope strike*

F2 = rata–rata *dip* dari *joint*
F3 = rata–rata *dip* dari *joint* dikurangi sudut *slope*
F4 = ditentukan berdasarkan metode ekskavasi yang digunakan

***Tabel 4** Deskripsi Massa Lereng Menurut Pembobotan Total SMR*

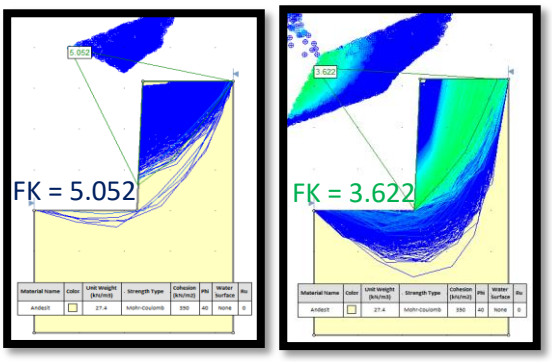
Batuan	Kelas	Bobot	Deskripsi	Kestabilan lereng	Kelongsoran
Andesit	**II**	**76**	**Baik**	**Stabil**	**Berupa Blok**

Deskripsi massa batuan menurut bobot SMR termasuk kedalam kelas II, deskripsi batuan baik, kestabilan lereng stabil dan kemungkinan longsoran berupa blok.

d) Faktor kestabilan Lereng Menggunakan Bantuan *Software Slide V.6.0*

Dalam penggunaan *software Slide V.6.0* terdapat beberapa *option* metode, dimana pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *Janbu* dan metode *Bishop* untuk mengetahui faktor kestabilan lerengnya. Pada perangkat lunak *Slide V.6.0* dibutuhkan parameter-parameter pendukung antara lain, geometri lereng, nilai kohesi, sudut geser dalam dan bobot isi batuan.

Faktor keamanan aktual deperoleh nilai FK sebesar 5,052 untuk metode *janbu* dan 3,622 untuk metode *bishop*, dimana FK > 1,25. Nilai tersebut tergolong sangat aman



(a) ***(b)***

***Gambar 1** (a) FK Lereng Janbu (b) FK Lereng Bishop*

e) Kemiringan Lereng Ideal

Kemiringan lereng ideal dimana kemiringan lereng saat ini 88° menunjukkan bahwa lereng masih dalam keadaan stabil, maka tidak perlu dilakukan perubahan geometri kemiringan lereng. Kalaupun dilakukan bisa dengan memperkecil tinggi dan sudut kemiringan lereng.

Dijelaskan dalam Kepmen 555K pada pasal 241 tentang “Tinggi Permukaan Kerja Dan Lebar Teras kerja”, bahwasanya:

1. Kemiringan, tinggi dan lebar teras harus dibuat dengan baik dan aman untuk keselamatan para pekerja agar terhindar dari material atau benda jatuh.
2. Tinggi jenjang (*bench*) untuk pekerjaan yang dilakukan pada lapisan yang mengandung pasir, tanah liat, dan material lepas lainnya harus:
   a. Tidak boleh lebih dari 2,5 meter apabila dilakukan secara manual,
   b. Tidak boleh lebih dari 6 meter apabila dilakukan secara mekanik dan

c. Tidak boleh lebih dari 20 meter apabila dilakukan dengan menggunakan *clamshell, dragline, bucket wheel excavator* atau alat sejenis kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksana Inspeksi Tambang.

3. Tinggi jenjang untuk pekerjaan yang dilakukan pada material kompak tidak boleh lebih dari 6 meter, apabila dilakukan secara manual.
4. Dalam hal penggalian dilakukan sepenuhnya dengan alat mekanis yang dilengkapi dengan kabin pengaman yang kuat, maka tinggi jenjang maksimum untuk semua jenis material kompak 15 meter, kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksana Inspeksi Tambang.
5. Studi kemantapan lereng harus dibuat apabila:
   a. Tinggi jenjang keseluruhan pada sistem penambangan berjenjang lebih dari 15 meter dan,
   b. Tinggi setiap jenjang lebih dari 15 meter.
6. Lebar lantai teras kerja sekurang-kurangnya 1,5 kali tinggi jenjang ataudisesuaikan dengan alat-alat yang digunakan sehingga dapat bekerja dengan aman dan harus dilengkapi dengan tanggul pengaman (*safety bem*) pada tebing yang terbuka dan diperiksa pada gilir kerja dari kemungkinan adanya rekanan atau tanda-tanda tekanan atau tanda-tanda kelemahan lainnya.

Tabel 5 *Lereng Ideal Dengan Variasi Tinggi dan Sudut Kemiringan Lereng*

Tinggi (m)	**Sudut (^{o})**	**Faktor Keamanan**	
		Bishop	***Janbu***
15m	88°	**3,622**	**5,052**
	80°	**4,329**	**6,636**
	70°	**5,298**	**9,480**
	60°	**7,838**	**26,454**
10m	88°	**5,351**	**6,497**
	80°	**6,448**	**7,215**
	70°	**6,985**	**7,534**
	60°	**7,969**	**8,507**
	50°	**9,946**	**10,889**
5m	88°	**10,705**	**13,590**
	80°	**11,872**	**13,344**
	70°	**13,384**	**14,386**
	60°	**13,684**	**14,044**
	50°	**14,940**	**15,089**
	40°	**15,907**	**15,786**
	30°	**19,358**	**19,060**

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penilitian, penghitungan dan pengolahan data maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a) Berdasarkan metode *rock mass rating* didapat bobot total 75, termasuk ke dalam kelas II, deskripsi batuan baik, dengan nilai kohesi 350 kN/m^2, sudut geser dalam 40°. Dan berdasarkan metode *slope mass rating* didapat bobot total 76, termasuk ke dalam kelas II, deskripsi batuan baik, dengan kestabilan lereng stabil dan jenis longsoran berupa blok.

b) Faktor keamanan aktual dianalisis menggunakan bantuan *software Slide V.6.0*, setelah dianalisis didapatkan nilai FK masing-masing metode *Janbu* = 5.052 dan *Bishop* = 3.622 dimana FK > 1,25. Nilai tersebut tergolong sangat aman.

c) Kemiringan lereng ideal, berdasarkan Kepmen 555K pasal 241 tahun 1995 tentang Tinggi Permukaan Kerja Dan Lebar Teras Kerja, bahwasanya tindakan ini dilakukan untuk memperoleh atau menciptakan geomteri lereng yang aman. Maka hasil dari faktor keamanan aktual yang didapat menunjukkan lereng berada dalam keadaan stabil/aman, maka tidak perlu dilakukannya perubahan geometri lereng.

5. DAFTAR KEPUSTAKAAN

Adi Nata, R. Prima Zulfira, Z. 2017. **Kajian Geoteknik Kestabilan Lereng Pada Pt. Indoasia Cemerlang Site Kintap Kecamatan Sungai Cuka Kabupaten Tanah Laut Profinsi Kalimantan Selatan**. Padang: Jurnal Sains Dan Teknologi.

Alfaq Abdillah, R. 2017. **Analisis Stabilitas Pada Lereng Tambang Terbuka Lapangan "Tg"**. Surabaya: Jurnal Teknik ITS.

Amalia, Y. **Penerapan Metode Kriteria Runtuh *Hoek & Brown* Dalam enentukan Faktor Keamanan Pada Analisis Kestabilan Lereng Di Loop 2 Pt. Kaltim Batu Manunggal Kalimantan Timur**. Yogyakarta: UPN Veteran.

Andy Erwin, R. Isnawan, D. 2016. **Aplikasi Slide Software Untuk Menganalisis Stabilitas Lereng Pada Tambang Batugamping Di Daerah Gunung Sudo Kabupaten Gunungkidul**. Yokyakarta: Jurnal Teknologi Informasi.

Arif, I. 2016. **Geoteknik Tambang**. Bandung: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Astawa Rai, M. dkk. 2010. **Mekanika Batuan**. Bandung: ITB.

Audah, dkk. 2017. **Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Metode Stereografis Pada Pit Berenai Pt. Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan**. Palembang: Universitas Sriwijaya.

Budiman Alam, Muhammad Ramli. **Klasifikasi Morfometri Kemiringan ereng Daerah Dam Bili-Bili** Dan Sekitarnya.

Kepmen 555K pasal 241. 1980. **Tinggi Permukaan Kerja Dan Lebar Teras Kerja**.

Riko Ervil, dkk. 2015. **Buku Panduan Penulisan Dan Ujian Skripsi**. Padang: Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND).

Samudera Paramesywara, T. Setiawan, B. 2014. **Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode RMR, Smr Dan Kesetimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Kabupaten Belitung Timur**. Palembang: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.

Santoso, e. dkk. 2016. **Slope stability analysis based on rock mass characterization in open pit mine method**. Banjarmasin: Jurnal Poros Teknik.