

Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Kekuatan Geser Massa Batuan Terhadap Perubahan Kandungan Air Pada Tambang Batubara Di Area Blok Menyango

(Slope Stability Analysis Based on Rock Mass Shear Strength on Changes in Water Content in Coal Mining in the Menyango Block Area)

Novandri Kusuma Wardana¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY)

Abstract

Mining activities is commonly to work with the problem of stability of rock mass, then before designing mine's slope should know rock shear strength parameters, such as cohesion (c) and internal friction angle value (ϕ). Beside those parameters, also needed to know the impact of water content to the rocks. The water content will effect rock's shear strength, proof by the rock condition which is ductile when it is dry and soft when it is wet. Based on test results was done using sandstone with laboratory scale of direct shear test were analyzed using mohr – coulomb and patton criteria (1966). It is known that the cohesion (c) of sandstone decreased from 510,35 kPa at natural condition down to 133,75 kPa at wet condition. The internal friction angle (ϕ) also decreased from 54,56° at natural condition down to 48,45° at wet condition. The reduction of the shear strength is caused by fragments and clay minerals characteristics which are so reactive and very easy to absorb water so that the cohesion of the sandstone reduce the active normal stress (σ_n) so that working the shear stress (τ) required to cause the shear failure become weaker. From the results, it is also known that the shear surface roughness had a lot of influence on the shear strength the normal stresses (σ_n) applied on the direct shear tests were very low under 20% of UCS.

Keywords : Shear strength test, cohesion, internal friction angle, sandstone, failure criteria

1. PENDAHULUAN

Lereng merupakan permukaan tanah (material) terbuka yang membentuk sudut tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng dapat terjadi secara alamiah atau buatan yang direkayasa oleh manusia. Deformasi merupakan bentuk perubahan yang diakibatkan proses keseimbangan dalam batuan, sehingga akan menjadi potensi ketidakstabilan baik pengaruh adanya struktur geologi, pengaruh air dan tekanan airtanah, dan adanya proses pelapukan (*weathering*).

Potensi ketidakstabilan yang terjadi pada lereng tambang terbuka biasanya akan selalu berkaitan khusus terutama atas dua hal, yaitu batuan utuh (*intact rock*) dan massa batuan (*rock mass*). Disamping itu, akibat dari kondisi lemah pada batuan yang diakibatkan adanya perubahan kandungan airtanah atau resapan air limpasan (*run off*) menyebabkan batuan berpotensi longsor. Untuk menjamin lereng tambang tetap dalam keadaan stabil, diperlukan suatu analisis yang dapat menangani hal ini. Analisis ini berfungsi untuk menganalisis kekuatan geser (*shear strength*) dari massa batuan sebagai bahan dasar dalam analisis kestabilan lereng selanjutnya.

* Korespondensi Penulis: (Novandri Kusuma Wardana) Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY)
E-mail : novandri.kusuma@itny.ac.id

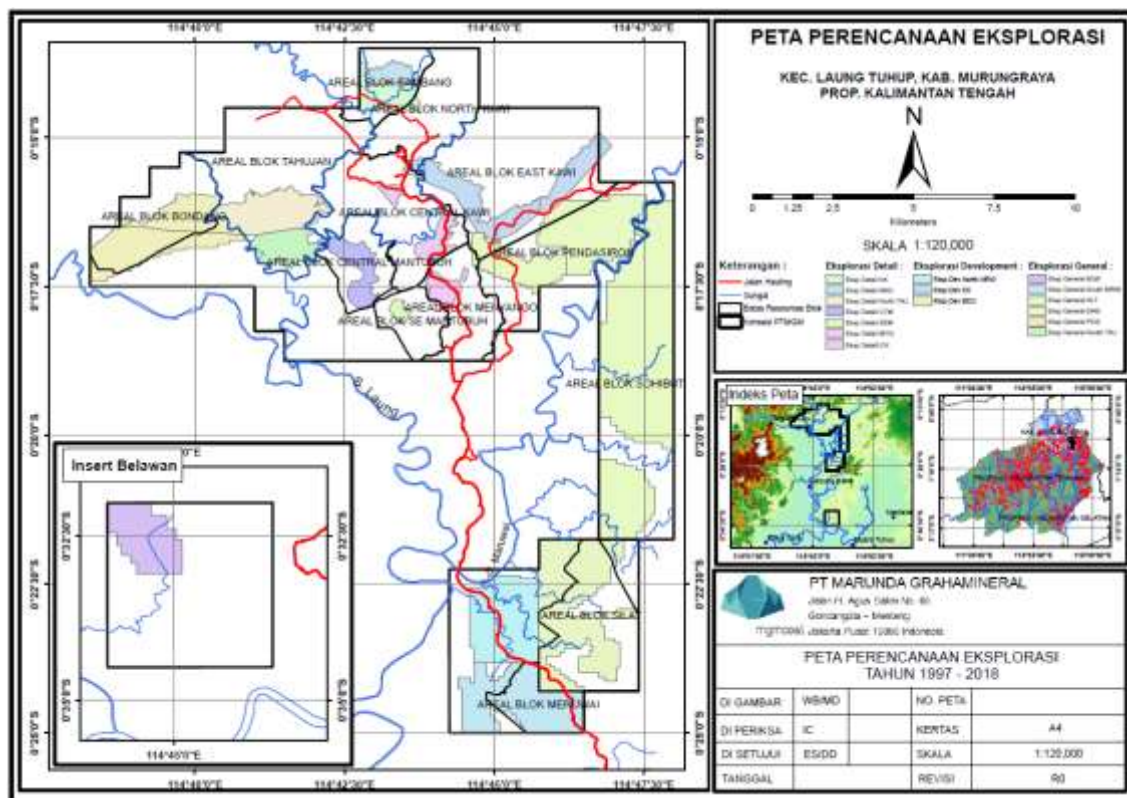
Sebelum mendesain suatu lereng pada tambang terbuka maupun tambang bawah tanah, sangat diperlukan parameter yang mendasarkan pada kekuatan geser yaitu kohesi (c) dan nilai sudut gesek dalam (ϕ). Parameter – parameter ini diperoleh dengan melakukan uji geser langsung (direct shear test) di laboratorium. Selain parameter – parameter diatas, diperlukan juga untuk mengetahui pengaruh kandungan air pada batuan. Keberadaan air ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan geser batuan, hal ini terlihat sangat jelas bahwa batuan sangat keras ketika kering dan lunak ketika mengandung air.

Melakukan uji geser langsung di laboratorium pada dua kondisi, yaitu pada kondisi natural dan jenuh maka dapat diketahui parameter – parameter kekuatan geser batuan serta pengaruh kandungan air terhadap kekuatan geser batuan. Diharapkan dengan pemahaman yang baik terhadap permasalahan tersebut, dapat ditentukan prediksi pembuatan lereng. Batuan sampel diambil adalah batupasir berbutir halus yang diuji di Laboratorium Geomekanika dan mekanika batuan PT. GEOMINE BARA STUDIO.

Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sample adalah berasal dari PT. MARUNDA GRAHAMINERALS, Kecamatan Laung

Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian PT. MARUNDA GRAHAMINERALS, Kec. Laung Tuhup, Kab. Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah

Secara administrasi wilayah PKP2B PT. MARUNDA GRAHAMINERALS terletak pada $0^{\circ}17'31''$ LS sampai $0^{\circ}35'12''$ LS dan $114^{\circ}43'27''$ BT sampai $114^{\circ}47'23''$ BT.

Lokasi tambang dapat ditempuh dari kota Palangka Raya menuju Muara Teweh dengan perjalanan darat selama 10 jam. Daerah sungai Menyango dan sekitarnya termasuk

dalam cekungan Barito Utara bagian tepi dari pengendapan Tersier di Cekungan Barito.

Stratigrafi regional daerah penelitian dan sekitarnya terdiri dari formasi batuan sedimen dan dua formasi batuan beku, diantaranya adalah Formasi Tanjung yaitu formasi batuan sedimen tertua di cekungan barito diendapkan pada Eosen Bawah, Formasi Tanjung merupakan persilangan batupasir, batulempung dan batulanau sisipan batubara, batugamping dan konglomerat. Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian berupa sesar dan perlipatan secara umum arah Barat Daya – Barat Laut – Tenggara. Sesar terdiri dari sesar normal, sesar geser dan sesar naik yang melibatkan

batuan sedimen. Formasi Batu Ayau merupakan penyusun utama stratigrafi daerah sungai Laung dan sekitarnya, dan juga merupakan formasi pembawa seam batubara (*coal bearing formation*). Formasi Batu Ayau tersusun oleh batupasir, batulempung dan batulanau, umumnya terdapat sisipan tufa dan batubara. Formasi Warukin diendapkan tidak selaras di atas Formasi Karamuan dan Formasi Purukcahu, berumur Miosen Tengah dan pada umumnya tersebar di bagian timur daerah penelitian. Formasi ini dicirikan oleh batupasir kuarsa berbutir halus – sedang, bersisipan batulempung di atas diterobos oleh intrusi batuan beku andesit – diorit dan batuan gunung api Bondang (Andesit dan basalt).

2. METODE

Untuk mengetahui perilaku serta memperkirakan kekuatan massa batuan yang akan digunakan untuk mendesain suatu lereng tambang, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu dapat berupa pengujian

a. Uji Sifat Fisik

Uji sifat fisik dilakukan untuk mendapatkan sifat – sifat fisik batuan yaitu bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), kandungan air asli (*natural water content*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*), porositas (*porosity*) dan angka pori (*void ratio*).

b. Uji Kuat Tekan (*Uniaxial Compressive Strength*)

Melalui pengujian kuat tekan uniaksial kita dapat memperoleh nilai kuat tekan uniaksial batuan. Uji kuat tekan dilakukan pada contoh untuk mengetahui kuat tekan (σ_c), Modulus Elastisitas (E), *Poisson's ratio* (ν) serta deformasi lateral dan aksial hingga mengalami *failure*. Contoh akan diuji berbentuk tabung dengan perbandingan

laboratorium. Pengujian yang dilakukan adalah uji sifat fisik dan uji sifat mekanik, yaitu Kuat Tekan Uniaksial (UCS) dan Uji Kuat Geser Langsung (*direct shear test*).

panjang diameternya adalah (L/D) antara 2 – 2,5.

c. Uji Kuat Geser

Pengujian Kuat geser langsung dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) batuan baik puncak maupun sisa, kemudian akan dilakukan perbandingan terhadap kedua parameter tersebut pada kondisi natural dan jenuh. Selain itu, parameter – parameter tersebut juga digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng pada kondisi masing – masing. Uji sample ini dilakukan pada enam contoh batuan masing – masing yang terdiri dari dua kondisi yaitu natural dan jenuh. Pengujian dilakukan dengan tegangan normal (σ_n) yang berbeda – beda yaitu 0,2 kN ; 0,4 kN dan 0,6 kN.

3. Hasil dan Pembahasan

Kekasaran permukaan bidang diskontinyu akan mempengaruhi kekuatan geser batuan pada tingkat tegangan normal hingga 20 % kuat tekan batuan.

Tetapi tetap perlu diingat bahwa tegangan normal maksimumnya diusahakan agar tidak melebihi batas elastisitas batuan (Graselli, 2001). Berdasarkan hasil pengujian dari uji sifat fisik batuan dengan sample uji adalah batupasir, diperoleh hasil uji fisik yaitu :

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik

Kode Sampel	ρ_n (gr/cm ³)	ρ_d (gr/cm ³)	ρ_s (gr/cm ³)	W_n (%)	W_s (%)	Sr %	n %	e
SS1	2,15	2,11	2,31	1,68	9,40	17,86	19,86	0,25
SS2	1,95	1,92	2,19	1,82	14,24	12,77	27,33	0,38
SS3	2,29	2,26	2,46	1,51	9,06	16,67	20,43	0,26

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa batupasir memiliki nilai porositas antara 19,86 – 27,33 % dimana semakin besar nilai porositas, berarti jumlah rongga yang ada dalam batuan akan semakin besar, sehingga porositas akan berpengaruh pada kekuatan batumannya. Dari tabel tersebut juga dilihat kenaikan rata – rata bobot isi batuan dari kondisi kering ke jenuh

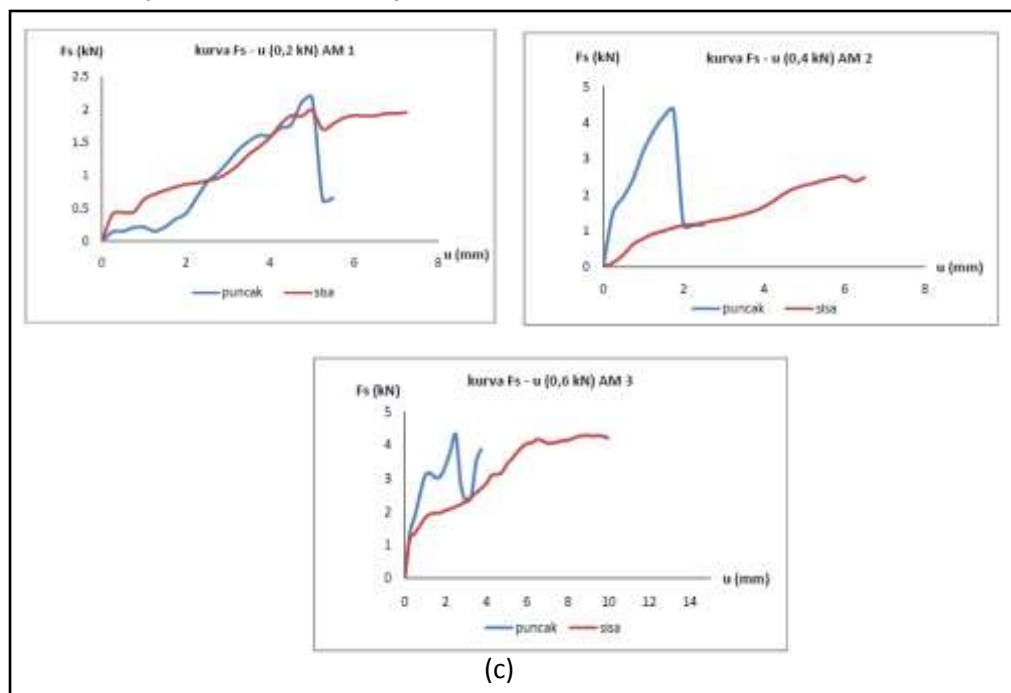
sekitar 0,27 gr/cm³. Jika batuan tersusun dari ukuran butiran yang kecil mempunyai kecenderungan ikatan antar butirnya sangat rapat, sehingga nilai kohesinya relatif lebih tinggi dibanding butiran besar. Hal ini menyebabkan batuan berbutir relatif besar adalah memiliki sudut gesek dalam besar (Bandis,dkk., 1981).

Tabel 2. Parameter hasil uji kuat tekan uniaksial (UCS)

Parameter	Kondisi	
	Natural (1,51 – 1,82% water content)	Jenuh (9,06 – 14,24 % water content)
Kuat tekan (σ) – MPa	4,84	4,14
Modulus Young (E) – GPa	0,23	0,13
Nisbah Poisson	0,27	0,15

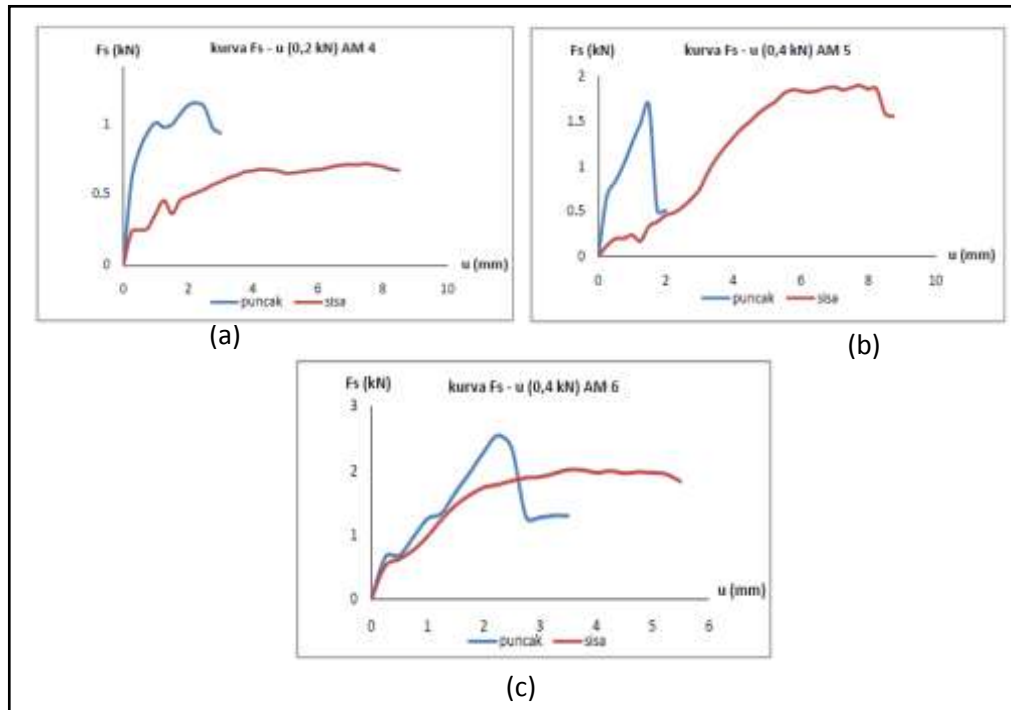
Penurunan yang cukup besar terhadap nilai Modulus Young dari kondisi natural ke kondisi jenuh yang cukup besar yaitu 0,23 GPa menjadi 0,13 GPa memperlihatkan turunnya ketika natural dan plastis ketika kondisi jenuh.

elastisitas batuan karena pengaruh air atau tekanan pori dan menunjukkan perubahan perilaku deformasi yang cukup signifikan dimana batuan cenderung *brittle*


Gambar 2. Kurva Fs – u kondisi natural (2,2 – 2,3 % kandungan air; (a) pada sampel batupasir 1; (b) sampel batupasir 2; (c) sampel batupasir 3

Pergerakan kurva tidak menunjukkan proses kenaikan dan penurunan. Hal ini menjelaskan bahwa sedikitnya pengaruh kekasaran permukaan geser terhadap kekuatan geser batuan yang ditunjukkan pada Gambar 2a.

Sedangkan pergerakan kurva puncak di awal pergeseran kurva naik, kemudian turun lalu naik lagi (Gambar 2c). Hal ini menjelaskan pengaruh kekasaran sangat berpengaruh pada kekuatan geser batuan.



Gambar 3. Kurva $F_s - u$ kondisi jenuh (12,40 – 16,24 % kandungan air); (a) pada sampel batupasir 1; (b) sampel batupasir 2; (c) sampel batupasir 3

Gaya geser batuan tidak besar pada kondisi natural, hal ini dikarenakan pengaruh air dalam batuan sehingga adanya air menyebabkan kekuatan geser batuan menjadi jauh lebih berkurang (Gambar 3a). nilai gaya geser sisa lebih besar daripada nilai puncaknya, hal ini disebabkan karena batuan terlalu cepat mengalami patahan. Sedangkan pada pergeseran residual mungkin masih terjadi proses patahan berikutnya (Gambar 3b). Kondisi puncak keadaan kurva mengalami kenaikan kemudian turun dan selanjutnya naik kembali, hal ini menjelaskan

bahwa banyaknya bidang geser yang tidak datar (Gambar 3c). Uji geser langsung dilakukan terhadap sampel batupasir pada kondisi natural dan jenuh. Masing – masing set pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga sampel sample batuan dan penerapan gaya normal masing – masing adalah 0,2 kN ; 0,4 kN dan 0,6 kN.

Berdasarkan kurva kekuatan geser pada kondisi natural dan jenuh, diperoleh beberapa parameter kuat geser batuan seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Parameter hasil uji kuat geser langsung

Parameter	Kondisi	
	Natural (2,2 – 2,3 % water content)	Saturated (12,40 – 16,24 % water content)
Kohesi puncak (kPa)	510,30	133,70
Sudut Gesek dalam Puncak (°)	79,14	73,25
Kohesi sisa (kPa)	174,30	78,50
Sudut Gesek dalam sisa (°)	80,65	72,35

Dari Tabel 3 dapat dibentuk persamaan hubungan tegangan geser dengan tegangan normal :

Kondisi natural :

$$\tau_p = \sigma_n \tan 79,14^\circ + 510,30$$

$$\tau_r = \sigma_n \tan 80,65^\circ + 174,30$$

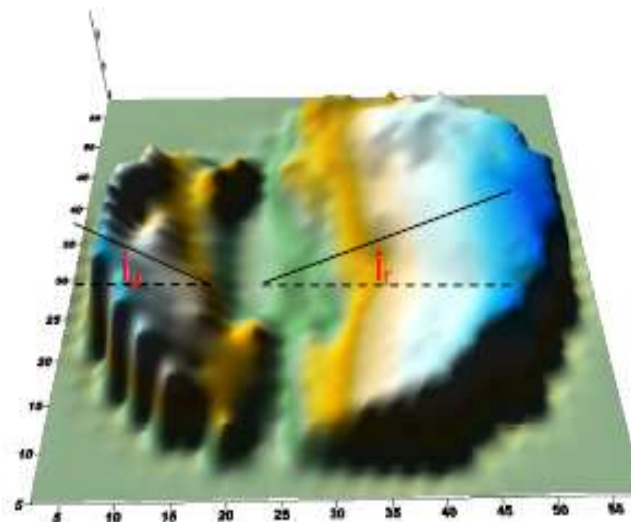
Kondisi jenuh :

$$\tau_p = \sigma_n \tan 73,25^\circ + 133,70$$

$$\tau_r = \sigma_n \tan 72,35^\circ + 78,50$$

Nilai sudut gesek dalam yang diperoleh dari hasil pengujian geser langsung pada tabel 1.3 merupakan nilai sudut geser dalam ($\phi + i$) dan dalam hal ini, i merupakan nilai sudut kemiringan permukaan geser dengan proyeksi sudut

orde satu. Untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam batuan yang sebenarnya perlu dilakukan pengurangan nilai rata – rata sudut kemiringan geser (i) terhadap masing–masing nilai sudut gesek dalam yang diperoleh hasil pengujian geser langsung. Kekuatan geser batuan berdasarkan kondisi bidang diskontinyu yang mempertimbangkan kondisi batuan yang *disturb/undisturb*. Semua massa batuan memiliki bidang – bidang diskontinu seperti kekar, bidang perlapisan, dan sesar. Pada kedalaman yang dangkal dimana tegangan – tegangan yang bekerja sangat rendah atau dapat diabaikan, runtuhannya yang terjadi massa batuan lebih banyak dikendalikan oleh luncuran pada bidang diskontinu (Wardana, 2017).



Gambar 4. Bentuk patahan yang terjadi setelah mengalami pergeseran

4. KESIMPULAN

Keberadaan air dapat menyebabkan penurunan nilai kohesi (c) dari kondisi natural (510,30 kPa) hingga kondisi jenuh 133,70 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) dari kondisi natural $54,56^\circ$ hingga kondisi jenuh $48,49^\circ$. Hal ini dipengaruhi oleh sifat fragmen mineral pasir yang sangat reaktif dan mudah menyerap air sehingga menyebabkan ikatan antar butiran dalam batuan semakin lemah ketika jenuh air. Dan berdasarkan tegangan normal yang rendah (dibawah 20 % dari nilai kuat

tekan uniaksial batuan), kekasaran permukaan geser sangat berpengaruh terhadap kuat geser batuan. Persentase pengurangan nilai kohesi (c) dari kondisi jenuh ialah 73,25 hingga 72,30 % dan persentase nilai pengurangan sudut geser dalam sebesar 11 %.

DAFTAR PUSTAKA

Barton, N.R., 1973, *A Review of the Shear Strength of Filled Discontinuities in Rock*, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo.

- Bandis, S. (1990): *Scale effects in the strength and deformability of rocks and rock joints*, Proc. The 1st Intl. Workshop on scale effects in Rock masses, Edited by Cunha, P.A. Luen, Norway 59-76.
- Bandis, S., Lumsden, A.C. and Barton, N.R. (1981): *Experimental Studies of Scale Effects on the Shear behavior of Rock Joints*, International Journal Rock Mechanics, Mining, Science and Geomechanics, Vol. 18., Pergamon Press Ltd., pp. 1 – 21.
- Grasselli, G. (2001): *Shear Strength of Rock Joints Based on Quantified Surface Description*, Geophysical Technology Department, Sandia National Laboratories, New Mexico, USA.
- Griffith, A.A. (1925): *The Theory of Rupture*, Proceeding of 1st Institutional Congress of Applied Mechanics, Delft. Biezeno and Burgers ed. Waltman, pp. 55 – 63.
- Hoek, E., 2000, *Practical Rock Engineering*, Rockscience, London.
- ISRM Suggested Methods (1976): *Quantative Description of Discontinuities*, *Int.J. Rock Mech. Sc. & Geomech. Abstrc.* 15. 319 – 368.
- Jaeger, J.C., and Cook, N.G.W., 1976, *Fundamentals of Rock Mechanics*, 2nd ed., Chapman and Hall, London.
- Ladanyi, B. and Archambault, G. (1970): *Simulation of Shear Behavior of a Jointed Rock Mass*, Proc. 11th Symposium on Rock Mechanic, Published By AIME, New York. pp. 105 – 125.
- (1980): *Direct and Indirect Determination of Shear Strength of Rock Mass*, In Preprint No. 80-25, A.I.M.E. Annual Meeting (Las Vegas, Nevada, February, 1980).
- Londe, P. (1973): *The Role of Rock Mechanics in The Reconnaissance of Rock Foundations*, Qly J. Engng Geol., Vol 6/1.
- Wardana, N.K. 2017. Aplikasi Uji Kuat Geser Dalam remediasi Lereng Tambang Aspal di PT. Karunia Alam Indonesia, Kec. Lasalimu, Kab. Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Promine Jurnal. Vol. 5 (1) pg. 20 – 26.