

STUDI PERBANDINGAN NILAI KUAT GESER BATU LEMPUNG BERDASARKAN KONDISI JENUH, KONDISI NATURAL, DAN KONDISI KERING FORMASI PALAU BALANG MENGGUNAKAN METODE *DIRECT SHEAR* DI KALIMANTAN TIMUR

(Comparative Study Of Claystone Shear Strength Value Based On Saturated Conditions, Natural Conditions, And Dry Conditions Of The Palau Balang Formation Using The Using The Direct Shear Method In East Kalimantan)

Irfan^{1*}, Tommy Trides², Agus Winarno³, Lucia Litha Respati⁴, Shalaho Dina Devy⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Samarinda
Email: irfan.pck6996@gmail.com

Abstrak: Batulempung merupakan batuan yang memiliki struktur padat dengan susunan mineral yang lebih banyak dari batulanau. Selain itu, batulempung juga dapat diartikan salah satu jenis batuan sedimen yang bersifat liat atau plastis, tersusun dari *hidrous aluminium silica* (mineral lempung) yang ukuran butirnya halus dan batulempung tersebut seringkali mudah hancur dalam waktu singkat ketika tersingkap ke permukaan serta berinteraksi dengan air. Dari hasil pengujian juga dapat diperoleh perbandingan nilai kekuatan batuan antara lokasi 1 dan lokasi 2 dengan menghubungkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik dari masing-masing lokasi dimana untuk lokasi 1 memiliki nilai *natural water content* sebesar 17.38% dan *saturated water content* sebesar 24.39% dengan nilai kohesi batulempung kondisi natural sebesar 0,209 MPa, kondisi jenuh sebesar 0,2105 MPa dan kondisi kering sebesar 0,2517 MPa. Kemudian untuk lokasi 2 memiliki nilai *natural water content* sebesar 22,87% dan *saturated water content* sebesar 32,84% dengan nilai kohesi batulempung kondisi natural sebesar 0,0923MPa, kondisi jenuh sebesar 0,0377MPa dan kondisi kering sebesar 0,2099 MPa. Dapat disimpulkan bahwa batulempung lokasi 1 memiliki presentasi *water content* lebih kecil dari pada batulempung lokasi 2. Dapat disimpulkan bahwa air yang terkandung dalam batulempung sangat berpengaruh terhadap kekuatan batulempung dalam menahan gaya yang diterima untuk mengalami pergeseran dan juga air berpengaruh terhadap gaya tarik menarik.

Kata Kunci : Kohesi, Sudut Geaer Dalam, Kuat Geser.

Abstarct: *Claystone is a rock that has a denser structure with more mineral composition than siltstone. In addition, claystone can also be interpreted as a type of sedimentary rock that is clay or plastic, composed of hydrous aluminum silica (a clay mineral) whose grain size is fine and the claystone is often easily destroyed in a short time when it is exposed to the surface and interacts with water. From the test results it can also be obtained a comparison of rock strength values between location 1 and location 2 by correlating the results of testing the physical properties and mechanical properties of each location where for location 1 has a natural water content value of 17.38% and a saturated water content of 24.39% with the cohesion value of claystone under natural conditions is 0.209 MPa, saturated conditions are 0.2105 MPa and dry conditions are 0.2517 MPa. Then for location 2 it has a natural water content value of 22.87% and a saturated water content of 32.84% with a claystone cohesion value of natural conditions of 0.0923MPa, saturated conditions of 0.0377MPa and dry conditions of 0.2099 MPa. It can be concluded that the claystone location 1 has a smaller water content presentation than the claystone location 2. It can be concluded that the water contained in the claystone greatly influences the strength of the claystone in resisting the forces received to experience a shift and also water affects the attractive force between claystone particles which makes the strength of the rock weak.*

Keywords: Cohesion, Inner Shear Angle, Shear Strength.

PENDAHULUAN

Batulempung merupakan batuan yang memiliki struktur padat dengan susunan mineral yang lebih banyak dari batulanau. Selain itu, batulempung juga dapat diartikan salah satu jenis batuan sedimen yang bersifat liat atau plastis, tersusun dari *hidrous aluminium silica* (mineral lempung) yang ukuran butirnya halus dan batulempung tersebut seringkali mudah hancur dalam waktu singkat ketika tersingkap ke permukaan serta berinteraksi dengan air.

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.

Keberadaan air pada batuan dapat mempengaruhi perubahan sifat fisik batuan seperti kuat tekan, kuat tarik dan karakteristik kuat geser batuan. Perubahan sifat ini dapat menyebabkan penurunan faktor keamanan pada suatu bidang lereng ataupun lahan yang bisa mengakibatkan terjadinya longsoran ataupun runtuh (tanah turun) yang mengakibatkan kerusakan lingkungan, terancamnya keselamatan jiwa serta kerugian dari segi ekonomi dan waktu. Berdasarkan pengujian pada umumnya, hasil yang diperoleh dari uji kuat geser menunjukkan bahwa peningkatan kadar air pada batuan menyebabkan perubahan nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami penurunan. Oleh karena itu, berdasarkan atas pertimbangan pengaruh kondisi air pada pengujian kuat geser batulempung akan dilakukan penelitian kuat geser berdasarkan ketiga kondisi yaitu jenuh, natural dan kering sebagai acuan untuk mendesain lereng pada suatu tambang terbuka.

Massa batuan, karena proses terjadinya secara alami, memiliki sifat yang cenderung unik (tidak ada kembarannya). Meskipun secara deskripsi namanya sama misalnya andesit, tetapi antara andesit atau dengan yang lain hampir pasti tidak sama persis. Oleh karena itu, maka sifat massa batuan di alam adalah heterogen, anisotrop, diskontinu.

1. Heterogen terbagi atas tiga yaitu yang pertama adalah mineralogis yang dimana merupakan jenis mineral pembentuk batuan berbeda-beda, yang kedua merupakan butiran padatan yakni ukuran dan bentuknya berbeda-beda, dan yang ketiga merupakan *void* yakni ukuran bentuk dan penyebarannya berbeda-beda.

2. Anisotrop artinya massa batuan yang mempunyai sifat-sifat yang berbeda pada arah yang berbeda.

3. Diskontinu, dimana massa batuan selalu mengandung unsur struktur geologi yang mengakitkannya tidak kontinu seperti kekar, sesar, retakan, *fissure*, bidang perlapisan. Struktur geologi ini cenderung melemahkan kondisi massa batuan.

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di daerah Mugirejo dan lempake Kota Samarinda. Dalam kegiatan penelitian ini akan dibagi menjadi tiga tahapan yaitu pertama tahap pra lapangan berupa studi literatur, skripsi serta jurnal. Tahap kedua adalah tahap lapangan kegiatan penelitian berupa pengambilan data. Data-data diambil dari lapangan dan uji laboratorium, jumlah sampel dan standar pengujian. Tahap ketiga adalah tahap pasca lapangan berupa analisis penelitian yaitu mengolah data yang diperoleh dari tahap kedua.

Pra Lapangan

Pada tahap lapangan hal-hal yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan berkaitan dengan masalah yang ada, termasuk juga kajian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan kuat geser. Selain itu dilakukan pula studi terhadap literatur-literatur yang mendukung penelitian ini seperti jurnal-jurnal, laporan tugas akhir, serta buku-buku.

2. Pengamatan Lapangan

Meliputi pengamatan terhadap lokasi penelitian, menentukan objek penelitian beberapa lereng dan untuk mendapatkan kondisi lereng tersebut yang meliputi geometri lereng serta orientasi bidang lemah dan pengamatan muka air tanah.

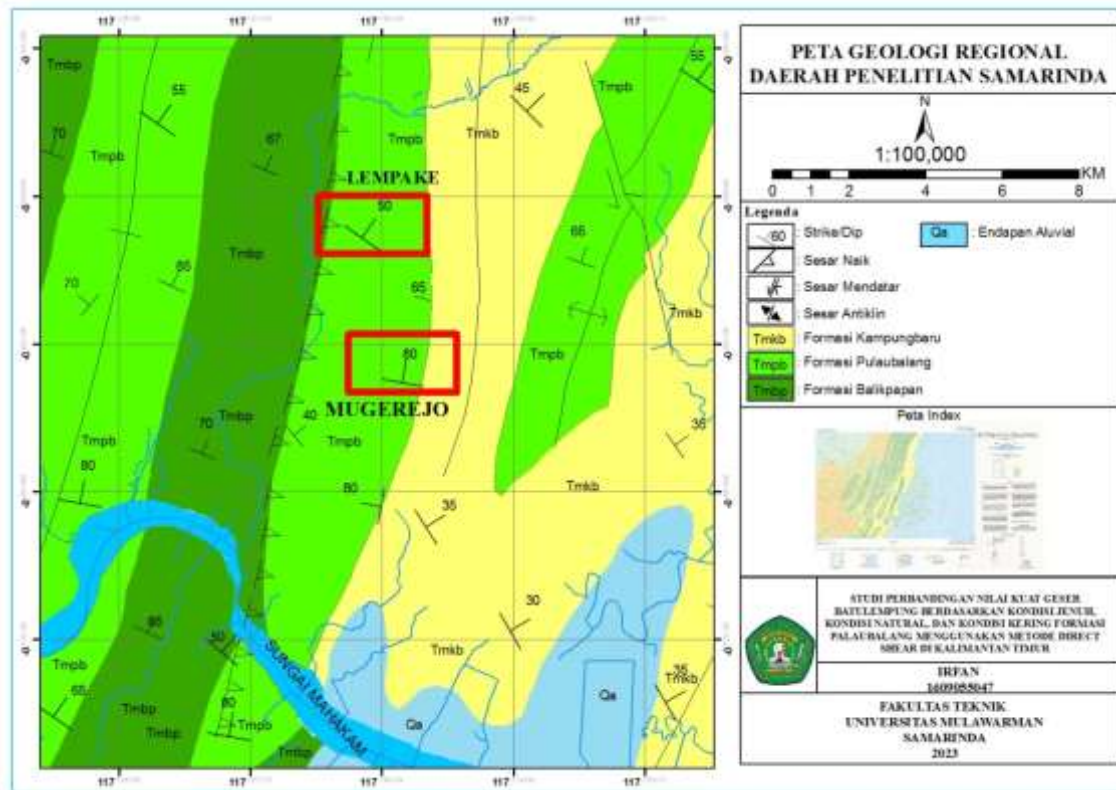
Tahap Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya digunakan dalam penyusunan Penelitian ini. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder yaitu observasi lapangan, pengambilan sampel batuan, pengambilan koordinat menggunakan GPS pada lokasi penelitian serta pengujian sampel di laboratorium serta pembuatan peta geologi regional dan peta kesampaian daerah.

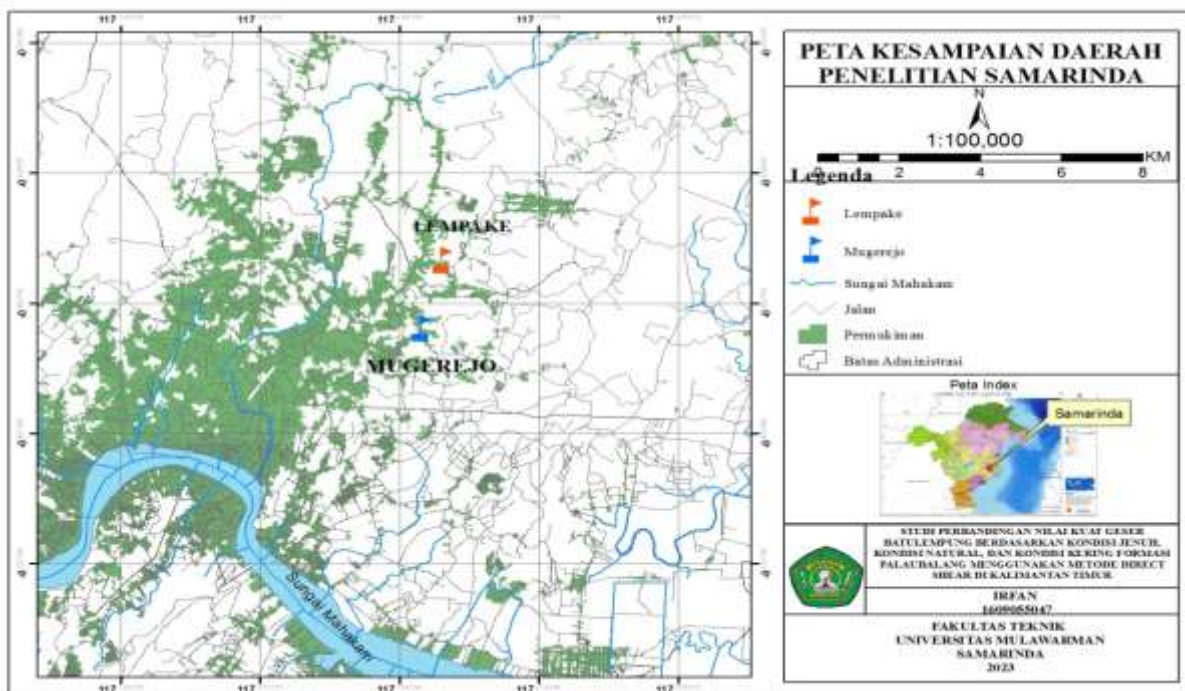
Tahap Lapangan

Pada tahap ini dilakukan tahapan pengujian sampel, pengolahan data dan analisi yang didapatkan pada tahapan lapangan yaitu pengujian sifat fisik batu lempung, meliputi pengukuran berat sampel, pengukuran berat sampel jenuh tergantung dalam air, sampel batuan di oven penimbangan berat kering batu lempung setelah di oven serta dilakukan pengujian kuat geser pada sampel batu lempung yaitu dengan pengujian, kuat geser kondisi jenuh, kuat geser kondisi natural, kuat geser kondisi kering.

Berikut Gambar Peta Regional dan kesampaian daerah yaitu:



Gambar 1 Pengambilan titik koordinat dilapangan



Gambar 2 Pengambilan titik koordinat dilapangan pada lokasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat fisik batu lempung pada penelitian formasi palaubalang

Pada pengujian sifat fisik batulempung formasi palaubalang lokasi pertama, contoh sampel yang digunakan yaitu 4 contoh sampel untuk batulempung formasi palaubalang dengan berat 50,1 gr, 50,4 gr, 50 gr dan 50,6 gr pengujian ini diawali dengan menentukan 4 macam berat spesimen batuan yaitu berat natural (W_n), berat jenuh (W_w), berat kering (W_o) dan berat jenuh tergantung dalam air (W_s) dapat menjadai pendukung terhadap kekuatan batulempung.

Tabel 1 Hasil uji sifat fisik batulempung lokasi 1 Formasi Palaubalang

No	Kode Sampel	Unit	BPN 1	BPN 2	BPN 3	BPN 4	Average
1	Bobot isi Asli	gr/cm ³	1,942	1,697	1,852	1,946	1,830
2	Bobot isi Kering	gr/cm ³	1,694	1,461	1,526	1,673	1,560
3	Bobot isi Jenuh	gr/cm ³	2,085	1,774	1,963	2,085	1,941
4	Berat Jenis Semu	-	1,694	1,461	1,526	1,673	1,560
5	Berat Jenis Sejati	-	2,783	2,127	2,711	2,843	2,540
6	Kadar Air	%	14,645	16,129	21,359	16,322	17,378
7	Kandungan Ai Jenuh	%	23,112	21,429	28,641	24,598	24,394
8	Derajat Kejenuhan	%	63,366	75,269	74,576	66,355	71,070
9	Porositas	%	39,147	31,313	43,704	41,154	38,055
10	Angka Pori	-	0,643	0,456	0,776	0,699	0,625

Tabel 2 Hasil uji sifat fisik batulempung lokasi 2 Formasi Pulaubalang

No	Kode Sampel	Unit	BPN 1	BPN 2	BPN 3	BPN 4	Average
1	Bobot isi Asli	gr/cm ³	1,729	1,887	1,749	1,753	1,789
2	Bobot isi Kering	gr/cm ³	1,432	1,481	1,453	1,444	1,455
3	Bobot isi Jenuh	gr/cm ³	1,901	2,008	1,892	1,906	1,933
4	Berat Jenis Semu	-	1,432	1,481	1,453	1,444	1,455
5	Berat Jenis Sejati	-	2,697	3,127	2,590	2,684	2,805
6	Kadar Air	%	20,813	27,411	20,384	21,394	22,869
7	Kandungan Air Jenuh	%	32,775	35,533	30,216	31,971	32,841
8	Derajat Kejenuhan	%	63,504	77,143	67,460	66,917	69,369
9	Porositas	%	46,918	52,632	43,902	46,181	47,817
10	Angka pori	-	0,884	1,111	0,783	0,858	0,926

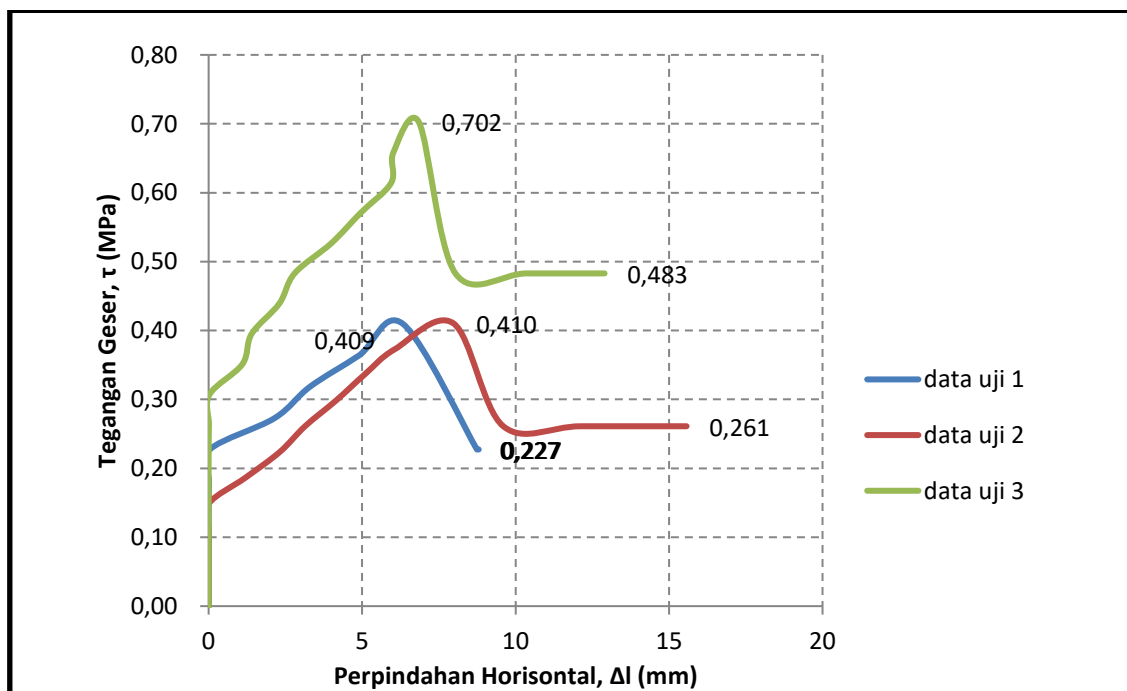
Dari kedua lokasi penelitian pengujian sifat fisik diperoleh hasil perbandingan persentase *Natural Water Content*, *Saturated Water Content* lokasi pertama berada pada jalan mugirejo dan lokasi kedua berada pada jalan poros Samarinda-Bontang. Hasil perhitungan *Natural Water Content* pada lokasi Mugirejo didapat hasil nilai rata rata sebesar 17,378% sedangkan untuk lokasi daerah lempake diperoleh hasil perhitungan nilai rata rata sebesar 22,869%, dan untuk nilai *Saturated Water Content* lokasi mugirejo didapatkan hasil nilai rata rata sebesar 24,394% sedangkan untuk lokasi daerah lempake diperoleh hasil perhitungan nilai rata rata sebesar 32,841%. Perbandingan dari hasil perhitungan *Natural Water Content* dan *Saturated Water Content* disebabkan karena ukuran pori batulempung antara dua lokasi yang berbeda

yang diakibatkan dari perbedaan daya serap air pada batulempung pada lokasi Lempake lebih besar dari lokasi Mugirejo. Hasil perbandingan nilai bobot isi sampel batulempung tersebut akan menjadi acuan untuk perbandingan nilai kuat geser terhadap kondisi natural, kondisi kering dan kondisi jenuh pada pengujian sifat mekanik.

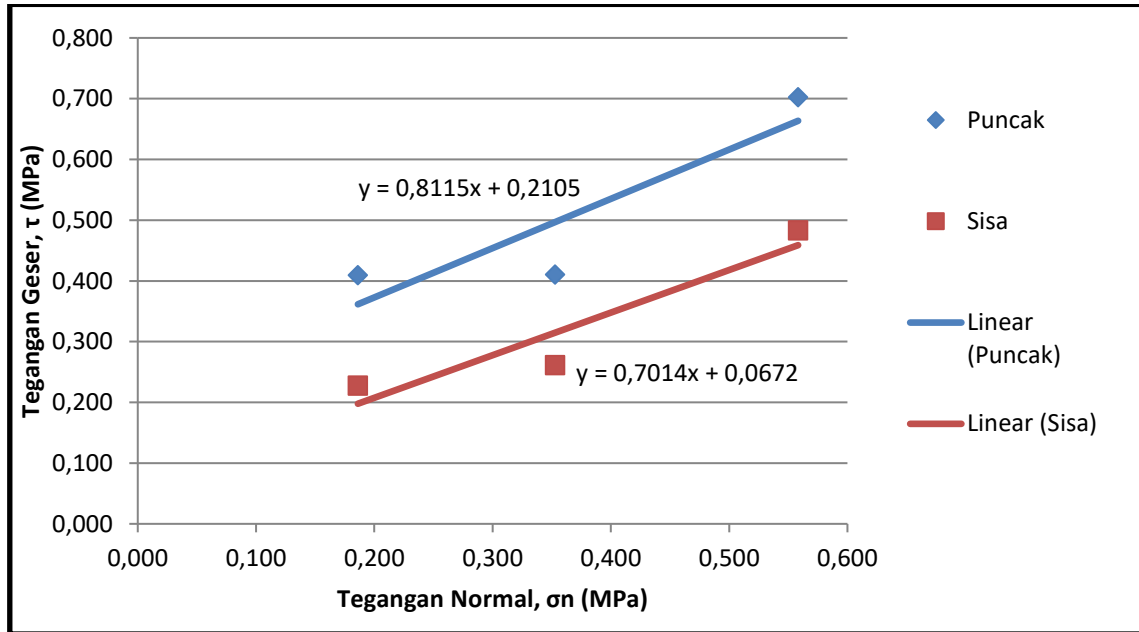
Kuat Geser

Pada pengujian penelitian ini dilakukan pada conto sampel batulempung formasi pulaubalang pada lokasi 1 dan 2 pada tiga kondisi yaitu kondisi natural, kondisi jenuh dan kondisi kering. Pada masing-masing pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga penerapan tegangan normal masing-masing 0,014 MPa; 0,029 MPa; dan 0,043 Mpa. Dari data hasil uji kuat geser diplot menjadi kurva kekuatan geser pada kondisi jenuh, kondisi natural dan kondisi kering dari sudut geser dalam yang diperoleh pada lingkaran Mohor-coloumb masing-masing mengalami penurunan dari kondisi kering-kondisi natural-kondisi jenuh.

Mugirejo



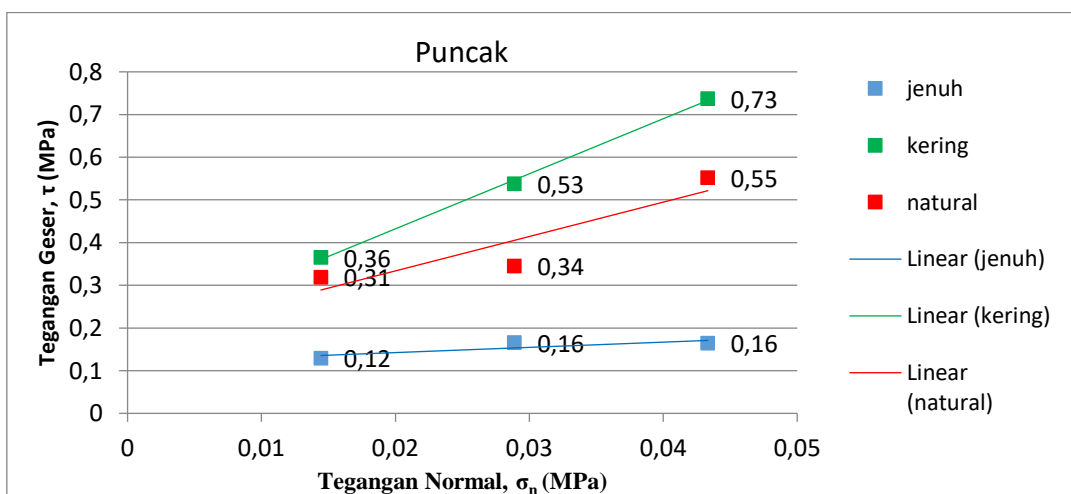
Gambar 3 Deformasi Kondisi Jenuh Kuat Geser Lokasi Mugirejo Formasi Palaubalang



Gambar 4 Kurva Penelitian Kekuatan Geser Kondisi Jenuh Lokasi Penelitian.

Berdasarkan hasil kurva diatas dapat di ketahui bahwa pada lokasi Mugirejo dengan kondisi kering didapatkan nilai puncak sampel pengujian 1 sebesar 0,460 Mpa dan nilai sisa sebesar 0,293 Mpa. Pada sampel pengujian 2 didapatkan nilai puncak sebesar 0,656Mpa dan nilai sisa sebesar 0,481 Mpa. Pada sampel pengujian 3 didapatkan nilai puncak sebesar 0,738 Mpa dan nilai sisa sebesar 0,527 Mpa.

Berikut adalah gambar perbandingan data hasil uji kuat geser pada setiap kondisi didaerah Mugirejo. Bahwa kondisi kering lebih kuat dibandingkan dengan kondisi natural dan jenuh sedangkan kondisi natural lebih kuat dibandingkan kondisi jenuh dan dari ketiga kondisi tersebut yang paling lemah berada pada kondisi jenuh.



Gambar 5 Kurva Kekuatan Geser puncak Natural, Kering, Jenuh Daerah Mugirejo Formasi Palaubalang

Nilai kohesi dan sudut geser dalam dari lingkaran *Mohr-coloumb* lokasi didaerah Formasi Palaubalang

Batu lempung	<i>Mohr-coloumb</i>			
	sudut geser dalam (°)		Kohesi (Mpa)	
	Puncak	Sisa	Puncak	Sisa
Jenuh	39,06	33,05	0,2105	0,0672
Natural	40,09	39,05	0,0209	0,0163
Kering	48,495	44,25	0,2517	0,1179

Tabel 3. Nilai kohesi dan Sudut Geser Dalam Dari Lingkaran *Mohr-Coloumb* Lokasi 2 di Daerah Lempake Formasi Palaubalang

Batu lempung	<i>Mohr-coloumb</i>			
	sudut geser dalam (°)		Kohesi (Mpa)	
	Puncak	Sisa	Puncak	Sisa
Jenuh	34,59	14,46	0,0377	0,0144
Natural	39,33	21,62	0,0923	0,0601
Kering	40,30	31,33	0,2099	0,0195

Dari hasil pengujian kuat geser batulempung formasi palaubalang pada lokasi 1, berdasarkan hasil pengujian, diperoleh grafik pada gambar 4.3 didapatkan kesimpulan bahwa untuk nilai kohesi dan sudut geser dalam batulempung mengalami penurunan dari kondisi kering – natural – jenuh, begitupun pada lokasi 2 (Gambar 4.4) mengalami penurunan yang hampir sama, hal disebabkan karena air yang terkandung pada batulempung akan mengisi rongga kosong dan pori pada batulempung yang akan membuat batulempung mengalami penambahan beban yang besar dan akan mengakibatkan kemampuan batulempung dalam menerima gaya dari luar akan berkurang. Tingkat persentase kandungan air pada batupasir sangat dipengaruhi oleh besarnya ukuran butir, hal ini akan mempengaruhi ketika semakin besar ukuran butir yang ada pada batulempung, maka secara otomatis tingkat kerapatan antara butiran batulempung akan semakin rendah dan akan menimbulkan banyaknya rongga kosong yang nantinya akan di isi oleh void yang dapat berupa udara dan air.

Dari hasil pengujian juga dapat diperoleh perbandingan nilai kekuatan batuan antara lokasi 1 dan lokasi 2 dengan menghubungkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik dari masing-masing lokasi dimana untuk lokasi 1 memiliki nilai *natural water content* sebesar 17.38% dan *saturated water content* sebesar 24.39% dengan nilai kohesi batulempung kondisi natural sebesar 0,209 MPa, kondisi jenuh sebesar 0,2105 MPa dan kondisi kering

sebesar 0,2517 MPa. Kemudian untuk lokasi 2 memiliki nilai *natural water content* sebesar 22,87% dan *saturated water content* sebesar 32,84% dengan nilai kohesi batulempung kondisi natural sebesar 0,0923MPa, kondisi jenuh sebesar 0,0377MPa dan kondisi kering sebesar 0,2099 MPa. Dapat disimpulkan bahwa batulempung lokasi 1 memiliki presentasi *water content* lebih kecil dari pada batulempung lokasi 2. Dapat disimpulkan bahwa air yang terkandung dalam batulempung sangat berpengaruh terhadap kekuatan batulempung dalam menahan gaya yang diterima untuk mengalami pergeseran dan juga air berpengaruh terhadap gaya tarik menaraik antar partikel batulempung yang membuat kekuatan batuan menjadi lemah. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan nilai sifat fisik dan sifat mekanik batulempung pada 2 lokasi yang berbeda, dimana batulempung lokasi 1 memiliki persentasi *Water Content* yang lebih kecil dibandingkan batulempung lokasi 2 yang akan berpengaruh terhadap sifat mekanik batulempung di masing-masing lokasi. Semakin kecil persentasi *Water Content* batulempung, maka akan semakin besar kekuatan batuan dalam menerima gaya yang diterima untuk bergeser.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian berupa pengolahan data, maka dapat diambil dari beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. a. Nilai kohesi puncak pada daerah Mugirejo didapatkan 0,2105 MPa (kondisi jenuh), 0,209 MPa (kondisi natural), dan 0,2517 MPa (kondisi kering); dan daerah Lempake didapatkan 0,0377 MPa (kondisi jenuh), 0,923 MPa (kondisi natural), dan 0,2099 MPa (kondisi kering).
- b. Nilai kohesi sisa pada daerah Mugirejo 0,0672 MPa (kondisi jenuh), 0,0163 MPa (kondisi natural), dan 0,1179 MPa (kondisi kering); dan daerah Lempake 0,0114 MPa (kondisi jenuh), 0,0601 MPa (kondisi natural), dan 0,0195 MPa (kondisi kering).
2. a. Nilai sudut geser dalam puncak daerah Mugirejo didapatkan $39,06^\circ$ (kondisi jenuh), $40,09^\circ$ (kondisi natural), dan $48,495^\circ$ (kondisi kering); dan daerah Lempake didapatkan $34,59^\circ$ (kondisi jenuh), $39,33^\circ$ (kondisi natural), dan $40,30^\circ$ (kondisi kering).
- b. Nilai sudut geser dalam sisa daerah Mugirejo didapatkan $35,05^\circ$ (kondisi

jenuh), $39,05^\circ$ (kondisi natural), dan $44,25^\circ$ (kondisi kering); dan daerah Lempake didapatkan $14,46^\circ$ (kondisi jenuh), $21,62^\circ$ (kondisi natural), dan $31,33^\circ$ (kondisi kering).

3. Dari kedua lokasi tersebut dengan formasi yang sama didapat hasil kondisi jenuh, kondisi natural dan kondisi kering lebih kuat lokasi Mugirejo dibandingkan dengan lokasi lempake

UCAPAN TERIMKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung, orang tua, dosen pembimbing, dosen penguji, laboratorium teknologi mineral dan batubara fakultas teknik universitas mulawarman serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTKA

- Agustina, D. H. & Elfrida. 2019. *Pengaruh Perubahan Kadar Air Terhadap Kekuatan Geser Tanah empung* Universitas Riau.
- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama. Ariani.
- Dosen Dan Asisten Teknik Pertambangan Unmul. 2018. *Mekanika Batuan*.
- Kevin D. A., Serin R., Dewy B. S., Aloysius T., Yudho D. G. C., 2009. *Analisis Pengaruh Porositas Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Batu Gamping*, Insitut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- ISRM Suggested Methods., 2014, *ISRM Suggested Method For Laboratory Determination of the Shear Strength of Rock Joint: Revised Version*
- Made Astawa Rai, S. Kramadibrata, R.K. Wattimena, 2013. *Mekanika Batuan*, ITB Press. Bandung
- Melati. S. 2019. *Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik Dan Kuat Tekan Uniaksial Pada Contoh Batulempung, Andesit, Dan Beton* Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin.
- Misbahudin., Sadisun, I. H., 2017. *Karakterisasi Durabilitas Batulempung Menggunakan Uji Indeks Disintegrasi: Studi Kasus pada Lokasi Rencana Jalan Tol Cisumdawu di Daerah Ujungjaya, Sumedang, Jawa Barat*
- Purwanto, 2009. *Studi Efek Skala Pada Uji Geser*, ITB, Bandung.
- Rumbiak Viona, 2020. Avelar I. N. Dc. E. Silva, Jose Ogelivio Agapito Da Costa, Yudho

Dwi Galih Cahyono [1] *Pengaruh Uji Kuat Geser Terhadap Batu Andesit.*
Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Saptono, S., 2009, *Pengaruh Ukuran Conto Terhadap Kekuatan Batuan, JTM,*
No.1/2009, Vol. XVI, hlm. 1-6.

Wardana, Novandri Kusuma. 2019. *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Kekuatan Geser Massa Batuan Terhadap Perubahan Kandungan Air Pada Tambang Batubara Di Area Blok Menyango.* Mining Journal Eksploration Vol. 7(2) halaman 71-77.