

PENGUJIAN SIFAT FISIK GABRO DAN SERPENTINIT DI SAOKA KOTA SORONG PROVINSI PAPUA BARAT

Abraham A. Sengka^{1*}, Karmila Laitupa²

^{1*) 2)}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
Telp./Fax. (0986) 215661 / (0986) 214739
*Penulis Korespondensi : 201563050.a.a.sengka@gmail.com

Received : Juni 2022; Accepted: Agustus 2022; Published : November 2022

Abstrak

Sorong City, especially in the Saoka area, has a hypothetical gabbro resource of 25,000,000 m³, and in the Rufeï area it has a hypothetical serpentinite resource of 500,000 m³. but there is no test on the physical properties of the two rocks, so it is necessary to test the physical properties of gabbro and serpentine to determine the parameters of physical properties such as bulk density, specific gravity, water content, porosity, void ratio, and degree of saturation. The research method used is quantitative by taking samples at the research location and then conducting tests in the laboratory, the test results show the average physical properties of gabbro, namely original bulk weight = 3.09 gr/cm³, dry bulk weight = 3.01 gr/cm³, saturated weight = 3.13 g/cm³, apperent specific gravity = 3.01, true specific gravity = 3.41, original water content = 2.55%, saturated water content = 3.91%, degree of saturation = 66.15%, porosity = 11.78%, void ratio = 0.13. Meanwhile, serpentinite has an average density of original = 2.57 gr/cm³, dry weight = 2.55 gr/cm³, saturated weight = 2.59 gr/cm³, apperent specific gravity = 2.55, true specific gravity = 2.67, original water content = 0.9%, saturated water content = 1.76%, degree of saturation = 48.19%, porosity = 4.46%, void ratio = 0.04.

Keywords : Gabbro, Serpentinite, Physical Properties

Abstrak

Kota Sorong khususnya pada daerah Saoka mempunyai sumberdaya hipotetik gabro sebesar 25.000.000 m³, dan pada daerah rufeï mempunyai sumber daya hipotetik serpentinit sebesar 500.000 m³, namun belum adanya pengujian tentang sifat fisik pada kedua batuan tersebut, sehingga diperlukan pengujian tentang sifat fisik pada gabro dan serpentinit untuk mengetahui parameter sifat fisik seperti bobot isi, berat jenis, kadar air, porositas, angka pori, dan derajat kejenuhan. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan mengambil sampel pada lokasi penelitian kemudian melakukan pengujian di dalam laboratorium, hasil pengujian menunjukkan rata-rata parameter sifat fisik gabro yaitu bobot isi asli = 3,09 gr/cm³, bobot isi kering = 3,01 gr/cm³, bobot isi jenuh = 3,13 gr/cm³, *apperent specific gravity* = 3,01, *true specific gravity* = 3,41, kadar air asli = 2,55%, kadar air jenuh=3,91%, derajat kejenuhan = 66,15%, porositas = 11,78%, angka pori = 0,13. Sedangkan untuk serpentinit mempunyai rata-rata bobot isi asli = 2,57 gr/cm³, bobot isi kering = 2,55 gr/cm³, bobot isi jenuh = 2,59 gr/cm³, *apperent specific gravity* = 2,55, *true specific gravity* = 2,67, kadar air asli = 0,9%, kadar air jenuh = 1,76%, derajat kejenuhan = 48,19%, porositas = 4,46%, angka pori = 0,04.

Kata kunci: Gabro, Serpentinit, Sifat Fisik

PENDAHULUAN

Mekanika batuan merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari perilaku (*behaviour*) batuan baik secara teoritis maupun terapan dan merupakan cabang dari ilmu mekanika yang berkenaan dengan sikap batuan terhadap medan-medan gaya pada lingkungannya (US National Commite on Rock Mechanics, 1964). Mekanika batuan juga mempelajari tentang karakteristik batuan baik sifat fisik maupun sifat mekanik, tetapi dalam penelitian ini hanya membahas tentang sifat fisik batuan. Pengujian sifat fisik batuan sangat penting

dilakukan karena batuan di bumi memiliki sifat fisik yang berbeda-beda dari batuan pembentuk materialnya, sifat fisik suatu batuan akan berguna sebagai acuan dalam penyelidikan awal geoteknik seperti perencanaan tambang terbuka atau tambang bawah tanah.

Sumberdaya hipotetik gabro pada daerah Saoka Kota Sorong sebesar 25.000.000 m³ dan juga 500.000 m³ sumber daya hipotetik serpentinit yang terletak di rufeï, kota sorong, (Abdullah S. dkk., 2002), akan tetapi tidak adanya informasi tentang sifat fisik gabro dan serpentinit pada daerah tersebut.

Oleh sebab itu, untuk mengetahui sifat fisik gabro dan serpentinit maka perlu dilakukan pengujian sifat fisik yang terdiri dari Bobot isi asli (*natural density*), Bobot isi kering (*dry density*), Bobot isi jenuh (*saturated density*), *apparent specific gravity*, *true specific gravity*, kadar air asli (*natural water content*), kadar air jenuh (*absorption*), derajat kejenuhan, porositas, dan angka pori (*void ratio*).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode penelitian kuantitatif, yang digunakan untuk meneliti sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai dari parameter sifat fisik batuan gabro dan serpentinit, oleh karena itu perlu dilakukan pengambilan pada lokasi penelitian yang berada pada daerah Saoka, Kota Sorong provinsi Papua Barat.

Gabro

Gabro mengacu pada sekelompok besar batuan beku yang gelap, umumnya faneritik (kasar), mafik, dan intrusif yang secara kimia setara dengan basal. Gabro bersifat padat, berwarna kehijauan atau berwarna gelap dan mengandung piroksen, plagioklas, serta sejumlah kecil amfibol dan olivin. Gabro memiliki lebih dari 95% piroksen dalam bentuk monoklinik kuno piroksen dan 5% dari total volume mengandung olivin, amfibol, biotit dan kuarsa. Gabro umumnya berbutir kasar, dengan kristal yang ukurannya 1 mm atau lebih. Gabro terbentuk ketika magma cair terperangkap didalam bumi dan perlahan-lahan mendingin menjadi massa holokristalin (Sandatlas.org, diakses 28 agustus 2020).



Gambar 1. Gabro

Serpentinit

Serpentin merupakan batuan ultramafik yang mengalami alterasi, mineral-mineral olivin dan piroksen jika alterasi akan membentuk mineral serpentinit. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan yang berupa mono mineral serpentinit, batuan yang terbentuk dari serpentinitisasi dunit, peridotit. Serpentin tersusun oleh mineral grup serpentinit >50% (William, 1954). Berdasarkan analisa kimia mineral serpentinit memiliki susunan rumus kimia $(Mg, Fe)_6Si_4O_{10}(OH)_8$ adalah batuan

yang memiliki kandungan unsur Magnesium (Mg) hingga mencapai 40% (Suharwanto, 1993). Serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultramafik (mantel peridotit dan dunit). Dibawah pegunungan tengah samudera (*Mid Oceanic Ridge*) pada temperatur $<500^{\circ}$, serpentin kemudian terbawa keluar melalui migrasi litosfer (Hess, 1965 dalam Ringwood, 1975).



Gambar 2. Serpentin

Sifat Batuan

Sifat batuan yang sebenarnya di alam terbagi menjadi 3 bagian, ketiga sifat batuan tersebut adalah sebagai berikut;

1. Heterogen, disebut heterogen karena:
 - a. Jenis material pembentuk batuan yang berbeda.
 - b. Ukuran dan bentuk partikel atau butir berbeda di dalam batuan.
 - c. Ukuran, bentuk dan penyebaran pori berbeda di dalam batuan.
1. Diskontinu, dikatakan diskontinu karena adanya bidang-bidang lemah seperti *fault*, *fissure crack*, *joint* dimana kekerapan, perluasan dan orientasi dari bidang-bidang lemah tersebut tidak kontinu.
2. Anisotrop, yaitu mempunyai sifat yang berbeda, bisa saja jenis batuan memiliki sifat yang bervariasi. Misalnya sifat batuan seperti porositas, permeabilitas, kerapatan, kekuatan dan ketahanan dapat memberikan informasi geoteknis (Yadi zulkifli, 2015)

Mekanika Batuan

Mekanika batuan adalah teknik dan juga sains yang tujuannya mempelajari perilaku (*behaviour*) batuan ditempat asalnya agar dapat mengendalikan pekerjaan yang dibuat pada batuan tersebut seperti penggalian dibawah tanah dan lain-lainnya (Rai Astawa, dkk. 2014).

Karakteristik Batuan

Batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi yang tetap. Istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras dan koheren atau yang terkonsolidasi dan tidak dapat digali dengan cara biasa, misalnya dengan cangkul dan belincong (Rai Astawa, dkk. 2014). Salah satu karakteristik batuan adalah sifat fisik batuan. Penentuan sifat fisik pada

umumnya dapat dilakukan dilaboratorium terhadap sampel yang diambil di lapangan.

Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik batuan merupakan karakteristik fisik batuan yang dapat diinterpretasi secara langsung. Setiap jenis batuan memiliki sifat fisik yang berbeda-beda, parameter umum pada sifat fisik adalah bobot isi, berat jenis, porositas, dan angka pori (Rai Astawa, dkk. 2014).

Uji Sifat Fisik Batuan

Uji sifat fisik batuan merupakan uji tanpa merusak (*non destructive test*), artinya sampel yang digunakan dalam pengujian sifat fisik tidak hancur. Sampel yang digunakan dalam uji ini menggunakan standar ISRM dengan bentuk tidak teratur atau *irregular*.

A. Prosedur Penimbangan Sampel

1. Berat sampel asli (W_n), gr.
2. Berat sampel jenuh (sesudah dijenuhkan dengan air selama 24 jam) (W_w), gr.
3. Berat sampel jenuh tergantung didalam air (W_s), gr.
4. Berat sampel kering (sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam) (W_o), gr.
5. *Volume* sampel tanpa pori – pori $W_o - W_s$, cm^3
6. *Volume* sampel total $W_w - W_s$, cm^3

B. Parameter Uji Sifat Fisik

1. Bobot Isi (*Density*)

Bobot isi adalah rasio massa batuan dengan *volume* total batuan. Batuan umumnya tersusun oleh massa padat, air dan udara. Massa air dan udara mengisi ruang kosong yang ada pada batuan yang berupa *void* dan rekahan. Pada kondisi *natural*, batuan yang padat biasanya mengandung air dan udara. pada kondisi jenuh, udara pada batuan dihilangkan dan ruang kosong di isi oleh air, sehingga batuan yang padat diharapkan hanya mengandung air. Apabila batuan jenuh tersebut ditimbang dalam air pada saat keadaan tergantung maka akan didapatkan nilai berat gantung dari batuan. Batuan yang kering, dimana kandungan air dihilangkan. Bobot isi dibagi menjadi tiga kategori yaitu :

- a. Bobot isi asli (*Natural density*) (gr/cm^3)

$$\frac{W_n}{W_w - W_s} \quad (1)$$

- b. Bobot isi kering (*Dry density*) (gr/cm^3)

$$\frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (2)$$

- c. Bobot isi jenuh (*Saturated density*) (gr/cm^3)

$$\frac{W_w}{W_w - W_s} \quad (3)$$

2. Berat Jenis

Berat jenis adalah rasio antara Bobot isi padatan yang terdapat dalam batuan dengan Bobot isi air.

- a. *Apperent Specific gravity*.

$$\left\{ \frac{W_o}{W_w - W_s} \right\} : \text{Bobot isi air} \quad (4)$$

- b. *True specific gravity*

$$\left\{ \frac{W_o}{W_o - W_s} \right\} : \text{Bobot isi air} \quad (5)$$

3. Kadar air

Kadar air adalah rasio antara berat air yang ada didalam batuan dengan berat batuan itu sendiri. Kadar air meliputi:

- a. Kadar air asli (*natural water content*) (%)

$$\left\{ \frac{W_n - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (6)$$

- b. Kadar air jenuh (*absorption*) (%)

$$\left\{ \frac{W_w - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (7)$$

4. Porositas (%)

Porositas batuan merupakan rasio volume pori-pori atau rongga-rongga batuan terhadap volume total batuan yang dinyatakan dalam persentase.

$$\left\{ \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \right\} \times 100\% \quad (8)$$

5. Angka Pori (*void ratio*)

Merupakan rasio volume pori-pori dalam batuan dengan volume batuan.

$$\frac{n}{1-n} \quad (9)$$

6. Derajat kejenuhan (%)

Merupakan rasio antara kadar air asli yang ada didalam batuan dengan kadar air jenuh dinyatakan dalam persentase.

$$\left\{ \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \right\} \times 100\% \quad (10)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Pengujian Sifat Fisik Gabro di Laboratorium

A. Pengambilan sampel di lapangan

Sampel gabro diambil pada lereng bekas pengerukan yang berlokasi di Saoka dan Rufeï, Kota Sorong. Proses pengambilan sampel menggunakan palu geologi.

B. Preparasi sampel

Preparasi yang diterapkan yaitu dengan membuat 3 sampel dari satu bongkahan gabro.



Gambar 3. Preparasi sampel

C. Penimbangan Berat Sampel di Laboratorium

Penimbangan berat sampel di laboratorium memiliki tujuan agar mendapatkan data-data berupa berat sampel asli (W_n), berat sampel jenuh (W_w), Berat sampel jenuh tergantung (W_s), dan berat sampel kering (W_o). Ketiga sampel yang sudah dipreparasi ditimbang dengan neraca digital untuk mendapatkan berat asli (W_n), dan dilanjutkan dengan cara direndam di dalam desikator yang berisikan air selama 24 jam, dan bagian bibir desikator dioleskan vaselin agar tidak adanya udara yang masuk dan mempermudah ketika membuka desikator kembali.



Gambar 4. Sampel yang di rendam dalam desikator

Setelah direndam, sampel kemudian diangkat dan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel jenuh (W_w). Selanjutnya dilakukan penimbangan dengan menggunakan neraca ohaus yang sudah diatur agar sampelnya tergantung sehingga mendapatkan berat sampel jenuh tergantung (W_s) yang dapat dilihat pada Gambar 5. Tahap selanjutnya ketiga sampel diletakkan di dalam wadah sampel dan dimasukkan ke dalam oven listrik

selama 24 jam yang telah diatur dengan suhu 90°C . Setelah 24 jam sampel dikeluarkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel kering (W_o) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Sampel yang ditimbang tergantung

Tahap selanjutnya ketiga sampel diletakkan di dalam wadah sampel dan dimasukkan ke dalam oven listrik selama 24 jam yang telah diatur dengan suhu 90°C . Setelah 24 jam sampel dikeluarkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel kering (W_o).



Gambar 6. Sampel yang sudah berada dalam oven

Sifat Fisik Gabro

Hasil penimbangan berat sampel gabro yang telah diperoleh dari pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil penimbangan berat sampel gabro.

Uraian	Sample (Gram)		
	YI	CIII	AV
Berat <i>sample Asli</i> (W_n)	21,62	22,42	22,75
Berat <i>Sample Kering</i> (W_o)	21,12	21,8	22,18
Berat <i>Sample Jenuh</i> (W_w)	21,93	22,69	23,03

Uraian	Sample (Gram)		
	YI	CIII	AV
Berat Sample Jenuh Tergantung (Ws)	15	15	16

Rata-rata hasil sifat fisik dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil sifat fisik sampel gabro.

Uraian	Sample (gr/cm ³)			
	YI	CIII	AV	Rata-rata
Bobot Isi Asli	3,12	2,91	3,23	3,09
Bobot Isi Kering	3,04	2,83	3,15	3,01
Bobot isi jenuh	3,16	2,95	3,27	3,13
Apperent Specific gravity	3,05	2,8	3,15	3,01
True specific gravity	3,45	3,2	3,58	3,41
Kadar air asli (%)	2,36	2,73	2,56	2,55
Kadar air jenuh (absorption) (%)	3,83	4,08	3,83	3,91
Derajat kejenuhan (%)	61,72	69,66	67,05	66,15
Porositas (%)	11,68	11,57	12,09	11,78
Angka Pori (void ratio)	0,13	0,13	0,13	0,13

Berdasarkan Tabel 2 hasil sifat fisik sampel gabro yang telah dilakukan, hasil perhitungan dari ketiga sampel diperoleh bobot isi asli dengan rentang nilai dari 2,91 gr/cm³ sampai 3,23 gr/cm³ dan rata-rata 3,04 gr/cm³, bobot isi kering dengan rentang nilai 2,83 gr/cm³ sampai 3,15 gr/cm³ dan rata-rata 3,01 gr/cm³, bobot isi jenuh dengan rentang nilai 2,95 gr/cm³ sampai 3,27 gr/cm³ dan rata-rata 3,13 gr/cm³, *apperent Specific gravity* dengan rentang nilai 2,8 sampai 3,15 dan rata-rata 3,01, *true specific gravity* dengan rentang nilai 3,2 sampai 3,58, Kadar air asli dengan rentang nilai 2,36 % sampai 2,73 % dan rata-rata 2,55 %, kadar air jenuh dengan rentang nilai 3,83 % sampai 4,08 %, derajat kejenuhan dengan rentang nilai 61,72 % sampai 69,66 % dan rata-rata 66,15 %, porositas dengan rentang nilai 11,57 % sampai 12,09 % dan rata-rata 11,78 %, angka pori dengan nilai 0,13 dan rata-rata 0,13.

Parameter Sifat Fisik Serpentinit Tahapan Pengujian Sifat Fisik Serpentinit Di Laboratorium

A. Pengambilan sampel di lapangan

Sampel serpentinit diambil pada lereng bekas pengerukan yang berlokasi di Rufei, Kota Sorong. Proses pengambilan sampel menggunakan palu geologi.

B. Preparasi sampel

Preparasi yang diterapkan yaitu dengan membuat 3 sampel dari satu bongkahan serpentinit.

C. Penimbangan Berat Sampel di Laboratorium

Penimbangan berat sampel di laboratorium memiliki tujuan agar mendapatkan data-data berupa berat sampel asli (Wn), berat sampel jenuh (Ww), Berat sampel jenuh tergantung (Ws), dan berat sampel kering (Wo). Ketiga sampel yang sudah dipreparasi ditimbang dengan neraca digital untuk mendapatkan berat asli (Wn), dan dilanjutkan dengan cara direndam di dalam desikator yang berisikan air selama 24 jam, dan bagian bibir desikator dioleskan vaselin agar tidak adanya udara yang masuk dan mempermudah ketika membuka desikator kembali. Setelah direndam, sampel kemudian diangkat dan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel jenuh (Ww). Selanjutnya dilakukan penimbangan dengan menggunakan neraca ohaus yang sudah diatur agar sampelnya tergantung sehingga mendapatkan berat sampel jenuh tergantung (Ws). Tahap selanjutnya ketiga sampel diletakkan di dalam wadah sampel dan dimasukkan ke dalam *oven* listrik selama 24 jam yang telah diatur dengan suhu 90°C. Setelah 24 jam sampel dikeluarkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat sampel kering (Wo).

Sifat Fisik Serpentinit

Hasil penimbangan berat sampel serpentinit yang telah diperoleh dari pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Hasil penimbangan berat sampel serpentinit

Uraian	Sample (Gram)		
	A4	3B	C4
Berat <i>sample Asli</i> (Wn)	15,52	15,43	15,90
Berat <i>Sample Kering</i> (Wo)	15,45	15,34	15,70
Berat <i>Sample Jenuh</i> (Ww)	15,6	15,59	16,1
Berat <i>Sample Jenuh Tergantung</i> (Ws)	10	9	10

Rata-rata hasil sifat fisik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan sampel serpentinit

Uraian	Sampel (gr/cm ³)			
	A4	3B	C4	Rata-rata
Bobot Isi Asli	2,77	2,34	2,61	2,57
Bobot Isi Kering	2,75	2,32	2,57	2,55
Bobot Isi jenuh	2,78	2,36	2,64	2,59
<i>Apperent Specific gravity</i>	2,76	2,32	2,57	2,55
<i>True specific gravity</i>	2,83	2,42	2,76	2,67
Kadar air asli (%)	0,45	0,58	1,66	0,90
Kadar air jenuh (%)	0,97	1,62	2,68	1,76
Derajat kejenuhan (%)	46,66	36	61,90	48,19
Porositas (%)	2,67	3,79	6,9	4,4
Angka Pori (<i>void ratio</i>)	0,02	0,03	0,07	0,04

Berdasarkan Tabel 3 hasil sifat fisik sampel serpentinit yang telah dilakukan, dimana hasil perhitungan dari ketiga sampel diperoleh bobot isi asli dengan rentang nilai dari 2,34 gr/cm³ sampai 2,77 gr/cm³ dan rata-rata 2,57 gr/cm³, bobot isi kering dengan rentang nilai 2,32 gr/cm³ sampai 2,75 gr/cm³ dan rata-rata 2,55 gr/cm³, bobot isi jenuh dengan rentang nilai 2,36 gr/cm³ sampai 2,78 gr/cm³ dan rata-rata 2,59 gr/cm³, *apperent Specific gravity* dengan rentang nilai 2,32 sampai 2,76 dan rata-rata 2,55, *true specific gravity* dengan rentang nilai 2,42 % sampai 2,83 %, Kadar air asli dengan rentang nilai 0,45 % sampai 1,66 % dan rata-rata 0,90 %, kadar air jenuh dengan rentang nilai 0,97 % sampai 2,68 % dan rata-rata 1,76 %, derajat kejenuhan dengan rentang nilai 36 % sampai 61,90 % dan rata-rata 48,19 %, porositas dengan rentang nilai 2,67 % sampai 6,9 % dan rata-rata 4,4 %, angka pori dengan rentang nilai 0,02 sampai 0,07 dan rata-rata 0,04.

KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Parameter sifat fisik gabro yaitu rata-rata bobot isi asli 3,09 gr/cm³, bobot isi kering 3,01 gr/cm³, bobot isi jenuh 3,13 gr/cm³, *apperent specific gravity* 3,01, *true specific gravity* 3,41, kadar air asli 2,55%, kadar air jenuh 3,91%, derajat kejenuhan 66,15%, porositas 11,78%, angka pori 0,13.
2. Sedangkan untuk sifat fisik serpentinit mempunyai rata-rata bobot isi asli 2,57 gr/cm³, bobot isi kering 2,55 gr/cm³, bobot isi jenuh 2,59 gr/cm³, *apperent specific gravity* 2,55, *true specific gravity* 2,67, kadar air asli 0,9%, kadar air jenuh 1,76%, derajat kejenuhan 48,19%, porositas 4,46%, angka pori 0,04.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Soedirman, dkk. (2002). Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Non-Logam Di Kabupaten Sorong Dan Manokwari Propinsi Papua Barat. *Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*. Pp 14-8.
- Rai. Astawa, dkk. (2005), *Mekanika Batuan Handbook*. Bandung. ITB.
- H. Hess, (1965). *Mid-Ocean ridges and tectonics of sea floor*. London.
- H. William, (1954). *Petrography an Introduction to he Study of Rock in Thin Sections*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Melati, Sari. (2019). Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik Dan Kuat Tekan Uniakial Pada Contoh Batu Lempung, Andesit, Dan Beton. *Jurnal GEOSAPTA*. Pp. 133-139.
- Suharwanto, J. Soesilo, (1993). *Petrografi Batuan Beku, Metamorf, dan Sedimen*. Yogyakarta.
- US National Commite, (1964), *Rock Mechanics Dalam Brady B. H. G & Brown E.T, Rock Mechanics*, Amerika.
- Yadi Zulkifli, dkk. (2015). Kestabilan Geometri Lereng Bukaian Tambang Batubara di PT. Pasifik Global Utama Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Penelitian Sivitas Akademika Unisba*. ISSN: 2460-6499.