

**STUDI PENENTUAN PERSEN PENYUSUTAN
(*SHRINKAGE PERCENT*) DAN FAKTOR PENYUSUTAN
(*SHRINKAGE FACTOR*) BATUAN BERDASARKAN
VOLUME MATERIAL PADA DAERAH SAMARINDA
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**
*(Study of Determining The Shrinkage Percent and The Shrinkage Factor
of Rock Based On Material Volume in Samarinda, East Kalimantan)*

Adin Anugrah, Revia Oktaviani, Agus Winarno

Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Email: revia_oktaviani@yahoo.com

Abstrak

Penentuan faktor penyusutan dan persen penyusutan cukup penting dalam pertambangan, contohnya seperti urugan jalan agar mengetahui seberapa banyak batuan yang dibutuhkan dan layak atau tidaknya batuan tersebut digunakan. Kadar air, bentuk dan ukuran sampel batuan, serta energi pemadatan yang diberikan merupakan parameter yang menentukan penyusutan dari masing – masing batuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari persen penyusutan dan faktor penyusutan pada batuan. Penelitian ini menggunakan sampel uji yang lolos ayakan mesh no.8 dengan pengujian menggunakan alat uji proktor mengacu pada SNI 03-1743-1989 dan pengujian sifat fisik mengacu pada ISMR 1977, pada penentuan distribusi ukuran butir menggunakan alat screen shaker. Penelitian ini menggunakan sampel batuan berupa batugamping, batulanau, dan batulempung dengan lokasi yang berbeda – beda, masing – masing sampel diambil sebanyak sepuluh lokasi. Dari penelitian ini didapatkan hasil untuk batugamping kadar air 1,12 – 2,40%, densitas 1,89 – 2,24 gr/cm³, nilai persen penyusutan 9,88 % – 15,98 %, dan faktor penyusutan 1,11 – 1,19. Batulanau dengan kadar air 1,80 – 20,81 %, densitas 1,23 – 1,60 gr/cm³, nilai persen penyusutan 21,77 % – 38,10 %, dan faktor penyusutan 1,28 – 1,62. Batulempung dengan kadar air 9,36 – 26,79 %, densitas 1,65 – 1,97 gr/cm³, nilai persen penyusutan 34,05 % – 51,47 %, dan faktor penyusutan 1,52 – 2,06.

Kata kunci : Batugamping, batulanau, batulempung, densitas, kadar air, faktor penyusutan, persen penyusutan

Abstract

The determination of shrinkage factor and shrinkage percentage is quite important in mining, for example as road filling, it is used in order to know the amount of rock needed and whether the rock is qualified to be used. The water content, shape, size of the rock sample, and the compaction energy given are parameters which determine the shrinkage of each rock. This research aims to determine the value of the shrinkage percent and shrinkage factors in rocks. This research used a test sample that passed mesh no.8 sieve which was tested using proctor test equipment referring to SNI 03-1743-1989, physical properties test referring to the ISMR 1977 and for the determination of the grain size distribution was tested using a screen shaker tool. The research was conducted using limestones, siltstones, and claystones as rock samples from different locations, each samples were taken from ten locations. The results obtained from this research was for limestone, water content 1.12 - 2.40%, density 1.89 - 2.24 gr / cm³, shrinkage percent 9.88% - 15.98%, and a shrinkage factor of 1.11 - 1.19. Siltstone with a water content 1.80 - 20.81%, density 1.23 - 1.60 gr / cm³, shrinkage percent 21.77% - 38.10%, and shrinkage factor of 1.28 - 1.62. Claystone with a water content of 9.36 - 26.79%, density 1.65 - 1.97 gr / cm³, the shrinkage percent 34.05% - 51.47%, and the shrinkage factor 1.52 - 2.06.

Keywords: Limestone, siltstone, claystone, density, water content, shrinkage factor, shrinkage percent

PENDAHULUAN

Batuan merupakan benda alam yang menjadi penyusun utama di muka bumi. Pada umumnya batuan merupakan campuran mineral yang bergabung secara fisik antara satu mineral dengan mineral lainnya. Beberapa batuan hanya tersusun atas beberapa mineral saja dan mineral lainnya dibentuk oleh gabungan mineral yang berasal dari bahan organik dan bahan-bahan vulkanik. Batuan dipelajari dalam petrologi yaitu suatu ilmu yang mempelajari tentang berbagai macam batuan yang terdapat dalam kerak bumi

baik cara terjadinya maupun klasifikasinya (Djauhari, 2012).

Sifat pengembangan pada material dimulai dari kondisi asli, dimana material masih dalam keadaan alami belum terganggu. Butiran-butirannya masih terkonsolidasi dengan baik. Keadaan ini disebut dengan istilah *Bank Condition*. Setelah material ini mengalami sentuhan teknologi, keadaan ini disebut *loose condition*, material akan mengalami perubahan volume karena adanya penambahan rongga udara, namun berat material akan tetap. Besarnya penambahan volume tergantung dari faktor

pengembangan tanah (*swellingfaktor*) (Sutrisno, 2013).

Selanjutnya apabila material ini dipadatkan/dimampatkan, material akan mengalami perubahan volume, yaitu penyusutan rongga udara diantara partikel - partikel batuan, namun berat tetap. Besarnya volume pada keadaan ini tergantung pada volume material, gradasi, kadar air yang terkandung pada material dan usaha pemadatan yang dilakukan (Sutrisno, 2013).

Nilai penyusutan setiap material tidak sama, oleh karena itu dalam penelitian ini akan dicari faktor-faktor yang mempengaruhi penyusutan material tersebut dan mengetahui nilai penyusutan dengan sampel yang diambil dengan lokasi yang berbeda. Penyusutan material oleh usaha pemadatan ditentukan oleh bentuk material, distribusi ukuran, kadar air dan energi pemadatan itu sendiri (Sutrisno, 2013).

Semakin kecil ukuran butir, maka volume rongga antara material satu dengan yang lainnya akan lebih kecil daripada material yang mempunyai distribusi ukuran yang lebih besar. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai maksimal volume penyusutan dari beberapa sampel batuan dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai penyusutan batuan, sehingga didapatkan nilai *compact cubic meter*.

Beberapa jenis batuan yang digunakan dari penelitian ini diterangkan dibawah ini :

1. Lempung : Lempung termasuk dalam material berukuran halus dengan ukuran butir yang lebih kecil dari 1/256 mm (menurut ukuran *Wenworth*). Apabila butir-butir tersebut sudah kompak kemudian disebut sebagai batulempung. Didalam pembicaraan masyarakat yang dimaksud lempung sama pengertiannya dengan batulempung (Hardiyatmo, 2002).
2. Gamping: Batugamping adalah sedimen kimia yang terbentuk umumnya di laut dengan kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh organisme-organisme laut. Batugamping terdiri dari dua jenis, yaitu batugamping klastik dan batugamping non-klastik. Beberapa batugamping juga bisa terbentuk di danau atau air tawar/pinggiran sungai-sungai (travertin) karena proses penguapan atas sedimen hasil pelarutan batuan-batuan karbonat berasal dari elevasi yang lebih tinggi (Premonowati, 2010).
3. Lanau : Batulanau adalah batuan sedimen klastik. Seperti namanya, batulanau terdiri dari (lebih dari 2/3 nya) partikel-partikel berukuran lanau, yang merupakan butiran berukuran 2-62 μm atau 4 hingga 8 dalam skala *Krumbein phi* (ϕ) Batulanau berbeda

secara signifikan dari batupasir dalam hal pori-porinya yang lebih kecil dan kecenderungan lebih tinggi untuk mengandung fraksi lanau yang signifikan. Meskipun sering tertukar dengan istilah serpih (*shale*), batulanau tidak memiliki fisilitas dan laminasi yang khas dari shale (Zakri, R, dkk, 2020).

Berdasarkan hal tersebut di atas maka dalam penelitian ini penulis bertujuan untuk mengetahui persentase penyusutan (*shrinkage percent*) dan faktor penyusutan (*shrinkage factor*) dari masing-masing sampel batuan berdasarkan volume suatu batuan.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati.

Adapun data yang digunakan pada penelitian ini ada 2, yaitu data primer dan data sekunder. Pada tahap pengumpulan data ini, peneliti mengidentifikasi data yang dibutuhkan menjadi dua jenis data, yaitu:

1. Data Primer

Data primer yang diperoleh pada penelitian ini antara lain:

1. Observasi lapangan, berupa pengamatan terhadap kondisi dan keadaan langsung yang ada dilapangan. Kegiatan ini sangat berguna sebagai langkah awal untuk memulai proses pengambilan data guna untuk menentukan lokasi pengambilan sampel dan jarak antar lokasi pengambilan sampel.
2. Pengambilan sampel batulanau, batulempung, dan batugamping, dilakukan disekitar wilayah Samarinda dengan lokasi yang berbeda.



Gambar 1. Perlakuan Sampel

3. Pengambilan titik koordinat, dilakukan berdasarkan lokasi pengambilan sample yang dilaksanakan di lokasi Samarinda dan Samarinda Sebrang
4. Data laboratorium berupa data pengujian sifat fisik batuan. Pengujian ini mengacu pada *International Soecity for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM)*.

Selanjutnya dilakukan pengayakan untuk mendapatkan data ukuran butir serta mendapatkan gradasi sampel yang diinginkan untuk melakukan uji proktor.

2. Data Sekunder

Sumber data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil studi yang pernah dilakukan sebelumnya, dan data pendukung lain dari pihak luar terkait. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Peta kesampaian daerah lokasi penelitian
- b. Peta geologi regional

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Batuan

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik yang telah dilakukan di laboratorium dengan standar pengujian *ISRM*, dengan sampel batuan di lokasi Samarinda pada titik yang berbeda, diperoleh data berupa nilai kadar air dan densitas. Untuk batugamping memiliki kadar air yang berkisar antara 1,12% – 2,40 % dengan densitas 1,89 – 2,24 gr/cm³, batulanau memiliki kadar air 1,80 % – 20,81 % dengan densitas 1,23 – 1,60 gr/cm³, dan untuk batulempung memiliki kadar air berkisar antara 9,36 % – 26,79 % dengan densitas batuan berkisar antara 1,65 – 1,97 gr/cm³.

Hasil dari pengujian sifat fisik di Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Air dan Densitas Batuan

	No	Rata-rata kadar air (%)	Rata – rata bobot Isi Asli (gr/cm ³)	Rata – rata bobot isi jenuh (gr/cm ³)
Batugamping	1	1,20	1,95	2,07
	2	1,12	1,93	2,09
	3	1,51	2,24	2,35
	4	2,33	1,96	2,07
	5	1,57	2,11	2,21
	6	2,40	2,17	2,31
	7	1,38	1,95	2,05
	8	1,38	2,01	2,16
	9	1,37	1,89	1,99
	10	1,39	2,04	2,15
Batulanau	1	4,44	1,58	1,76
	2	13,42	1,38	1,68
	3	5,85	1,36	1,62
	4	20,81	1,23	1,58
	5	1,80	1,40	1,63
	6	7,93	1,30	1,63
	7	2,90	1,60	1,80
	8	15,12	1,45	1,73
	9	7,57	1,56	1,80
	10	6,47	1,25	1,63

Batulempung	1	11,79	1,86	2,05
	2	19,88	1,97	2,07
	3	11,56	1,86	2,02
	4	9,36	1,83	2,00
	5	13,9	1,86	2,01
	6	13,51	1,71	1,94
	7	18,93	1,91	2,05
	8	24,53	1,72	1,89
	9	26,79	1,65	1,81
	10	19,6	1,72	1,89

Table 1 yang memperlihatkan bahwa kadar air batulempung sangat tinggi bila dibandingkan dengan sample batulanau dan batugamping. Hal ini dimungkinkan karena sifat dari batulempung yang mudah ditembus air.

Analisis Data Ukuran Partikel Menggunakan Screen Shaker

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keseragaman ukuran butiran dari batuan tersebut. Untuk tanah yang seragam, distribusi partikel-partikelnya memiliki ukuran yang relatif sama, sedangkan tanah yang bergradasi buruk memiliki distribusi ukuran partikel yang terputus yang mana tidak terdapat ukuran partikel antara butir kasar dan halus.

Ayakan yang digunakan pada pengujian ini sesuai dengan standar ASTM. Adapun ukuran mesh yang digunakan dalam pengujian ini, yaitu nomor 4, 8, 10, 40, 100, 200 dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Batuan

	No	Nama Sampel	Cu	Cc	Gradasi baik/buruk
Batugamping	1	Gp I	5,636	0,174	Baik
	2	Gp II	5,091	0,332	Baik
	3	Gp III	10,783	0,051	Baik
	4	Gp IV	16,43	0,023	Baik
	5	Gp V	12,353	0,024	Baik
	6	Gp VI	9,310	0,081	Baik
	7	Gp VII	9,538	0,064	Baik
	8	Gp VIII	14,118	0,037	Baik
	9	Gp IX	18,571	0,031	Baik
	10	Gp X	17,143	0,027	Baik
Batulanau	1	Ln I	7,188	0,089	Baik
	2	Ln II	6,571	0,107	Baik
	3	Ln III	21	0,012	Baik
	4	Ln IV	5,918	0,331	Baik
	5	Ln V	18	0,027	Buruk
	6	Ln VI	6,789	0,072	Baik
	7	Ln VII	7,027	0,131	Baik
	8	Ln VIII	10,526	0,044	Baik
	9	Ln IX	12,78	0,050	Baik

Batulempung	10	Ln X	8	0,088	Baik
	1	Lp I	6,977	0,464	Baik
	2	Lp II	7,906	0,085	Baik
	3	Lp III	5,6	0,302	Baik
	4	Lp IV	6,486	0,117	Baik
	5	Lp V	5,385	0,418	Baik
	6	Lp VI	6,5	0,154	Baik
	7	Lp VII	4,833	0,530	Baik
	8	Lp VIII	4,915	0,588	Baik
	9	Lp IX	7,250	0,399	Baik
10	Lp X	6,146	0,459	Baik	

Ukuran butir dari sampel sangat berpengaruh terhadap penyusutan, jika ukuran butir yang digunakan tidak seragam maka hasil penyusutan batuan yang didapatkan akan kecil dikarenakan bentuk butiran yang kecil akan mengisi rongga kosong tetapi bentuk butiran yang cukup besar dan keras akan menghasilkan banyak rongga kosong yang tidak terisi dengan rapat sehingga menghasilkan volume penyusutan menjadi kecil.

Pengujian Penyusutan Menggunakan Alat Uji Proktor

Penentuan faktor penyusutan dan persen penyusutan ini menggunakan alat uji standar proktor yang dilakukan di laboratorium teknologi mineral dan batubara, Untuk pengujian menggunakan alat uji proktor mirip seperti pengujian pada material tanah, perbedaannya hanya pada material yang akan di uji yakni berbentuk bongkahan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Menggunakan Alat Uji Proktor

	No	Nama Sampel	Berat Sampel (kg)	Volume Awal (cm ³)	Volume Akhir (cm ³)
Batugamping	1	Gp I	1600	1241,38	1053,54
	2	Gp II	1940	1363,89	1216,88
	3	Gp III	1590	1225,05	1078,04
	4	Gp IV	1435	1053,54	947,37
	5	Gp V	1340	963,71	857,54
	6	Gp VI	1765	1380,22	1159,71
	7	Gp VII	1615	1241,38	1110,71
	8	Gp VIII	1550	1225,05	1053,54
	9	Gp IX	1695	1323,05	1192,38
	10	Gp X	1525	1192,38	1029,04
Batulanau	1	Ln I	1145	898,37	661,53
	2	Ln II	1140	1020,88	628,86
	3	Ln III	1015	857,54	530,86
	4	Ln IV	1595	1445,56	1020,88

Batulempung	5	Ln V	780	669,69	432,85	
	6	Ln VI	855	686,03	457,35	
	7	Ln VII	1330	1118,88	824,87	
	8	Ln VIII	920	800,37	539,02	
	9	Ln IX	1020	906,54	588,02	
	10	Ln X	1170	1012,71	792,2	
	Batulempung	1	Lp I	1730	1666,07	808,53
		2	Lp II	1270	1282,22	767,7
		3	Lp III	1435	1363,89	686,03
		4	Lp IV	1170	1176,05	661,53
5		Lp V	1550	1772,24	922,87	
6		Lp VI	1395	1363,89	808,53	
7		Lp VII	1590	1723,24	873,87	
8		Lp VIII	1685	1649,73	882,04	
9		Lp IX	1675	1968,25	955,54	
10		Lp X	1625	1510,9	996,37	

Tahapan penumbukan mengikuti acuan dari SNI 03-1743-1989 dengan 30 kali penumbukan untuk setiap sampel yang diuji. Setelah di lakukan penumbukan sampel diukur untuk ketinggian volume akhir agar didapatkan nilai penyusutan, persen penyusutan, dan energi pepadatan yang diberikan.

Ukuran sampel yang digunakan adalah sampel yang lolos pada saringan no. 4 dan tertahan pada mesh no.8, luas dari alat proktor yang digunakan pada pengujian ini adalah 81,67 cm².

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa perubahan volume dari volume awal dan volume akhir material yang telah diuji mengalami perubahan yang berbeda – beda dengan berat volume tetap. Selanjutnya akan dihitung energi penyusutan dari masing – masing sampel menggunakan rumus energi pepadatan dengan rumus turunan dari energi potensial. Setiap sampel yang diuji dengan perlakuan yang sama akan memberikan energi pepadatan yang berbeda seperti hasil pada Tabel 4. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya:

1. Kadar Air
2. Distribusi ukuran butiran,
3. Bentuk butiran

Tabel 4. Energi Pemadatan

Energi Pemadatan (kJ/m ³)					
No	Gamping	No	Lanau	No	Lempung
1	461,68	1	637,95	1	343,99
2	420,21	2	561,40	2	446,97
3	467,83	3	668,34	3	420,21
4	543,99	4	396,47	4	487,33
5	594,70	5	855,80	5	323,39
6	415,24	6	835,41	6	420,21
7	461,68	7	512,23	7	332,58
8	467,83	8	716,07	8	347,40
9	433,18	9	632,21	9	291,18
10	480,56	10	565,93	10	379,32

Hasil Pengujian Persen Penyusutan dan Faktor Penyusutan

Tabel 5. Hasil Persen dan Faktor Penyusutan

	No	Volume Awal (cm ³)	Volume CCM (cm ³)	Persen Penyusutan	Faktor Penyusutan
Batugamping	1	1241,38	1053,54	15,13	1,18
	2	1363,89	1216,88	10,78	1,12
	3	1225,05	1078,04	12	1,14
	4	1053,54	947,37	10,08	1,11
	5	963,71	857,54	11,02	1,12
	6	1380,22	1159,71	15,98	1,19
	7	1241,38	1110,71	10,53	1,12
	8	1225,05	1053,54	14	1,16
	9	1323,05	1192,38	9,88	1,11
	10	1192,38	1029,04	13,70	1,16
Batulanau	1	898,37	661,53	26,36	1,36
	2	1020,88	628,86	38,40	1,62
	3	857,54	530,86	38,10	1,62
	4	1445,56	1020,88	29,38	1,42
	5	669,69	432,85	35,37	1,55
	6	686,03	457,35	33,33	1,50
	7	1118,88	824,87	26,28	1,36
	8	800,37	539,02	32,65	1,48
	9	906,54	588,02	35,14	1,54
	10	1012,71	792,2	21,77	1,28

	No	Volume Awal (cm ³)	Volume CCM (cm ³)	Persen Penyusutan	Faktor Penyusutan
Batulempung	1	1666,07	808,53	51,47	2,06
	2	1282,22	767,7	40,13	1,67
	3	1363,89	686,03	49,70	1,99
	4	1176,05	661,53	43,75	1,78
	5	1772,24	922,87	47,93	1,92

6	1363,89	808,53	40,72	1,69
7	1723,24	873,87	49,29	1,97
8	1649,73	882,04	46,53	1,87
9	1968,25	955,54	51,45	2,06
10	1510,9	996,37	34,05	1,52

Analisis pada 10 sampel batugamping di wilayah samarinda, menghasilkan energi pemadatan antara 415,24 – 594,70 kJ/m³ dengan besar penyusutan 9,88 % – 15,33 %, serta nilai faktor penyusutan antara 1,11 – 1,19. Tingkat kekerasan batuan akan mempengaruhi nilai penyusutan. Untuk batugamping yang memiliki kekerasan besar, nilai penyusutannya cukup kecil dari batulanau dan batulempung.

Hasil pengujian, batulanau disekitar samarinda memiliki energi pemadatan antara 396,47 – 855,80 kJ/m³ dengan nilai penyusutan antara 21,77 % – 38,40 % serta nilai faktor penyusutan antara 1,28 – 1,62.

Pada batulempung, diperoleh hasil pengujian untuk persen penyusutan yang cukup besar hal ini dikarenakan sampel memiliki kadar air yang lebih tinggi serta bentuk yang lebih lunak dibandingkan batugamping dan batulanau, untuk energi pemadatan didapatkan hasil antara 291,18 – 487,33 kJ/m³ dengan besar penyusutan antara 34,05 % – 51,47 % serta nilai faktor penyusutan antara 1,52 – 2,06.

Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Penyusutan

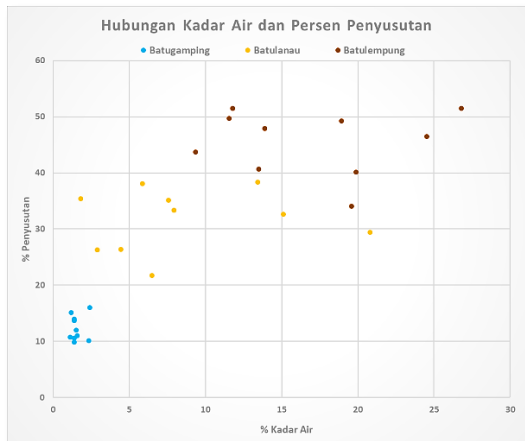
Secara keseluruhan terlihat pada table 5. bahwa dari tiga jenis sample batuan yang diteliti, penyusutan terbesar terjadi pada batulempung dan penyusutan terkecil pada batugamping. Bila ditinjau dari kekerasan batuan, batugamping memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi diantara batulanau dan batulempung yaitu 2,5 – 3 skala Mosh, maka semakin keras ukuran batuan, akan semakin rendah nilai penyusutannya.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa untuk menentukan nilai penyusutan suatu material sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Kadar Air

Pengaruh kadar air (*water content*) kohesif kering merupakan bongkah-bongkah yang sukar dipadatkan, tetapi semakin besar kadar air maka nilai penyusutan semakin besar. Pada pengujian ini, sampel batugamping memiliki paling sedikit kadar air dan batulempung memiliki kadar air paling tinggi sehingga pada saat dilakukan pemadatan, nilai penyusutan pada batulempung sangat tinggi. Hubungan kadar air dan persen

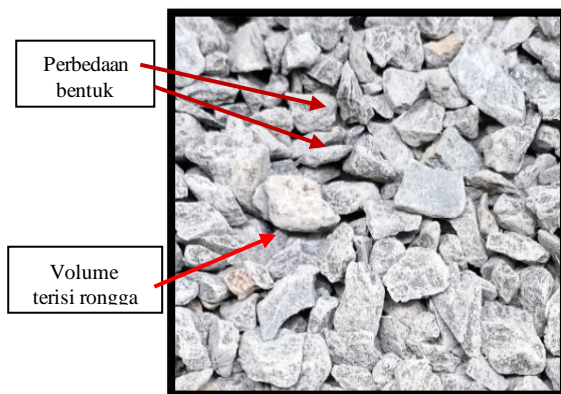
penyusutan pada jenis batuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Kadar Air dan Persen Penyusutan

2. Gradasi Material

Ukuran butir dari sampel sangat berpengaruh terhadap penyusutan, semakin kecil ukuran material maka nilai persen penyusutannya semakin kecil, pada penelitian ini digunakan no mesh 8 dengan ukuran butiran 2,38 mm dengan bentuk material yang berbeda-beda.



Gambar 2. Bentuk Sampel yang Tidak Beraturan

Untuk batugamping bentuk material cukup keras akibatnya banyak ruang kosong yang terisi rongga tidak dapat terisi dengan baik sehingga pada saat dilakukan penumbukkan tidak banyak mengalami penurunan volume.

Pada Batulanau setelah dilakukan penumbukkan sampel mengalami penyusutan yang cukup baik dikarenakan bentuk material lebih lunak dari batugamping sehingga pada saat dilakukan penumbukkan ruang kosong yang dihasilkan tidak banyak memiliki celah.

Batulempung yang digunakan dalam uji proktor dengan ukuran butiran yang tertahan pada saringan no.8 dengan diameter 2,38 mm,

setelah dilakukan penumbukkan sampel mengalami penyusutan dengan persentase yang tinggi dikarenakan pada saat dilakukan penumbukkan sampel mengeras menjadi satu sehingga tidak ada rongga kosong dan semua sisi terisi dengan padat.

3. Energi Pematatan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa besarnya energi pematatan berpengaruh pada nilai penyusutan material, pada pengujian masing – masing sampel diberikan tumbukkan sebanyak 30 kali, jika sampel yang diuji sangat keras seperti batugamping, maka saat diberikan tekanan dengan energi pematatan yang besar tidak mengalami penurunan yang signifikan dikarenakan sampel hanya akan mengalami perubahan bentuk ataupun pecah sehingga semakin banyak rongga-rongga yang dihasilkan dan tidak dapat memenuhi rongga kosong tersebut dikarenakan bentuknya yang keras sehingga tidak bisa menyesuaikan rongga-rongga yang dihasilkan.

Pada batulanau mendapatkan hasil yang cukup baik dikarenakan persentase kadar air yang rendah dan bentuk material yang dapat mengisi rongga ketika dipadatkan. sedangkan untuk batulempung yang memiliki kadar air sangat tinggi pada saat diberikan energi pematatan sampel mengalami perubahan bentuk seperti menggumpal menjadi satu sehingga mengalami penyusutan yang sangat tinggi

4. Volume Sampel

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sampel dengan volume yang telah diketahui dan ditumbuk menggunakan alat uji proktor standar akan mengalami penyusutan volume. Sampel yang ditumbuk dengan energi tertentu akan mengalami pergeseran ataupun penurunan sehingga volume material berubah tetapi berat volume tetap, penurunan ini juga bergantung pada kekerasan sampel, kadar air serta energi pematatan yang di berikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Dilakukan pengambilan sampel di 10 lokasi untuk masing-masing sampel batugamping, batulanau, dan batu lempung di wilayah Samarinda dengan hasil sebagai berikut:
 - a. Pada pengujian batugamping didapatkan persentase kadar air antara 1,12 – 2,40% dengan densitas asli antara 1,89 – 2,24 gr/cm³, densitas jenuh 1,99 – 2,35 gr/cm³, dan densitas kering 1,86 – 2,21 gr/cm³.

- b. Pada pengujian batulanau didapatkan persentase kadar air antara 1,80 – 20,81% dengan densitas asli antara 1,23 – 1,60 gr/cm³, densitas jenuh 1,58 – 1,80 gr/cm³, dan densitas kering 1,02 – 1,56 gr/cm³.
 - c. Pada pengujian batulempung didapatkan persentase kadar air antara 9,36 – 26,79% dengan densitas asli antara 1,65 – 1,97 gr/cm³, densitas jenuh 1,81 – 2,07 gr/cm³, dan densitas kering 1,30 – 1,68 gr/cm³.
2. Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa untuk menentukan nilai penyusutan suatu material sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :
 - a. Kadar air
 - b. Gradasi
 - c. Energi pemadatan
 - d. Volume material
 3. Dari pengujian menggunakan alat uji proktor didapatkan nilai persen penyusutan dan faktor penyusutan berdasarkan volume material sebagai berikut :
 - a. Nilai persen penyusutan dari batugamping berkisar antara 9,88 % – 15,98 %, dan untuk faktor penyusutannya antara 1,11 – 1,19.
 - b. Nilai persen penyusutan dari batulanau berkisar antara 21,77 % – 38,10 %, dan untuk faktor penyusutannya antara 1,28 – 1,62.
 - c. Nilai persen penyusutan dari batulempung berkisar antara 34,05 % – 51,47 %, dan untuk faktor penyusutannya antara 1,52 – 2,06.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih peneliti haturkan atas segala bantuan dan dukungan dalam proses penelitian ini kepada Tim Asisten dari Laboratorium Rekayasa Sipil Unmul dan Tim Asisten dari Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Unmul.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setyo Muntohar. 2009. Mekanika Tanah .Yogyakarta : Omah Buku.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2004. Mekanika Tanah 1. Jakarta: GRAMEDIA
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. Mekanika Tanah 1 Edisi ke Enam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo Hardjowigeno, S., 1993. Kla sifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akamedia Pressindo. Jakarta.
- Krumbein, WC dan LL Sloss. 1951. Stratigraphy and Sedimentation. San Francisco: Freeman. 497 h.
- M Das, Braja.1993. Mekanika Tanah Jilid I. Jakarta: Erlangga. Bab 1 Tanah dan Batuan hal 23 -24.
- Noor, Djauhari, 2012, Pengantar Geologi, Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Pakuan, Bogor.
- Novalia Astri, Adha Idharmahadi, dan Setyanto, 2017, Studi Eksperimen Derajat Kepadatan Tanah *Standard Proctor* Laboratorium Terhadap Alat Tekan Pematat Modifikasi Menggunakan Tanah Timbunan Pilihan. JRSDD, Edisi September 2017, Vol 5, No.4.
- Pettijohn F. J. 1975. Sedimentary Rocks: Harper & Row Publishers, New York- Evanston-San Fransisco-London.
- Premonowati. 2010. Optimalisasi Metode Pendiskripsian Batugamping Untuk Karakterisasi Resevoir Hidrokarbon Dalam Pemodelan Geologi. Jurnal Teknologi Technoscintia vol. 3 N0. 1 Agustus 2010. Teknik Geologi, Fakultas Teknik Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Prihatono, Y, 2011. “Pemadatan Tanah”. <https://yogoz.wordpress.com/2011/01/31/pemadatan-tanah-2/> (12 Februari 2020).
- Robianti, Emy, 2017. Percobaan Pengujian Pemadatan Tanah Metode Standard Proctor Dengan Alat Uji Tekan Pematat Modifikasi, Fakultas Teknik Lampung, Bandar Lampung.
- Sembiring Natanael, Iswan, dan Jaffi Muhammad, 2016. Studi Perbandingan Uji Pemadatan Standar dan Uji Pemadatan Modified Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Lempung Berpasir. JRSDD, Edisi September 2016, Vol. 4, No. 3, Hal:371 - 380 (ISSN:2303-0011).
- Situmorang H, 2013. Kajian Pengaruh Pengayakan Terhadap Karakteristik Fisik Bungkil Inti Sawit dan Bungkil Kelapa. Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan. Fakultas Peternakan. Institut Teknologi Bogor.
- S. Supriatna, Sukardi, E. Rustandi, 1995, Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sutrisno, 2013. Studi Pengaruh Fragmentasi Terhadap Faktor Penyusutan (*Shrinkage Factor*) dan Persen Penyusutan (*Percent Shrinkage*) Batuan Berdasarkan Volume Material, Program Studi S1 Teknik Pertambangan Fakultas

- Teknik Universitas Mulawaman, Samarinda.
- Tenriajeng, Andi Tenrisukki. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Gunadama.
- Twenhofel, WH. 1937. Terminology of the fine-grained mechanical sediments. Rept. Comm. Sedimentation 1936-1937. Nat. Res. Council, Div. Geol. Geogr.
- Vidayanti, Desiana. 2008. Modul Perkuliahan Mekanika Tanah 1, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Perencanaan Dan Desain Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Zakri, R. S, Prengki, I, Saldy T, G. 2020. Hubungan Kuat Tekan Uniaksial dan Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Batuan Sedimen Dengan Nilai Kuat Tekan Rendah. Jurnal Bina Tambang, Vol. 5, No. 3. Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang. (ISSN:2302-3333)