

Studi Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butir batuan terhadap Sifat Fisik dan Nilai Kuat Tekan

Kurnia Aprinta Herastuti¹, Nurmaya Putri Ira²

Mahasiswa Program Magister, Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Fakultas
Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta^{1,2}
kurniaaprinta@gmail.com

Abstrak

Batuan memiliki dua sifat yakni sifat fisik dan sifat mekanik. Salah satu dari sifat mekanik adalah nilai kuat tekan yang didapatkan dari hasil pengujian kuat tekan. Dalam penelitian ini, dibahas mengenai tiga macam ukuran butir batuan dan sifat apa saja yang mempengaruhi sifat fisik dan nilai kuat tekannya. Sampel didapatkan dari *wastedump* sebuah site pertambangan di Tenggarong Provinsi Kalimantan Timur. Sampel batuan diambil lalu disimpan dalam kotak sampel lalu dibawa ke Laboratorium untuk diteliti. Didapatkan nilai kadar air, porositas, dan massa jenis serta nilai kuat tekan. Lalu dibahas mengenai ukuran butir terhadap keempat sifat batuan tadi. Hasil yang didapatkan adalah semakin kecil ukuran butir, maka semakin tinggi nilai massa jenisnya, nilai porositas semakin kecil, semakin tinggi nilai kadar airnya, dan nilai kuat tekannya semakin besar.

Kata Kunci: batuan, laboratorium, porositas, UCS

1. Pendahuluan

Batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi yang tetap. Tetapi batuan tidak sama dengan tanah. Tanah dikenal sebagai material yang *mobile*, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan bumi (Made Astawa Rai dkk, 2013). Istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras dan koheren atau yang telah terkonsolidasi dan tidak dapat digali dengan cara biasa (cangkul dan belicong).

Batuan memiliki 2 sifat yakni sifat fisik dan sifat mekanik. Sifat fisik batuan didapatkan dari pengujian *non-destructive* (tidak merusak). Sifat fisik batuan yaitu massa jenis, berat jenis, kadar air, derajat kejenuhan, porositas dan angka pori. Sedangkan sifat mekanik batuan didapatkan dengan pengujian yang merusak (*destructive*). Sifat mekanik didapatkan dari pengujian yang dilakukan di laboratorium. (Made Astawa Rai dkk, 2013)

Dalam salah satu pengujian sifat fisik, yaitu pengujian kuat tekan, sampel batuan diberi tekanan aksial secara perlahan hingga terjadi runtuhnya namun tegangan kelilingnya nol. Nilai tegangan pada saat sampel mengalami keruntuhan ditetapkan sebagai nilai kuat tekan bebas dari sampel tersebut.

Nilai kuat tekan ini pasti akan ada hubungannya dengan sifat fisik dari batuan. Sifat fisik yang akan diteliti adalah porositas, kadar air dan massa jenisnya.

Porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong (pori-pori) dalam batuan dengan volume

total batuan dan dinyatakan dalam persen. Jadi semakin tinggi nilai porositas akan menunjukkan semakin banyak rongga atau ruang kosong di dalam batuan.

Kadar air adalah perbandingan berat air batuan dalam kondisi asli dengan berat total dari batuan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air batuan saat kondisi asli.

Dan massa jenis adalah perbandingan antara berat batuan asli dan volume batuan. Hal ini mengacu pada seberapa besar kandungan isi dari kepadatan batuan tersebut.

Batuan berbutir halus memiliki massa jenis yang lebih padat dibandingkan batuan berbutir kasar. Hal tersebut disebabkan oleh kerapatan antar butir yang tinggi dan sedikitnya ruang kosong yang dimiliki batuan.

Dari pengertian diatas, tentunya baik porositas, kadar air maupun massa jenis akan memiliki pengaruh yang terhadap hasil pengujian uji kuat tekan.

Sampel batuan yang digunakan adalah batupasir, batulempung dan batulanau. Sampel ini didapatkan dari *wastedump* sebuah site pertambangan di daerah Tenggarong, Provinsi Kalimantan Timur.

Ketiga sampel batuan itu dipilih karena memiliki ukuran butir yang berbeda yang nantinya akan dicari adakah hubungan antara ukuran butir terhadap sifat fisik batuan (porositas, kadar air, dan massa jenis) nya.

2. Metode

2.1. Metode pengumpulan data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini terdapat dua cara yaitu data lapangan dan data laboratorium.

Data lapangan didapatkan dengan mendatangi lapangan secara langsung kemudian didapatkan koordinat sampel (lokasi) serta kondisi lokasi sumber sampel. Data laboratorium didapatkan dengan menguji sampel yang dimiliki di laboratorium.

Sampel diambil dibantu dengan *excavator*. Pada lokasi yang sudah ditentukan, digali sedalam 30 cm sehingga didapatkan kondisi sampel yang tidak terkena langsung udara luar. Kemudian sampel dimasukkan kedalam kotak sampel yang sudah dilapisi dengan plastik untuk mempertahankan kondisi airnya. Tiap sampel diuji tiga kali nantinya akan didapatkan nilai rata-rata.

2.2 Metode analisis data

Metode yang dilakukan dalam analisis data adalah metode kuantitatif deskriptif. Dalam metode ini, data didapatkan berupa angka-angka yang nantinya diolah sesuai dengan deskripsi yang terbentuk.

Sesuai dengan namanya, analisa yang digunakan akan banyak menggunakan kalimat karena menjelaskan hasil hubungan antar parameter dengan bantuan sebuah gambar grafik.

Metode ini dipilih karena data hasil yang didapat tidak banyak namun sudah cukup sehingga tidak perlu banyak angka namun kesimpulan secara umum sudah cukup menjadikan inti dari deskripsi hasil penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian adalah nilai porositas, kadar air, massa jenis dan kuat tekan yang dibahas antar butiran batuan. Setelah didapatkan nilainya, kemudian dibahas sesuai dengan karakteristik nilai dan batuan masing-masing yang nantinya akan didapatkan suatu kesimpulan.

Tabel 1: Nilai Massa jenis, Porositas, dan Kadar Air pada Masing-Masing Material

Sampel	Massa jenis (gr/cc)	Porositas	Kadar Air (%)
Batulempung	1,807	34,97%	10,462
	1,808	39,45%	14,076
	1,809	43,93%	17,690
Batulanau	1,617	46,82%	12,558
	1,678	45,45%	13,668
	1,738	44,07%	14,779
Batupasir	1,607	45,88%	12,302
	1,579	47,27%	12,785
	1,551	48,66%	13,268

Tabel 2: Parameter Hasil Pengujian Kuat Tekan di Laboratorium

No	Jenis Material	Kuat Tekan (qu) (kPa)	Regangan vertikal (x0,01)	Modulus Young (kPa)
1	Lempung 1	104,17	4	1302,13
2	Lempung 2	86,89	3,8	1143,27
3	Lempung 3	84,88	3,5	1212,51
4	Lanau 1	72,75	4,3	845,94
5	Lanau 2	76,86	3,8	1011,35
6	Lanau 3	73,39	4,3	853,40
7	Pasir 1	63,05	4,6	685,33
8	Pasir 2	64,05	3,7	865,50
9	Pasir 3	64,05	3,5	914,96
10	Timbunan 1	71,03	4,5	789,17
11	Timbunan 2	69,21	4,4	786,52
12	Timbunan 3	74,58	3,4	1096,78

3.1. Klasifikasi Batuan pada Material Timbunan Berdasarkan Nilai Kuat Tekan

Di dalam ISRM tahun 1981 disebutkan bahwa klasifikasi batuan dapat ditentukan dari nilai kuat tekannya. Setelah dilakukan pengujian, batulempung mempunyai nilai kuat tekan 91,98 kPa, batulanau mempunyai nilai kuat tekan 74,34 kPa, batupasir mempunyai nilai kuat tekan 63,72 kPa.

Ada banyak klasifikasi batuan yang sudah dibuat dan semuanya menunjukkan klasifikasi batuan sangat lunak untuk batuan dengan nilai kuat tekan dibawah 500 kPa sedangkan nilai kuat tekan terbesar dari ketiga sampel tidak mencapai nilai 100 kPa (Gambar 1). Dengan ini dapat disimpulkan bahwa batulempung, batulanau dan batupasir adalah batuan sangat lemah atau *extremely weak rock*.

3.2. Hubungan Porositas, Kadar Air, dan Massa Jenis Terhadap Material

Berdasarkan perbandingan dari ketiga sifat fisik tersebut, terlihat pola yang khas. Pada material batulempung yang memiliki nilai massa jenis yang paling besar diantara ketiga sampel pengujian memiliki porositas yang paling kecil namun kadar airnya yang paling besar. Sedangkan batupasir yang memiliki nilai massa jenis paling rendah diantara ketiga sampel pengujian memiliki porositas dan yang paling besar namun kadar airnya yang paling kecil.

Batupasir memiliki ukuran butir yang paling besar, diikuti oleh batulanau, dan yang terkecil adalah batulempung. Pada batupasir, ukuran butir yang

besar mengakibatkan kerapatan yang cukup renggang sehingga nilai porositas semakin besar. Sedangkan pada batulempung, ukuran butir yang lebih kecil dan lebih halus mengakibatkan kerapatan dan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan batupasir sehingga ruang kosong pada batulempung tidak sebanyak ruang kosong yang dimiliki batupasir maka dari itu nilai porositasnya kecil.

Kerapatan dari batulempung juga diakibatkan oleh nilai kadar air yang cukup tinggi. Karena tingginya kadar air didalam batulempung, air tersebut membantu dalam pengikatan material halus dari batulempung sehingga nilai porositasnya semakin kecil.

Pada batupasir, kadar airnya yang paling rendah ini dikarenakan ukuran butirnya yang besar sehingga air kurang mampu membatu mengikat antar butir material. Inilah yang mengakibatkan nilai porositas batupasir rendah.

Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil butir ukuran batuan, maka semakin tinggi nilai massa jenisnya, nilai porositas semakin kecil dan semakin tinggi nilai kadar airnya. Sebaliknya, semakin besar butir ukuran batuan, maka semakin kecil nilai massa jenisnya, nilai porositas semakin besar dan kadar airnya semakin kecil.

3.3. Perbandingan Modulus Young dengan Nilai Kuat Tekan

Pada penelitian ini material batulempung mempunyai *modulus Young's* rata-rata 1.219,30 kPa, material batulanau 903,56 kPa, material batupasir 821,93 kPa. *Modulus Young's* dari suatu batuan akan meningkat seiring dengan kenaikan dari nilai kuat tekan suatu batuan. Sedangkan nilai kuat tekan rata-rata 91,98 kPa, material batulanau 74,34 kPa, material batupasir 63,72 kPa

Kenaikan nilai *Modulus Young's* seiring dengan kenaikan kuat tekan ini terbukti dengan batulempung mempunyai *modulus Young's* paling tinggi dan juga nilai kuat tekan yang paling tinggi, sedangkan material batupasir mempunyai *modulus Young's* yang paling rendah dan nilai kuat tekan juga paling rendah

Dari hasil pengujian sifat fisik di laboratorium, Massa jenis kering material batulempung adalah $1,59 \text{ gr/cm}^3$, material batulanau $1,48 \text{ gr/cm}^3$ dan material batupasir adalah $1,40 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan Porositas material batulempung 39,45%, material batulanau 45,45% dan material batupasir adalah 47,27%. Apabila dikaitkan dengan nilai kuat tekan batuan, dapat terlihat hubungan sebagai berikut:

1. Massa jenis dan kerapatan

Semakin besar massa jenis suatu material maka semakin rapat material tersebut. Massa jenis kering material batulempung adalah $1,59 \text{ gr/cm}^3$, material batulanau $1,48 \text{ gr/cm}^3$ dan material batupasir adalah

$1,40 \text{ gr/cm}^3$. Ini berarti material batulempung mempunyai kerapatan yang paling tinggi, sehingga nilai kuat tekan dari material batulempung paling tinggi (lihat Gambar 4).

2. Porositas batuan

Semakin besar porositas yang dimiliki suatu material maka semakin banyak rongga di dalamnya. Banyaknya rongga akan semakin memperlemah kekuatan batuan maka nilai kuat tekannya akan semakin kecil apabila nilai porositasnya semakin besar.

Porositas material batulempung 39,45% , material batulanau 45,45% dan material batupasir adalah 47,27%. Sehingga, yang berpengaruh pada kuat tekan bukanlah kadar airnya, melainkan porositas.

Porositas ini juga bisa diartikan banyaknya ruangan yang dapat diisi air hingga batuan tersebut jenuh. Ini berarti semakin besar nilai porositas, maka semakin kecil nilai kuat tekan suatu batuan

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis pembahasannya dapat disimpulkan:

1. Semakin kecil butir ukuran batuan, maka semakin tinggi nilai massa jenisnya, nilai porositas semakin kecil dan semakin tinggi nilai kadar airnya. Sebaliknya, semakin besar butir ukuran batuan, maka semakin kecil nilai massa jenisnya, nilai porositas semakin besar dan kadar airnya semakin kecil.
2. Semakin besar massa jenis suatu material maka semakin rapat material tersebut. Dan dari nilai kerapatan yang tinggi itu menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi juga.
3. Semakin besar porositas yang dimiliki suatu material maka semakin banyak rongga di dalamnya. Banyaknya rongga akan semakin memperlemah kekuatan batuan maka nilai kuat tekannya akan semakin kecil apabila nilai porositasnya semakin besar.

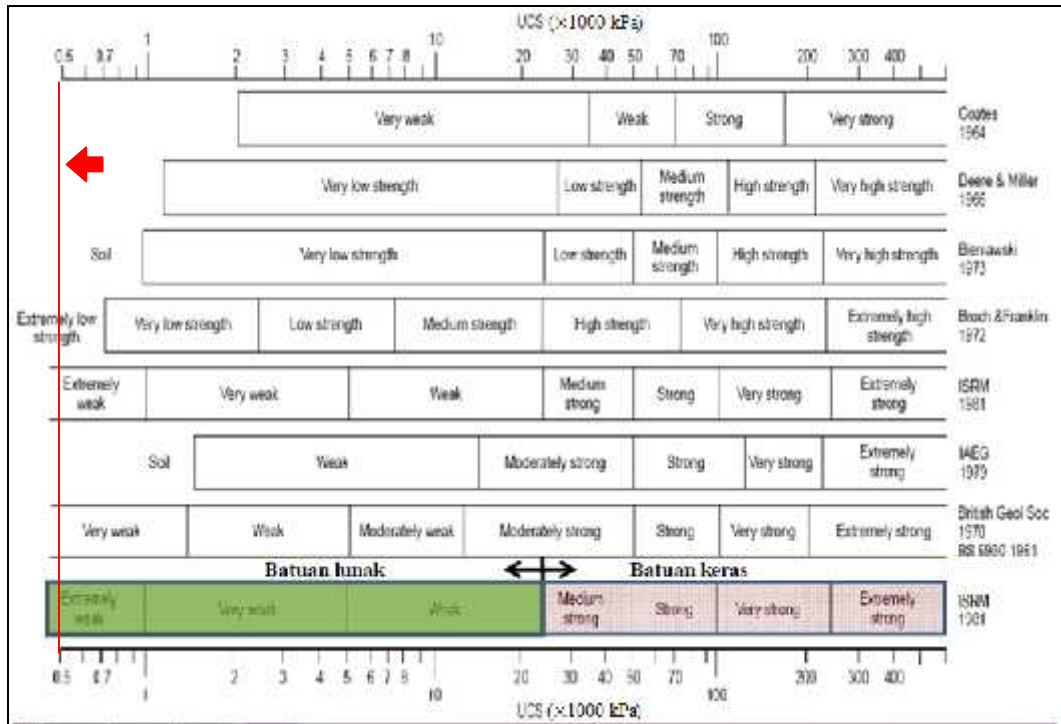
Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya haturkan kepada rekan penelitian saya, Nurmaya Putri Ira, kepada Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta, kepada Bapak Dr. Ir. Singgih Saptono, M.T. selaku dosen kami.

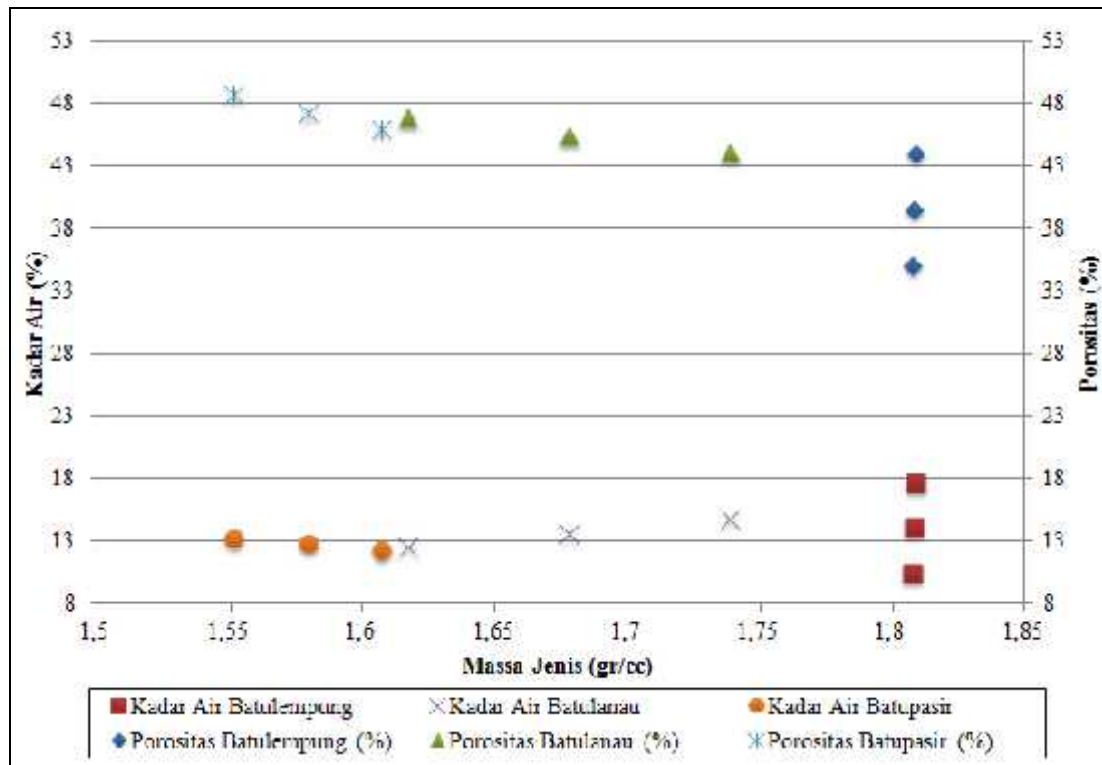
Daftar Pustaka

- ASTM D-4767-95, 1996, *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soil*, Annual Book of ASTM Standards, Pg 1-11.
- Bienewski, 1989, *Engineering Rock Mass Clasification*, John Wiley & Sons, New York.
- Bowless, Joseph E., 1989, *Sifat Fisis*

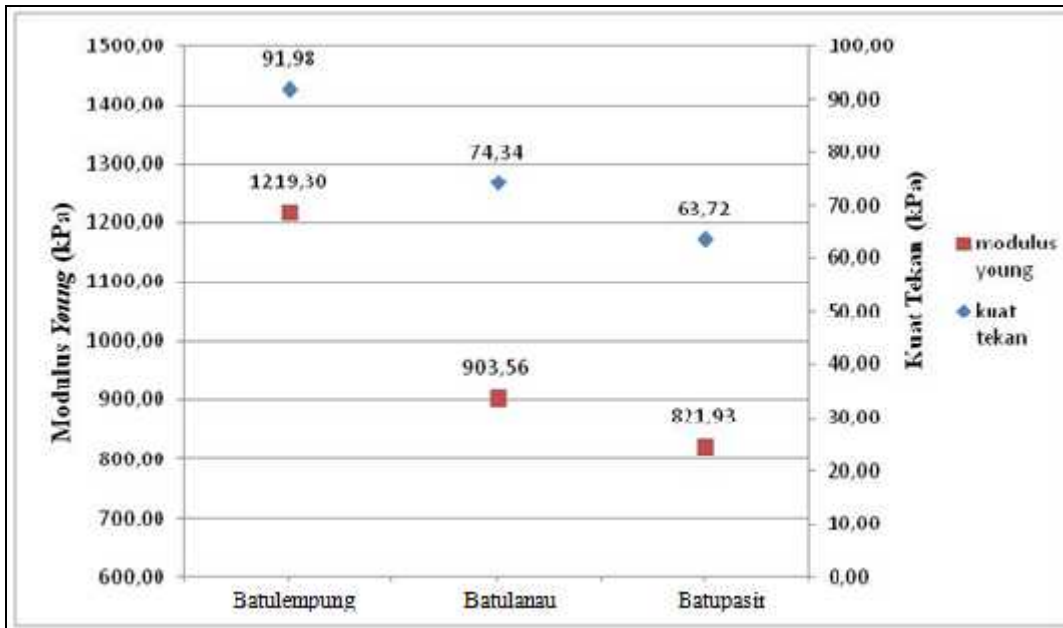
- dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M, 2006, *Principles of Geotechnical Engineering*, Thomson Canada Limited, Canada.
- Griffith, A.A., 1921, *The Tehory of Ruprure*. Proceedings of the 1st International Congress of Applied Mechanics, p. 56-63.
- Goodman R.E., 1989, *Introduction to Rock Mechanics Second Edition*. Jhon Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981, *Rock Slope Engineering, Revised Third Edition*, Institute of Mining and Metallurgy, London
- Lambe. William T, and Whitman, Robert V, 1969, *Soil Mechanics*, John Willey And Sons inc, New York.
- Mah, Christopher W. and Wyllie, Duncan C., 2004. *Rock Slope Engineering Civil and Mining Fourth Edition*. Spoon Press. New York.
- McCarthy, David F, 1988, *Essentials of Soil Mechanics and Foundations Basic Geotechnics Third Edition*, Preentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Laporan Eksplorasi PT Kayan Putra Utama Coal, 2003, PT Kayan Putra Utama Coal, Kalimantan Timur.
- Rai, Made Astawa, Suseno Kramadibrata, Ridho Kresna Wattimena. 2013, *Mekanika Batuan*, ITB, Bandung.
- Surat Keputusan Bupati No. 540/250/IUP-OP/MB-PBAT/IX/2010 tentang Ijin Usaha Pertambangan Operasi Produksi PT. Kayan Putra Utama Coal Site Separi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



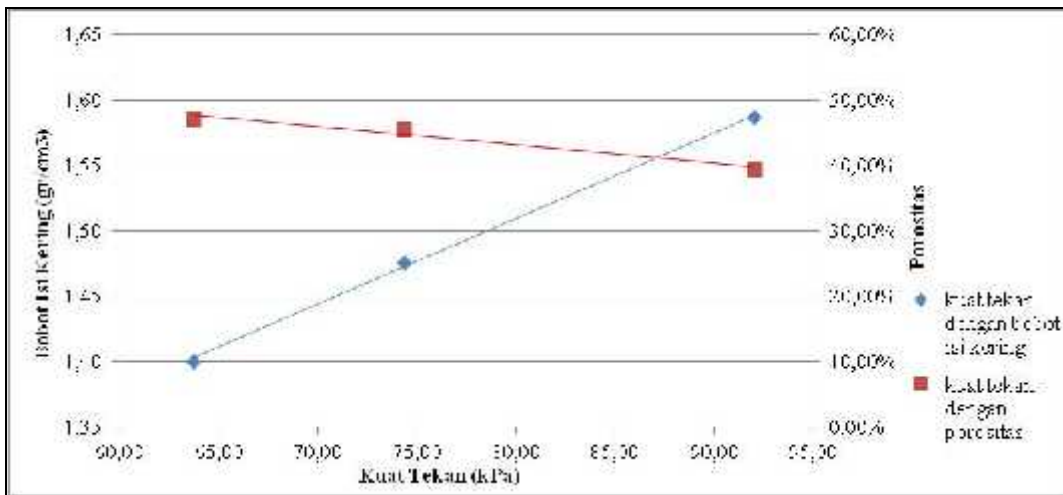
Gambar 1. Nilai Terendah Klasifikasi Batuan adalah 500 kPa



Gambar 2. Hubungan Porositas, Kadar Air dan Massa Jenis Terhadap Material



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Modulus Young's dan Kuat Tekan



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kuat Tekan terhadap Massa jenis Kering dan Porositas