



## Pengaruh Sifat Fisik Terhadap Nilai *Uniaxial Compressive Strength* Batuan Dengan Kondisi Natural, Jenuh dan Kering Pada Formasi Balikpapan dan Pulaubalang Provinsi Kalimantan Timur

Firman<sup>1</sup>, Albertus Juvensius Pontus<sup>2</sup>, Lucia Litha Respati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Mulawarman

**Abstract:** *The uniaxial compressive strength value is one of the important parameters that is widely used in rock engineering projects in determining rock mass. The strength of rocks is greatly influenced by the water content and degree of saturation in the rock. Reduction of strength in rock is associated with an increase in water content, a slight increase in water content will cause a significant deviation in the compressive strength test value. This research is quantitative research, so to obtain accurate calculation data, testing methods are used in the form of compressive strength tests on rocks and physical properties tests in the treatment of samples of original rock, saturated rock and dry rock before testing. In this research, 2 types of rock were used, including limestone and sandstone in 2 rock formations, namely the Balikpapan formation and the Pulaubalang formation, so that the accuracy of the test result values could be obtained well. Based on the results of observations and calculations that have been carried out, the water content values of limestone in natural, saturated and dry conditions in the Balikpapan formation are obtained with average values of 1.709%, 2.262% and 0.961% respectively. The water content of sandstone in natural, saturated and dry conditions is the Pulaubalang formation with average values of 2.491%, 9.425% and 0.463% respectively. The UCS value of limestone in natural, saturated and dry conditions in the Balikpapan formation has an average value of 25.29 Mpa, 37.57 Mpa and 40.70 Mpa respectively. The UCS value of sandstone in natural, saturated and dry conditions in the Pulaubalang formation has an average value of 9,565 Mpa, 6,537 Mpa and 12,730 Mpa. It can be concluded that the correlation between uniaxial compressive strength values and water content values in limestone and sandstone shows a positive linear correlation, which means they have a strong relationship. The higher the compressive strength value of limestone and sandstone, the lower the water content value.*

**Keywords :** *Uniaxial Compressive Strength, Water Content, Limestone, Sandstone.*

**Abstrak:** Nilai kuat tekan uniaksial merupakan salah satu parameter penting yang banyak digunakan dalam proyek rekayasa batuan dalam penentuan massa batuan. Kekuatan pada batuan sangat besar dipengaruhi oleh kadar air dan derajat kejenuhan pada batuan tersebut. Pengurangan kekuatan pada batuan dikaitkan dengan peningkatan kadar air, sedikit peningkatan kadar air akan menyebabkan pengurangan yang signifikan pada nilai uji kuat tekan. Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat kuantitatif, sehingga untuk memperoleh data perhitungan yang akurat digunakan metode pengujian berupa uji kuat tekan pada batuan dan uji sifat fisik dalam perlakuan sampel batuan asli, batuan jenuh, dan batuan kering sebelum dilakukan pengujian. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis batuan, diantaranya Batugamping dan Batupasir pada 2 formasi batuan yaitu formasi Balikpapan dan formasi Pulaubalang, sehingga keakuratan nilai hasil pengujian dapat diperoleh dengan baik. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai  $R^2$  UCS terhadap kadar air pada Batugamping dan Batupasir berturut-turut sebesar. UCS terhadap porositas pada Batugamping dan Batupasir berturut-turut sebesar. UCS terhadap densitas berturut-turut sebesar. Dapat disimpulkan bahwa korelasi nilai kuat tekan uniaksial dengan nilai kadar air pada Batugamping dan Batupasir menunjukkan korelasi linier positif yang artinya memiliki hubungan yang kuat. Semakin tinggi nilai kuat tekan Batugamping dan Batupasir maka semakin kecil nilai kadar airnya.

**Kata kunci :** Uniaxial Compressive Strength, Kadar Air, Batugamping, Batupasir.

### PENDAHULUAN

Kekuatan suatu batuan utuh adalah kekuatan batuan untuk menahan suatu gaya hingga pecah. Kekuatan batuan dapat dibentuk oleh suatu ikatan antar butir mineral atau tingkat sementasi pada batuan tersebut, serta kekerasan mineral yang membentuknya. Untuk memperoleh nilai dari kekuatan pada batuan dapat dilakukan pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode uji kuat tekan uniaksial (UCS).

*Received Mei 30, 2024; Accepted Juni 26, 2024; Published Agustus 31, 2024*

\* Firman

Nilai kuat tekan uniaksial merupakan salah satu parameter penting yang banyak digunakan dalam proyek rekayasa batuan dan dalam penentuan massa batuan. Metode Laboratorium langsung digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan batuan (misalnya menggunakan uji tekan uniaxial) seperti yang diusulkan dan distandarisasi oleh *International Society for Rock Mechanics* (ISRM) (Ulusay & Hudson, 2007).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah banyak dilakukan, telah ditetapkan bahwa kekuatan pada batuan sangat besar dipengaruhi oleh kadar air dan derajat kejenuhan pada batuan tersebut. Beberapa dekade terakhir, pengurangan kekuatan dan kekakuan pada batuan dikaitkan dengan peningkatan kadar air telah banyak diteliti pada jenis batuan di Indonesia. Karena variasi tekstur dan litologi yang cukup besar, maka sejauh mana efek pelemahan air sangat bervariasi diantara berbagai jenis batuan, mulai dari hampir dapat diabaikan pada kuarsa hingga 90% pengurangan kekuatan tekan uniaksial pada serpih. Kekuatan pada batuan sangat besar dipengaruhi oleh kadar air. Pengurangan kekuatan pada batuan dikaitkan dengan peningkatan kadar air, sedikit peningkatan kadar air akan menyebabkan pengurangan yang signifikan pada nilai uji kuat tekan. Pengaruh kadar air umumnya lebih besar pada batuan sedimen daripada batuan beku dan batuan metamorf (Wong, dkk., 2016). Sedikit peningkatan kadar air pada batuan sangat mempengaruhi kuat tekan suatu batuan terutama pada batuan sedimen (Daraei & Zare, 2018).

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Definisi Batuan**

Menurut para Geologiwan batuan adalah susunan mineral dan bahan organik yang bersatu membentuk kulit bumi dan batuan adalah semua material yang membentuk kulit bumi yang dibagi atas:

- Batuan yang terkonsolidasi (*consolidated rock*).
- Batuan yang tidak terkonsolidasi (*unconsolidated rock*).

Definisi secara umum, batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi kimia tetap. Tetapi, batuan tidak sama dengan tanah. Tanah dikenal sebagai material yang “*mobile*”, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan bumi.

### **Sifat Mekanik Batuan di Laboratorium**

Sifat mekanik batuan didapatkan dengan pengujian yang merusak. Sifat mekanik didapatkan dari pengujian yang dilakukan di laboratorium. Salah satu pengujian pada laboratorium yaitu uji kuat tekan uniaksial.

a. Uji Kuat Tekan Uniaksial (*Unconfined Compressive Strength Test-UCS Test*)

Tujuan uji kuat tekan adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial sebuah contoh batuan dalam geometri yang beraturan, baik dalam bentuk silinder, balok atau prisma dalam satu arah (uniaksial). Hasil uji ini menghasilkan beberapa informasi yaitu ; kurva tegangan regangan, kuat tekan uniaksial, *Modulus Young*, Nisbah Poisson, Fraktur Energi dan Spesifik Fraktur Energi. Uji ini menggunakan mesin tekan dan dalam pembebaannya mengikuti standard dari International Society Rock Mechanics (ISRM 1981). Laju tegangan didefinisikan sebagai perkalian antara laju tegangan adalah antara 0,5-1,0 MPa/detik. Uji kuat tekan terhadap batuan kuat dan getas (*brittle*) dalam waktu singkat cenderung menghasilkan nilai yang besar. Pengukuran gaya tekan melalui pembacaan *monometer gauge* atau *load cell* atau *pressure transducer*, sedangkan pengukuran perpindahan aksial dan lateral bisa dilakukan dengan masing-masing memasang *dial gauge* secara vertical dan horizontal. Selain dengan *dial gauge*, pasangan *Linier Variabel Differential Transducer (LVDT)* atau *electrical strain gauges* juga dapat digunakan.

b. Mekanisme pecah contoh batu uji dan distribusi tegangan pada contoh batu uji

Penyebaran tegangan di dalam contoh batu secara teoritis adalah searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh tersebut. Keadaan ideal ini hanya dapat dicapai jika persyaratan kualitas contoh batu uji dan susunan contoh batu uji parallel dan rata serta tegak lurus terhadap sumbu pembebanan mesin tekan.

Mekanisme pecahnya batuan getas dengan kondisi kekakuan mesin tekan yang tidak terlalu besar akan bersifat violent dan disebut sebagai fraktur getas (*brittle fracture*). Arah retakan dari sebuah material getas akan sesuai dengan tegangan utama maksimumnya. Sehingga bila persyaratan kondisi ideal pengujian telah dipenuhi maka contoh uji batuan getas akan pecah secara vertikal yang searah dengan pembebanan maksimumnya, yaitu tegangan aksial dan mekanisme pecahnya bersifat fraktur getas.

Tergantung dari jenis batuan, kondisi rekahan awal (*pre-existing cracks*) pada contoh batu uji dan system mesin kuat tekan yang digunakan untuk pengujian, maka bentuk pecah contoh batu uji akan bervariasi mulai kataklisis, *axial splitting*, pecahan kerucut (*cone failure*), *homogeneous shear*, *combination axial & local shear*, dan *splintery & onio leaves buckling*.

Secara umum, ada tiga pecah batuan yang sering terjadi pada uji kuat tekan uniaksial, yaitu *shear failure*, *axial splitting*, dan *multiple cracking*. *Shear failure* terjadi ketika rekahan tunggal atau beberapa rekahan mempropagasi ke seluruh contoh batuan, sehingga terjadi pergeseran sepanjang rekahan yang terbentuk. Bidang geser tempat terjadinya geseran akan membentuk sudut tertentu terhadap tegangan aksial yang diberikan. *Axial splitting* terbentuk

jika rekahan yang terjadi searah atau parallel dengan arah tegangan aksial. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan butiran pada contoh akan runtuh karena tarikan. Sedang *multiple cracking* terjadi ketika contoh pecah sepanjang banyak bidang pada arah yang tidak beraturan. Ini merupakan Faktor yang mempengaruhi kurva tegangan regangan

### **Kadar Air**

Kadar air merupakan sejumlah air yang terkandung pada suatu benda, seperti batuan, tanah maupun benda lainnya. Kadar air ini digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan Teknik yang di ekspresikan dalam rasio, dari 0 hingga nilai jenuh air dimana semua pori terisi air.

### **Pelapukan Pada Batuan**

Pelapukan karena basah dan kering, jenis pelapukan ini terjadi pada batuan/tanah yang mengalami basah dan kering silih berganti. Keadaan basah dan kering menimbulkan tekanan molekuler oleh air. Air mempunyai dua muatan positif hydrogen yang terikat oleh satu atom oksigen yang bermuatan negatif. Muatan positif dari molekul air ditarik oleh muatan negatif dari permukaan lempung atau mineral lain ditarik oleh muatan negatif. Keadaan silih berganti tersebut menimbulkan tekanan, yang membentuk lapisan air yang bersifat kristalin dan tenaga ekspansi sehingga dapat menekan dinding pada pori- pori batuan dan membuat batuan pecah. (Sutikno & Haryono, 2020).

### **Persamaan Regresi**

Analisis regresi linear sederhana (*simple linear regression analysis*) adalah didalam analisis hanya melibatkan dua buah variabel, yaitu variabel yang satu merupakan variabel mempengaruhi (*independent variabel*) dan variabel yang lain merupakan variabel dipengaruhi (*dependent variabel*). Sedangkan maksud dari linear adalah asumsi yang digunakan bahwa hubungan antara dua variabel yang dianalisis menunjukkan hubungan linear. Analisis regresi bertujuan menentukan persamaan regresi yang baik yang dapat digunakan untuk menafsir nilai variabel dependen.

### **Koefisien Korelasi**

Besarnya koefisien korelasi ( $r$ ) antara dua buah variabel adalah nol sampai dengan  $\pm 1$ . Apabila dua buah variabel mempunyai nilai  $r = 0$ , berarti antara variabel tersebut tidak ada hubungan. Sedangkan apabila dua buah variabel mempunyai nilai  $r = \pm 1$ , maka dua buah variabel tersebut mempunyai hubungan yang sempurna. Tanda minus (-) pada nilai  $r$  menunjukkan hubungan yang berlawanan arah (apabila nilai variabel yang satu naik, maka nilai variabel yang lain turun), dan sebaliknya tanda plus (+) pada nilai  $r$  menunjukkan hubungan yang searah (apabila nilai variabel yang satu naik, maka nilai variabel yang lain juga

naik). Semakin tinggi nilai koefisien korelasi antara dua buah variabel (semakin mendekati 1), maka tingkat keeratan hubungan antara dua variabel tersebut semakin tinggi. Dan sebaliknya semakin rendah koefisien korelasi antara dua macam variabel (semakin mendekati 0), maka tingkat keeratan hubungan antara dua variabel tersebut semakin lemah (Nuryadi, Endang & Budiantara, 2017).

### Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah bagian dari keragaman total variabel terikat (Y) yang dapat diterangkan oleh keragaman variabel bebas (X). Koefisien ini dihitung dengan mengkuadratkan koefisien korelasi dan diinterpretasi dengan sebuah hubungan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Daerah Samarinda Kecamatan Palaran dan Kecamatan Samarinda Ulu Batuputih Provinsi Kalimantan Timur. Dalam penelitian ini akan dibagi beberapa tahapan yaitu pertama tahap pra lapangan berupa studi literatur, pengamatan lapangan dan persiapan peralatan uji di Laboratorium. Data-data yang diambil dari lapangan dan uji Laboratorium, jumlah sampel dan standar pengujian dapat dilihat pada tabel 1. Yang ketiga yaitu tahap pengolahan data.

Tabel 1 Uji Laboratorium dan Lapangan

No.	Jenis Uji	Standar Pengujian	Kondisi Sampel	Jumlah Sampel
1.	Uji sifat fisik	ISRM ( <i>International Society Rock Mechanics</i> )	Natural 6	18
			Jenuh 6	
			Kering 6	
2.	Uji kuat tekan uniaksial	<i>International Society Rock Mechanics</i> (ISRM, 1981)	Natural 6	18
			Jenuh 6	
			Kering 6	

### Tahap Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu, tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisik Batugamping

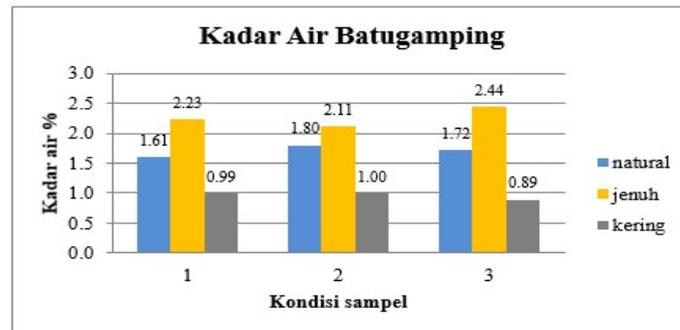
Batugamping adalah batuan sedimen yang sebagian besar disusun oleh kalsium karbonat yang berasal dari sisa-sisa organisme laut. Dan terbentuk secara organik, mekanik maupun secara kimia. Berdasarkan hasil uji sifat fisik batugamping, diperoleh hasil dari

masing-masing sampel yaitu berat normal ( $W_n$ ), berat jenuh ( $W_w$ ), berat sampel tergantung didalam air ( $W_s$ ) dan berat kering ( $W_o$ ). Didapatkan nilai kadar air, porositas dan densitas yang dihitung menggunakan rumus 2.6, 2.9 dan 2.1 dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 2.

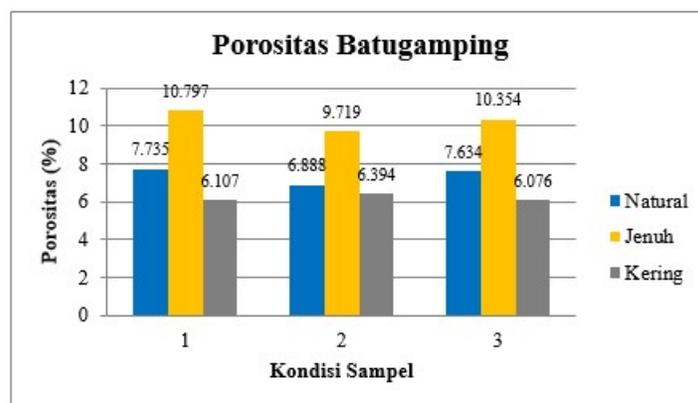
Tabel 2 Tabel Nilai Kadar Air, Porositas dan Densitas Batugamping

No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
1	NATURAL	SG1N	1,606	7,735	2,595
2		SG2N	1,798	6,888	2,599
3		SG3N	1,722	7,634	2,555
4	JENUH	SG1J	2,231	10,797	2,591
5		SG2J	2,113	9,719	2,596
6		SG3J	2,442	10,354	2,543
7	KERING	SG1D	0,992	6,107	2,590
8		SG2D	0,998	6,394	2,588
9		SG3D	0,894	6,076	2,572

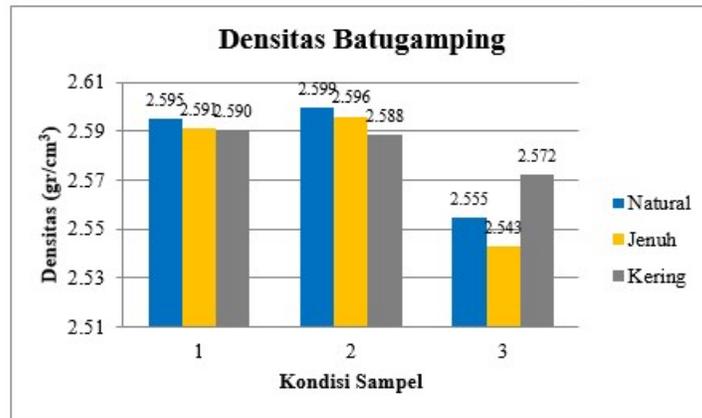
Note : Sampel Batugamping (SG), Natural (N), Jenuh (J), Kering (D)



Gambar 1 Perbandingan Nilai Kadar Air Batugamping



Gambar 2 Perbandingan Nilai Porositas Batugamping



Gambar 3 Perbandingan Nilai Densitas Batugamping

Dari tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar air pada Batugamping dengan perlakuan natural dengan nilai rata-rata sebesar 1,709 %, jenuh dengan nilai rata-rata sebesar 2,262 % dan kering dengan nilai rata-rata sebesar 0,961 %. Nilai porositas Batugamping dengan perlakuan natural didapatkan nilai rata-rata sebesar 7,419 %, jenuh dengan nilai rata-rata 10,29 % dan kering dengan nilai rata-rata 6,192 %. Densitas Batugamping dengan perlakuan natural memiliki nilai rata-rata sebesar 2,583 gr/cm<sup>3</sup>, jenuh memiliki nilai rata-rata sebesar 2,576 gr/cm<sup>3</sup> dan kering memiliki nilai rata-rata sebesar 2,583 gr/cm<sup>3</sup>.

Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa kadar air, porositas dan densitas pada Batugamping dengan perlakuan yang berbeda memiliki nilai yang berbeda pula. Kadar air dan porositas pada Batugamping dengan perlakuan jenuh memiliki nilai lebih besar. Sedangkan kadar air dan porositas Batugamping dengan perlakuan kering memiliki nilai lebih kecil dari Batugamping dengan perlakuan natural. Densitas Batugamping pada perlakuan natural dan kering memiliki nilai rata-rata yang sama namun lebih besar dari nilai rata-rata dengan perlakuan jenuh. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan sampel pada Batugamping mempengaruhi nilai kadar air, porositas dan densitas pada Batugamping tersebut.

### Sifat Fisik Batupasir

Batupasir adalah batuan sedimen yang terdiri dari mineral berukuran pasir atau butir-butir batuan yang berasal dari pecahan batuan lainnya. Berdasarkan hasil uji sifat fisik Batupasir, diperoleh hasil dari masing-masing sampel yaitu berat normal ( $W_n$ ), berat jenuh ( $W_w$ ), berat sampel tergantung didalam air ( $W_s$ ) dan berat kering ( $W_o$ ). Didapatkan nilai kadar air, porositas dan densitas yang dihitung menggunakan rumus 2.6, 2.9 dan 2.1 dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Tabel Nilai Kadar Air, Porositas dan Densitas Batupasir

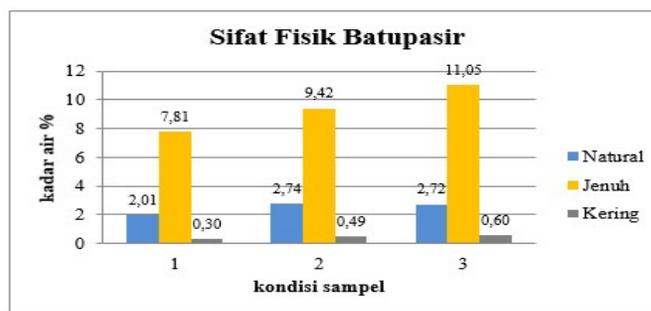
No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
1	NATURAL	SP1N	2,006	8,871	2,050
2		SP2N	2,741	9,270	1,996
3		SP3N	2,725	10,931	2,061
4	JENUH	SP1J	7,807	17,263	2,122
5		SP2J	9,416	19,836	2,067
6		SP3J	11,052	22,619	2,054
7	KERING	SP1D	0,296	18,058	1,977
8		SP2D	0,494	20,077	1,963
9		SP3D	0,598	19,553	1,879

Note : Sampel Batupasir (SP), Natural (N), Jenuh (J), Kering (D)

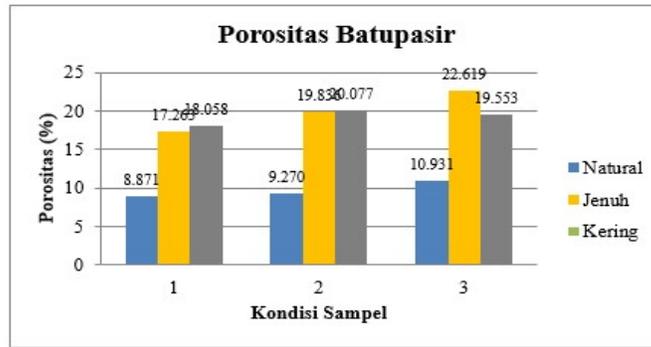
Dari tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar air pada Batupasir dengan perlakuan natural dengan nilai rata-rata sebesar 2,491 %, jenuh dengan nilai rata-rata sebesar 9,425 % dan kering dengan nilai rata-rata sebesar 0,463 %. Nilai porositas Batupasir dengan perlakuan natural didapatkan nilai rata-rata sebesar 9,69 %, jenuh dengan nilai rata-rata 19,91 % dan kering dengan nilai rata-rata 19,23 %. Densitas Batupasir dengan perlakuan natural memiliki nilai rata-rata sebesar 2,036 gr/cm<sup>3</sup>, jenuh memiliki nilai rata-rata sebesar 2,790 gr/cm<sup>3</sup> dan kering memiliki nilai rata-rata sebesar 1,606 gr/cm<sup>3</sup>.

Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa kadar air pada Batugamping dengan perlakuan yang berbeda memiliki nilai yang berbeda pula. Pada perlakuan jenuh memiliki nilai kadar air lebih besar, dan perlakuan kering memiliki nilai kadar air lebih kecil sedangkan pada perlakuan natural berada ditengah-tengah ataupun sedang. Nilai porositas Batupasir dengan perlakuan jenuh lebih besar dari perlakuan kering dan natural. Nilai densitas Batupasir dengan perlakuan jenuh lebih besar dari perlakuan natural dan kering.

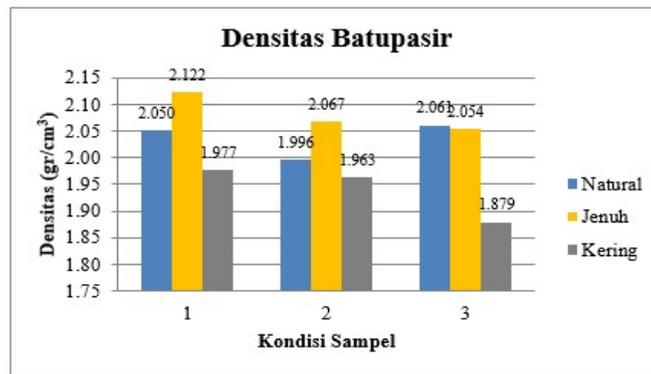
Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan sampel sangat mempengaruhi nilai kadar air, porositas dan densitas Batupasir tersebut. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 Perbandingan Nilai Kadar Air



Gambar 5 Perbandingan Nilai Porositas Batupasir



Gambar 6 Perbandingan Nilai Densitas Batupasir

### Sifat Mekanik Batuan

Dalam menentukan sifat mekanik dari batuan, perlu dilakukan dengan pengujian di Laboratorium dengan bantuan alat-alat yang akan menentukan bagaimana karakteristik dari setiap sifat mekanik batuan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian *uniaxial compressive strength* pada Batugamping dan Batupasir.

### Sifat Mekanik Batugamping

Berdasarkan pengujian *uniaxial compressive strength* Batugamping didapatkan nilai seperti pada tabel 4 yang dihitung menggunakan rumus 2.11.

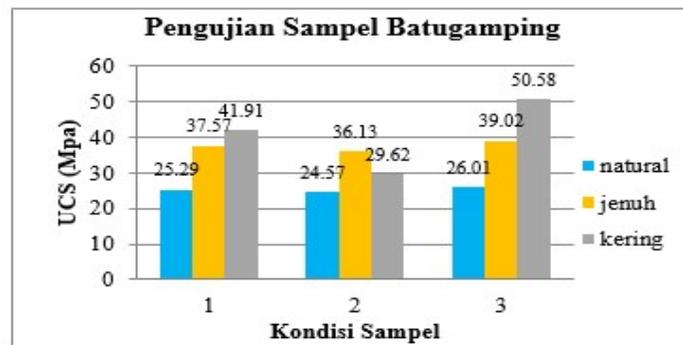
Tabel 4 Hasil Uji Kuat Tekan Batugamping

No	Kondisi	Kode Sampel	Dial Guage (KN)	UCS (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	Natural	SG1N	35	25,29	25,29
2		SG2N	34	24,57	
3		SG3N	36	26,01	
4	Jenuh	SG1J	52	37,57	37,57
5		SG2J	50	36,13	
6		SG3J	54	39,02	
7	Kering	SG1D	58	41,91	40,70

8		SG2D	41	29,62	
9		SG3D	70	50,58	

Berdasarkan hasil uji kuat tekan Batugamping dapat dilihat pada tabel 4 bahwa nilai kuat tekan pada Batugamping dengan kondisi natural memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25,29 Mpa. Batugamping dengan kondisi jenuh memiliki nilai rata-rata sebesar 37,57 Mpa. Dan Batugamping dengan kondisi kering memiliki nilai rata-rata sebesar 40,70 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa perlakuan sampel Batugamping sebelum dilakukan uji kuat tekan sangat mempengaruhi nilai kuat tekan suatu batuan yang akan diuji. Apabila sampel batuan semakin kering maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi.

Dapat dilihat perbandingan nilai kuat tekan Batugamping pada gambar dibawah ini sebagai berikut.



Gambar 7 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan Pada Batugamping

### Sifat Mekanik Batupasir

Berdasarkan pengujian *uniaxial compressive strength* (UCS) Batupasir didapatkan nilai seperti pada tabel 5 yang dihitung menggunakan rumus 2.11.

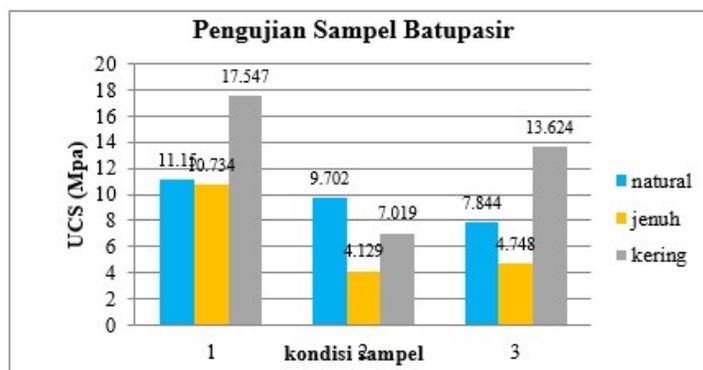
Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan Batupasir

No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
1	Natural	SP1N	4,2	8,4	15	11,15	9,565
2		SP2N	4,2	8,4	13	9,702	
3		SP3N	4,2	8,4	11	7,844	
4	Jenuh	SP1J	4,2	8,4	15	10,734	6,537
5		SP2J	4,2	8,4	6	4,129	
6		SP3J	4,2	8,4	7	4,748	
7	Kering	SP1D	4,2	8,4	24	17,547	12,730
8		SP2D	4,2	8,4	10	7,019	
9		SP3D	4,2	8,4	19	13,624	

Berdasarkan hasil uji kuat tekan Batupasir didapatkan nilai kuat tekan pada kondisi natural dengan nilai rata-rata sebesar 9,565 Mpa. Batupasir pada kondisi jenuh dengan nilai rata-rata sebesar 6,537 Mpa. Dan Batupasir pada kondisi kering dengan nilai rata-rata sebesar 12,730 Mpa. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan sampel Batupasir sangat mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Semakin kering Batupasir yang diuji maka semakin kuat nilai kuat tekan batuan.

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel batuan diperoleh data pengamatan dimana sampel dengan kondisi jenuh memiliki perbedaan nilai kuat tekan yang cukup signifikan hal ini dapat dilihat pada saat sampel SP1J, SP2J dan SP3J mengalami rekahan yang merujuk pada lampiran C. Demikian pula nilai dari hasil pengujian pada sampel batuan diperoleh data pengamatan dimana sampel dengan kondisi kering memiliki perbedaan nilai kuat tekan yang cukup signifikan hal ini dapat dilihat pada saat sampel SP1D, SP2D dan SP3D mengalami rekahan yang merujuk pada lampiran C.

Dapat dilihat perbandingan nilai kuat tekan Batupasir dengan ketiga perlakuan sampel sebelum diuji sebagai berikut.



Gambar 8 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan Pada Batupasir.

### Korelasi Sifat Fisik dan UCS

Berdasarkan hasil uji sifat fisik dan UCS pada Batugamping dan Batupasir dengan perlakuan natural, jenuh dan kering dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Sifat Fisik dan UCS

No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	UCS (Mpa)
1	NATURAL	SP1N	2,006	8.871	2.050	11.15
2		SP2N	2,741	9.270	1.996	9.702
3		SP3N	2,725	10.931	2.061	7.844
4	JENUH	SP1J	7,807	17.263	2.122	10.734
5		SP2J	9,416	19.836	2.067	4.129

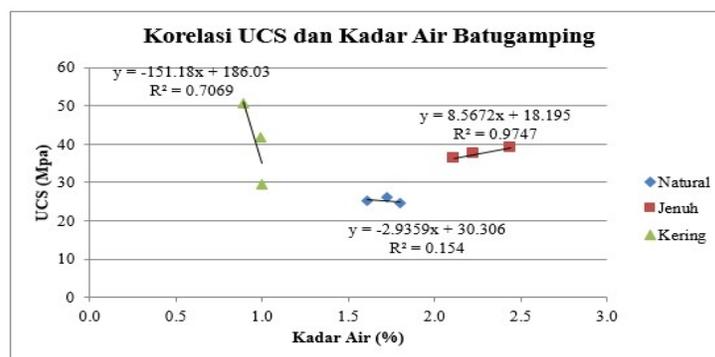
6		SP3J	11,052	22.619	2.054	4.748
7	KERING	SP1D	0,296	18.058	1.977	17.547
8		SP2D	0,494	20.077	1.963	7.019
9		SP3D	0,598	19.553	1.879	13.624
10	NATURAL	SG1N	1,606	7.735	2.595	25.29
11		SG2N	1,798	6.888	2.599	24.57
12		SG3N	1,722	7.634	2.555	26.01
13	JENUH	SG1J	2,231	10.797	2.591	37.57
14		SG2J	2,113	9.719	2.596	36.13
15		SG3J	2,442	10.354	2.543	39.02
16	KERING	SG1D	0,992	6.107	2.590	41.91
17		SG2D	0,998	6.394	2.588	29.62
18		SG3D	0,894	6.076	2.572	50.58

### Korelasi Kadar Air, Porositas dan Densitas Dengan UCS pada Batugamping

Berdasarkan hasil uji kadar air dan UCS pada Batugamping dengan perlakuan yang berbeda diketahui adanya hubungan yang mempengaruhi terhadap nilai kadar air, porositas, densitas dan nilai kuat tekan batuan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Kadar Air, Porositas dan Densitas dengan UCS Batugamping

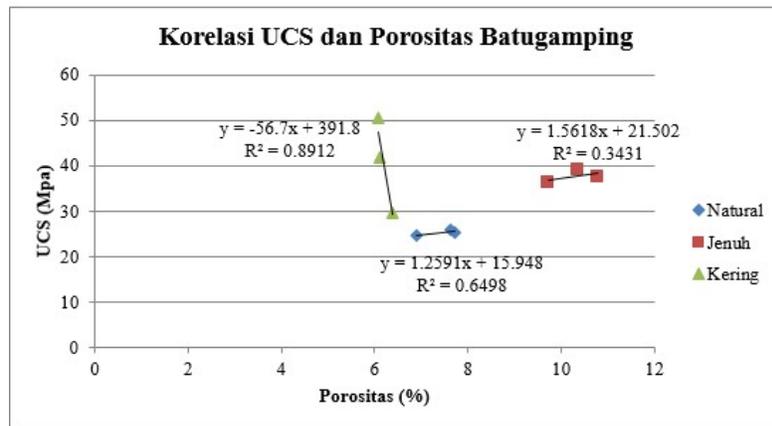
No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	UCS (Mpa)	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
1	NATURAL	SG1N	25,29	1,606	7,735	2,595
2		SG2N	24,57	1,798	6,888	2,599
3		SG3N	26,01	1,722	7,634	2,555
4	JENUH	SG1J	37,57	2,231	10,797	2,591
5		SG2J	36,13	2,113	9,719	2,596
6		SG3J	39,02	2,442	10,354	2,543
7	KERING	SG1D	41,91	0,992	6,107	2,590
8		SG2D	29,62	0,998	6,394	2,588
9		SG3D	50,58	0,894	6,076	2,572



Gambar 9 Korelasi UCS dan Kadar Air Batugamping

Berdasarkan tabel 7 diperoleh hubungan UCS dan kadar air Batugamping pada kondisi natural dengan persamaan  $y = -2,9359x + 30,306$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,154$ . Batugamping pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = 8,5276x + 18,195$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9747$ . Batugamping pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -151,18x + 186,03$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,7069$  yang dapat dilihat pada gambar 9.

Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batugamping dengan kondisi natural sebesar 0,154 yang artinya tidak ada hubungan atau hubungan lemah antara uji kuat tekan dengan kadar air. Batugamping dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,9747 yang artinya memiliki hubungan sangat kuat antara kuat tekan terhadap kadar air. Dan Batugamping dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,7069 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat antara kuat tekan terhadap kadar air. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai kadar air suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

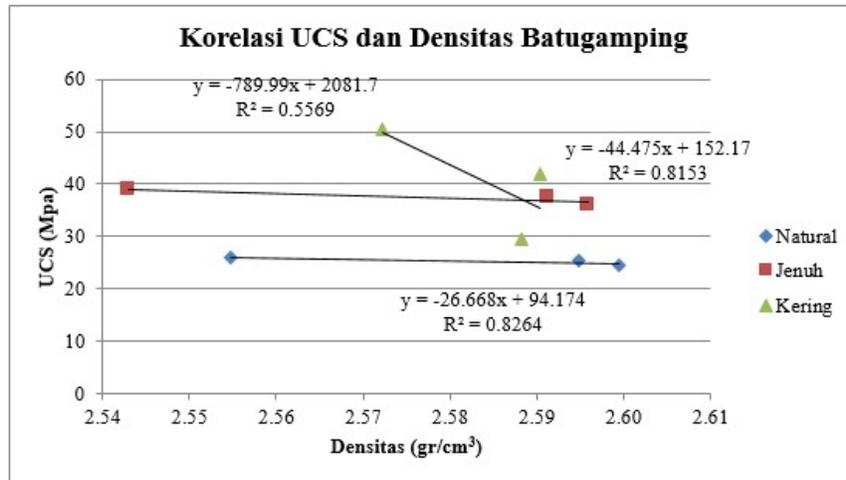


Gambar 10 Korelasi UCS Dan Porositas Batugamping

Berdasarkan tabel 7 diperoleh hubungan UCS dan porositas Batugamping pada kondisi natural dengan persamaan  $y = 1,2591x + 15,948$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,6498$ . Batugamping pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = 1,5618x + 21,502$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,3431$ . Batugamping pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -56,7x + 391,8$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,8912$  yang dapat dilihat pada gambar 10.

Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batugamping dengan kondisi natural sebesar 0,6498 yang artinya memiliki hubungan yang kuat antara uji kuat tekan terhadap porositas batuan. Batugamping dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,3431 yang artinya memiliki hubungan sedang antara kuat tekan terhadap porositas batuan. Dan Batugamping dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,8912 yang

artinya memiliki hubungan yang sangat kuat atau hampir sempurna antara kuat tekan terhadap porositas batuan. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai porositas suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.



Gambar 11 Korelasi UCS Dan Densitas Batugamping

Berdasarkan tabel 7 diperoleh hubungan UCS dan densitas Batugamping pada kondisi natural dengan persamaan  $y = -26,668x + 94,174$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,8264$ . Batugamping pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = -44,475x + 152,17$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,8153$ . Batugamping pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -789,99x + 2081,7$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,5569$  yang dapat dilihat pada gambar 11.

Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batugamping dengan kondisi natural sebesar 0,8264 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat atau sempurna antara uji kuat tekan terhadap densitas batuan. Batugamping dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,8153 yang artinya memiliki hubungan sangat kuat atau sempurna antara kuat tekan terhadap densitas batuan. Dan Batugamping dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,5569 yang artinya memiliki hubungan kuat antara kuat tekan terhadap densitas batuan. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai densitas suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

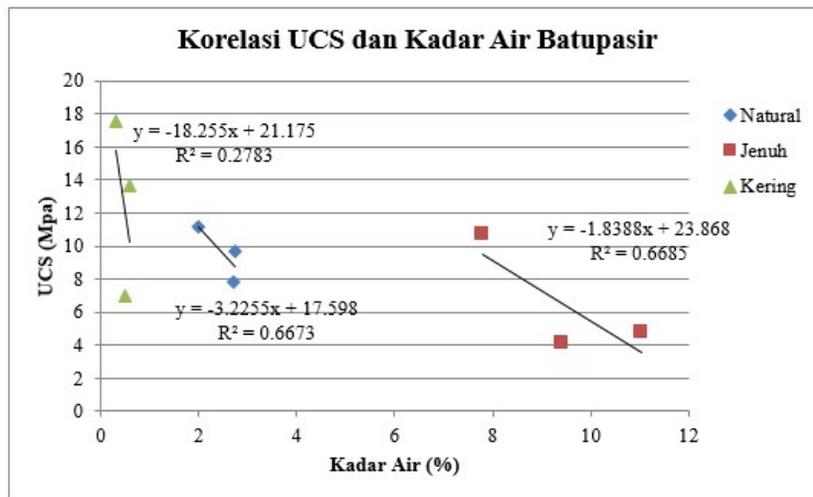
### **Korelasi Kadar Air, Porositas dan Densitas dengan UCS Pada Batupasir**

Berdasarkan hasil pengujian kadar air, porositas dan densitas dengan UCS pada Batupasir dengan perlakuan yang berbeda diketahui adanya hubungan yang mempengaruhi terhadap nilai kadar air dan nilai kuat tekan batuan dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 Kadar Air, Porositas dan Densitas dengan UCS Batupasir

No	Kondisi Sampel	Kode Sampel	UCS (Mpa)	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm³)

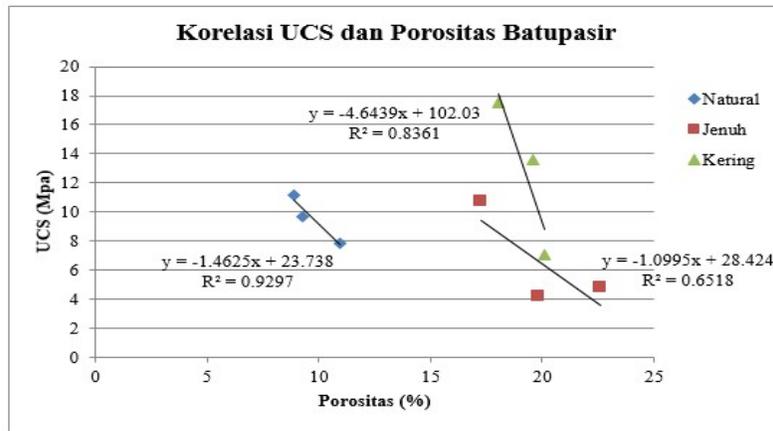
1	NATURAL	SP1N	11,15	2,006	8,871	2,050
2		SP2N	9,702	2,741	9,270	1,996
3		SP3N	7,844	2,725	10,931	2,061
4	JENUH	SP1J	10,734	7,807	17,263	2,122
5		SP2J	4,129	9,416	19,836	2,067
6		SP3J	4,748	11,052	22,619	2,054
7	KERING	SP1D	17,547	0,296	18,058	1,977
8		SP2D	7,019	0,494	20,077	1,963
9		SP3D	13,624	0,598	19,553	1,879



Gambar 12 Korelasi UCS Dan Kadar Air Batupasir

Berdasarkan tabel 8 diperoleh hubungan UCS dan kadar air Batupasir pada kondisi natural dengan persamaan  $y = -3,2255x + 17,598$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,6673$ . Batupasir pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = -1,8388x + 23,868$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,6685$ . Batupasir pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -18,255x + 21,175$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,2783$  yang dapat dilihat pada gambar 12.

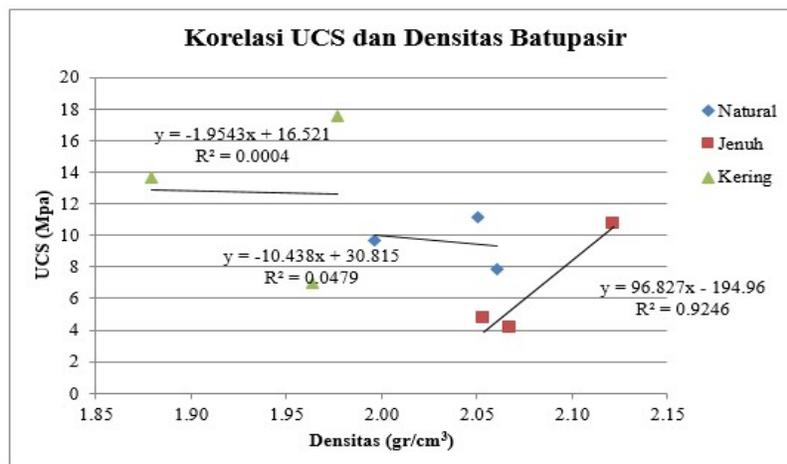
Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batupasir dengan kondisi natural sebesar 0,6673 yang artinya memiliki hubungan yang kuat antara uji kuat tekan terhadap kadar air. Batupasir dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,6685 yang artinya memiliki hubungan kuat antara kuat tekan terhadap kadar air. Dan Batupasir dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,2783 yang artinya memiliki hubungan yang sedang antara kuat tekan terhadap kadar air. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai kadar air suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.



Gambar 13 Korelasi UCS Dan Porositas Batupasir

Berdasarkan tabel 8 diperoleh hubungan UCS dan porositas Batupasir pada kondisi natural dengan persamaan  $y = -1,4625x + 23,738$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9297$ . Batupasir pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = -1,0995x + 28,424$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,6518$ . Batupasir pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -4,6439x + 102,03$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,8361$  yang dapat dilihat pada gambar 13.

Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batupasir dengan kondisi natural sebesar 0,9297 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat atau sempurna antara uji kuat tekan dengan porositas batuan. Batupasir dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,6518 yang artinya memiliki hubungan kuat antara kuat tekan terhadap porositas batuan. Dan Batupasir dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,8361 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat atau sempurna antara kuat tekan terhadap porositas batuan. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai porositas suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.



Gambar 14 Korelasi UCS Dan Densitas Batupasir

Berdasarkan tabel 8 diperoleh hubungan UCS dan densitas Batupasir pada kondisi natural dengan persamaan  $y = -10,438x + 30,815$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,0479$ . Batupasir pada kondisi jenuh dengan persamaan  $y = 96,827x + 194,96$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,9246$ . Batupasir pada kondisi kering dengan persamaan  $y = -1,9543x + 16,521$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,0004$  yang dapat dilihat pada gambar 14.

Dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  pada Batupasir dengan kondisi natural sebesar 0,0479 yang artinya tidak adanya hubungan antara uji kuat tekan dengan densitas batuan. Batupasir dengan kondisi jenuh memiliki koefisien determinasi sebesar 0,9246 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat atau sempurna antara kuat tekan terhadap densitas batuan. Dan Batupasir dengan kondisi kering memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,0004 yang artinya tidak adanya hubungan antara kuat tekan terhadap densitas batuan. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai densitas suatu batuan kecil maka nilai kuat tekan batuan akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sifat fisik Batugamping pada kondisi natural memiliki kadar air rata-rata sebesar 1,709 %, pada kondisi jenuh sebesar 2,262 %, pada kondisi kering sebesar 0,961 %. Dan sifat fisik Batupasir pada kondisi natural memiliki kadar air rata-rata sebesar 2,491 %, pada kondisi jenuh sebesar 9,425 %, pada kondisi kering sebesar 0,463 %.
2. Nilai kuat tekan Batugamping pada kondisi natural memiliki nilai rata-rata sebesar 25,29 Mpa, pada kondisi jenuh sebesar 37,57 Mpa, pada kondisi kering sebesar 40,70 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan Batupasir pada kondisi natural memiliki nilai rata-rata sebesar 9,565 Mpa, pada kondisi jenuh sebesar 6,537 Mpa, pada kondisi kering sebesar 12,730 Mpa.
3. Korelasi nilai kuat tekan terhadap kadar air pada Batugamping menunjukkan korelasi linear positif yang artinya memiliki hubungan yang kuat. Semakin tinggi nilai kuat tekan Batugamping maka nilai kadar air Batugamping semakin kecil. Dan korelasi nilai kuat tekan terhadap kadar air pada Batupasir menunjukkan korelasi linear positif yang artinya memiliki hubungan yang kuat. Semakin tinggi nilai kuat tekan Batupasir maka semakin kecil nilai kadar airnya.

### **Saran**

Dari kesimpulan diatas maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut.

1. Sebaiknya pada pengujian selanjutnya digunakan sampel uji lebih banyak.
2. Sebaiknya pada pengujian selanjutnya digunakan batuan yang bervariasi.
3. Sebaiknya uji sifat mekanik yang digunakan bukan hanya uji kuat tekan saja.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darei, A., & Zare, S. (2018). Effect of water content variations on critical and failure strains of rock. *KSCE Journal of Civil Engineering*.
- Nuryadi, T. D. A., Endang, S. U., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-dasar statistik*. Yogyakarta: Ibuku Media.
- Sutikno, S. D., & Haryono, E. (2020). *Geomorfologi dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ulusay, R., & Hudson, J. A. (Eds.). (2007). *The complete ISRM suggested methods for rock characterisation, testing and monitoring: 1974-2006*. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.
- Wong, L. N. Y., Maruvanchery, V., & Liu, G. (2016). Water effect on rock strength and stiffness degradation. *Acta Geotechnica*, 11, 713-737.