



## The Effect of Heating Temperature on Uniaxial Compressive Strength Test of Sandstone Balikpapan Formation and Pulaubalang Formation in Samarinda City, East Kalimantan Province

Irens Megayanti Rerang<sup>1</sup>✉, Tommy Trides<sup>2</sup>, Windhu Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa jurusan Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman Samarinda

Dosen jurusan Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman Samarinda

✉ [irensmegayantirerang@gmail.com](mailto:irensmegayantirerang@gmail.com)

Received 30- 08-2022, revision date 10-09-2022, accepted 10-09-2022

### Abstrak

*The uniaxial compressive strength test (UCS) is a test that is often used in rock mechanics to determine the strength or collapse point of rock which is a benchmark for how strong the rock is to withstand a given load. Sandstone is a sedimentary rock formed mostly by quartz or feldspar. The temperature below the earth's surface increases with increasing depth. The effect of heating will affect the physical and mechanical properties of the rock around the rock mass so that it can cause damage in the rock so that it disrupts the strength of the surrounding rock mass. Understanding the influence of temperature on rock mechanics is critical for rock structure design and safety assessment in underground rock engineering. Therefore, it is necessary to study further about the effect of temperature on rock mechanical properties. This test was conducted to determine the effect of varying temperatures on the compressive strength of the sandstone being tested. Rock samples were heated at temperatures of 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, and 400°C, in a heating time of 3 hours. The test results show the effect of temperature variations on the mechanical properties of rocks. From the test results on the sandstone of the Balikpapan formation, the maximum compressive strength value at a heating temperature of 250°C was 15.89 Mpa, and in the Pulaubalang formation there was a maximum increase in the compressive strength value at a heating temperature of 350°C of 39.48 Mpa.*

**Keywords:** Sandstone; Temperature; UCS.

## Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Batupasir Formasi Balikpapan dan Pulaubalang di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

### Abstrak

Uji kuat tekan uniaksial (UCS) adalah pengujian yang sering di gunakan dalam mekanika batuan untuk mengetahui kekuatan atau Titik runtuh batuan yang menjadi tolak ukur seberapa kuat batuan menahan beban yang diberikan. Batupasir adalah batuan sedimen yang sebagian besar terbentuk oleh kuarsa atau feldspar . Temperature dibawah permukaan bumi bertambah seiring bertambahnya kedalaman. Pengaruh pemanasan akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik batuan sekitar massa batuan sehingga dapat menyebabkan kerusakan di dalam batuan sehingga mengganggu kekuatan massa batuan sekitar. Memahami pengaruh suhu pada mekanik batuan sangat penting untuk desain struktur batuan dan penilaian keamanan dalam rekayasa batuan bawah tanah. Oleh karena itu perlu dipelajari lebih lanjut tentang pengaruh suhu terhadap sifat

mekanik batuan . Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu yang bervariasi terhadap nilai kuat tekan batupasir yang diuji. Contoh batuan dipanaskan dengan suhu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C, dalam waktu pemanasan 3 jam. Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh variasi suhu terhadap sifat mekanik batuan. Dari hasil pengujian pada batupasir formasi Balikpapan terjadi peningkatan maksimum nilai kuat tekan pada suhu pemanasan 250°C sebesar 15,89 Mpa, dan pada formasi Pulaubalang terjadi peningkatan maksimum nilai kuat tekan pada suhu pemanasan 350°C sebesar 39,48 Mpa.

**Kata Kunci :** Batupasir, Suhu, Kuat Tekan uniaksial.

## 1. Pendahuluan

Kuat tekan dan sifat fisik sendiri berkaitan erat dengan kestabilan lereng tambang terbuka dan lubang galian tambang bawah tanah. Uji kuat tekan uniaksial merupakan masukan dasar untuk pemodelan geomekanik dan desain teknik geologi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan suatu batuan adalah jenis batuan, tekstur permukaan batuan, komposisi mineral, dan tingkat pelapukan batuan serta peningkatan porositas dan kehadiran struktur aliran (Rai & dkk,2012). Uji kuat tekan menggunakan mesin tekan (compression machine) yang dalam pembebanannya mengikuti standar dari *International Society of Rock Mechanis (ISRM, 1981)*. Pada pengujian UCS ini digunakan mesin tekan (compression mechine) untuk menekan sampel batuan yang berbentuk silinder dari satu arah (unaksial). Penyebaran tegangan didalam sampel batuan secara teoritis adalah searah dengan gaya yang diberikan pada sampel tersebut. Namun kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya yang diberikan karena ada pengaruh pada plat penekan mesin tekan yang menghimpit sampel. Syarat contoh batuan uji berbentuk silinder adalah L/D antara 2 sampai 2,5. UCS adalah perbandingan tekanan yang diberikan pada contoh batuan terhadap luas permukaan contoh batuan yang terkena tekanan. Hal yang jarang dipertimbangkan dalam penentuan kestabilan bawah tanah adalah adanya kemungkinan pengaruh dari sumber panas terhadap perilaku batuan. Pengaruh pemanasan umumnya menyebabkan kerusakan di dalam batuan, Efek termal kerusakan dan pembatas tekanan pada mekanik sifat kelereng termasuk perilaku pasca-puncak dan mode kegagalan, parameter kekuatan dan deformasi, karakteristik tekanan dalam proses kegagalan progresif . Variasi temperatur dapat memicu munculnya rekahan *intragranular* dan rekahan *intergranular* atau bahkan melelehkan batuan (Friedman dkk, 1979), yang mengarahkan kepada perubahan besar pada struktur mikro batuan. Kenaikan temperatur dapat memodifikasi kecepatan *elastic wave* dan properti mekanik batuan. Rekahan termal telah diketahui dapat memperlemah beberapa jenis batuan. Perilaku dari batuan di sekitar sumber panas perlu dipelajari untuk memastikan keamanan dari bukaan dan struktur lain di bawah tanah. Penelitian ini untuk mengetahui kekuatan atau sifat elastisitas batuan yang diberikan tekanan dengan temperature yang bervariasi,

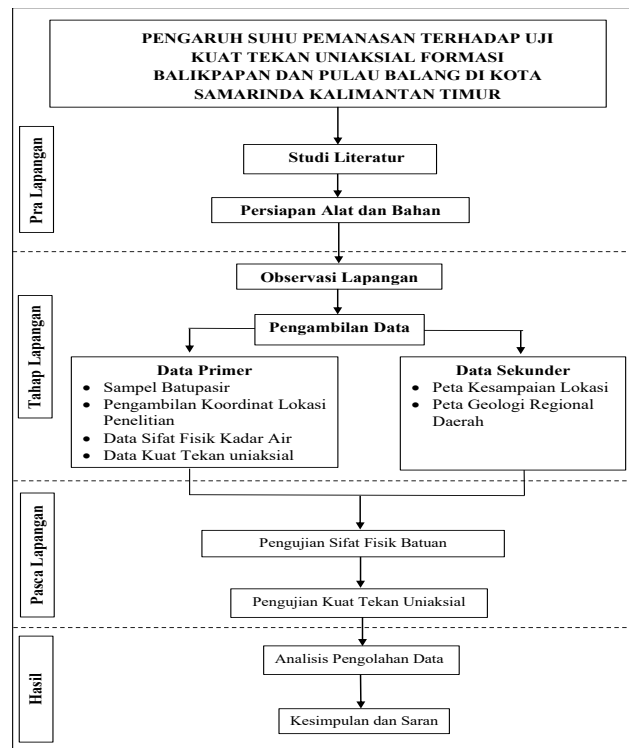
## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Kota Samarinda. Adapun lokasi pengambilan sampel batupasir yang diuji terdapat pada 2 lokasi, lokasi pertama terletak dijalan Perjuangan 7 Samarinda yang merupakan formasi Balikpapan, lokasi kedua terletak dijalan Damanhuri Samarinda yang merupakan formasi Pulaubalang. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Tahap pra lapangan yang kegiatannya meliputi studi literature, observasi lapangan, persiapan peralatan dan bahan uji laboratorium
2. Tahap lapangan yang meliputi pengambilan sampel batupasir dan pengambilan titik koordinat lokasi
3. Tahap pasca lapangan meliputi kegiatan preparasi sampel , uji sifat fisik, dan uji kuat tekan uniaksial sampel batupasir.
4. Tahap pengolahan data dengan bantuan Microsoft excel.

Sampel batupasir yang telah dipreparasi sesuai dengan standar yaitu  $L/D=2.4$  panjang sampel 10 cm dan diameter sampel 4.2 cm. Sebelum melakukan pengujian kuat tekan uniaksial sampel terlebih dahulu dipanaskan menggunakan furnace dengan suhu yang telah ditentukan.

Adapun diagram alir kegiatan penelitian berikut ini



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berdasarkan pengambilan koordinat di lokasi pengambilan sampel batupasir menggunakan GPS dan diplotting kedalam peta geologi lembar Samarinda diketahui lokasi pertama berada pada formasi Balikpapan dan lokasi kedua berada Formasi Pulaubalang . Dalam pengujian ini sebelum dilakukan pengujian kuat tekan uniaksial sampel dipanaskan menggunakan suhu yang bervariasi yaitu suhu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C dalam waktu pemanasan selama 3 jam, dimana setiap suhu digunakan 3 sampel batuan. Selain menggunakan suhu tersebut, juga diuji sampel yang tidak dipanaskan dengan menggunakan suhu ruangan 27°C. Untuk mendapatkan nilai UCS digunakan persamaan sebagai berikut

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

$\sigma_c$  = Kuat tekan uniaksial batuan (Mpa)

P = Tekanan (Gaya) yang diberikan pada contoh batuan agar runtuh (KN)

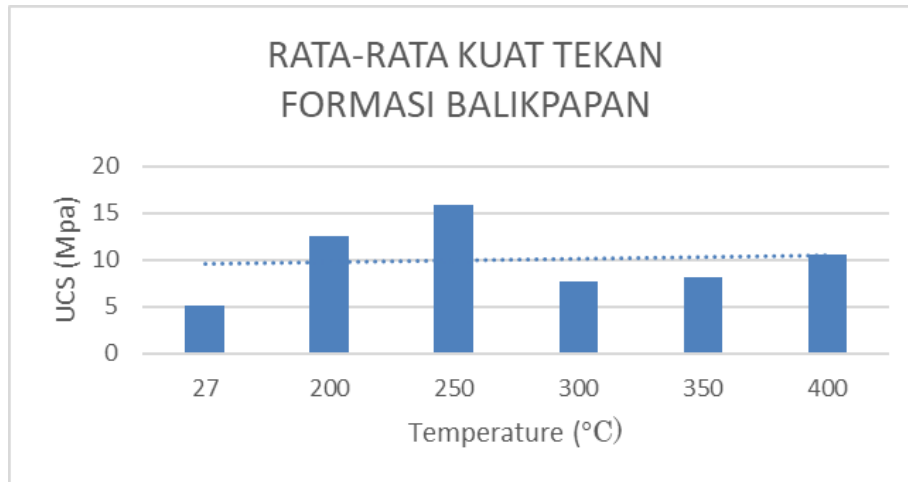
A = Luas permukaan yang terkena tekanan/gaya (mm<sup>2</sup>)

#### 3.1 Uji kuat tekan uniaksial formasi Balikpapan

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada sampel batupasir formasi Balikpapan di dapatkan nilai UCS sebagai berikut

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan batupasir formasi Balikpapan

No	No Sampel	Suhu Pemanasan (°C)	Failure (mpa)	UCS (mpa)	Rata-Rata UCS (mpa)
1	N1	27	6	4.33	5.06
2	N2	27	7	5.06	
3	N3	27	8	5.78	
4	A1	200	18	13	12.52
5	A2	200	19	13.72	
6	A3	200	15	10.83	
7	B1	250	16	11.55	15.89
8	B2	250	29	20.94	
9	B3	250	21	15.17	
10	C1	300	11	7.94	7.70
11	C2	300	11	7.94	
12	C3	300	10	7.22	
13	D1	350	11	7.94	8.18
14	D2	350	11	7.94	
15	D3	350	12	8.67	
16	E1	400	11	7.94	10.59
17	E2	400	14	10.11	
18	E3	400	19	13.72	
Rata-rata					9.99



Gambar 2. Grafik rata-rata kuat tekan formasi Balikpapan

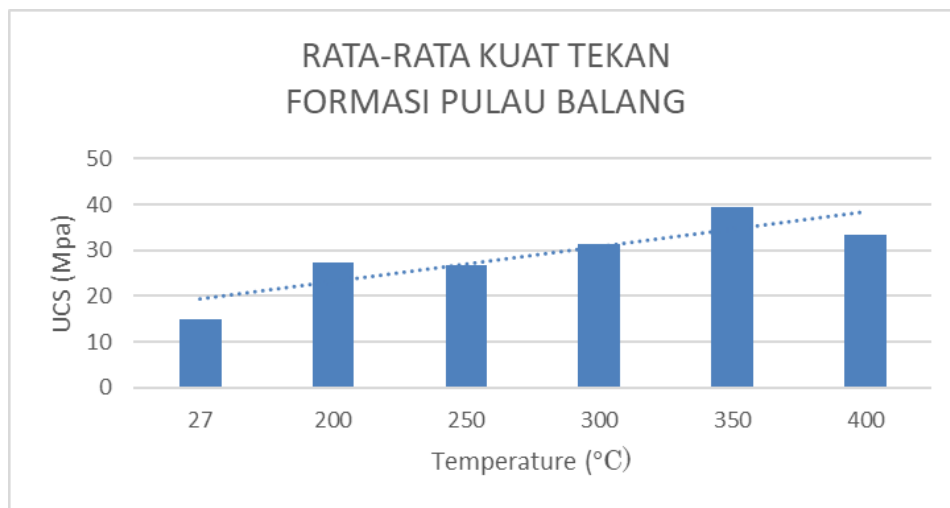
Dari hasil diatas diketahui bahwa nilai rata-rata UCS tertinggi berada pada sampel yang dipanaskan pada suhu 250°C sebesar 15.89 Mpa. Maka dapat dilihat bahwa range pengaruh suhu pemanasan terhadap kuat tekan formasi Balikpapan dapat diurutkan dari suhu pemanasan yang mempunyai nilai kuat tekan paling tinggi sampai suhu pemanasan yang mempunyai nilai kuat tekan paling rendah yaitu suhu 250°C, 200°C, 400°C, 350°C, 300°C dan suhu normal 27°C. Dan total rata-rata UCS sampel batupasir fomasi Balikpapan yaitu 9.99 Mpa. Karakteristik setiap batuan yang berbeda-beda seperti ukuran butir, porositas batuan ,dll yang mempengaruhi hasil nilai kuat tekannya. Perlakuan panas dapat meningkatkan kekuatan batuan dengan menyebabkan ekspansi plastis dari mineral dan memperkuat gesekan antar partikel mineral dalam kisaran suhu tertentu. Peningkatan suhu mengurangi ambang tegangan untuk inisiasi retak dan kerusakan retak dan memperpanjang tahap perambatan retak yang stabil. Selain itu, peningkatan suhu diamati untuk menghasilkan inisiasi retak lebih awal, menunjukkan bahwa sifat ulet / rapuh mendominasi pada suhu yang lebih tinggi (Shao,2015). Ketika suhu melebihi 250°C menyebabkan pembentukan retakan mikro baru yang signifikan yang menyebabkan spesimen batupasir hancur dan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan .

### 3.2 Uji kuat tekan uniaksial formasi Pulaubalang

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada sampel batupasir formasi Balikpapan di dapatkan nilai UCS sebagai berikut

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan batupasir formasi Pulaubalang

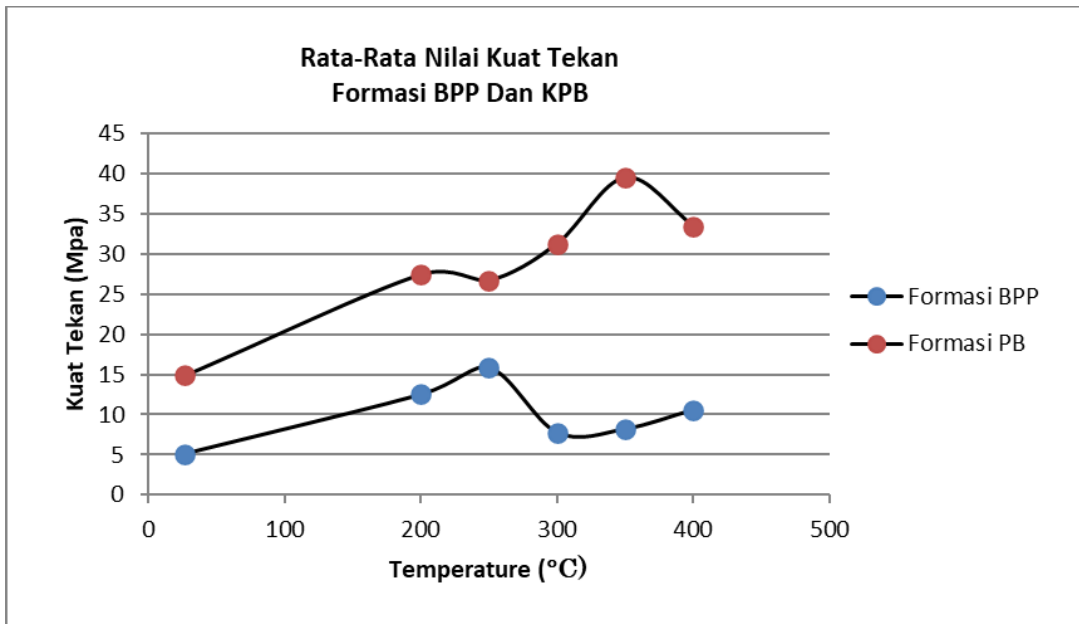
No	No Sampel	Suhu Pemanasan (°C)	Failure (mpa)	UCS (mpa)	Rata-Rata UCS (mpa)
1	N4	27	16	11.55	14.91
2	N5	27	26	18.78	
3	N6	27	20	14.4	
4	F1	200	35	25.28	27.44
5	F2	200	39	28.16	
6	F3	200	40	28.89	
7	G1	250	31	22.39	26.72
8	G2	250	43	31.05	
9	G3	250	37	26.72	
10	H1	300	45	32.5	31.29
11	H2	300	46	33.22	
12	H3	300	39	28.16	
13	I1	350	48	34.66	39.48
14	I2	350	42	30.33	
15	I3	350	74	53.44	
16	J1	400	52	37.55	33.46
17	J2	400	42	30.33	
18	J3	400	45	32.5	
Rata-rata					28.88



Gambar 3. Grafik rata-rata kuat tekan formasi Pulaubalang

Dari hasil diatas diketahui bahwa nilai rata-rata UCS tertinggi berada pada sampel yang dipanaskan pada suhu 350°C sebesar 39.48Mpa. Maka dapat dilihat bahwa rentang pengaruh suhu pemanasan terhadap kuat tekan formasi Pulau balang dapat diurutkan dari suhu pemanasan yang mempunyai nilai kuat tekan paling tinggi sampai suhu pemanasan yang mempunyai nilai kuat tekan paling rendah yaitu suhu 350°C, 400°C, 300°C, 200°C, 250°C dan

suhu normal 27°C. Dan total rata-rata UCS sampel batupasir fomasi Pulaubalang yaitu 28.88 Mpa. Temperatur yang tinggi mengubah karakteristik fisiko-kimia air dan mineral dalam batuan, menyebabkan perubahan densitas, kandungan, sifat struktural dan awal serta penyebaran retakan mikro serta perubahan respon mekanis. Oleh karena itu, kekuatan batuan, atau tegangan keruntuhan dalam uji kuat tekan uniaksial (Gomah,2022) , kekuatan meningkat antara suhu 27 sampai 350 °C karena perlakuan panas , menghasilkan mode kegagalan pemisahan aksial . Hal ini terutama disebabkan oleh ekspansi plastis dari mineral dan penguatan gesekan antara partikel mineral dalam kisaran suhu tertentu. Penguapan uap air menurunkan geseran di antara butir-butir, yang menyebabkan peningkatan gesekan di antara butir-butir itu. Gesekan ini menciptakan resistensi kecil terhadap deformasi atau mobilitas antar butir, menghasilkan UCS yang lebih tinggi (Gomah,2022). Hasil diatas menunjukkan bahwa suhu 350°C adalah suhu kritis untuk mikrostruktur batupasir dan modifikasi UCS. Dan kekuatan/tegangan berkurang pada suhu 400°C karena berbagai mineral mulai hancur dan membentuk retakan mikro baru, yang mengakibatkan kerusakan makro-struktural yang luas pada batupasir.



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata kuat tekan batupasir formasi Balikpapan dan Pulau Balang

Dari hasil data yang didapatkan suhu pemanasan mempengaruhi nilai kuat tekan batuan , pada pengujian batupasir ini dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan batupasir formasi pulau balang lebih besar daripada nilai kuat tekan batupasir formasi balikpapan. Hal tersebut dikarenakan dari hasil pengamatan batupasir natural dilapangan batupasir formasi pulau balang massa jenis naturalnya lebih besar dibandingkan dengan massa jenis natural batupasir formasi Balikpapan, dan pori-pori batupasir formasi Balikpapan lebih besar dibanding dengan pori-pori batupasir formasi pulau balang yang lebih kecil , banyaknya rongga dalam batuan akan semakin memperlemah kekuatan batuan maka nilai kuat tekannya kecil sebaliknya semakin rapat batuan atau sedikit rongga dalam batuan maka nilai kuat tekannya juga semakin besar . Densitas atau

berat batuan asli mempengaruhi nilai kuat tekan, batupasir formasi Pulau balang lebih berat daripada berat batupasir formasi Balikpapan sehingga nilai kuat tekan batupasir formasi Pulau balang lebih besar. Umur formasi juga mempengaruhi nilai kuat tekannya, sesuai lembar geologi regional Samarinda diketahui bahwa formasi Balikpapan umur pembentukan batuanya lebih muda daripada formasi Pulaubalang sehingga nilai kuat tekannya kecil dibanding formasi Pulaubalang.

### 3.3 Pecah/rekahan sampel batupasir hasil uji kuat tekan uniaksial formasi Balikpapan dan Pulau Balang

Sampel hasil uji kuat tekan menghasilkan jenis rekahan yang bervariasi. Berikut ini hasil rekahan sampel batuan yang telah diuji sesuai teori menurut (Kramadibrata, 1990)

Tabel 3. Rekahan hasil uji kuat tekan uniaksial formasi Balikpapan

No	No Sampel	Suhu Pemanasan (°C)	Hasil Rekahan Batuan
1	N1	27	axial splitting
2	N2	27	axial splitting
3	N3	27	axial splitting
4	A1	200	combination axial dan local shear
5	A2	200	axial splitting
6	A3	200	axial splitting
7	B1	250	homogenous shear
8	B2	250	axial splitting
9	B3	250	axial splitting
10	C1	300	axial splitting
11	C2	300	combination axial dan local shear
12	C3	300	homogenous shear
13	D1	350	homogenous shear
14	D2	350	homogenous shear
15	D3	350	homogenous shear
16	E1	400	combination axial dan local shear
17	E2	400	homogenous shear
18	E3	400	combination axial dan local shear



Tabel 3. Rekahan hasil uji kuat tekan uniaksial formasi Pulaubalang

No	No Sampel	Suhu Pemanasan (°C)	Hasil Rekahan Batuan
1	N4	27	axial splitting
2	N5	27	axial splitting
3	N6	27	axial splitting
4	F1	200	axial splitting
5	F2	200	axial splitting
6	F3	200	axial splitting
7	G1	250	axial splitting
8	G2	250	axial splitting
9	G3	250	combination axial dan local shear
10	H1	300	combination axial dan local shear
11	H2	300	combination axial dan local shear
12	H3	300	axial splitting
13	I1	350	homogenous shear
14	I2	350	axial splitting
15	I3	350	combination axial dan local shear
16	J1	400	combination axial dan local shear
17	J2	400	combination axial dan local shear
18	J3	400	axial splitting

Tipe rekahan axial splitting menghasilkan rekahan yang cenderung vertikal dan tidak bercabang yang diakibatkan oleh gaya tekan aksial yang menunjukkan lepasnya ikatan antar butir dalam contoh batuan karena tarikan. Tipe rekahan homogenous shear menghasilkan rekahan yang cenderung menyamping atau bergeser yang diakibatkan oleh penambahan tekanan pemampatan menyebabkan contoh batuan runtuh dalam keadaan geser. Sedangkan tipe rekahan combination axial dan local shear menghasilkan rekahan yang cenderung vertikal dan bercabang. Yang diakibatkan oleh contoh batuan mengalami kegagalan yaitu di tandai dengan terbentuknya belahan berbentuk kerucut dengan arah axial maupun arah lateral.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian kuat tekan uniaksial yang dilakukan pada sampel batupasir formasi Balikpapan dan Pulaubalang di dapatkan hasil yaitu nilai rata-rata UCS sampel formasi Balikpapan menghasilkan nilai yang lebih kecil yaitu totalnya sebesar 9.99 Mpa dibandingkan hasil nilai rata-rata UCS sampel formasi Pulaubalang yang total nilainya sebesar 28.88 Mpa. Sedangkan pada formasi Pulaubalang nilai kuat tekan maksimum didapat pada suhu 350°C

sebesar 39.48 Mpa. Adapun hasil rekahan dari pengujian kuat tekan yang dilakukan disimpulkan bahwa pada formasi Balikpapan didominasi oleh jenis rekahan batuan Axial Splitting dan Homogenous Shear dan pada Formasi Pulaubalang didominasi oleh jenis rekahan batuan Axial Splitting dan Combination Axial dan Local Shear. Pengaruh suhu sangat mempengaruhi hasil nilai kuat tekan dan hasil rekahan sampel batuan.

## Ucapan Terimakasih

---

Terimakasih kepada Dosen, teman-teman jurusan Teknik Pertambangan UNMUL dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

## Daftar Pustaka

---

- Ferguson, A., and K. McClay. (1997). *Structural Modeling Within the Sanga SangaPSC, Kutai Basin, Kalimantan: Its application To Palaeochannel Orientation Studies and Timing Of Hydrocarbon Entrapment*, Indonesian Petroleum Association.
- Gomah, M.E., Li, G., Sun,C., Xu, J., Yang, Z & Li, J. (2022). On the Physical and Mechanical Responses of Egyptian Granodiorite after High-Temperature Treatments. *Sustainability*2022,14,4632. [https:// doi.org/10.3390/su14084632](https://doi.org/10.3390/su14084632)
- International Society For Rock Mechanics Sugessted Method. (1981). *Rock Characterization, Testing, and Monitoring*. ED. E.T Brown . Pengamon. Oxford
- Shao, S., Ranjith,P.G., Washanta, P.L.P & Chen, B.K. (2014). Experimental and numerical studies on the mechanical behaviour of Australian Strathbogie granite at high temperatures: An application to geothermal energy. *Geothermics*. Australia
- Rai, M.A ., Kramadibrata, S., Wattimena, R.K. (2012). *Mekanika Batuan*. ITB. Bandung.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

---