

**ANALISIS UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL TERHADAP BATUPASIR
BERLAMINASI PADA FORMASI BALIKPAPAN DAN FORMASI
PULAUBALANG, KOTA SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**
*(Uniaxial Compressive Strength Test Analysis of Laminated Sandstone in the Balikpapan
Formation and Pulaubalang Formation, Samarinda City, East Kalimantan Province)*

Sharon Tria Kurniawati Silaban¹, Revia Oktaviani² Agus Winarno³ Tommy Trides⁴ Shalaho Dina Devy⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman Samarinda

Kampus Gunung Kelua Jl. Sambaliung No. 9 Samarinda Kalimantan Timur

Coresponden: sharonsilaban10@gmail.com, Revia.oktaviani@gmail.com

Abstrak: Batupasir adalah salah satu batuan yang sering ditemukan dalam cekungan sedimen didunia. Batuan sedimen merupakan jenis batuan yang terbentuk akibat adanya proses pengendapan. Pengendapan tersebut diakibatkan oleh berbagai tenaga pengangkut seperti air, angin dan es. Perbedaan tenaga dan lingkungan pengendapan mengakibatkan struktur perlapisan pada batuan sedimen menjadi beranekaragam, salah satunya adalah laminasi. Laminasi merupakan struktur lapisan sedimen yang menunjukkan perlapisan sejajar (horizontal), yang terbentuk akibat adanya variasi laju pengendapan material yang berbeda-beda. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu batuan jika memiliki struktur laminasi dengan sudut yang bervariasi. Uji Kuat Tekan Uniaksial ialah bagaimana batuan tersebut bisa bertahan dalam sifat elastisitasnya sebelum runtuh. Penelitian dilakukan pada 2 Formasi yang berbeda yaitu Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang. Hasil pengujian menunjukkan pada Formasi Balikpapan diperoleh rata-rata nilai kuat tekan untuk masing-masing sudut. Pada sudut 0° = 2,31 Mpa, sudut 30° = 1,82 Mpa, sudut 45° = 2,13 Mpa, sudut 60° = 2,47 Mpa dan pada sudut 90° = 3,57 Mpa. Pada Formasi Pulaubalang diperoleh rata-rata nilai kuat tekan yaitu pada sudut 0° = 3,69 Mpa, sudut 30° = 2,35 Mpa, sudut 45° = 2,39 Mpa, sudut 60° = 3 Mpa dan pada sudut 90° = 3,95 Mpa. Maka, dari hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan nilai minimum kuat tekan ada pada sudut laminasi 30° dan memiliki nilai maksimum kuat tekan pada sudut 90° . Dan dari kedua Formasi penelitian, pada Formasi Pulaubalang memiliki kekuatan batuan yang lebih tinggi daripada Formasi Balikpapan.

Kata Kunci : Batupasir, laminasi, uji kuat tekan uniaksial

Abstract : Sandstone is one of the rocks that are often found in sedimentary basins in the world. Sedimentary rock is a type of rock formed as a result of the deposition process. The deposition is caused by various transport forces such as water, wind and ice. The difference in energy and depositional environment causes the layering structure of sedimentary rocks to vary, one of which is lamination. Lamination is a sedimentary layer structure that shows parallel (horizontal) layers, which are formed due to variations in the rate of deposition of different materials. Therefore, this study was conducted to determine the strength of a rock if it has a laminated structure with varying angles. Uniaxial Compressive Strength Test is how the rock can maintain its elasticity before collapsing. The research was conducted in 2 different formations, namely the Balikpapan Formation and the Pulaubalang Formation. The test results show that the Balikpapan Formation has an average compressive strength value for each corner. At an angle of 0° = 2.31 Mpa, an angle of 30° = 1.82 Mpa, an angle of 45° = 2.13 Mpa, an angle of 60° = 2.47 Mpa and at an angle of 90° = 3.57 Mpa. In the Pulaubalang Formation, the average compressive strength value is obtained at an angle of 0° = 3.69 Mpa, an angle of 30° = 2.35 Mpa, an angle of 45° = 2.39 Mpa, an angle of 60° = 3 Mpa and at an angle of 90° = 3.95 Mpa. . So, from the results of research and data processing that has been carried out the minimum compressive strength value is at a lamination angle of 30° and has a maximum value of compressive strength at an angle of 90° . And from the two research formations, the Pulaubalang Formation has a higher rock strength than the Balikpapan Formation.

Key words: Sandstone, laminate, uniaxial compressive strength test

PENDAHULUAN

Batupasir merupakan salah satu jenis batuan yang paling umum ditemukan dalam cekungan sedimen diseluruh dunia. Sebagian batupasir yang tersebar memiliki laminasi. Laminasi (*lamination*) yaitu struktur lapisan sedimen yang menunjukkan adanya suatu perlapisan yang sejajar (horizontal), dengan ketebalan masing-masing lapisan yang kurang dari 1 cm.

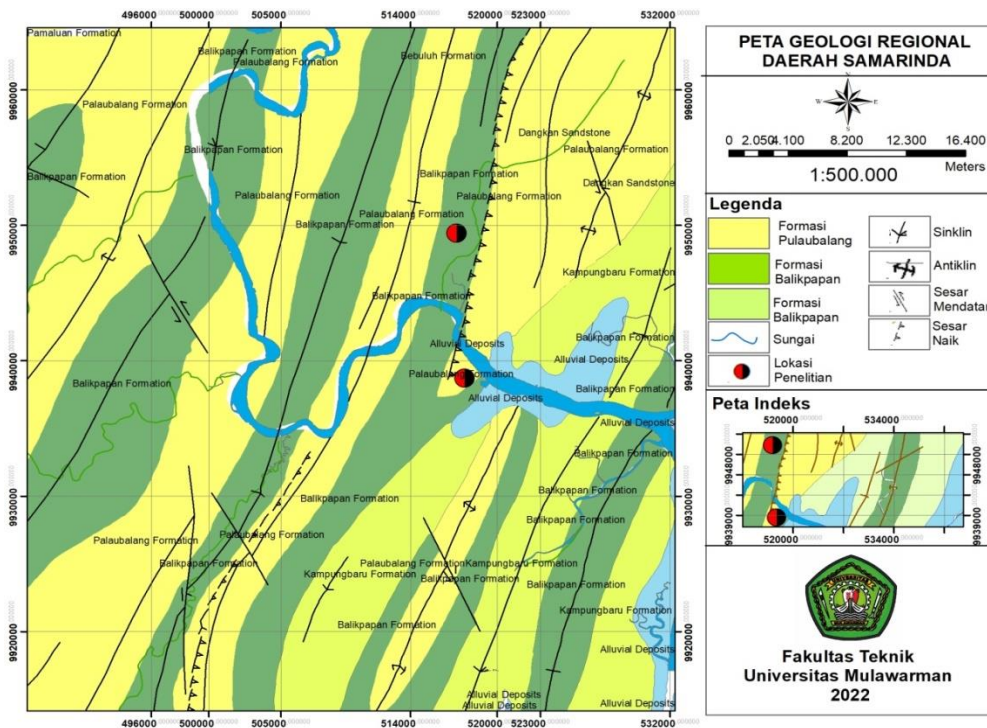
Uji kuat tekan uniaksial atau Uniaxial Compressive Strength (UCS) merupakan perbandingan tekanan yang diberikan pada conto batuan terhadap luas permukaan conto batuan yang terkena tekanan. Tujuan uji kuat tekan UCS adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial dari sebuah conto batuan dalam geometri yang beraturan, baik dalam bentuk silinder, balok maupun prisma dalam satu arah (uniaksial). Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk klasifikasi kekuatan dan karakteristik batuan utuh.

Pengujian pada batupasir berlaminasi ini dapat menjadi suatu perbandingan, yaitu dari tekanan yang diterima pada saat conto batuan menerima beban vertikal. Oleh karena itu, pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh dari laminasi terhadap kekuatan batuan dengan menggunakan batupasir yang memiliki sudut laminasi yang berbeda-beda pada dua lokasi dengan formasi yang berbeda juga.

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembaran Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, Kota Samarinda tersusun dari beberapa Formasi batuan seperti Aluvium, Formasi Kampungbaru, Formasi Balikpapan, Formasi Pulaubalang, Formasi Bebuluh, serta Formasi Pamaluan. Dari masing – masing formasi terbentuk pada zaman yang berbeda serta memiliki karakteristik batuan penyusun berbeda – beda pula. Pada daerah sekitar lokasi penelitian terdiri dari dua Formasi yang berbeda yaitu Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang.



Gambar 1. Geologi Regional Lembar Samarinda

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 tanah. Sedangkan menurut Ahli Geoteknik istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras tidak dapat digali dengan cara biasa misalnya dengan cangkul (Rai dkk, 2013).

Batuan sedimen merupakan batuan yang terbentuk di permukaan bumi pada kondisi temperatur dan tekanan yang rendah. Batuan ini berasal dari batuan yang lebih dahulu terbentuk, yang mengalami pelapukan, erosi, dan kemudian lapukannya diangkut oleh air,

udara yang selanjutnya diendapkan dan berakumulasi didalam cekungan pengendapan, membentuk sedimen. Material-material sedimen itu kemudian terkompaksi, mengeras, mengalami litifikasi, dan terbentuklah batuan sedimen. Batuan sedimen terdiri dari berbagai macam jenis tergantung dari kandungan mineral yang terdapat di dalamnya (Fitri et al., 2017).

Beberapa ciri dari batuan sedimen (sedimentary rocks) adalah berlapis-lapis, yang merupakan hasil pelapukan dari batuan lain yang diendapkan bisa secara fisik atau kimia dan yang telah mengalami transportasi melalui air, atau angin dan gravitasi. Sedangkan urutan per lapisannya selalu mengikuti hukum superposisi (tua ke muda). Ciri lainnya adalah bahwa batuan sedimen bisa terkonsolidasi atau tidak terkonsolidasi. Akibat dari aktivitas tektonik maka batuan sedimen dapat mengalami perlipatan seperti sinklin atau antiklin dan juga dapat tersesarkan yang berupa sesar, kekar, tergeser.

Struktur Sedimen

Struktur sedimen termasuk kedalam struktur primer, yaitu struktur yang terbentuk pada saat pembentukan batuan (pada saat sedimentasi). Batuan sedimen umumnya memperlihatkan struktur per lapisan. Per lapisan terbentuk karena adanya perubahan kondisi (energi pengangkutan dan suplai sedimen) pada saat sedimen diendapkan yang ditunjukkan oleh perbedaan besar butir, warna atau ketebalannya. Per lapisan juga menunjukkan bidang kesamaan waktu pengendapan.

1. Per lapisan sejajar (*planar bedding*)

Merupakan bidang per lapisan yang saling sejajar. Terdiri atas :

- *Laminasi* yaitu per lapisan sejajar dengan ketebalan < 1 cm.
- *Bedding* yaitu per lapisan sejajar dengan ketebalan > 1 cm.

2. Per lapisan bersusun (*graded bedding*)

Merupakan susunan per lapisan dari butiran kasar pada bagian bawah berangsur menjadi butiran halus pada bagian atas dalam satu per lapisan. Struktur ini dapat dipakai sebagai petunjuk bagian bawah dan bagian atas dari per lapisan tersebut. Umumnya butir yang kasar merupakan bagian bawah (bottom) dan butir yang halus merupakan bagian atas (top).

3. Per lapisan silang-siur (*cross bedding*)

Merupakan bentuk lapisan yang terpotong pada bagian atasnya oleh lapisan berikutnya dengan sudut yang berlainan dalam satu satuan per lapisan. Lapisan ini terutama terdapat pada batupasir (Balfas, 2015).

Per lapisan/Laminasi

Batuan sedimen merupakan batuan yang paling banyak tersebar di bumi. Ciri khas dari batuan sedimen adalah adanya per lapisan pada batuan, meski di beberapa batuan tidak ditemukan.

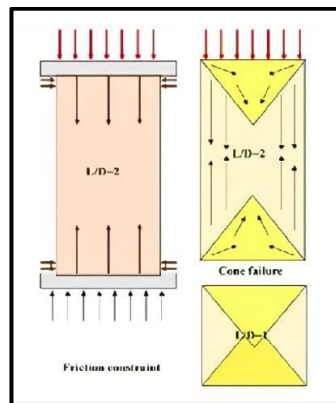
Bidang per lapisan hanya ditemukan pada batuan sedimen, yaitu suatu bidang yang memisahkan antara suatu jenis batuan tertentu dengan batuan lain yang diendapkan kemudian, misalnya batas antara lapisan batupasir dengan batugamping, atau batas lapisan batupasir yang satu dengan batupasir lainnya yang dapat dibedakan. Biasanya batuan sedimen terdiri dari banyak sekali lapisan-lapisan yang berurutan dari tua ke muda, sehingga banyak pula bidang per lapisannya.

Sifat Mekanik Batuan

Uji kuat tekan uniaksial atau *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) merupakan perbandingan tekanan yang diberikan pada contoh batuan terhadap luas permukaan contoh batuan yang terkena tekanan. Kuat tekan ini dihitung pada saat tiap contoh batuan

yang mengalami keruntuhan (*failure*) dengan beban (P) yang bekerja ketika terjadinya keruntuhan. Pada sebuah kurva tegangan-regangan dapat dilihat bahwa kuat tekan uniaksial tiap contoh batuan terdapat pada bagian puncak (*peak*).

Menurut ISRM (1981), syarat conto batuan uji berbentuk silinder adalah L/D antara 2,5 sampai 3 dan untuk ukuran diameter (D) tidak kurang dari ukuran NX, yaitu kurang lebih adalah 54 mm. Conto batu yang memiliki $L/D > 2,5$ akan memiliki nilai UCS yang lebih kecil serta lebih cepat dalam mengalami keruntuhan dibanding dengan conto batuan yang memiliki $L/D < 2$. Untuk kondisi conto batuan dengan $L/D = 1$ kondisi sebuah tegangan pada suatu batuan akan saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan.



Gambar 3. Pendistribusian tegangan pada contoh batuan pada uji kuat tekan uniaksial (Ariyanto, 2020)

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan batupasir berlaminasi adalah sebagai berikut :

GPS Garmin, palu geologi, mesin potong, mesin tekan, alat ukur (penggaris), *dial gauge*, oven, neraca analitik.

Bahan

Batupasir berlaminasi, *aluminium foil*, *wrapping*.

Preparasi

Setelah dilakukan pengambilan sampel batuan dilapangan dalam bentuk bongkahan, selanjutnya sampel batuan dibawa ke Laboratorium dan kemudian untuk kebutuhan penelitian yang akan dilakukan, maka sampel batuan dipreparasi atau dilakukan proses pemotongan dengan menggunakan mesin potong (gerinda) sesuai dengan standar pengujian yang berlaku yaitu ISRM 1981, untuk membentuk sudut laminasi yang bervariasi dilakukan dengan cara memposisikan sampel batuan saat preparasi.

Uji Kuat Tekan (UCS)

Prosedur pengujian kuat tekan batupasir berlaminasi, yaitu penentuan awal titik lokasi pengambilan conto batuan dengan ketentuan conto batupasir berasal dari 2 formasi batuan yang berbeda.

Setelah itu, sampel yang di ambil di bawa ke Laboratorium untuk dilakukan proses pemotongan dengan menggunakan mesin potong (gerinda) sesuai dengan standar pengujian yang berlaku yaitu menggunakan standar ISRM 1981, dimana untuk pengujian

kuat tekan menggunakan batuan yang berbentuk balok dengan lebar sampel 5cm, dan panjang 12,5cm atau 2,5 kali lebar sampel. Langkah selanjutnya ialah melakukan pengujian kuat tekan pada sampel batupasir berlaminasi dengan menggunakan sudut laminasi yang bervariasi yaitu 0° , 30° , 45° , 60° , dan 90° .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Mekanik Formasi Balikpapan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil uji kuat tekan pada sampel batupasir berlaminasi dimana nilai yang didapatkan bervariasi karena dipengaruhi oleh adanya sudut pada setiap sampel batuan. Dan berdasarkan Tabel 1, maka batupasir menghasilkan nilai minimum kuat tekan ada pada sudut laminasi 30° dan memiliki nilai maksimum kuat tekan pada sudut 90° dan memiliki tipe pecahan rata-rata berbentuk *Axial Splitting*.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Batupasir Berlaminasi Formasi Balikpapan

No	Sudut Sampel ($^{\circ}$)	Failure (Mpa)	UCS (Mpa)	Rata-rata UCS	Tipe Pecahan
1	0	5,71	2,28	2,31	<i>Axial Splitting</i>
2	0	5,99	2,39		<i>Axial Splitting</i>
3	0	5,71	2,28		<i>Axial Splitting</i>
4	30	5,71	2,28	1,82	<i>Combination Axial&Local Shear</i>
5	30	2,85	1,14		<i>Axial Splitting</i>
6	30	5,14	2,05		<i>Homogeneous Shear</i>
7	45	5,71	2,28	2,13	<i>Homogeneous Shear</i>
8	45	4,28	1,71		<i>Axial Splitting</i>
9	45	6	2,4		<i>Axial Splitting</i>
10	60	5,71	2,28	2,47	<i>Axial Splitting</i>
11	60	6,28	2,51		<i>Combination Axial&Local Shear</i>
12	60	6,57	2,62		<i>Homogeneous Shear</i>
13	90	4,28	1,71	3,57	<i>Cone Failure</i>
14	90	12,28	4,91		<i>Homogeneous Shear</i>
15	90	10,28	4,11		<i>Axial Splitting</i>

Sifat Mekanik Formasi Pulaubalang

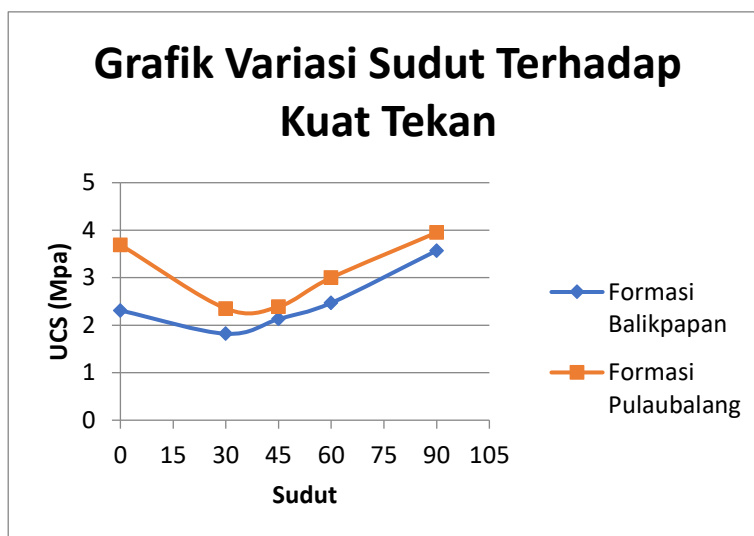
Dilakukan hal yang sama seperti pada Formasi Balikpapan pada conto batuan di Formasi Pulaubalang, dan berdasarkan Tabel 2, maka batupasir juga menghasilkan nilai minimum kuat tekan ada pada sudut laminasi 30° dan memiliki nilai maksimum kuat tekan pada sudut 90° .

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Batupasir Berlaminasi Formasi Pulaubalang

No	Sudut Sampel (°)	Failure (Mpa)	UCS (Mpa)	Rata-rata UCS	Tipe Pecahan
1	0	9,14	3,65	3,69	<i>Axial Spilitting</i>
2	0	8,57	3,42		<i>Axial Spilitting</i>
3	0	10	4		<i>Axial Spilitting</i>
4	30	7,14	2,85	2,35	<i>Axial Spilitting</i>
5	30	6,28	2,51		<i>Axial Spilitting</i>
6	30	4,28	1,71		<i>Homogeneous Shear</i>
7	45	8	3,2	2,39	<i>Axial Spilitting</i>
8	45	4,85	1,94		<i>Axial Spilitting</i>
9	45	5,14	2,05		<i>Homogeneous Shear</i>
10	60	8,57	3,42	3,00	<i>Axial Spilitting</i>
11	60	3,42	1,37		<i>Axial Spilitting</i>
12	60	8,57	4,22		<i>Axial Spilitting</i>
13	90	17,14	6,85	3,95	<i>Combination Axial&Local Shear</i>
14	90	6,85	5,71		<i>Homogeneous Shear</i>
15	90	5,71	7,14		<i>Combination Axial&Local Shear</i>

Hubungan Sudut Laminasi Terhadap Kuat Tekan

Laminasi merupakan struktur lapisan sedimen yang menunjukkan perlapisan sejajar (horizontal), yang terbentuk akibat adanya variasi laju pengendapan material yang berbeda-beda. Dan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sudut yang bervariasi dengan tekanan yang diberikan terhadap batuan berupa beban merata dimana permukaan contoh harus rata agar semua contoh mendapatkan beban yang sama.



Gambar 4. Grafik Hubungan Sudut Laminasi Terhadap Nilai Kuat Tekan Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 dan pada Gambar 4, maka pengaruh sudut laminasi sangat berpengaruh pada kekuatan batupasir. Dimana dari hasil penelitian batupasir rentan mengalami kegagalan dan memiliki kekuatan puncak terendah pada sudut 30^0 dan memiliki nilai maksimum kuat tekan pada sudut 90^0 . Dan juga pada Formasi Pulaubalang memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar daripada Formasi Balikpapan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut : Dari hasil pengujian dan pengolahan data didapatkan nilai kuat tekan yaitu pada Formasi Balikpapan pada sudut $0^0=2,31$ Mpa, sudut $30^0=1,82$ Mpa, sudut $45^0=2,13$ Mpa, sudut $60^0=2,47$ Mpa dan pada sudut $90^0=3,57$ Mpa. Sedangkan pada Formasi Pulaubalang pada sudut $0^0=3,69$ Mpa, sudut $30^0=2,35$ Mpa, sudut $45^0=2,39$ Mpa, sudut $60^0=3$ Mpa dan pada sudut $90^0=3,95$ Mpa. Maka, kuat tekan yang paling besar yaitu pada Formasi Pulaubalang.

Sudut laminasi pada sampel batupasir sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang akan dihasilkan, dimana dari hasil pengujian yang didapatkan bahwa batupasir rentan terhadap kegagalan dan memiliki nilai kuat tekan minimum saat memiliki sudut laminasi 30^0 dan nilai kuat tekan kembali meningkat sampai pada sudut 90^0 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, orang tua, dosen pembimbing, dosen penguji, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Balfas, Muhammad Dahlan, 2005. Geologi Untuk Pertambangan Umum. Yogyakarta: *Graha Ilmu*.
Fitri, D. B., Hidayat, B., & Subandrio, A. S. (2017). Klasifikasi Jenis Batuan Sedimen

Berdasarkan Tekstur Dengan Metode Gray Level Co-occurrence Matrix Dan K-nn. *EProceedings of Engineering*, 4(2), 1638–1645.

Makmara, M., Anok, K. D., Octaviana, I. N., & Cahyono, Y. D. G. (2020). Analisis Pengaruh Deformasi Batuan Utuh Terhadap Besarnya Regangan Pada Uji Kuat Tekan Uniaksial Batuan Andesit. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, 2(1), 611–614.

Rai, Made Astawa. *Mekanika Batuan*. Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa Institut Teknologi Bandung. Bandung. 1988.

Rosari, A. A., & Arsyad, M. (2018). Analisis Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Batuan Karst Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 13(3), 276–281. <https://ojs.unm.ac.id/JSdPF/article/view/6199>.

Zakri, R. S., Prengki, I., & Saldy, G. (2020). Hubungan Kuat Tekan Uniaksial dan Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Batuan Sedimen Dengan Nilai Kuat Tekan Rendah. *Jurnal Bina Tambang*, 5(3), 59–70.

Zhai, M., & Wang, Z. (n.d.). Investigation on the Anisotropy of Mechanical Properties and Brittleness Characteristics of Deep Laminated Sandstones.