



Penentuan Nilai Kuat Tekan Batulempung Dan Batupasir Menggunakan Metode *Unconfined Compression Strength* Pada Titik Bor SYNC X05

(*Determination of Compression Strength for Claystone and Sandstone Use Method Unconfined Compression Strength on Drill Point SYNC X05*)

Astrid Fadhilah¹, Suryandi², Muhammad Abdul Ghony³, Putra⁴

¹Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Indonesia

¹astridfadhilah@akipba.ac.id, ²suryandindi1@gmail.com, ³m.abdulghony@akipba.ac.id, ⁴putra@akipba.ac.id

Penulis Korespondensi: Astrid Fadhilah | **Email:** astridfadhilah@akipba.ac.id

Diterima (*Received*): 11/12/2024 Direvisi (*Revised*): 12/12/2024 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 13/12/2024

ABSTRAK

Batulempung dan batupasir berkontribusi secara berbeda dalam proses pertambangan, khususnya dalam hal stabilitas lereng, kapasitas daya dukung struktur, serta metode penambangan yang digunakan. Batulempung dengan kandungan lempung yang tinggi, cenderung lebih rentan terhadap deformasi sehingga memerlukan penanganan khusus untuk menjaga stabilitas. Sebaliknya, batupasir yang lebih keras dan kaku membutuhkan pendekatan penggalian yang berbeda. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai kuat tekan batulempung dan batupasir sangatlah penting untuk perencanaan dan pelaksanaan operasi tambang yang aman dan efisien. Dapat diketahui bahwa hasil pengujian kuat tekan metode *Unconfined Compression Strength* (UCS) pada batulempung di titik bor SYNC X05 dengan nomor sampel 16 dan 18 memiliki tegangan puncak masing-masing 1081,03 kPa (regangan 0,72%) dan 1291,80 kPa (regangan 0,40%). Sedangkan batupasir dengan nomor sampel 17 dan 20 menunjukkan tegangan puncak 929,40 kPa (regangan 0,40%) dan 3340,39 kPa (regangan 0,92%). Dari nilai diatas perbandingan retakan antar sampel batulempung dan batupasir yang memiliki perbedaan yaitu *Sample* batulempung dari titik bor SYNC X05 dengan kedalaman 65,90 m dan 71,45 m pada sampel nomor 16 dan 18 menunjukkan banyak retakan dengan tipe pecahan kombinasi belahan aksial dan geser, yang berarti sampel mengalami pecahan gabungan dua variasi. Sedangkan, *sample* batupasir pada kedalaman 68,92 m dan 79,60 m dari sampel nomor 17 dan 20 mengalami sedikit retakan. Retakan pada sampel nomor 17 menunjukkan tipe pecahan kerucut dengan keruntuhan satu arah, sedangkan sampel nomor 20 memperlihatkan pecahan axial yang memanjang searah beban tekan.

Kata Kunci: Analisis, *Unconfined Compression Strength*, Batulempung, Batupasir

ABSTRACT

Claystones and sandstones contribute differently to the mining process, particularly in terms of slope stability, structural bearing capacity, and mining methods used. Claystones with a high in clay content, tend to be more susceptible to deformation and thus require special handling to maintain stability. Conversely, harder and stiffer sandstones require a different approach to excavation. Therefore, a comprehensive understanding of the compressive strength of claystones and sandstones is essential for the safe and efficient planning and execution of mining operations. It can be seen that the results of the Unconfined Compression Strength (UCS) testing method on the type of claystone at the SYNC X05 drill point with sample numbers 16 and 18 have peak stresses of 1081.03 kPa (0.72% strain) and 1291.80 kPa (0.40% strain) respectively. While sandstones with sample numbers 17 and 20 show peak stresses of 929.40 kPa (0.40% strain) and 3340.39 kPa (0.92% strain). From the above values, the comparison of cracks between mudstone and sandstone samples has a difference, namely the mudstone sample from the SYNC X05 drill point with a depth of 65.90 m and 71.45 m in sample numbers 16 and 18 shows many cracks with the type of fracture combination of axial cleavage and shear, which means that the sample experiences a combined fracture of two variations. Meanwhile, the sandstone samples at depths of 68.92 m and 79.60 m from samples number 17 and 20 have few cracks. The crack in sample number 17 shows a conical fracture type with one-way collapse, while sample number 20 shows an axial fracture that extends in the direction of the compressive load.

Keywords: Analysis, *Unconfined Compression Strength*, Claystones, Sandstone

© Author(s) 2024. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Penentuan kuat tekan batulempung dan batupasir merupakan elemen krusial dalam dunia pertambangan dan rekayasa geoteknik. Kedua jenis batuan ini sering menjadi fokus dalam berbagai proyek pertambangan, karena peran pentingnya dalam memastikan stabilitas tambang, perencanaan infrastruktur, serta manajemen risiko (Nata & Sabri, 2020).

Metode *Unconfined Compression Strength* (UCS) adalah metode standar yang digunakan untuk mengukur kuat tekan batuan tanpa tekanan lateral. Pengujian ini menghasilkan data mengenai seberapa besar beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh batuan sebelum mengalami kerusakan, dan data ini sangat penting dalam aplikasi pertambangan. Hasil dari pengujian UCS ini membantu para insinyur dan geologi dalam menentukan metode penambangan yang tepat, merancang fondasi yang kokoh, serta mengidentifikasi potensi risiko stabilitas (Pontus dkk., 2023).

Penelitian memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional tambang secara keseluruhan. Mengetahui nilai kuat tekan dari batulempung dan batupasir secara lebih tepat, operator tambang dapat merancang prosedur operasional yang lebih efektif, mengurangi risiko kecelakaan, serta meminimalkan waktu henti yang disebabkan oleh masalah struktural. Selain itu, data yang diperoleh juga dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek-proyek masa depan dengan kondisi geologi yang serupa, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional tambang di berbagai lokasi.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang dapat digunakan untuk membandingkan karakteristik kekuatan kedua jenis batuan tersebut, serta untuk memahami bagaimana perbedaan ini dapat memengaruhi operasi tambang. Data yang akurat mengenai kuat tekan, diharapkan dapat dikembangkan strategi penambangan yang lebih efektif, meningkatkan stabilitas tambang, serta mendukung desain infrastruktur yang terkait. Oleh karena itu, penelitian ini juga akan mempertimbangkan adanya ketidakpastian pada properti tanah sebagai input. Berdasarkan hal tersebut, maka dianggap perlu dan penting untuk dilakukan pengkajian lebih dalam mengenai penentuan nilai kuat tekan batulempung dan batupasir menggunakan metode *Unconfined Compression Strength* (UCS).

1.1 Stratigrafi Regional

Cekungan Sumatra Selatan berada di timur Pegunungan Barisan dan memanjang ke arah laut ke utara dan dianggap sebagai cekungan busur belakang yang dibatasi oleh Pegunungan Barisan di baratdaya, dan Dangkanan Sunda berumur Pra-Tersier di timur laut. Secara umum, sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan merupakan

suatu daur lengkap yang terdiri dari seri transgresi dan regresi (Monita dkk., 2021). Penjelasan dari fase-fase tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fase Transgresif, menghasilkan endapan Kelompok Telisa yang terdiri atas Formasi-formasi: Lahat, Talang Akar, Baturaja dan Gumai. Kelompok Telisa ini diendapkan tidak selaras di atas batuan dasar berumur Pra-Tersier.
2. Fase Regresif, menghasilkan endapan Kelompok Palembang yang terdiri atas Formasi Air Benakat, Formasi Muaraenim, dan Formasi Kasai. Menurut Monita dkk. (2021) mengemukakan bahwa sedimentasi yang terjadi selama Tersier berlangsung pada lingkungan laut setengah tertutup.

1.2 Formasi Muaraenim

Penelitian ini dilakukan di Formasi Muaraenim, yang terbentuk secara selaras di atas Formasi Air Benakat. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal, dataran delta, dan lingkungan non-marin. Litologi Formasi Muaraenim terdiri dari batupasir, batulanau, dan batulempung berwarna kuning kelabu yang mengandung fosil, dengan sisipan batubara yang memiliki kandungan oksida besi berupa kongkresi dan lapisan tipis. Selain itu, batupasir pada formasi ini sering mengandung glaukonit dan material vulkanik. Ketebalan formasi ini mencapai antara 500 hingga 1000 meter, memberikan potensi geologi yang signifikan untuk studi stratigrafi dan sedimen (Purnama, A. B., 2021).

Batubara di Formasi Muaraenim sebagian besar berupa lignit dengan kualitas rendah, namun pada beberapa bagian tertentu, terutama yang berdekatan dengan intrusi andesit muda, lignit tersebut mengalami peningkatan kualitas menjadi batubara yang lebih tinggi. Di bagian atas lapisan batubara, terdapat proses tersilisifikasi, terutama pada lapisan yang bersinggungan dengan lapisan tuf. Berdasarkan usia geologinya, Formasi Muaraenim terbentuk dari akhir Miosen hingga awal Pliosen, menjadikannya salah satu formasi penting dalam penelitian batubara dan sedimentasi di daerah tersebut (Monita, et al., 2021).

1.3 Batulempung

Batulempung merupakan jenis batuan yang terbentuk dari proses pelapukan batuan, baik itu batuan metamorf, ataupun batuan endapan. Batulempung memiliki sifat yang liat atau plastis. Batuan jenis ini umumnya memiliki struktur yang padat karena tersusun atas mineral yang banyak mengandung silika. Ukuran butiran batulempung sangatlah halus, yakni tidak lebih dari 0,002 mm -0,005 mm (Fadhilah dkk., 2023).

Batulempung memiliki kandungan mineral lempung seperti kaolinit, illit, dan montmorillonit, yang memberikan sifat kohesif serta daya ikat yang baik. Namun, karena

sifatnya ini, batulempung juga cenderung mengembang saat basah dan menyusut ketika kering, yang dapat menyebabkan retakan pada tanah yang mengandung batulempung jika terjadi perubahan kelembapan drastis. Batulempung juga memiliki permeabilitas yang rendah, artinya air sulit menembusnya, sehingga sering digunakan sebagai lapisan penahan air di bendungan atau tempat pembuangan sampah. Batulempung memiliki kekuatan tekan yang relatif rendah dibandingkan dengan batuan lainnya, tetapi dalam kondisi tertentu, seperti tekanan tinggi dalam waktu lama, batulempung dapat menjadi sangat keras. Sifat-sifat ini menjadikan batulempung material penting dalam berbagai aplikasi geoteknik dan teknik sipil (Pradana dkk., 2022).

1.4 Batupasir

Batupasir adalah batuan sedimen klastik yang sebagian besar terdiri dari butiran silikat berukuran pasir (0,0625 hingga 2 mm) yang disatukan oleh mineral lain. Batupasir mencakup sekitar 20–25% dari semua batuan sedimen. Sebagian besar batupasir tersusun dari kuarsa atau feldspar, karena keduanya merupakan mineral yang paling tahan terhadap proses pelapukan di permukaan Bumi (Fadhilah dkk., 2023). Komposisi batupasir umumnya didominasi oleh kuarsa, karena mineral ini sangat tahan terhadap pelapukan. Selain kuarsa, terdapat juga feldspar dan beberapa mineral lain, yang bergantung pada lingkungan asal batuan ini. Porositas yang tinggi merupakan ciri khas batupasir, yang berarti ada banyak ruang antar butiran pasir yang memungkinkan aliran air atau cairan lain.

Porositas ini, ditambah dengan permeabilitasnya yang baik, membuat batupasir menjadi batuan reservoir yang penting dalam industri minyak dan gas. Kohesi batupasir dipengaruhi oleh jenis semen yang mengikat butiran pasir, seperti silika atau kalsit, yang dapat meningkatkan kekuatan tekan batuan. Sementara itu, jika semen pengikatnya berupa mineral lempung, kohesi dan kekuatan tekan batupasir cenderung lebih rendah. Warna batupasir sangat bervariasi, mulai dari putih hingga merah atau coklat, yang dipengaruhi oleh kandungan mineral dan oksida besi dalam batuan. Karakteristik ini membuat batupasir tidak hanya penting sebagai reservoir dalam hidrokarbon, tetapi juga sebagai material konstruksi serta sumber informasi geologis mengenai lingkungan pembentukannya (Alba & Falisa, 2019).

1.5 Alat Digital Tritest Menggunakan Metode *Unconfined Compression Strength* (UCS)

Alat digital Tritest 50 kN adalah perangkat uji yang digunakan untuk mengukur kekuatan tekan material, terutama pada sampel batuan atau tanah. Alat ini mampu memberikan hasil uji dengan beban maksimum hingga 50 kN (kilonewton). Metode *Unconfined Compression Strength*

di Alat Tritest 50 kN ini digunakan untuk menerapkan beban aksial secara perlahan pada sampel silinder tanpa adanya tekanan samping (konfined), hingga sampel mengalami keruntuhan. Kekuatan tekan bebas yang dihasilkan dari uji ini digunakan untuk menilai kemampuan material dalam menahan beban sebelum mengalami kerusakan, yang penting dalam penentuan sifat mekanis tanah dan batuan (Huang dkk., 2023).

1.6 Kurva Tegangan-Regangan

Kurva yang menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan dalam bentuk deformasi apa pun dapat dianggap sebagai kurva tegangan-regangan. Tegangan dan regangan dapat berupa normal, geser, atau campuran, dan juga dapat berupa uniaxial, biaxial, atau multiaxial, bahkan berubah seiring waktu. Bentuk deformasi dapat berupa kompresi, peregangan, torsi, rotasi, dan sebagainya. Jika tidak disebutkan sebaliknya, kurva tegangan-regangan mengacu pada hubungan antara tegangan normal aksial dan regangan normal aksial dari material yang diukur dalam uji tegangan (Rozani dkk., 2020).

2. Data dan Metodologi

Metodologi penulisan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yang dijelaskan sebagai berikut:

2.1 Lokasi Pengambilan *Sample* pada Titik Bor SYNC X05

Lokasi pengambilan *sample* berada di Titik Bor SYNC X05 di Tambang Air Laya Utara, PT. Bukit Asam, Tbk, yang merupakan lokasi strategis untuk pengambilan sampel geoteknis. Lokasi ini dipilih berdasarkan potensi kandungan batubara dan formasi batuan seperti batulempung dan batupasir yang ada di bawah permukaan. Pengambilan sampel pada titik bor ini dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai karakteristik fisik dan mekanik material, seperti kekuatan, plastisitas, dan permeabilitas.

Data yang diperoleh dari sampel ini digunakan untuk mendukung perencanaan tambang, termasuk desain lereng dan strategi penggalian. Selain itu, informasi geologis dari titik bor SYNC X05 membantu dalam memperkirakan cadangan batubara dan mengidentifikasi potensi risiko geoteknis yang dapat memengaruhi keamanan dan efisiensi operasional tambang.

2.2 Studi Literatur

Mengumpulkan dan menelaah literatur yang relevan untuk mendukung teori dan dasar penelitian.

2.2 Wawancara

Melakukan wawancara dengan pihak terkait atau ahli guna memperoleh data primer yang dibutuhkan.

2.3 Pengambilan Data

Data dikumpulkan melalui berbagai metode seperti wawancara, observasi, atau eksperimen, baik dari sumber primer maupun sekunder.

2.4 Data Pengujian Bobot Isi Dan Tegangan (kPa)

Data dari hasil pengujian, termasuk bobot isi *sample* dan tegangan yang diukur dalam satuan kilopascal (kPa).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tahap Pengujian *Sample* Metode *Unconfined Compression Strength* (UCS)

Melakukan pengujian kekuatan tekan pada sampel batulempung dan batupasir menggunakan metode *Unconfined Compression Strength* (UCS) memerlukan serangkaian prosedur yang terstruktur dengan baik. Proses ini harus melalui beberapa tahapan penting, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan pengujian, dan tahap evaluasi hasil. Setiap tahap dirancang untuk memastikan bahwa hasil pengujian akurat dan dapat diandalkan. Berikut adalah uraian rinci mengenai tahap-tahap yang dilakukan selama proses pengujian kuat tekan.

a. Tahap Preparasi

Berikut ini adalah tahap-tahap yang perlu diperhatikan dalam melakukan preparasi *sample* batulempung dan batupasir pada titik bor SYNC X05 menggunakan metode *Unconfined Compression Strength* (UCS), yaitu:

1. Pembuatan label setiap *sample* untuk mempermudah pengujian. Label tersebut berisi tentang kode *sample*, jenis uji, jenis tanah, lokasi pengambilan, tanggal sampling, tanggal *order* dan nomor *work order*.
2. Mengeluarkan *sample* dari peralon terlebih dahulu agar mudah untuk melakukan preparasi.
3. Mengukur diameter *sample* dan tinggi *sample*, yaitu 2 kali diameter yang akan kita potong sesuai ukuran diameternya.
4. Memotong *sample* yang sudah di ukur diameternya dan meratakan *sample* menggunakan pisau agar permukaan rata dan lurus agar mendapatkan nilai pada pengujian UCS yang maksimal.
5. Terakhir dari tahap preparasi langkah selanjutnya membungkus *sample* menggunakan kertas *aluminium foil* serta memberikan label atau identitas *sample* dengan data titik bor kode *sample*, jenis uji, jenis tanah, lokasi pengambilan, tanggal sampling, tanggal *order* dan nomor *work order*.

b. Tahap Pengujian

Berikut ini adalah tahap-tahap yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengujian *sample* batulempung dan batupasir pada titik bor SYNC X05 menggunakan metode *Unconfined Compression Strength* (UCS), yaitu:

1. Menyiapkan *sample* batulempung dan batulempung yang telah di bungkus dengan kertas aluminium foil
2. Membuka *sample* yang telah di bungkus dengan aluminium foil.
3. Menggukur tinggi pada *sample* yang mau di uji sebanyak 4 kali dengan setiap sisi yang berbeda dan pastikan atas sama bawah dalam keadaan rata.

4. Mengukur diameter pada *sample* yang akan diuji sebanyak 6 kali dengan sisi yang berbeda.
5. Menimbang pada *sample* sebanyak 2 kali penimbangan dan catat.
6. Mencatat hasil ukuran tinggi dan diameter pada *sample* di kertas forum pengujian.
7. Menentukan kondisi *sample* yang akan di uji agar nilai dari kapasitas *proving ring* bisa membacanya pada *sample* batulempung dan batupasir.
8. Tempatkan *sample* pada alat *Digital Tritest* metode *Unconfined Compression Strength* pada posisi berdiri vertikal pada dasar alat, setting alat sehingga plat dasar menyentuh benda uji.
9. Mengatur semua arloji pada alat dalam posisi pembacaannya nol.
10. Melakukan pembacaan pada *sample* selama pengujian berlangsung hingga *sample* itu retak.
11. Mencatat setiap gerakan pada aksial dan pembacaannya.
12. Setelah *sample* retak lepaskan *sample* tersebut dan gambarkan retakannya di forum penguji.
13. Menimbang tarra kosong+tutup sebanyak berapa *sample* yang kita uji lalu catat nilainya.
14. Memotong kecil-kecil *sample* secukupnya.
15. Masukkan potongan *sample* tersebut kedalam tarra hingga tarra penuh.
16. Menimbang tarra yang berisi potongan *sample* lalu catat nilainya.
17. Mengoven *sample* yang sudah dimasukan kedalam tarra selama < 18 jam dengan suhu 100° C, pastikan tarra dalam keadaan terbuka.
18. Menunggu *sample* hingga selesai pengovenan yang akan dikeluarkan di hari berikutnya minimal 18 jam dalam pengovenan.
19. Menimbang *sample* kering setelah pengovenan dan mencatat sebagai bobot.

c. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dalam pengujian sampel menggunakan alat *digital Tritest* dengan metode *Unconfined Compression Strength* mencakup beberapa langkah penting. Setelah memastikan sampel disiapkan dan alat *Tritest* telah dikalibrasi, proses pengujian dimulai dengan menempatkan sampel pada posisi yang tepat di antara plat penekan. Selama pengujian, beban diterapkan secara bertahap hingga sampel mengalami kegagalan, dan data seperti beban maksimum dan deformasi dicatat. Hasil ini kemudian dianalisis untuk menghitung nilai *Unconfined Compression Strength* (UCS), yang selanjutnya dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk menilai kekuatan material. Dokumentasi lengkap dari hasil pengujian, termasuk grafik dan kesimpulan, disusun untuk memastikan evaluasi yang akurat dan mendalam.

3.2 Menganalisis Hasil Penentuan Nilai Kuat Tekan pada Batulempung dan Batupasir

Pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS) adalah salah satu metode standar untuk menentukan nilai kuat tekan dari batuan tanpa menggunakan tekanan lateral. Metode ini sering digunakan untuk menilai kekuatan material seperti Batulempung dan Batupasir dalam menahan beban sebelum mengalami kegagalan. Dari hasil akhir setiap pengujian ini ada berupa tabel dan grafik dimana tabel tersebut untuk menunjukkan data yang berisi nilai dari hasil pengujian kemudian akan di Kembangan menggunakan rumus, sedangkan grafik hanya akan berisi nilai yang palig tinggi dan akan di gabungkan dengan nilai yang paling tinggi lainnya.

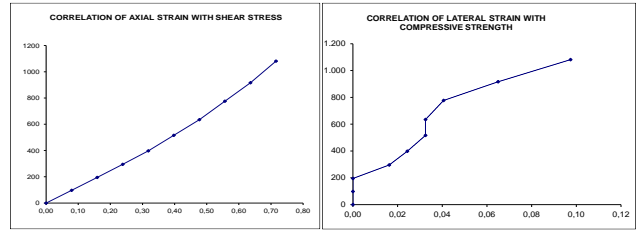
3.3. Perhitungan Pengujian Kuat Tekan Metode UCS

Perhitungan pada pengujian kuat tekan metode *Unconfined Compression Strength* ini dilakukan berdasarkan pada data lembar kerja yang diperoleh selama pengujian. Meliputi data bobot isi dari setiap titik bor, seperti tinggi sampel, diameter, luas, volume, massa air, massa sampel kering, kandungan air, bobot isi basah, bobot isi kering. Data perhitungan yang didapat yaitu regangan aksial, regangan lateral, luas awal, beban aksial dan tegangan. sebagai berikut.

1. Hasil Pengujian UCS (Batulempung)

Tabel 1. 16 SYNC X05 (laboratorium mekanika tanah PTBA, 2024)

KANTOR EKSPLORASI TANJUNGPINEM, TELEPON :07341 451096, Eka. 2722											
STANDARD/METODE : ASTM D 2166/D 2166M-16											
Nomor Proving Ring		17007		KNDiv		Diameter Sampel (D ₀)		61,58		mm	
Faktor Koreksi Proving Ring		0,01360		KNDiv		Tinggi Sampel		125,76		mm	
Serie Dial Indikator Aksial		ELE / 01120107		F.Koreksi		-0,0015		mm		Massa	
Serie Dial Indikator Lateral		Techlock 19981		F.Koreksi		-		mm		7743,364125	
Nomor Uruk		Defleksi Aksial (divisi)		Regangan Aksial (%)		Defleksi Lateral (divisi)		Regangan Lateral (%)		Pembacaan (PR)	
		AL		AL/Lo		AD		AD/Do		mm	
1		0,00		0,00		0,00		0,00		7,743,36	
2		10		0,08		0,00		0,00		42,00	
3		20		0,16		0,00		0,00		84,00	
4		30		0,24		1,00		0,02		127,00	
5		40		0,32		1,50		0,02		171,00	
6		50		0,40		2,00		0,03		222,00	
7		60		0,48		2,00		0,03		273,00	
8		70		0,56		2,50		0,04		334,00	
9		80		0,64		3,00		0,06		394,00	
10		90		0,72		4,00		0,10		465,00	
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											



Gambar 1. Grafik Aksial dan Lateral Titik Bor 16 SYNC X05

a. Perhitungan pada sample 16 SYNC X05

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi (\text{Diameter})^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (61,58)^2 \\ &= 7743,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Air} &= (\text{M. Tarra} + \text{S. Basah}) - (\text{M. Tarra} + \text{S. Kering}) \\ &= 55,18 - 45,75 \\ &= 9,43 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa S. Kering} &= (\text{M. Tarra} + \text{S. Kering}) - (\text{M. Tarra}) \\ &= 45,75 - 13,50 \\ &= 32,25 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Air} &= \frac{\text{massa air}}{\text{massa sample kering}} \times 100\% \\ &= \frac{9,43}{32,25} \times 100\% \\ &= 29,25 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \pi \cdot (\text{Jari} - \text{jari})^2 \cdot \text{Tinggi} \\ &= 3,14 \cdot (30,79)^2 \cdot 125,76 \\ &= 973,76 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot Basah} &= \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \times 9,8 \\ &= \frac{694,31}{973,7668} \times 9,8 \\ &= 6,99 \text{ Kn/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot Kering} &= \frac{\text{Bobot Basah}}{1 + \frac{\text{Kandungan Air}}{100}} \\ &= \frac{6,99}{1 + \frac{29,24}{100}} \\ &= 5,41 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

b. Hasil Pengujian Kuat Tekan 16 SYNC X05

$$\begin{aligned} \text{Regangan Aksial} &= \frac{\text{Defleksi Aksial (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Tinggi (mm)}} \\ &= \frac{90}{125,76} \\ &= 0,72 \ % \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Regangan Lateral} &= \frac{\text{Defleksi Lateral (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Diameter (mm)}} \\ &= \frac{6,00}{61,58} \\ &= 0,10 \ % \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Akhir} &= \text{Luas Awal} - \text{Defleksi Aksial} \\ &= 7.743,36 - 0,72 \\ &= 7.742,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Aksial} &= \text{Pembacaan} \times 0,008 \\ &= 465,00 \times 0,008 \\ &= 3,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

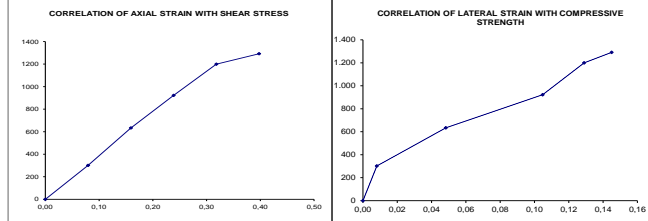
Tegangan

$$= \frac{\text{Beban Aksial}}{\text{Luas}} = \frac{1.000.000}{8,37} = \frac{7.743,36}{1.000.000} = 1081,03 \text{ kPa}$$

Tabel 2. 18 SYNC X05 (sumber laboratorium mekanika tanah 2024)

KANTOR EKSPLORASI TANJUNGPINANG, TELEPON : (0734) 451096, Eka. 2722											
STANDARD/METODE : ASTM D 2166/D 2166M-16											
Nomor Proving Ring		19016		F.Koreksi		-0,0015		kN/Div		Diameter Sampel (Do)	
Faktor Koreksi Proving Ring		0,0480		0,3425						62,06	
Serie Dial Indikator Aksial		H/E/ 01120107		F.Koreksi		-0,0015		mm		Tinggi Sampel	
Serie Dial Indikator Lateral		Techlock 19981		F.Koreksi						Massa	
										729,36	
										Luas Awal (Ao)	
										7803,470692	
										mm ²	
Nomor Urut	Defleksi Aksial divisi	Regangan Aksial (ea) %	Defleksi Lateral divisi	Regangan Lateral (el) %	Pembacaan (PR)	Luas Awal (A)	Beban Aksial (AL) kN	Tegangan (σ) kPa	Kandungan Air		
									mm	mm ²	mm ²
AL	AL/Lo	AD	AD/Dn		(Ao / 1 - ea)	PR x FC	AL/A		Digital Balance Serie : Mettler Toledo PG. 6002 S		B20
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	7.803,47	0,00	0	Nonter Tarra		
2	10	0,08	0,50	0,01	49,00	7.803,39	2,35	301,41	Massa Tarra + Sampel Basah	64,78	g
3	20	0,16	3,00	0,05	103,00	7.803,31	4,94	633,58			
4	30	0,24	6,50	0,10	150,00	7.803,23	7,29	922,69	Massa Tarra + Sampel Kering	55,17	g
5	40	0,32	8,00	0,13	195,00	7.803,15	9,36	1199,52			
6	50	0,40	9,00	0,15	210,00	7.803,07	10,08	1291,80	Massa tarra	14,37	g
7									Massa Air	9,61	g
8									Massa Sampel Kering	40,80	g
9									Kandungan Air	23,55	%
10											
11											
12											
13											
14											
15									Bobot Isi Basah	7,29	kN/m ³
16									Bobot Isi Kering	5,90	kN/m ³
17									σ _c	1.291,80	kPa
18											
19											
20									Dimension of Specimen		
21									Caliper Serie	: Mitutoyo / MTY 100844	
22									Faktor Koreksi	:	
23									L1 :	125,81	mm
24									D1 :	62,03	mm
25									L2 :	125,69	mm
26									D2 :	62,06	mm
27									L3 :	125,81	mm
28									D3 :	62,09	mm
29									L4 :	125,68	mm
30									D4 :	62,07	mm
31									Avg. Lo :	125,75	mm
32									D5 :	62,04	mm
33									M1 :	729,36	g
34									Avg. Do :	62,06	mm
35									M2 :	729,36	g
36									Avg. Mo :	729,36	g
37									Volume :	981,2669	cm ³

Velocity of Strain = 0.5 until 2% x Lo/min.



Gambar 2. Grafik Aksial dan Lateral Titik Bor 18 SYNC X05

a. Perhitungan pada sample 18 SYNC X05

Luas

$$= \frac{1}{4} \pi (\text{Diameter})^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (62,06)^2 = 7803,47 \text{ mm}^2$$

Massa Air

$$= (\text{M. Tarra} + \text{S. Basah}) - (\text{M. Tarra} + \text{S. Kering}) = 64,78 - 55,17 = 9,61 \text{ g}$$

Massa S. Kering

$$= (\text{M. Tarra} + \text{S. Kering}) - (\text{M. Tarra}) = 55,17 - 14,37 = 40,80 \text{ g}$$

Kandungan Air

$$= \frac{\text{massa air}}{\text{massa sample kering}} \times 100\% = \frac{9,61}{40,80} \times 100\% = 23,55 \%$$

Volume

$$= \pi \cdot (\text{Jari} - \text{jari})^2 \cdot \text{Tinggi} = 3,14 \cdot (31,01)^2 \cdot 125,75$$

$$= 981,26 \text{ cm}^3$$

$$\text{Bobot Basah} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \times 9,8$$

$$= \frac{729,36}{981,2669} \times 9,8$$

$$= 7,29 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Bobot Kering} = \frac{\text{Bobot Basah}}{1 + \frac{\text{Kandungan Air}}{100}}$$

$$= \frac{7,29}{1 + \frac{23,55}{100}}$$

$$= 5,90 \text{ kN/m}^3$$

b. Hasil Pengujian Kuat Tekan 18 SYNC X05

Regangan Aksial

$$= \frac{\text{Defleksi Aksial (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Tinggi (mm)}}$$

$$= \frac{9,00}{50}$$

$$= 0,18 \%$$

Regangan Lateral

$$= \frac{\text{Defleksi Lateral (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Diameter (mm)}}$$

$$= \frac{9,00}{61,58}$$

$$= 0,15 \%$$

Luas Akhir

$$= \text{Luas Awal} - \text{Defleksi Aksial}$$

$$= 7,803,47 - 0,40$$

$$= 7,803,07 \text{ mm}^2$$

Beban Aksial

$$= \text{Pembacaan} \times 0,008$$

$$= 210,00 \times 0,008$$

$$= 1,68 \text{ kN}$$

Tegangan

$$= \frac{\text{Beban Aksial}}{\text{Luas}}$$

$$= \frac{1,68}{10,08}$$

$$= \frac{7,803,47}{1,000,000}$$

$$= 1291,80 \text{ kPa}$$

2. Hasil Pengujian UCS (Batupasir)

Tabel 3. 17 SYNC X05 (sumber laboratorium mekanika tanah 2024)

KANTOR EKSPLORASI TANJUNGPINANG, TELEPON : (0734) 451096, Eka. 2722											
STANDARD/METODE : ASTM D 2166/D 2166M-16											
Nomor Proving Ring		19016		F.Koreksi		-0,0015		kN/Div		Diameter Sampel (Do)	
Faktor Koreksi Proving Ring		0,0480		0,3425						61,81	
Serie Dial Indikator Aksial		H/E/ 01120107		F.Koreksi		-0,0015		mm		Tinggi Sampel	
Serie Dial Indikator Lateral		Techlock 19981		F.Koreksi						Massa	
										697,98	
										Luas Awal (Ao)	
										7695,68405	
										mm ²	
Nomor Urut	Defleksi Aksial divisi	Regangan Aksial (ea) %	Defleksi Lateral divisi	Regangan Lateral (el) %	Pembacaan (PR)	Luas Awal (A)	Beban Aksial (AL) kN	Tegangan (σ) kPa	Kandungan Air		
									mm	mm ²	mm ²
AL	AL/Lo	AD	AD/Dn		(Ao / 1 - ea)	PR x FC	AL/A		Digital Balance Serie : Mettler Toledo PG. 6002 S		830
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	7.695,65	0,00	0	Nonter Tarra		
2	10	0,08	-0,50	-0,01	30,00	7.695,57	1,44	187,12	Massa Tarra + Sampel Basah	62,20	g
3	20	0,16	-1,00	-0,02	56,00	7.695,49	2,69	349,30			
4	30	0,24	-1,00	-0,02	85,00	7.695,41	4,08	530,19	Massa Tarra + Sampel Kering	51,10	g
5	40	0,32	-0,30	0,00	114,00	7.695,33	5,47	711,08			
6	50	0,40	3,50	0,06	149,00	7.695,25	7,15	929,40	Massa tarra	13,43	g
7									Massa Air	11,10	g
8									Massa Sampel Kering	37,67	g
9									Kandungan Air	29,47	%
10											
11											
12											
13											
14											
15									Bobot Isi Basah	7,14	kN/m ³
16									Bobot Isi Kering	5,52	kN/m ³
17									σ _c	929,40	kPa
18											
19									Dimension of Specimen		
20									Caliper Serie	: Mitutoyo / MTY 100844	
21									Faktor Koreksi	:	
22									L1 :	124,40	mm
23									D1 :	61,77	mm
24									L2 :	124,6	mm
25									D2 :	61,80	mm
26									L3 :	124,28	mm
27									D3 :	61,87	mm
28									L4 :	124,74	mm
29									D4 :	61,91	mm
30									Avg. Lo :	124,51	mm
31									D5 :	61,86	mm
32									M1 :	697,98	g
33									Avg. Do :	61,65	mm
34									M2 :	697,98	g
35									Avg. Mo :	697,98	g
36									Volume :	958,1474	cm ³
37											

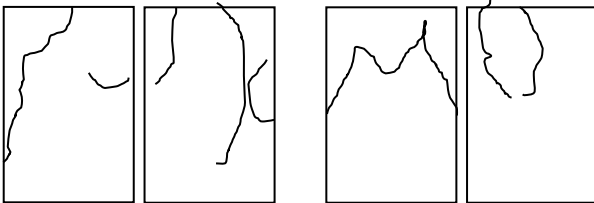
Velocity of Strain = 0.5 until 2% x Lo/min.

$$\begin{aligned}
 &= 29.47\% \\
 \text{Volume} &= \pi \cdot (\text{Jari} - \text{jari})^2 \cdot \text{Tinggi} \\
 &= 3.14 \cdot (30.85)^2 \cdot 119.70 \\
 &= 884.21 \text{ cm}^3 \\
 \text{Bobot Basah} &= \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \times 9,8 \\
 &= \frac{721.35}{884.21} \times 9,8 \\
 &= 8.00 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Bobot Kering} &= \frac{\text{Bobot Basah}}{1 + \frac{\text{Kandungan Air}}{100}} \\
 &= \frac{78.00}{1 + \frac{18.67}{100}} \\
 &= 6.74 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Hasil Pengujian Kuat Tekan 20 SYNC X05

$$\begin{aligned}
 \text{Regangan Aksial} &= \frac{\text{Defleksi Aksial (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Tinggi (mm)}} \\
 &= \frac{110}{119.70} \\
 &= 0.92\% \\
 \text{Regangan Lateral} &= \frac{\text{Defleksi Lateral (Divisi)}}{\text{Rata-Rata Diameter (mm)}} \\
 &= \frac{8.50}{61.71} \\
 &= 0.14\% \\
 \text{Luas Akhir} &= \text{Luas Awal} - \text{Defleksi Aksial} \\
 &= 7,368.89 - 0.92 \\
 &= 7,385.97 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban Aksial} &= \text{Pembacaan} \times 0.008 \\
 &= 514.00 \times 0.008 \\
 &= 4.112 \text{ kN} \\
 \text{Tegangan} &= \frac{\text{Beban Aksial}}{\text{Luas}} \\
 &= \frac{1.000.000}{24.67} \\
 &= \frac{7,386.89}{1.000.000} \\
 &= 3340.39 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

3.4. Perbandingan Retakan Sample SYNC X05



Gambar 5. Batulempung (No 16 dan 18) Batupasir (No 17 dan 20)

1. Sample batulempung memiliki kedalaman 65,90 m dan 71,45 m di titik bor SYNC X05 nomor sample 16 dan 18 terdapat banyak retakan. Retakan batuan memperlihatkan tipe pecahan kombinasi belahan aksial dan geser (*combination axial and shear*) artinya sample mengalami pecahan atau hancur dengan gabungan dua variasi pecahan yaitu pecahan geseran yang akan terbagi menjadi dua bagian.
2. Sample batupasir memiliki kedalaman 68,92 m dan 79,60 m di titik bor SYNC X05 nomor sample 17 dan 20

mengalami sedikit retakan. Retakan sample nomor 17 memperlihatkan tipe pecahan kerucut yaitu mengalami keruntuhan satu arah yang menjadi dua pecahan di bagian tengah. Sedangkan sample nomor 20 mengalami tipe pecahan arah aksial (*homogeneous shear*) yang artinya sample mengalami pecahan yang memanjang searah dengan arah beban tekan yang dikenakan pada contoh.

4. Kesimpulan

Pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS) dilakukan dengan menggunakan empat komponen utama untuk menentukan nilai kuat tekan *sample*. Pertama, *Motorized Digital Tritest* mengatur kecepatan penerapan tekanan secara konsisten. Kedua, Dial Indicator berfungsi untuk mengukur penyimpangan dan memastikan kesejajaran permukaan sampel. Ketiga, *Dial Gauge Indicator* memantau deformasi sampel selama pengujian, mencatat perubahan regangan lateral hingga terjadi keretakan. Terakhir, *Proving Ring* mengukur gaya yang diterapkan dan menentukan beban maksimum berdasarkan pembacaan dial indikator, dengan pengujian dianggap selesai ketika terjadi keretakan atau penurunan terbaca. Hasil pengujian kuat tekan pada titik bor SYNC X05 menunjukkan perbedaan puncak tegangan dan regangan antara sampel batulempung dan batupasir. Batulempung dengan nomor sampel 16 dan 18 memiliki tegangan puncak masing-masing 1081,03 kPa (regangan 0,72%) dan 1291,80 kPa (regangan 0,40%). Sedangkan batupasir dengan nomor sampel 17 dan 20 menunjukkan tegangan puncak 929,40 kPa (regangan 0,40%) dan 3340,39 kPa (regangan 0,92%). Grafik korelasi aksial dan lateral memperlihatkan perbedaan puncak yang signifikan di setiap sampel. *Sample* batulempung nomor 16 mengalami dua retakan akibat batuan tersebut tergolong kedalam batuan sangat lemah (*very weak*) dan *sample* nomor 18 mengalami tiga retakan akibat batuan tersebut tergolong kedalam batuan lemah (*weak*), menyebabkan kedua *sample* tersebut pecahan dengan tipe kombinasi aksial dan geser. Sebaliknya, *sample* batupasir nomor 17 mengalami sedikit retakan akibat batuan tersebut tergolong kedalam sangat lemah (*very weak*), mengalami pecahan satu arah atau pecahan kerucut, sementara *sample* nomor 20 mengalami dua retakan akibat batuan tersebut tergolong kedalam batuan lemah (*weak*), mengalami pecahan homogen yang memanjang searah beban tekan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak satuan kerja Laboratorium Mekanika Tanah (Eksplorasi & Geoteknik) yang telah mengizinkan penulis bergabung serta ikut dalam melakukan pengujian *sample* di beberapa bagian dan selalu memberikan dukungan moral dan

motivasi selama proses praktik kerja lapangan berlangsung, semua kontribusi dan dukungan sangat berarti bagi penulis.

6. Referensi

- Alba, A. R., & Falisa. (2019). Studi Geologi Karakteristik Batupasir Formasi Air Benakat Berdasarkan Analisis Petrografi Daerah Sukaraja dan Sekitarnya, Kecamatan Karang Jay, Kabupaten Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan. Seminar Nasional AVoER XI, 23(10), 228–234. <https://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/avoer/article/view/375/292>
- Bukit Asam. (2020). Tata Cara Kerja Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif. Tanjung Enim: Bukit Asam.
- Fadhilah, A., Ghony, M. A., & Akmal, R. (2023). Analisis Pengujian Berat Jenis Tanah Sampel Batulempung dan Batupasir Pada Nomor Titik Bor RA04 PT. Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 1(1), 19–23. <https://doi.org/10.62278/jits.v1i1.4>
- Huang, S., Xing, R., Zhou, C., Chen, Q., Hu, C., & Cao, W. (2023). The Influence of Curing Temperature on the Mechanical Properties of Cement-Reinforced Sensitive Marine Clay in Column Experiments. *Sustainability*, 15(15), 11514. <https://doi.org/10.3390/su151511514>
- Monita, A. P., Aryanto, N. C. D., & Ashari, Y. (2021). Kajian lingkungan pengendapan batubara berdasarkan analisis petrografi organik pada Formasi Muaraenim, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(3), 123–133. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol17.No3.2021.1160>
- Nata, R. A., & Sabri, A. (2020). Block Punch Index (BPI) Dan Point Load Index (PLI) Untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan Batuan Penyusun Lereng Tambang Guna Mencegah Terjadinya Longsoran Di Cv. Bara Mitra Kencana, Sawahlunto. In *Jurnal Sains dan Teknologi*, 20(1), 65–66. <https://www.academia.edu/60852974>
- Pontus, A. J., Oktaviani, R., & Trides, T. (2023). Korelasi Nilai Kuat Tekan Uniaksial Dan Modulus Elastic Berdasarkan Parameter Sifat Fisik dan Point Load Batu Gamping Di Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Penelitian Tambang*, 6(1), 38–47. <https://doi.org/10.56139/intan.v6i1.164>
- Pradana, B., Tania, D., & Hidayah, A. R. (2022). Karakteristik Dan Potensi Batulempung Rambatan Daerah Parunggalih Dan Sekitarnya Kecamatan Bodeh Kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)* 2022. <https://doi.org/10.34151/prosidingsnast.v8i1.4129>
- Purnama, A. B. (2021). Pengaruh Intrusi Terhadap Lapisan Batubara E (Keladi) Formasi Muara Enim, Sub-Cekungan Palembang Selatan, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(1), 13–25. https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/mine_rba/article/view/1096/908
- Rozani, E. M., Budi, A. S., & Sangadji, S. (2020). Kajian Tegangan-Regangan dan Kuat Tekan Hvfa Kadar 50% Memadat Sendiri Terhadap Beton Normal Dengan Kekang Telfon. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 8(1), 25–26. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i1.41515>