



KARAKTERISTIK KORELASI SIFAT FISIK TERHADAP KUAT TEKAN BATU PASIR, BATU LEMPPUNG, DAN BATU LANAU FORMASI BALIKPAPAN DAN PULAU BALANG

Achmad Jefry Yandus, Agus Winarno, Windhu Nugrho, Revia Oktaviani, Tommy Trides
Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

Email : ahmadjefry708@gmail.com, a.winarno@ft.unmul.ac.id,
windhunugroho8342@gmail.com, tommy.trides@ft.unmul.ac.id revia.oktaviani@gmail.com

Abstrak

Perusahaan pertambangan dalam mendesain lereng tambang untuk mengetahui tingkat faktor kekuatan lereng perlu dilakukan uji kuat tekan batuan. Salah satu uji dilakukan untuk mengetahui seberapa lama batuan itu mempertahankan kekuatan atau sifat elastisnya ketika diberikan tekanan dan sebagai informasi untuk mengetahui analisis faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik terhadap kuat tekan batuan dari kegiatan uji sifat fisik dan kuat tekan serta untuk dijadikan informasi/acuan bagi orang perusahaan yang ingin mendesain lereng tambang seberapa kuat ketahanan batuan pada lereng daerah yang di dominasi oleh batupasir, batulempung, dan batulanau. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan nilai kuat tekan uniaksial batu pasir, batu lanau, dan batu lempung pada dua formasi batuan yang berbeda. mengetahui nilai hidrometer batu lanau dan batulempung pada dua formasi batuan yang berbeda, serta korelasi dan pengaruh porositas, kadar air, dan densitas terhadap kuat tekan batuan pada dua formasi batuan yang berbeda. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif, dilakukan dengan melakukan perhitungan pada uji kuat tekan uniaksial untuk mendapat nilai kuat tekannya dan uji fisik sehingga didapat nilai densitas porositas dan kadar air. Berdasarkan hasil data diatas dan setelah dianalisis hubungan antara nilai porositas, densitas, dan kadar air dengan hasil uji kuat tekan uniaksialnya. Maka dapat disimpulkan yaitu semakin besar nilai densitas maka akan semakin besar pula nilai kuat tekannya, berbeda dengan nilai porositas yang semakin besar maka nilai kuat tekan akan semakin kecil.

Kata kunci: Kuat Tekan, Sifat Fisik, Densitas, Porositas, kadar air.

Abstract

Mining companies in designing mine slopes to determine the level of slope strength factor need to be tested for compressive strength of rocks. One of the tests is carried out to determine how long the rock maintains its strength or elastic properties when applied pressure and as information to find out the analysis of factors that affect the physical properties of rock compressive strength from physical properties and compressive strength test activities and to be used as information / reference for companies who want to design mining slopes how strong the resistance of rocks on the slopes of areas dominated by sandstone, claystone, and siltstone. The purpose of this study is to determine the comparison of uniaxial compressive strength values of sandstone, siltstone, and claystone in two different rock formations. Knowing the value of silt and claystone hydrometers in two different rock formations, as well as the correlation and influence of porosity, moisture content, and density on rock compressive strength in two different rock formations. This research uses quantitative and qualitative methods, carried out by calculating the uniaxial compressive strength test to obtain the compressive strength value and physical test so that the value of porosity density and moisture content is obtained. Based on the results of the data above and after analyzing the relationship between the value of porosity, density, and moisture content with the results of the uniaxial compressive strength test. So it can be concluded that the greater the density value, the greater the compressive strength value, in contrast to the greater the porosity value, the compressive strength value will be smaller..

Keywords: Compressive Strength, Physical Property Test, Density, porosity, Moisture content

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai kandungan sumber daya alam yang terdapat di bumi salah satunya adalah batuan. Massa batuan adalah kumpulan geometris dan mekanik yang kompleks yang dihasilkan

dari sejarah panjang gaya tektonik dan efek lingkungan alami lainnya (Mulyaningsih, 2018). Selain itu, sifat massa batuan dapat dipengaruhi secara signifikan oleh kegiatan rekayasa terutama peledakan (Hidayat et al., 2020).

Menurut Balfas, (2015), batuan adalah kumpulan atau agregasi alamiah dari satu atau lebih mineral, fosil, atau material lainnya yang merupakan bagian dari kerak bumi. Terdapat tiga jenis batuan yang utama berdasarkan proses dan lingkungan pembentukannya, yaitu: batuan beku (*igneous*), batuan sedimen (*sedimentary*) batuan metamorfik (*metamorphic*) (Atimi & Sartika, 2022). Siklus pembentukan batuan dimulai dari magma keluar dan membeku dan terbentuk batuan beku. Setelah batuan beku terpapar di permukaan atau dekat permukaan, maka akan terjadi proses pelapukan dari hasilnya yang berupa material lapuk akan tertransport dan diendapkan atau mengalami sedimentasi sehingga hasil akhirnya disebut sedimen (Zikri, 2021).

Menurut Rai et al.,(2014) uji tekan dilakukan untuk mengukur kuat tekan uniaksial (Unconfined Comprehensive Strength Test – UCS Test) dari sebuah contoh batuan berbentuk silinder dalam satu arah (uniaksial). Tujuan utama uji ini berupa beberapa informasi, seperti kurva tegangan, regangan kuat tekan uniaksial, modulus elastisitas, dan nisbah poisson. Kuat tekan uniaksial digunakan untuk memilih metode pemberaian batuan pada kegiatan penambangan baik sistem tambang terbuka maupun bawah tanah apakah menggunakan metode peledakan atau menggunakan alat mekanis (Tamanak et al., 2020). Data bobot isi batuan diperlukan untuk perancangan jenis dan jumlah alat-alat mekanis dalam penggalian dan penanganan batuan. Data bobot isi batuan diperlukan untuk perancangan jenis dan jumlah alat-alat mekanis dalam penggalian dan penanganan batuan. Sedangkan data porositas, kandungan air, dan derajat kejenuhan diperlukan untuk memodelkan dan mengidentifikasi permasalahan geohidrologi tambang (Melati, 2019). Kuat tekan dan sifat fisik sendiri secara bersamaan berkaitan erat dengan kestabilan geoteknik lereng tambang terbuka dan lubang galian tambang bawah tanah. Sifat fisik batuan, diantaranya densitas, kadar air, derajat kejenuhan porositas serta Modulus Young dan Rasio Poisson yang diperoleh dari uji kuat tekan uniaksial merupakan masukan dasar untuk pemodelan geomekanik dan desain teknik geologi. Semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan maka porositas akan semakin menurun dan densitas semakin meningkat (Wahyuni & Mahyudin, 2019).

Penelitian sebelumnya menurut Muhammad & Kopa, (2021), menurunnya persentase porositas disebabkan karena ukuran butir semakin kecil sehingga peluang untuk mengisi ruang antar butir menjadi semakin besar dan material menjadi semakin padat sehingga lebih kuat menahan tekanan. Berdasarkan pernyataan diatas, bila ukuran butir semakin kecil sehingga membuat rongga atau pori material menjadi padat, maka bobot isi atau densitas akan meningkat dan pada volume yang sama dihasilkan nilai densitas yang lebih besar, yang di uji pada batuan pasir dan lempung.

Penelitian menurut Winonazada et al., (2020) ini adalah nilai kuat tekan uniaksial pada batu gamping mengalami penurunan saat kadar air asli dan derajat kejenuhannya meningkat dan hasil regresi linier menunjukkan korelasi yang sangat kuat; semakin tinggi kadar air asli semakin tinggi derajat kejenuhan namun berdasarkan nilai koefisien determinasi, hubungan kadar air dan derajat kejenuhan tidak menunjukkan korelasi yang kuat.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengkaji hubungan antar parameter sifat fisik mencakup densitas, kadar air, dan porositas. Kemudian dikaji pula hubungan antara parameter sifat fisik dengan kuat tekan uniaksialnya. Batulempung, batulanau, dan batupasir sebagai salah satu batuan sedimen dipilih untuk mewakili batu yang bersifat plastis. Ketiga sampel batuan itu dipilih karena memiliki

ukuran butir yang berbeda yang nantinya akan dapat dilihat apakah ada pengaruh hubungan antara parameter sifat fisik terhadap nilai kuat tekan batuan yang digunakan berdasarkan hasil regresi linier. Adapun lokasi penelitian akan dilakukan pada dua formasi yang berbeda yaitu pada Formasi X dan Formasi Y. Sampel batuan yang digunakan adalah batupasir batulanau, dan batulempung.

METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel terdapat 6 lokasi. Lokasi pertama dilakukan pada lokasi penambangan batupasir tradisional milik warga setempat. Lokasi tersebut berada pada jalur Samarinda Tenggara jalur 2 Jalan Suryanata Bukit Pinang, Lokasi penelitian kedua dilakukan pada lokasi penambangan batulempung di Perusahaan PT RPP Contractors Indonesia Kecamatan Sebulu, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, lokasi penelitian ketiga dilakukan pada lereng batupasir dan batu lempung di Kadrie Oening Stikes, lokasi penelitian keempat dilakukan pada lokasi lereng batulanau di Kadrie Oening SMA 1, Lokasi penelitian kelima dilakukan pada lokasi lereng batulanau di Bukit Lonceng Jembatan Mahkota.

Pada penelitian ini penulis melakukan dengan menggunakan metode kuantitatif, rancangan kegiatan dengan membuat kerangka pikiran atau diagram alir sehingga memudahkan pada saat penelitian, untuk objek pada penelitian ini adalah mengkorelasikan nilai kuat tekan batuan dan sifat fisik batuan, untuk alat dan bahan utama yaitu peneliti menggunakan kompas, palu geologi, gps, aluminium foil, handphone untuk dokumentasi lapangan, alat tulis untuk mencatat data yang diambil dan laptop untuk mengolah data (Abdullah, 2015). Pengumpulan data dilakukan secara observasi lapangan yaitu peneliti langsung turun kelapangan melakukan pengambilan data setelah itu sampel dibawa ke laboratorium universitas mulawarman untuk dilakukan pengujian sifat mekanik berupa kuat tekan dan sifat fisik dengan parameter sifat fisik yaitu porositas, densitas dan kadar air. Lalu dianalisis data pengaruh hubungan porositas, kadar dan densitas pada kuat tekan batuan (Abdillah et al., 2021).

Kemudian ditarik kesimpulannya, dan teknik analisis di lapangan yang saya lakukan ialah mempelajari fenomena yang terjadi dalam lingkungan yang alamiah. Untuk itu data primernya adalah data yang berasal dari lapangan (Bungin & Sos, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi penelitian mengenai sifat fisik dan sifat mekanik pada suatu batuan memiliki keterkaitan yang dimana saling mempengaruhi. Uji sifat fisik sendiri salah satunya memberikan nilai porositas dan uji sifat mekanik memberikan nilai kuat tekannya. Dimana nilai porositas, kadar air, dan densitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sidiq & Apriliyanti, 2018):

$$\text{Porositas} = \frac{W_w - W_0}{W_w - W_s} \times 100\% \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Kadar air} = \frac{W_0}{\frac{W_0 - W_s}{\text{Bobot Isi Air}}} \dots\dots\dots 2$$

$$\text{Denitas} = \frac{W_n}{W_w - W_s} \times 2 \dots\dots\dots 3$$

Dan nilai kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma C = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 4$$

Adapun hasil laboratorium dan perhitungan yang didapat sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik

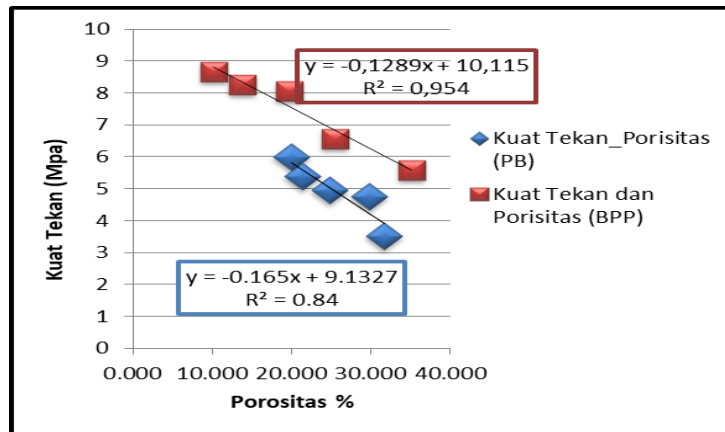
Kode sampel	Formasi Balikpapan			Formasi Pulau Balang		
	Porositas (%)	Densitas (gr/cm ³)	Kadar air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm ³)	Kadar air (%)
SS	35,092	1,588	6,977	31,680	1,653	10,333
	25,543	1,715	5,705	29,863	1,685	9,593
	19,688	2,044	5,199	24,862	1,699	6,667
	13,758	2,205	5,327	21,429	2,049	6,181
	10,219	2,434	4,545	20,070	2,225	5,538
CS	19,293	1,781	5,524	30,225	1,685	7,061
	17,363	1,817	4,244	25,994	1,609	4,943
	16,993	1,876	3,423	24,398	1,581	4,381
	13,514	1,949	3,405	21,038	1,571	3,826
	11,258	1,927	1,042	19,363	1,554	3,584
SL	27,548	1,584	8,348	32,853	1,671	16,466
	24,862	1,613	5,479	31,653	1,639	14,481
	22,923	1,728	4,809	31,746	1,905	12,150
	18,211	1,955	3,105	27,358	1,934	10,612
	15,823	2,079	1,979	25,490	2,072	10,069

Tabel 2. Data Uji Kuat Tekan Uniaksial Batuan

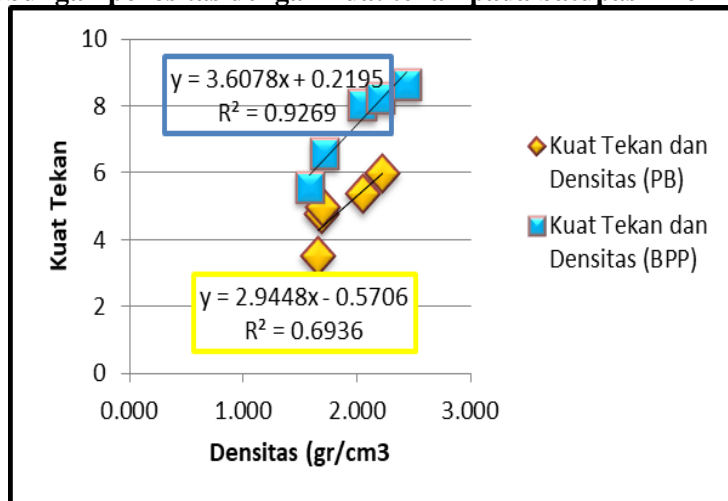
Jenis Material	Kuat Tekan (Mpa)	
	Formasi Balikpapan	Fomasi Pulaubalang
Batupasir	5.57	3.51
	6.57	4.75
	8.05	4.95
	8.26	5.37
	8.67	5.99
Batulempung	1.86	1.45
	2.06	1.65
	2.89	1.65
	2.89	1.86
	3.31	2.06
Batulanau	4.34	1.85
	4.95	1.85
	5.57	2.06

Jenis Material	Kuat Tekan (Mpa)	
	Formasi Balikpapan	Formasi Pulaubalang
	6.19	2.27
	7.84	2.47

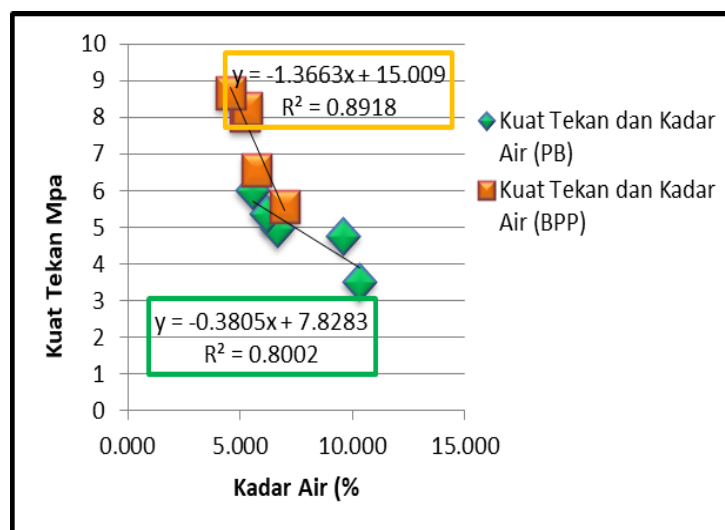
Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik (uji kuat tekan uniaksial) (Tabel 1 dan 2) yang telah dilakukan pada contoh batuan pada laboratorium, didapatkannya data uji laboratorium yang dimana diketahui masing-masing nilai porositas dan nilai kuat tekan pada setiap contoh batuan. Nilai porositas yang didapatkan dari setiap batupasir pada Formasi Balikpapan yaitu 10,21%-35,09%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai porositas 20,07%-31,68. Nilai densitas yang didapatkan dari setiap batupasir pada Formasi Balikpapan yaitu 1,58 gr/cm³- 2,43 gr/cm³, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai densitas 1,65 gr/cm³-2,22 gr/cm³. Nilai kadar air yang didapatkan dari setiap batu pasir pada Formasi Balikpapan yaitu 4,54%-6,97%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai kadar air 5,53%-10,33%. Nilai porositas yang didapatkan dari setiap batulempung pada Formasi Balikpapan yaitu 11,25%-19,29%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai porositas 19,36%-30,22. Nilai densitas yang didapatkan dari setiap batulempung pada Formasi Balikpapan yaitu 1,78 gr/cm³- 1,92 gr/cm³, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai densitas 1,55 gr/cm³-1,68 gr/cm³. Nilai kadar air yang didapatkan dari setiap batulempung pada Formasi Balikpapan yaitu 1,04%-5,52%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai kadar air 3,08%-7,56%. Nilai porositas yang didapatkan dari setiap batulanau pada Formasi Balikpapan yaitu 15,82%-27,54%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai porositas 25,49%-32,85. Nilai densitas yang didapatkan dari setiap batulanau pada Formasi Balikpapan yaitu 1,58 gr/cm³- 2,07 gr/cm³, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai densitas 1,67 gr/cm³-2,07 gr/cm³. Nilai kadar air yang didapatkan dari setiap batulanau pada Formasi Balikpapan yaitu 1,97%-8,34%, untuk Formasi Pulaubalang memiliki nilai kadar air 10,06%-16,46%. Hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan di laboratorium maka diperoleh nilai kuat tekan yang bervariasi, nilai failure atau besarnya gaya untuk menekan batuan hingga mengalami retakan, kuat tekan dapat dilihat hasil UCS pada Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan batupasir lebih besar dari kuat tekan batulempung dan batu lanau, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh sifat fisik batuan sendiri diantaranya kehadiran air atau kadar air, porositas. Untuk sampel berdimensi 2L dari batupasir Formasi Balikpapan memiliki nilai kuat tekan diantara 5,57 Mpa – 8,67 Mpa, Untuk batupasir Formasi Pulau Balang memiliki nilai kuat tekan diantara 3,51 Mpa – 5,99 Mpa. Kemudian untuk batulempung Formasi Balikpapan didapatkan nilai kuat tekan diantara 1,86 Mpa – 3,31 Mpa, untuk batulempung Formasi Pulau Balang memiliki nilai kuat tekan antara 1,45Mpa – 2,06 Mpa. Kemudian untuk batulanau Formasi Balikpapan didapatkan nilai kuat tekan diantara 4,34 Mpa – 7,84 Mpa, untuk batulempung Formasi Pulau Balang memiliki nilai kuat tekan antara 1,86 Mpa – 2,44 Mpa.



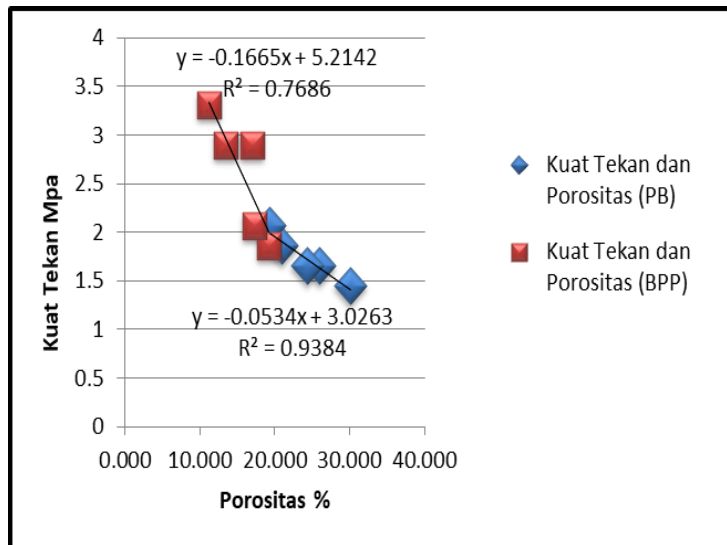
Gambar 1 Hubungan porositas dengan kuat tekan pada batupasir Formasi Balikpapan



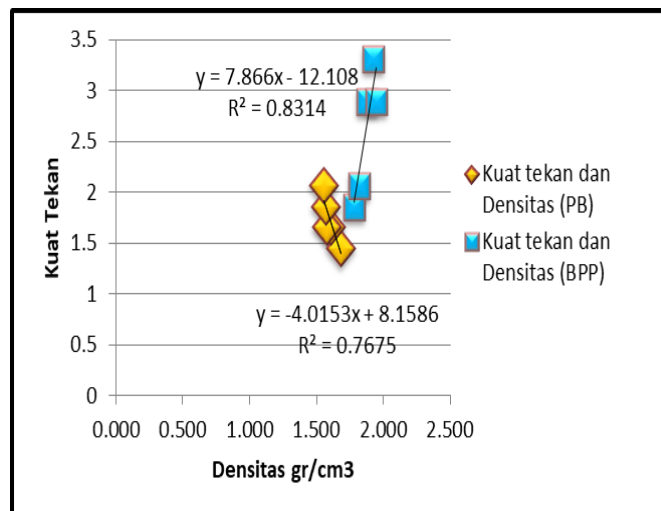
Gambar 2 Hubungan densitas dengan kuat tekan pada batupasir Formasi Balikpapan



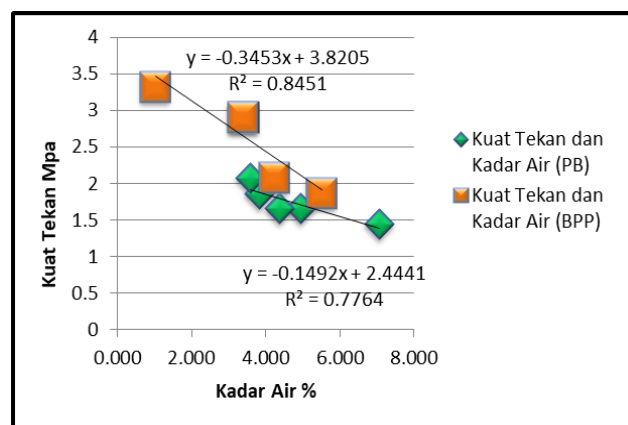
Gambar 3 Hubungan kadar air dengan kuat tekan pada batupasir Formasi Balikpapan



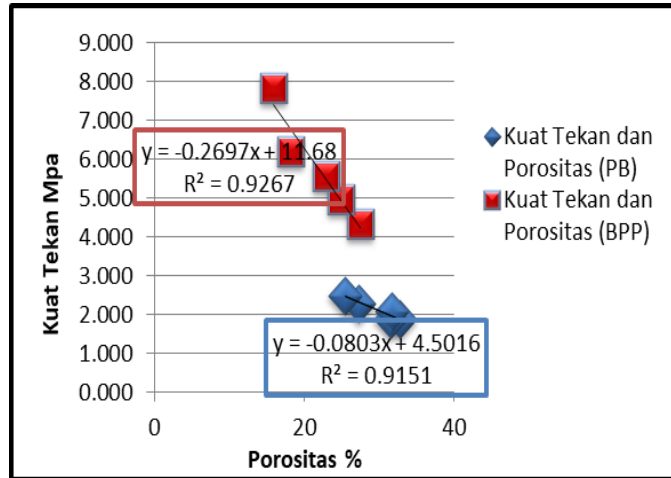
Gambar 4 Hubungan densitas dengan kuat tekan pada batulempung Formasi Balikpapan



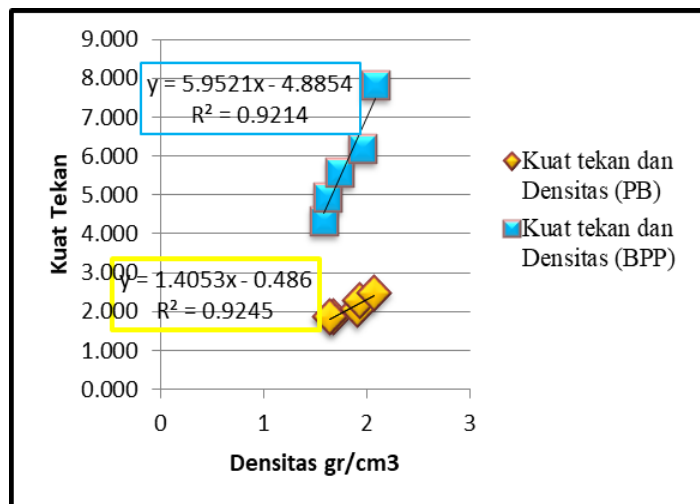
Gambar 5 Hubungan densitas dengan kuat tekan pada batulempung Formasi Balikpapan



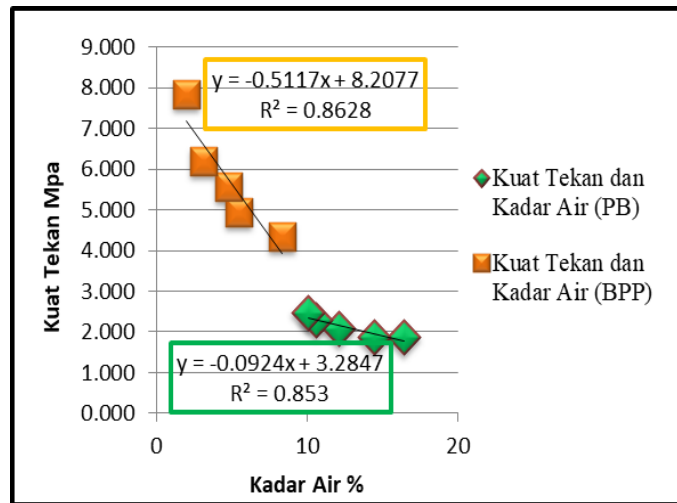
Gambar 6 Hubungan kadar air dengan kuat tekan pada batulempung Formasi Balikpapan



Gambar 7 Hubungan porositas terhadap Kuat Tekan pada batulanau Formasi Pulau Balang



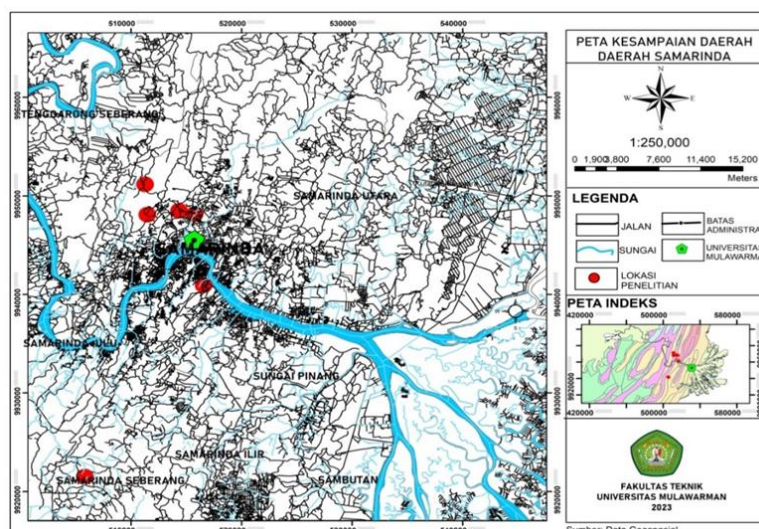
Gambar 8 Hubungan densitas terhadap Kuat Tekan pada batulanau Formasi Pulau Balang



Gambar 9 Hubungan kadar air terhadap Kuat Tekan pada batulanau Formasi Pulau Balang

Dapat dilihat pada Grafik 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan grafik 9 melalui uji sifat fisik dan kuat tekan uniaksial hubungan porositas, kadar air dan densitas dengan kuat tekan, didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan maka porositas akan semakin menurun, kadar air akan semakin menurun dan densitas semakin meningkat. Pada grafik porositas dan kadar air menunjukkan garis menurun, semakin besar porositas dan kadar air yang terkandung, maka akan semakin berkurang kekuatan batuan. Menurunnya nilai persentase porositas disebabkan karena ukuran butir semakin kecil sehingga peluang untuk mengisi ruang antar butir menjadi semakin besar dan material menjadi semakin padat sehingga lebih kuat menahan tekanan.

Untuk densitas sendiri, berdasarkan pernyataan diatas, bila ukuran butir semakin kecil, membuat rongga atau porositas material menjadi padat, maka bobot isi batuan atau densitas batuan akan meningkat, sehingga pada volume yang sama dihasilkan nilai density yang lebih besar.



Gambar 10 Lokasi



Gambar 11 Singkapan batuan : (a) sandstone, (b) Claystone dan (c) Siltstone

Tabel 3. Data Analisis Kuat Tekan Uniaksial

Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)	Modulus Secant (Mpa)	Modulus Tangent (Mpa)	Modulus Average (Mpa)
BPP_SS_A1	4,2	8,4	5,140	3,716	1,420	2,480	3,170
BPP_SS_A2	4,2	8,4	7,710	5,574	6,790	6,240	5,050
BPP_SS_A3	4,2	8,4	11,140	8,050	7,590	5,660	15,520
BPP_SS_A4	4,2	8,4	11,420	8,257	6,350	6,450	8,880
BPP_SS_A5	4,2	8,4	11,990	8,670	6,770	6,450	8,420
BPP_CS_A1	4,2	8,4	2,570	1,858	0,630	0,690	0,590
BPP_CS_A2	4,2	8,4	3,570	2,064	1,290	0,740	1,160
BPP_CS_A3	4,2	8,4	3,990	2,890	1,640	4,340	1,550
BPP_CS_A4	4,2	8,4	3,990	2,890	1,200	1,350	1,430
BPP_CS_A5	4,2	8,4	4,571	3,302	1,150	1,450	1,100
BPP_SL_A1	4,2	8,4	6,000	4,335	3,375	2,063	3,571
BPP_SL_A2	4,2	8,4	6,857	4,954	4,228	3,981	2,513
BPP_SL_A3	4,2	8,4	7,714	5,574	3,481	3,250	2,920
BPP_SL_A4	4,2	8,4	8,571	6,193	4,421	3,286	4,029
BPP_SL_A5	4,2	8,4	10,857	7,844	4,432	4,500	5,990
PB_SS_A1	4,2	8,4	4,857	3,509	2,917	2,792	3,536
PB_SS_A2	4,2	8,4	6,565	4,748	4,345	2,115	3,657
PB_SS_A3	4,2	8,4	6,857	4,954	4,500	3,854	4,711
PB_SS_A4	4,2	8,4	7,543	5,367	3,252	3,145	2,782
PB_SS_A5	4,2	8,4	8,285	5,986	3,000	4,811	7,021
PB_CS_A1	4,2	8,4	1,990	1,445	0,722	0,757	0,521
PB_CS_A2	4,2	8,4	2,286	1,651	0,598	0,815	0,601

Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)	Modulus Secant (Mpa)	Modulus Tangent (Mpa)	Modulus Average (Mpa)
PB_CS_A3	4,2	8,4	2,286	1,651	0,458	0,439	0,344
PB_CS_A4	4,2	8,4	2,571	1,858	0,514	0,513	0,521
PB_CS_A5	4,2	8,4	2,857	2,064	0,399	0,450	0,327
PB_SL_A1	4,2	8,4	2,571	1,858	0,411	0,447	0,593
PB_SL_A2	4,2	8,4	2,571	1,858	0,567	0,544	0,814
PB_SL_A3	4,2	8,4	2,857	2,064	0,873	0,847	0,764
PB_SL_A4	4,2	8,4	3,143	2,271	0,355	0,295	0,668
PB_SL_A5	4,2	8,4	3,428	2,477	0,855	0,771	1,115

Tabel 4. Data Analisis Sifat Fisik Batuan

Jenis Material	Formasi Balikpapan			Formasi Pulau Balang			
	Porositas (%)	Densitas (gr/cm ³)	Kadar air (%)	Porositas (%)	Densitas (gr/cm ³)	Kadar air (%)	
Dimensi (2L)	35,092	1,588	6,977	31,680	1,653	10,333	
	25,543	1,715	5,705	29,863	1,685	9,593	
	BatuPasir	19,688	2,044	5,199	24,862	1,699	6,667
		13,758	2,205	5,327	21,429	2,049	6,181
		10,219	2,434	4,545	20,070	2,225	5,538
BatuLempung	19,293	1,781	5,524	30,225	1,685	7,061	
	17,363	1,817	4,244	25,994	1,609	4,943	
	16,993	1,876	3,423	24,398	1,581	4,381	
	13,514	1,949	3,405	21,038	1,571	3,826	
	11,258	1,927	1,042	19,363	1,554	3,584	
BatuLanau	27,548	1,584	8,348	32,853	1,671	16,466	
	24,862	1,613	5,479	31,653	1,639	14,481	
	22,923	1,728	4,809	31,746	1,905	12,150	
	18,211	1,955	3,105	27,358	1,934	10,612	
	15,823	2,079	1,979	25,490	2,072	10,069	

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa Nilai peak vector sum (pvs) yang dihasilkan pada bulan Desember 2022 yaitu 1,57 mm/s dengan jarak terdekat yaitu 785 meter dan pada bulan Januari 2023 yaitu 4,21 mm/s dengan jarak 500 meter. Nilai peak vector sum (pvs) ini masih aman, karena masih di bawah 5,0 mm/s, Kondisi bangunan yang ada pada area kritis berupa tempat penampungan solar (Fuel oilII) dan Laboratorium PT. Indominco Mandiri terbilang aman dan tidak terjadi kerusakan pada bangunan tersebut. Apabila nilai peak vector sum (pvs) melebihi rencana (plan) yaitu diatas 5,0 mm/s maka getaran yang dihasilkan besar dan penggunaan bahan peledak lebih banyak. Tetapi Jumlah bahan peledak yang di gunakan pada lubang ledak bulan Desember 2022 adalah sebesar 507 kg dan Januari 2023 sebesar 2.006 kg, jadi penggunaan bahan peledak maksimal pada lubang ledak secara keseluruhan yaitu sebesar 2.513 kg dan menghasilkan getaran yang di inginkan dan sesuai SNI 7571: 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, L. A., Sufyati, H. S., Muniarty, P., Nanda, I., Retnandari, S. D., Wulandari, W., Prasetyo, A. H., Sinambela, S., Mansur, M., & Aulia, T. Z. (2021). *Metode Penelitian Dan Analisis Data Comprehensive (Vol. 1)*. Penerbit Insania.
- Abdullah, M. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Aswaja Pressindo.
- Atimi, R. L., & Sartika, S. (2022). Implementasi Forward Chaining Method Untuk Analisis Klasifikasi Mineralogi Batuan Beku. *Jepin (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika)*, 8(1), 80–86.
- Balfas, M. D. (2015). *Geologi Untuk Pertambangan Umum*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Bungin, P. D. H. M. B., & Sos, S. (2021). *Metodologi Penelitian Kuantitatif*.
- Hidayat, R., Cahyadi, T. A., Winarno, E., Saptono, S., & Koesnaryo, S. (2020). Teknik Artificial Intelligent Dalam Prediksi Ground Vibration Pada Peledakan. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi Xv Tahun 2020 (Retii)*, 187–193.
- Melati, S. (2019). Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik Dan Kuat Tekan Uniaksial Pada Contoh Batulempung, Andesit, Dan Beton. *Jurnal Geosapta*, 5(2), 133.
- Muhammad, F., & Kopa, R. (2021). Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis Blastability Index Dengan Perhitungan Rl Ash Combine Vertical Energy Distribution (Ved) Pada Penambangan Batu Kapur Di Area 15.15 Pt Semen Padang Bukit Karang Putih Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang. *Bina Tambang*, 6(4), 112–120.
- Mulyaningsih, S. (2018). *Pengantar Geologi Lingkungan*. Akprind Press.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika Batuan*. Bandung: Penerbit Itb, 19–20.
- Sidiq, H. B. H. F., & Apriliyanti, I. P. (2018). Evaluasi Sifat Fisik Dan Uji Iritasi Gel Ekstrak Kulit Buah Pisang (*Musa Acuminata Colla*). *Jcps (Journal Of Current Pharmaceutical Sciences)*, 2(1), 131–135.
- Tamanak, M. A., Berhиту, T., Ode, D. G., & Cahyono, Y. D. G. (2020). Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Andesit. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (Semitan)*, 2(1), 599–604.
- Wahyuni, D., & Mahyudin, A. (2019). Pengaruh Penambahan Aluminium Pasta Dengan Sikacim Concrete Additive Atau Katalis Mekpo Terhadap Sifat Fisis Papan Beton Ringan Berserat Sabut Kelapa. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2), 191–197.
- Winonazada, R., Irwan, A. G., & Rezky, D. M. (2020). Analisis Pengaruh Kadar Air Dan Derajat Kejenuhan Terhadap Perbedaan Nilai Kuat Tekan Uniaksial Pada Batugamping, Pantai Ngrumput, Yogyakarta. *Proceedings Of National Colloquium Research And Community*

Service, 4.
Zikri, K. (2021). Pengantar Geologi Umum Untuk Mahasiswa Geografi.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)