



Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



ANALISA HUBUNGAN ANTARA DATA KUAT TEKAN BATUAN METODE *UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH* (UCS) DAN METODE *POINT LOAD TEST* PADA MATERIAL GALIAN BATU PROYEK BENDUNGAN TIGA DIHAJI, KAB. OKU SELATAN

DODDY MEIDIANSYAH¹, ALEKSANDER PURBA², dan TRISYA SEPTIANA³

¹Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII Jalan Soekarno Hatta No.869, Kecamatan Alang-Alang Lebar, Kota Palembang

^{2,3}Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro Nomor 1 Bandar Lampung.

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Masuk 10 Agustus 2023

Diterima 10 September 2023

Kata kunci:

Bendungan

Kuat Tekan

Point Load Test

UCS

Kuat tekan pada batuan adalah kemampuan batuan dalam menerima beban atau tekanan hingga mengalami keruntuhan. Batuan yang digunakan sebagai bahan timbunan Bendungan Tiga Dihaji, Kab. OKU Selatan memiliki spesifikasi teknis, salah satunya adalah kuat tekan batuan. Kuat tekan dari suatu batuan diketahui dengan melakukan pengujian di Laboratorium dengan metode *Unconfined Compressive Strength* (UCS). Pengujian ini dilakukan dengan menekan sampel batuan berbentuk silinder dengan dimensi tertentu hingga sampel mengalami keruntuhan (retak/hancur). Untuk sampel yang tidak memenuhi syarat pengujian (bentuk), maka dapat dilakukan pengujian dengan metode *Point Load Test* dengan sampel berbentuk apapun baik silinder, kubus, maupun tidak beraturan. Untuk melakukan konversi data dari index strength menjadi kuat tekan, perlu dilakukan analisa dari data UCS dan *Point Load Test* untuk memperoleh korelasi dan konversi dari hubungan kedua data.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *sampling* material dengan 4 (empat) jenis batuan yaitu batupasir, batulempung, breksi, dan tuff, serta pengujian di Laboratorium dengan metode *Point Load Test* dan UCS. Selanjutnya pengolahan data dilakukan dengan metode kuantitatif berupa analisa regresi menggunakan *Software Microsoft Excel*.

Data yang diperoleh dari hasil uji kedua metode kuat tekan yaitu *point load test* dan UCS, kemudian dilakukan plotting data di dalam grafik dengan variabel x berupa indeks *Point Load* (I_s) dalam MPa, dan variabel y berupa nilai hasil kuat tekan batuan dari metode UCS. Dengan *Software Microsoft Excel*, kemudian dilakukan pengolahan data pada menu analisa regresi. Dari hasil ini diperoleh beberapa nilai yaitu Multiple R (korelasi data), Adjusted R Square (koefisien determinasi), dan Persamaan Regresi.

Hasil analisa regresi yang diperoleh yaitu hubungan antara Indeks *Point Load* (I_s) dengan data nilai hasil uji UCS, memiliki korelasi data $>0,8$ yang diartikan bahwa kedua metode ini memiliki hubungan yang kuat. Koefisien Determinasi dari kedua data ini menunjukkan nilai $> 80 \%$ yang berarti bahwa nilai I_s mempengaruhi 80% nilai kuat tekan hasil UCS. Hasil akhir yang diperoleh dari analisa regresi yaitu persamaan regresi pada masing-masing jenis batuan yaitu $y(\text{batupasir}) = 4,315x + 20,011$; $y(\text{breksi}) = 33,35x - 154,058$; $y(\text{tuff}) = 9,368x + 6,069$, dan $y(\text{batupasir perselingan batulempung}) = 18,922x - 24,220$. Dimana nilai x merupakan nilai I_s material dan nilai y merupakan kuat tekan batuan.

Dari hasil analisa ini, diharapkan nantinya pengujian material selama proses produksi quarry dan penimbunan lebih efisien. Material yang diperoleh dapat dimana material cukup diuji dengan metode *Point Load Test*. Selain itu, peralatan untuk uji point load lebih mudah untuk digunakan langsung di lapangan.

*Penulis korespondensi.

E-mail: doddymeidiansyah@pu.go.id

1. Pendahuluan

1.2. Latar Belakang

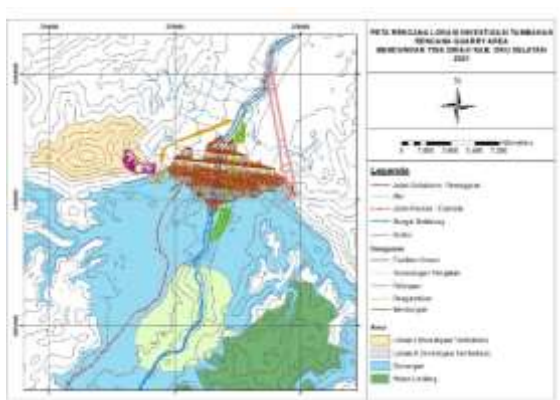
Kuat tekan pada batuan adalah kemampuan batuan dalam menerima beban atau tekanan hingga mengalami keruntuhan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan suatu batuan yaitu jenis batuan, komposisi mineral, tekstur batuan, proses pembentukan (petrogenesa) dan faktor eksternal seperti gangguan struktur dan juga pelapukan. Batuan yang digunakan sebagai bahan timbunan Bendungan Tiga Dihaji, Kab. OKU Selatan memiliki spesifikasi teknis, salah satunya adalah kuat tekan batuan. Dimana batuan yang memenuhi spesifikasi tersebut yaitu batuan dengan kuat tekan >25 MPa untuk material Zona 3a (Rockfill) dan batuan dengan kuat tekan 15-25 MPa untuk material Zona 3b (Transisi).

Kuat tekan dari suatu batuan diketahui dengan melakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Batuan. Pengujian yang umum dilakukan adalah *Unconfined Compressive Strength* (UCS). Pengujian ini dilakukan dengan menekan sampel batuan berbentuk silinder dengan dimensi tertentu hingga sampel mengalami keruntuhan (retak/hancur). Dari pengujian ini akan terbaca kekuatan yang diberikan ke sampel yang merupakan kuat tekan dari sampel tersebut (dengan koreksi rumus). Namun, pengujian ini hanya dapat dilakukan dengan sampel yang dibentuk silinder dan memiliki dimensi tertentu. Untuk sampel yang tidak memenuhi syarat pengujian, maka dapat dilakukan pengujian dengan metode *Point Load Test*.

Pengujian yang dilakukan dengan metode *Point Load Test* dapat dilakukan dengan sampel berbentuk apapun baik silinder, kubus, maupun tidak beraturan. Dari pengujian ini diperoleh hasil berupa Index Strength (Is). Untuk melakukan konversi data dari index strength menjadi kuat tekan, pasarlakukan analisa dari data UCS dan *Point Load Test* agar validasi data semakin baik. Analisa ini dapat dilakukan dengan menguji sampel dari batuan yang sama yang kemudian dianalisa dalam grafik.

1.3. Lokasi Pekerjaan

Sampel yang diambil dalam pengujian ini yaitu sampel batuan hasil galian tapak Bendungan Tiga Dihaji (Gambar 1.1). Sampel yang diambil terdiri dari 4 (empat) jenis sampel batuan, yaitu batupasir, batulempung, breksi, dan tuff. Sampel batupasir, batulempung, dan breksi diambil dari STA 0+050 sampai 0+075. Sedangkan sampel Tuff diambil dari STA 0+425.



Tabel 1.1 Peta Area Bendungan Tiga Dihaji, Kab. OKU Selatan

1.4. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari analisa ini yaitu untuk mengetahui hubungan antara hasil uji *point load* dengan hasil uji kuat tekan dengan metode *unconfined compressive strength* (UCS). Dimana tujuan dari analisa ini yaitu adalah untuk memperoleh nilai konversi data dari hasil uji *point load*.

2. Metodologi

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam pelaksanaan ini terdiri dari 2 (dua) tahap yaitu:

a. Sampling Material

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan jenis batuan penyusun area Bendungan Tiga Dihaji

b. Pengujian material

Sampel yang diambil, kemudian diujikan di Laboratorium mekanika batuan Bendungan Tiga Dihaji dengan metode *Point Load Test* (sampel block) dan Metode UCS (Sampel Silinder). Dari

Pengolahan data hasil uji dilakukan dengan metode analisa Regresi menggunakan *Software Microsoft Excel*.

Persiapan Sampel

Data yang digunakan untuk analisa merupakan hasil pengujian dari suatu batuan yang diujikan dengan metode UCS dan *Point Load Test*. Sampel yang digunakan harus sama antar pengujian. Pengambilan sampel dilakukan pada 17 Desember 2022 dan preparasi sampel dilakukan pada tanggal 17-19 Desember 2022. Dalam pengujiannya, sampel yang digunakan yaitu:

1) Jenis Sampel

Sampel yang diujikan terdiri dari 4 (empat) jenis sampel sesuai dengan batuan penyusun lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Tiga Dihaji, Kab. OKU Selatan yaitu batu pasir (Tapak Bendungan Kanan), batu pasir perselingan batu lempung (Tapak Bendungan Kiri), Breksi (Tapak Bendungan Kiri), dan Tuff (Tapak Bendungan Kanan).

2) Jumlah dan Dimensi Sampel

Jumlah sampel yang diujikan sebanyak 10 (sepuluh) spesimen untuk tiap sampel dan tiap metode. Sampel untuk pengujian UCS merupakan silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10 cm. Sedangkan untuk *Point Load Test*, sampel berbentuk block dengan ukuran $0.3 W < D < W$. Ketentuan jumlah sampel dan bentuk sampel *Point Load Test* mengacu pada ASTM D5731-16 (*Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications*).

Pelaksanaan Pengujian

Sampel yang telah disiapkan kemudian diujikan dengan masing-masing metode yaitu *Unconfined Compressive Strength* (UCS) untuk sampel silinder, dan *Point Load Test* untuk sampel Block. Pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan pada sampel hingga mengalami keruntuhan (retak/hancur). Pembacaan tekanan pada dial alat uji kemudian didokumentasikan dalam bentuk gambar (foto) dan tulisan (form pengujian). Pengujian ini dilakukan pada 19-20 Desember 2022.

Pengolahan Data

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam proses pengolahan data, yaitu:

- Perhitungan hasil pengujian di Laboratorium

Data yang diperoleh dari hasil pengujian *Unconfined Compressive Test* (UCS) kemudian diolah menjadi nilai kuat tekan dengan ketentuan (rumus) sesuai dengan ASTM D2938 (*Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens*) dengan satuan MPa. Sedangkan data hasil pengujian *Point Load Test* kemudian diolah menjadi data *Index Strength* dengan satuan MPa sesuai ASTM D5731-16 (*Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications*).

- Analisa Data
 - Hasil dari perhitungan di laboratorium kemudian diolah dalam 2 (dua) tahap, yaitu penggambaran grafik dan analisa regresi. Pengolahan ini dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*.
 - i. Hasil pengolahan data selanjutnya yaitu membuat grafik (x,y) dengan data pada sumbu absis (x) berupa data *Index Strength*, dan data pada sumbu ordinat (y) berupa data kuat tekan UCS. Setelah semua data digambarkan dalam grafik, kemudian digambarkan trendline dari data tersebut.
 - ii. Langkah selanjutnya dilakukan analisa regresi dengan *software Microsoft Excel* yang nantinya akan muncul *Summary Output* yang akan dibaca hasilnya.

Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, maka kemudian data tersebut disandingkan sesuai dengan jenis sampel yang diujikan (Tabel 1. Untuk Batupasir, Tabel 2. Untuk Breksi, Tabel 3 untuk Tuff, dan Tabel 4 untuk Batupasir perselingan Batulempung). Selanjutnya setiap data pada masing-masing jenis sampel digambarkan dalam bentuk grafik dimana pada sumbu absis (x) merupakan nilai *Point Load Index* hasil koreksi diameter 50 mm (Is50) dengan satuan MPa, dan pada sumbu ordinat (y) merupakan nilai hasil pengujian *Unconfined Compressive Strength* (σ_c) dengan satuan MPa (Gambar 1. untuk Batupasir, Gambar 2. untuk Breksi, Gambar 3. untuk Tuff, dan Gambar 4. Untuk Batupasir perselingan Batulempung). Dari masing-masing grafik kemudian di gambarkan *trendline* dari seluruh data.

Tabel 1. Hasil Uji PLI dan UCS pada Batupasir

No	Jenis Batuan	Is50	σ_c (Mpa)
		(mpa)	
1	Batupasir	6,12	43,41
2		4,69	41,43
3		4,65	40,51
4		4,19	39,85
5		3,10	37,2
6		2,92	34,8
7		2,86	33,48
8		2,66	30,17
9		2,44	27,41
10		2,19	26,45

Tabel 2. Hasil Uji PLI dan UCS pada Breksi

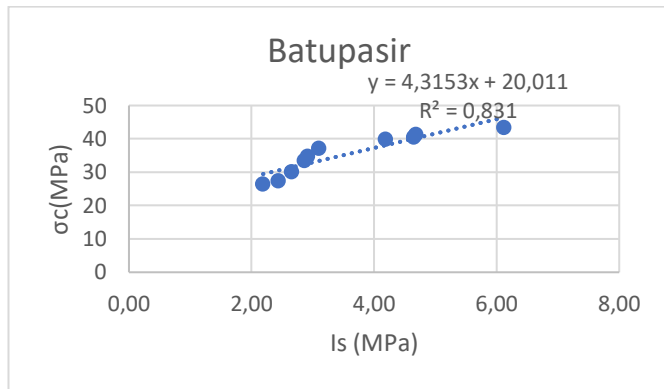
No	Jenis Batuan	Is50	σ_c (Mpa)
		(mpa)	
1	BREKSI	6,88	73,68
2		6,46	58,8
3		6,02	55,59
4		5,97	55,44
5		5,92	46,68
6		5,84	38,83
7		5,77	26,55
8		5,51	24,76
9		5,45	22,73
10		5,01	18,24

Tabel 3. Hasil Uji PLI dan UCS pada Tuff

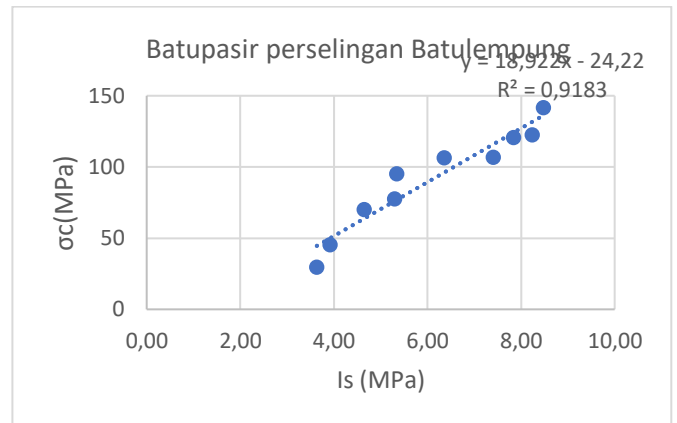
No	Jenis Batuan	Is50	σ_c (Mpa)
		(mpa)	
1	TUFF	1,03	15,85
2		1,02	15,44
3		1,01	15,34
4		0,98	14,52
5		0,80	14,37
6		0,79	13,3
7		0,53	12,54
8		0,49	11,82
9		0,44	8,76
10		0,36	8,46

Tabel 4. Hasil Uji PLI dan UCS pada Batupasir Perselingan Batulempung

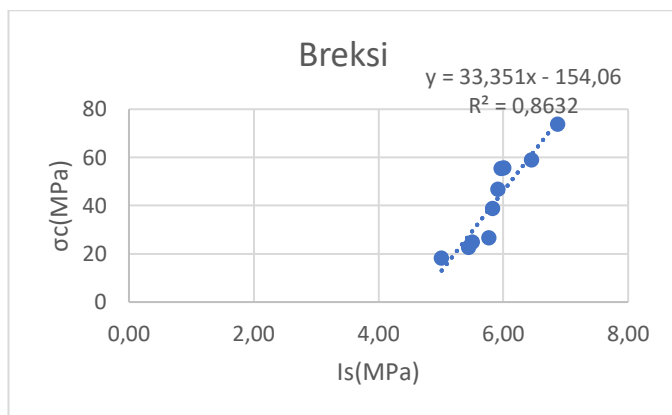
No	Jenis Batuan	Is50	σ_c (Mpa)
		(mpa)	
1	Ciay	8,49	141,5
2		8,24	122,55
3		7,84	120,66
4		7,41	106,75
5		6,36	106,34
6		5,35	95,29
7		5,30	77,71
8		4,65	70,22
9		3,92	45,15
10		3,64	29,71



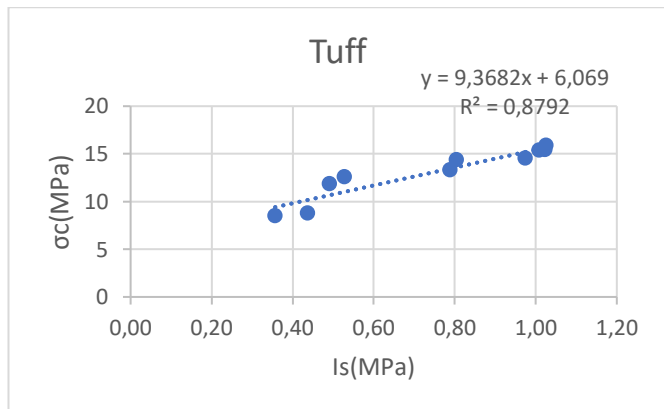
Gambar 1. Grafik Hubungan I_{s50} (MPa) dengan σ_c (MPa) pada Batupasir



Gambar 4. Grafik Hubungan I_{s50} (MPa) dengan σ_c (MPa) pada Batu Lempung



Gambar 2. Grafik Hubungan I_{s50} (MPa) dengan σ_c (MPa) pada Breksi



Gambar 3. Grafik Hubungan I_{s50} (MPa) dengan σ_c (MPa) pada Tuff

Kemudian dari data tersebut dilakukan analisa statistik berupa analisa korelasi dan regresi. Analisa korelasi merupakan suatu analisa dalam ilmu statistika untuk mengetahui hubungan antar variabel data. Sedangkan untuk mengetahui seberapa jauh hubungan antara kedua metode ini atau pengaruh dari variabel x terhadap y menggunakan analisa regresi. Analisa regresi merupakan salah satu analisa statistika untuk memprediksi variabel dependen/kriteria yang ingin diketahui dengan menggunakan variabel dependen/variabel prediktor secara tunggal. Dalam analisa yang akan dilakukan saat ini, bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan (σ_c) jika hasil dari pengujian yang dilakukan berupa nilai *Index Point Load* (I_s).

Analisa ini menggunakan *software Microsoft Excel* yaitu pada tab menu data, dengan pilihan sub-menu *Data Analysis*. Kemudian akan muncul kolom perintah yang kemudian dipilih *Regression*. Selanjutnya akan muncul kotak untuk input data yang akan diproses, dimana data yang dimasukan yaitu nilai x berupa *Point Load Index* (I_s) dan nilai kuat tekan UCS (σ_c) untuk nilai y. Setelah itu, *software* akan memproses data dengan metode analisa regresi, dimana akan menghasilkan data berupa *Summary Output* (Gambar 5. untuk Batupasir, Gambar 6. untuk Breksi, Gambar 7. untuk Tuff, dan Gambar 8. untuk Batupasir perselingan batulempung). Data yang ditampilkan dalam *Summary Output* dan dapat langsung digunakan berupa:

1) Multiple R

Multiple R merupakan nilai korelasi, dimana hasil ini merupakan nilai dari hubungan/korelasi dari variabel x (I_s) dan variabel y (σ_c). Kemudian nilai ini dicocokkan sesuai dengan kategori korelasi yaitu 0,8-1,0 Sangat Kuat, 0,60-0,799 Kuat, 0,40-0,599 Sedang, 0,20-0,399 Rendah, dan 0,00-0,199 Sangat Rendah (Sugiyono, 2007). Dari hasil analisa pada semua jenis sampel menunjukkan bahwa korelasi antara kedua data yaitu *Point Load Index* (I_s) dan Kuat Tekan/UCS (σ_c) memiliki korelasi dalam kategori Sangat Kuat dimana pada Batupasir yaitu 0,911, Breksi adalah 0,929, Tuff adalah 0,937, dan 0,958 untuk Batupasir perselingan Batulempung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa antara kedua variabel memiliki hubungan yang sangat kuat.

2) Adjusted R Square

Adjusted R Square merupakan adjust dari nilai R Square dimana hal ini merupakan nilai koefisien determinasi. Koefisien determinasi merupakan tingkat (persentase) pengaruh x untuk menjelaskan y. Dimana pada analisa ini akan dilihat seberapa besar pengaruh *Point Load*

Index (Is) terhadap nilai Kuat Tekan/UCS (σ_c) dengan sisa persentase merupakan pengaruh dari faktor lain. Dari hasil analisa Regresi yang dilakukan pada semua jenis sampel, terlihat bahwa nilai Kuat Tekan/UCS (σ_c) dipengaruhi oleh >80 % oleh nilai *Point Load Index* (Is), dengan nilai koefisien determinasi pada Batupasir yaitu 0,809, untuk Breksi yaitu 0,846, Tuff yaitu 0,846, dan untuk Batupasir perselingan Batulempung yaitu 0,908. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Point Load Index* (Is) dapat menjelaskan nilai Kuat Tekan/UCS (σ_c) sebanyak >80% dengan pengaruh faktor lain hanya <20%.

3) Persamaan Regresi

Persamaan Regresi adalah persamaan yang diperoleh dari hasil analisa regresi yang telah dilakukan, dimana nilai ini menggambarkan persamaan antara variabel x untuk mengetahui (memprediksi) variabel y. Nilai ini dituliskan dalam persamaan $y = \text{koefisien } x (\text{variabel } x) + \text{Intercept}$. Nilai ini dapat dibaca pada kolom Coefficients. Persamaan ini juga merupakan persamaan dari trendline data yang telah dibuat sebelumnya. Persamaan inilah yang nantinya digunakan untuk memprediksi variabel y jika diketahui nilai variabel x.

Hasil dari analisa yang dilakukan, maka diperoleh 4 (empat) persamaan regresi sesuai dengan jenis batuan yang diujikan. Pada Batupasir nilai persamaan regresinya yaitu $y = 4,315x + 20,011$. Sehingga, jika dilakukan pengujian *Point Load Test* dan diperoleh nilai Is = a, maka nilai kuat tekan batuan yang diuji yaitu $y = 4,315a + 20,011$. Persamaan ini hanya berlaku untuk pengujian pada batupasir. Sedangkan untuk Breksi yaitu $y = 33,35x - 154,058$. Persamaan regresi untuk tuff yaitu $y = 9,368x + 6,069$. Sedangkan persamaan regresi untuk Batupasir perselingan Batulempung yaitu $y = 18,922x - 24,220$.

SUMMARY OUTPUT Batupasir									
Regression Statistics									
Multiple R	0,911001								
R Square	0,831616								
Adjusted R Square	0,809893								
Standard Error	2,619877								
Observations	10								
ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	270,0525	270,0525	19,34177	0,00023985				
Residual	8	54,31423	6,789279						
Total	9	324,3667							
		Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	20,01105	2,000317	7,095619	5,77E-05	14,0147086	26,00739	14,01471	26,00739	
X Variable 1	4,315124	0,887997	6,272302	0,00024	2,7288008	5,901847	2,7288	5,901847	

Gambar 5. Summary Output dari Analisa Regresi Batupasir

SUMMARY OUTPUT		Breksi						
Regression Statistics								
Multiple R	0,929188							
R Square	0,863242							
Adjusted R Square	0,846148							
Standard Error	7,343677							
Observations	10							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	2723,32	2723,32	50,4977	0,000101			
Residual	8	431,4367	53,92959					
Total	9	3154,757						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-154,058	27,70558	-5,56093	0,000534	-217,947	-90,1685	-217,947	-90,1685
X Variable 1	33,35145	4,893307	7,506173	0,000101	22,52867	44,17424	22,52867	44,17424

Gambar 6. Summary Output dari Analisa Regresi Breksi

Summary Output		Tuff						
Regression Statistics								
Multiple R	0,937682							
R Square	0,879247							
Adjusted R Square	0,864153							
Standard Error	0,982914							
Observations	10							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	56,27724	56,27724	58,25079	6,12E-05			
Residual	8	7,728959	0,96612					
Total	9	64,0062						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	6,06897	0,964808	6,290342	0,000235	3,84412	8,293821	3,84412	8,293821
X Variable 1	0,308181	1,227449	7,63222	6,12E-05	0,537058	12,19866	0,537058	12,19866

Gambar 7. Summary Output dari Analisa Regresi Tuff

SUMMARY OUTPUT Batupasir Perselingan Batulempung								
Regression Statistics								
Multiple R	0,956259							
R Square	0,918394							
Adjusted R Square	0,908042							
Standard Error	10,78623							
Observations	10							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	10459,72	10459,72	89,87078	1,2638E-05			
Residual	8	931,0899	116,3862					
Total	9	11390,81						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-34,2202	12,68346	-1,9059	0,092589	53,4683542	5,027859	-53,4684	5,027859
X Variable 1	18,92168	1,999954	9,48002	1,26E-05	14,3190042	23,32436	14,319	23,32436

Gambar 8. Summary Output dari Analisa Regresi Tuff

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil analisa regresi yang dilakukan terhadap data kuat tekan dari metode *Unconfined Compressive Strength* (UCS) dan *Point Load Test* adalah:

- 1) Korelasi atau hubungan antara kedua metode sangat kuat dengan nilai korelasi (Multiple R) >0,9.
- 2) *Point Load Index* (Is) dapat menjelaskan >0,8 atau >80% nilai kuat tekan (σ_c), dengan <20% pengaruh dari faktor lain.
- 3) Persamaan regresi yang dihasilkan, selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari hasil *Point Load Test*. Adapun persamaannya yaitu $y(\text{batupasir}) = 4,315x + 20,011$; $y(\text{breksi}) = 33,35x - 154,058$; $y(\text{tuff}) = 9,368x + 6,069$, dan $y(\text{batupasir perselingan batulempung}) = 18,922x - 24,220$.

Saran

Dari hasil analisa ini, diharapkan nantinya pengujian material selama proses produksi quarry dan penimbunan lebih efisien baik secara waktu dan tenaga. Material yang diperoleh dapat diuji dalam bentuk dan dimensi yang beragam dengan metode *Point Load Test* (tidak harus dibentuk silinder seperti metode UCS). Selain itu, peralatan untuk uji point load lebih mudah untuk digunakan langsung di lapangan.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh teman-teman seperjuangan Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) UNILA Semester Genap TA 2023 dan semua pihak yang telah membantu serta memberikan saran dan masukan kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua

DAFTAR PUSTAKA

1. Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII. 2022
2. ASTM D5731-16 (*Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications*). 2017
3. ASTM D2938 (*Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens*). 1995