

Pengaruh Mineral Pada Foliasi Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Metamorf di Daerah Bayat, Klaten, Jawa Tengah

Gilang Rizki Pratama¹⁾, Ediyanto*¹⁾

¹⁾Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
*ediyanto@upnyk.ac.id

Abstrak - Daerah Bayat merupakan tempat salah satu dari tiga tempat singkapan batuan tertua di Jawa yang berumur Pra-Tersier dan Paleogen. Kondisi geologi dan umur batuan yang relatif tua, menjadikan banyak tersingkapnya batuan metamorf yang menjadi ciri khas dari daerah orogenik. Batuan tersebut mencakup batuan diantaranya marmer, sekis, filit, serpentinit, kuarsit yang berumur Pra-Tersier, batulanau, batupasir, batugamping, dan batuan beku diantaranya intrusi gabro, basalt, dan mikro diorit. Batuan metamorf foliasi memiliki keberagaman mineralogi, karakteristik petrografi, dan sifat teknik. Hasil dari 3 Jenis sekis yaitu sekis mika, sekis hijau, dan sekis grafit, menunjukkan bahwa kekuatan mekanik sampel umumnya merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti sudut foliasi, jenis mineral, ukuran mineral, dan derajat pelapukan. Mineral dominan yang menyusun ketiga jenis sekis ini merupakan mineral mika, klorit, kuarsa, k-feldspar, dan aktinolit. Uji kuat tekan batuan memakai metode *Point load indeks test* dengan hasil kuat tekan batuan sekis hijau sebesar 10,34 Mpa, sekis mika sebesar 4,66 Mpa, sekis grafit 6,74Mpa. Analisis korelasi regresi linier digunakan untuk menentukan besaran koefisien korelasi antara parameter mineral dengan kuat tekan sehingga mengetahui seberapa besar hubungan diantara keduanya dan menghasilkan kepastian korelasi.

Kata Kunci: Bayat, Kuat Tekan, Regresi Linier

Abstract - Bayat area is a place where one of the three oldest rock outcrops in Java is Pre-Tertiary and Paleogene age. Due to its geological conditions and relatively old age, the Bayat area is exposed to many distinctive metamorphic rocks. These rocks include rocks including marble, schist, phyllite, serpentinite, quartzite of Pre-Tertiary age, siltstone, sandstone, limestone, and igneous rocks including gabbro intrusions, basalt, and micro diorite. Foliated metamorphic rocks have a diversity of mineralogical, petrographic characteristics, and engineering properties. The results from 3 types of schist, namely mica schist, green schist, and graphite schist, show that the mechanical strength of the samples is generally the result of various parameters, such as foliation angle, mineral type, mineral size, and degree of weathering. The dominant minerals that comprise these three types of schist are mica, chlorite, quartz, k-feldspar and actinolite. The compressive strength test of the rock used the *Point load index test* method with the results of the compressive strength of green schist being 10.34 Mpa, mica schist being 4.66 Mpa, and graphite schist being 6.74. Linear regression correlation analysis is used to determine the magnitude of the correlation coefficient between mineral parameters and compressive strength so as to know how big the relationship between the two is and produce certainty of the correlation.

Keyword: Bayat, Regresi Linier, Rock Strength

PENDAHULUAN

Daerah Penelitian berada pada di Desa Bayat, Kecamatan Kabupaten Klaten. Provinsi Jawa Tengah. Secara fisiografis daerah penelitian berada pada Zona Perbukitan Jiwo yang merupakan salah satu singkapan batuan beumur pra-Tersier dan Paleogen di Pulau Jawa. Kondisi geologi yang bervariasi membuat singkapan di Bayat memiliki batuan yang beragam akan tetapi belum banyak yang membahas sifat keteknikan berupa sifat fisik dan mekanik pada keragaman batuan di Bayat.

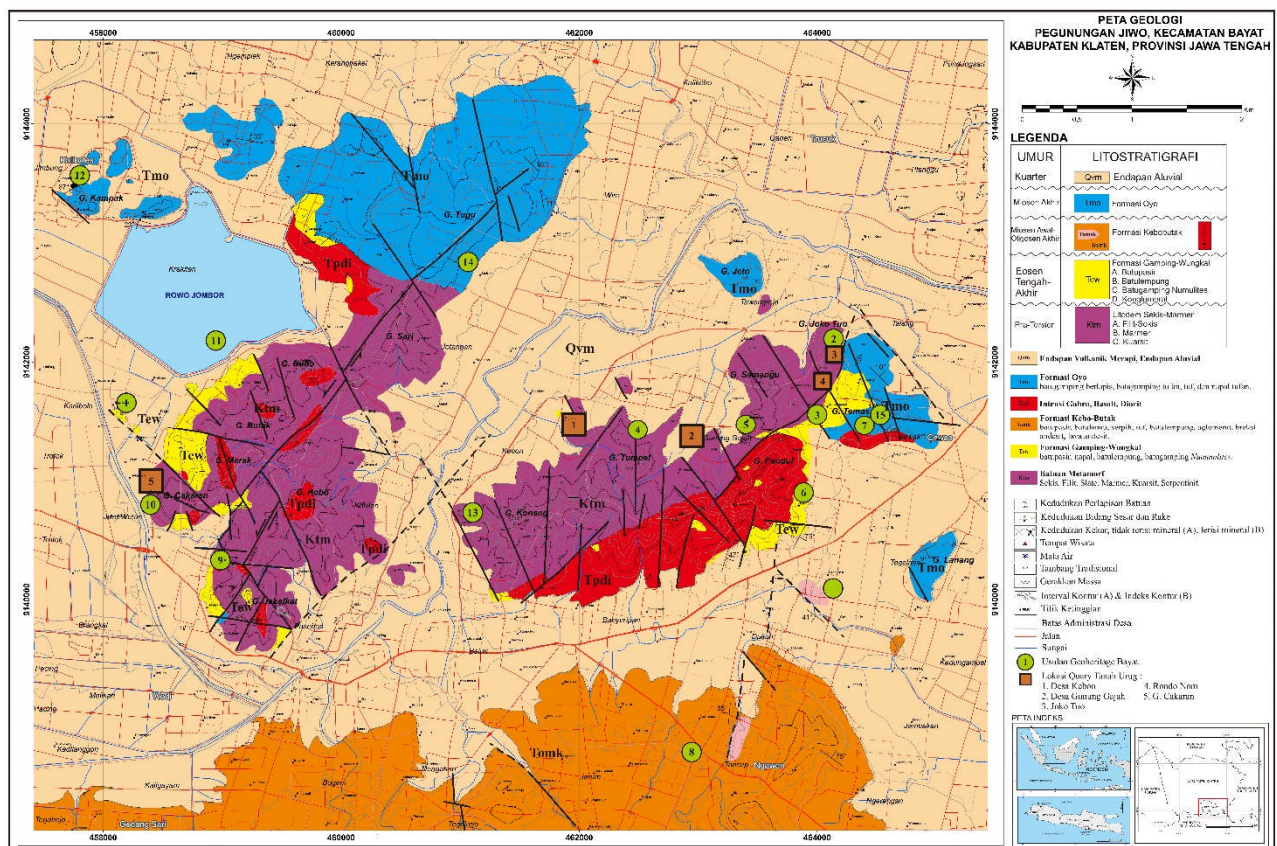
Foliasi pada batuan metamorf yang tersusun dari pensejajaran mineral dapat mempengaruhi sifat keteknikan dari suatu batuan. foliasi yang tersusun pada batuan metamorf dapat dideterminasi lewat uji kuat tekan PLT (*Point Load Test*) sehingga bisa diketahui jenis mineral apa yang paling dominan mempengaruhi kekuatan batuan.

Sifat keteknikan dan analisis mineralogi pada batuan penting untuk diketahui ketika akan menentukan nilai kuat batuan (Tugrul dan Zarif, 1999). Kekuatan batuan dihasilkan dari uji mekanik sampel setangan, umumnya berkaitan erat dengan parameter petrografi yang salah satunya adalah komposisi mineral (Keikha dan Keykha, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik-mekanik dari batuan metamorf dan juga menginterpretasikan model kerusakan batuan saat dilakukan uji *point load test* pada batuan metamorf yang ada pada daerah bayat.

Geologi Daerah Penelitian

Satuan batuan Pra-Tersier tersebar cukup luas baik di perbukitan Jiwo Barat maupun Jiwo Timur. Pada satuan batuan metamorf di Daerah Bayat cukup memiliki variasi batuan metamorf terdiri atas sekis, filit, kuarsit, dan marmer. Diatas batuan pra-Tersier diendapkan secara tidak selaras satuan Batupasir Wungkal dengan variasi batuan nya yaitu batupasir, konglomerat, batugamping *Nummulites*. Secara tidak selaras di atas satuan batupasir Wungkal diendapkan satuan batupasir kebobutak dengan variasi batuan berupa batupasir tuffan, batupasir perselingan batulanau, batulanau sisipan tuff, dan tuff. Pada umur yang sama terdapat intrusi batuan beku berupa litodem basalt, litodem gabro, dan litodem diabas. Diendapkan secara tidak selaras di atas satuan batupasir Kebobutak adalah satuan Batugamping Oyo dengan batuan yang tersingkap adalah batugamping klastik berupa kalkarenit, kalsirudit, dan kalsilitut. Dan yang masih terendapkan sampai saat ini adalah endapan vulkanik merapi atau endapan aluvial. Persebaran batuan yang ada di daerah Bayat dapat dilihat dari gambar 1 yaitu peta kompilasi dari Jatmiko setiawan tahun 2000.



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (Kompilasi dan modifikasi dari Surono dkk, 1999; Jatmiko Setiawan, 2000).

METODE

Penelitian ini menggunakan sampel setangan yang di dapat pada daerah Bayat berupa sekis yang ditentukan dari hasil pengamatan lapangan dan juga penamaan secara kenampakan petrografi. Pemilihan sampel didasarkan pada aspek perbedaan komposisi mineral dominan pada setiap sampel. Sampel berjumlah 3 sampel yang digunakan untuk analisis petrografi dan uji *point load index test*.

Petrografi

Analisis petrografi dilakukan menggunakan metode modal *point counting* yaitu dengan menghitung setiap mineral pada plat sayatan batuan sehingga mendapatkan nilai presentase mineral (Dickinson 1985).

Point Load Index Test

Pengujian kuat tekan *Point Load Test* (Arif, 2016) adalah suatu cara pengujian sifat mekanis yang bertujuan untuk mengetahui kuat beban titik dari percontoh batuan merupakan tegangan yang terjadi pada percontoh batuan saat percontoh tersebut mengalami keruntuhan (failure) akibat pembebanan. Menurut Broch & Franklin (1972), indeks *point load* (I_s) suatu contoh batuan dapat dihitung dengan persamaan:

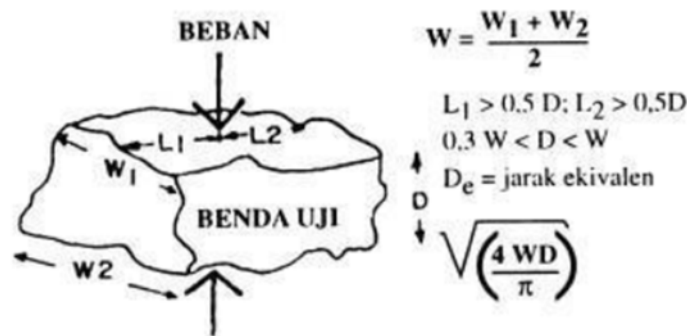
$$I_s = \frac{P}{D^2} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : I_s : *point load strength index* (indeks Franklin)

P : Beban maksimum hingga contoh pecah

D : Jarak antara dua konus penekan

Penggunaan *point load test* dengan jenis sampel tidak beraturan dimaksudkan untuk mengetahui kondisi asli permukaan saat di singkapan.



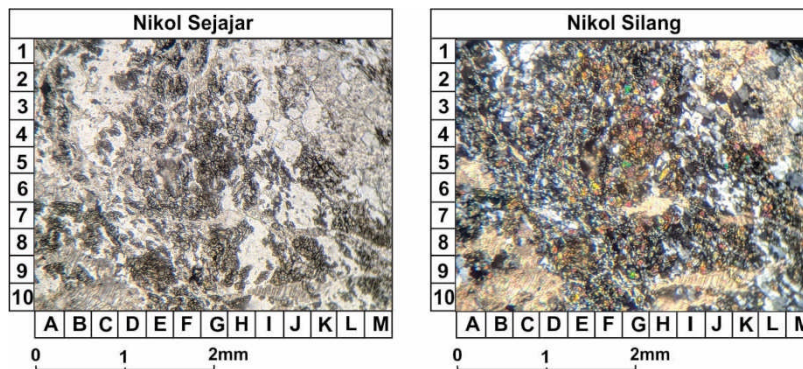
Gambar 2. Bentuk benda uji tidak beraturan (Arif, 2016)

Korelasi Pearson

Analisis hubungan antara komposisi mineral dengan sifat keteknikan menggunakan analisis Korelasi Pearson dengan menggunakan dua variabel yaitu variabel X adalah mineral yang dominan dan Y sebagai variabel bebas.

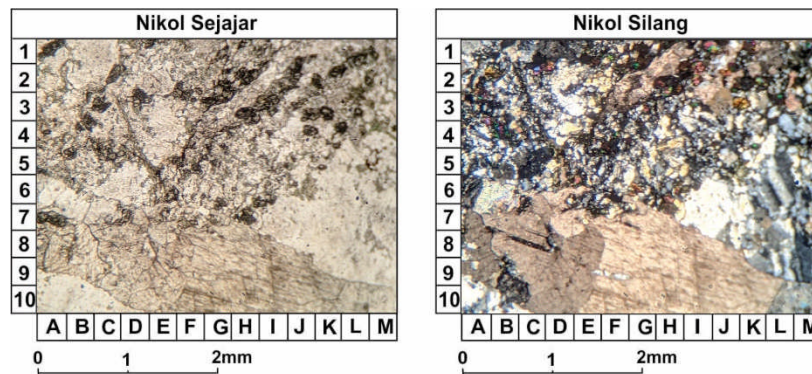
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan petrografi pada 3 sampel batuan metamorf didapatkan persentase mineral dengan lima mineral dominan yaitu mineral mika, kuarsa, klorit, aktinolit dan k-feldspar. Persentase mineral ini nantinya digunakan sebagai variabel X pada korelasi.



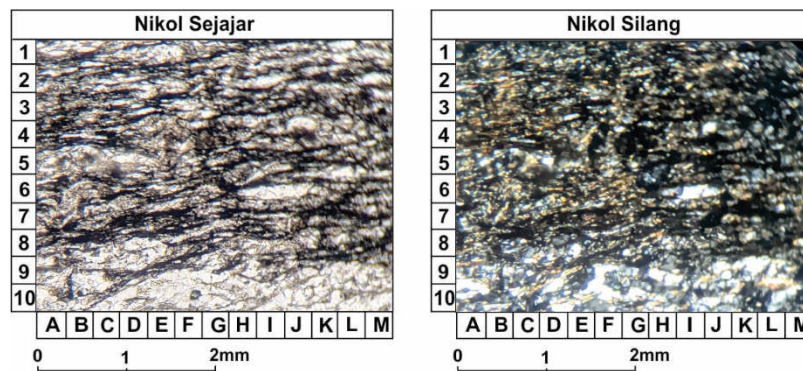
Gambar 3. Petrografi sampel batuan metamorf sekis hijau.

Secara petrografi batuan sekis yang dijumpai pada Daerah Pager Jurang yaitu Batuan sekis hijau dengan struktur foliasi-schistose, kristaloblastik-lepidoblastik (0,2-2mm), dengan komposisi ; klorit 35,8%, kuarsa 7.57%, aktinolit 14,40%, K-feldspar 21,40% dan mika 20,90% dengan nama batuan sekis klorit (Winkler tahun 1979).



Gambar 4. Petrografi sampel batuan sekis mika.

Secara petrografi batuan sekis yang dijumpai pada Daerah Gunung Cakaran Batuan metamorf sekis mika dengan struktur foliasi-schistose, kristaloblastik-lepidoblastik (0,2-2mm), dengan komposisi ; klorit 17%, kuarsa 11.40%, aktinolit 7,1%, K-feldspar 20,30% dan mika 40% dengan nama batuan sekis mika (Winkler tahun 1979).



Gambar 5. Petrografi sampel batuan sekis grafit.

Secara petrografi batuan sekis yang dijumpai pada Daerah Jabalkat Batuan metamorf sekis grafit dengan struktur foliasi-schistose, kristaloblastik-lepidoblastik (0,2-2mm), dengan komposisi ; klorit 2%, kuarsa 32,40%, aktinolit 1%, K-feldspar 13,10% dan mika 54,50% dengan nama batuan sekis grafit (Winkler tahun 1979).

Metode yang dipakai untuk penghitungan mineral pada mikroskop adalah modul atau *point counting* lima mineral dominan dengan batuanannya lalu diolah menggunakan *software excel* dengan analisis korelasi pearson. Hasil dari analisis petrografi menggunakan metode modul atau *point Counting* ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Persentase mineral berdasarkan analisis petrografi

Nama sampel	Mika	Quartz	Chlorite	actinolite	kfeldspar
Sampel Sekis Hijau	20.90%	7.57%	35.80%	14.40%	21.40%
Sampel Sekis Mika	40%	11.40%	17%	7.09%	20.30%
Sampel sekis graphit	54.50%	32.40%	2%	1%	13.10%

Hubungan antara mineral dengan sifat fisik batuan

Hasil dari uji sifat fisik secara laboratorium yang digunakan sebagai parameter variabel bebas. Setiap batuan dilakukan 3 kali pengujian untuk menghasilkan data yang terpercaya dan sedikit koreksi lalu dirata-ratakan sebagai variabel Y. Data dari hasil uji sifat fisik menunjukkan nilai yang cenderung hampir sama atau sama.

Tabel 2. Hasil dari uji sifat fisik batuan

NO.	PARAMETER	Kode Benda Uji											Rata-rata
		SKIS HIJAU (SH)			SKIS GRAPHITE (SG)			SKIS MIKHA (SM)			Nomor Benda Uji		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
1	Massa asli (Wn), gr	479.70	286.60	305.20	357.17	47.80	42.60	29.30	39.90	307.90	353.20	221.40	294.166667
2	Massa kering (Wo), gr	477.40	266.80	303.70	349.30	47.50	42.10	29.20	39.60	305.00	349.90	218.90	291.266667
3	Massa jenuh (Ww), gr	479.90	286.90	305.50	357.43	48.80	43.90	30.90	41.20	308.80	354.30	221.70	294.933333
4	Massa tergantung (Ws), gr	317.40	179.80	201.10	232.77	31.90	29.60	20.00	27.17	203.70	231.10	142.80	192.533333
5	Natural Density, gr/cm ³	2.95	2.68	2.92	2.85	2.83	2.98	2.69	2.83	2.93	2.87	2.81	2.86751921
6	Dry Density, gr/cm ³	2.94	2.49	2.91	2.78	2.81	2.94	2.68	2.81	2.90	2.84	2.77	2.83883116
7	Saturated Density, gr/cm ³	2.95	2.68	2.93	2.85	2.89	3.07	2.83	2.93	2.94	2.88	2.81	2.87461725
8	Apparent Specific Gravity	2.94	2.49	2.91	2.78	2.81	2.94	2.68	2.81	2.90	2.84	2.77	2.83883116
9	True Specific Gravity	2.98	3.07	2.96	3.00	3.04	3.37	3.17	3.20	3.01	2.95	2.88	2.94420778
10	Kadar air asli (natural water)	0.48	7.42	0.49	2.80	0.63	1.19	0.34	0.72	0.95	0.94	1.14	1.01200676
11	Kadar air jenuh (absorption), %	0.52	7.53	0.59	2.88	2.74	4.28	5.82	4.28	1.25	1.26	1.28	1.26084222
12	Derajat kejenuhan, %	92.00	98.51	83.33	91.28	23.08	27.78	5.88	18.91	76.32	75.00	89.29	80.2005013
13	Porositas, %	1.54	18.77	1.72	7.34	7.69	12.59	15.60	11.96	3.62	3.57	3.55	3.57860957
14	Angka pori	0.02	0.23	0.02	0.09	0.08	0.14	0.18	0.14	0.04	0.04	0.04	0.03711436

Setelah didapatkan rata-rata dari masing-masing parameter uji langkah selanjutnya adalah analisis Korelasi Pearson presentase mineral terhadap sifat fisik batuan dengan hasil menunjukkan variasi hubungan positif dan negatif antara keduanya dimana koefisien korelasi positif paling besar ditunjukkan antara hubungan derajat kejenuhan dengan mineral k-feldspar dan koefisien korelasi negatif paling besar ditunjukkan antara hubungan derajat kejenuhan dengan mineral kuarsa.

Tabel 3. Matriks korelasi antara sifat fisik batuan dengan presentase mineral.

	Mika	Quartz	Chlorite	actinolite	kfeldspar
Natural Density	-0.593053826	-0.888274419	0.604315212	0.614070704	0.897918246
Dry Density	0.65745616	0.255833245	-0.64679762	-0.637366743	-0.235047204
Saturated Density	0.981271985	0.965121504	-0.9838832	-0.986008424	-0.9592864
Apparent Specific Gravity	0.999349082	0.880058436	-0.99874312	-0.998050974	-0.869674654
True Specific Gravity	0.593053826	0.888274419	-0.60431521	-0.614070704	-0.897918246
Kadar air asli (natural water content)	-0.963147438	-0.744469917	0.959270666	0.955723028	0.729983727
Kadar air jenuh (absorption)	0.382298526	0.751947044	-0.39525205	-0.406522032	-0.76590844
Derajat kejenuhan	-0.896104196	-0.999999333	0.902255747	0.907491929	0.999794225
Porositas	-0.376759356	-0.747986726	0.389745378	0.401044681	0.762045305
Angka pori	-0.782879177	-0.426438713	0.77405449	0.766207563	0.406947164
Keterangan		Korelasi Positif			
		korelasi Negatif			

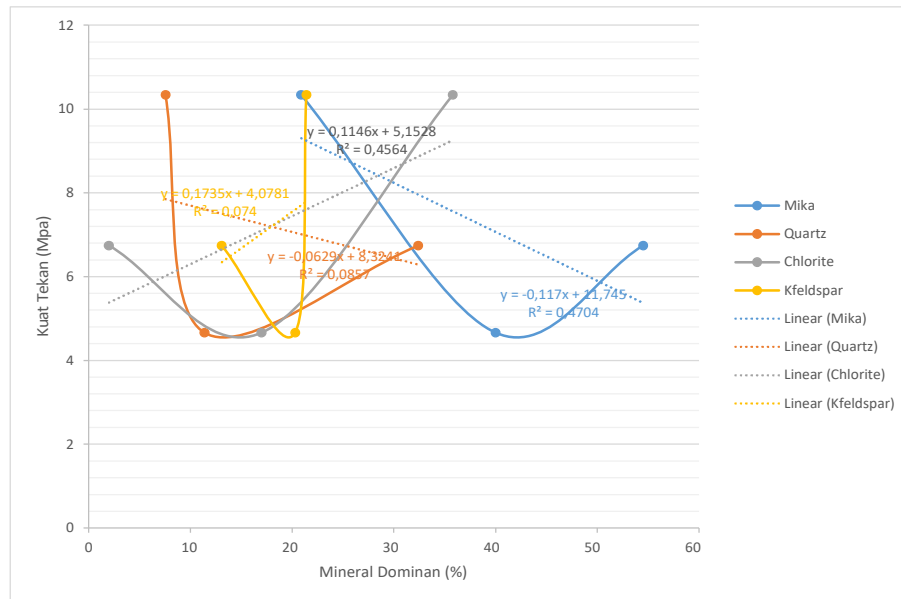
Hubungan antara mineral dengan sifat mekanik batuan.

Sifat mekanik batuan didapatkan dari uji *point load index*. Pengujian *point load index* dilakukan 3 pengujian dengan posisi foliasi 0 derajat, 15 derajat, dan 90 derajat sesuai variasi dominasi derajat foliasi yang berkembang di daerah penelitian.

Tabel 4. Hasil uji kuat tekan batuan metode *point load index*

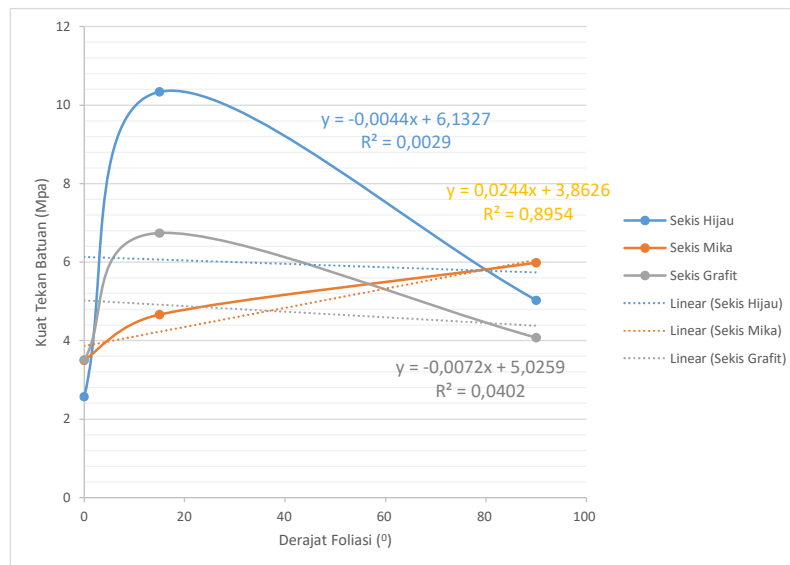
NO.	Kode Benda Uji		Dimensi Batuan (mm)			De	Beban, P		F	Is (MPa)	Is(50), MPa	σc (MPa)
	Sudut	Benda Uji	W1	W2	D		(lb)	kN				
1	0	SKIS HIJAU (SH)	11.8	12.7	6.125	5.52	2158.18	9.6	0.37	0.32	0.12	2.57
2		SKIS GRAPHITE (SG)	6.1	6.9	3.25	2.93	1101.57	4.9	0.28	0.57	0.16	3.51
3		SKIS MIKHA (SM)	8.8	9.2	4.5	4.05	1820.96	8.1	0.32	0.49	0.16	3.50
4	90	SKIS HIJAU (SH)	5.6	8.4	3.5	3.15	3641.92	16.2	0.29	1.63	0.47	10.34
5		SKIS GRAPHITE (SG)	10.5	12.5	5.75	5.18	5125.67	22.8	0.36	0.85	0.31	6.74
6		SKIS MIKHA (SM)	8.6	9.2	4.45	4.01	2382.99	10.6	0.32	0.66	0.21	4.66
7	15	SKIS HIJAU (SH)	8.7	10.6	4.81	4.33	2900.05	12.9	0.33	0.69	0.23	5.03
8		SKIS GRAPHITE (SG)	8.3	9.7	4.5	4.05	3113.62	13.85	0.32	0.84	0.27	5.99
9		SKIS MIKHA (SM)	8.7	9.2	4.48	4.03	2101.97	9.35	0.32	0.58	0.19	4.08

Hasil korelasi mineral terhadap kuat tekan menunjukkan nilai korelasi mika yaitu 0,4704, kuarsa 0,0857, klorit 0,4564, K-feldspar 0,074. Terdapat 2 nilai koefisien yang kurang dari 0,1 kedua nilai ini memiliki harga korelasi yang sangat rendah.



Gambar 6. Korelasi presentase mineral terhadap kuat tekan

Hasil dari korelasi derajat foliasi terhadap kuat tekan dari masing-masing sampel batuan menunjukkan nilai koefisien derajat foliasi sekis hijau terhadap kuat tekan batuan 0,0029, koefisien derajat foliasi sekis mika terhadap kuat tekan batuan 0,8954, koefisien derajat foliasi sekis grafit terhadap kuat tekan batuan 0,0402. Nilai koefisien tertinggi dari korelasi derajat foliasi pada batuan terhadap kuat tekan adalah sekis mika yang diinterpretasikan pengaruh terbesar foliasi pada kuat batuan sangat kuat.

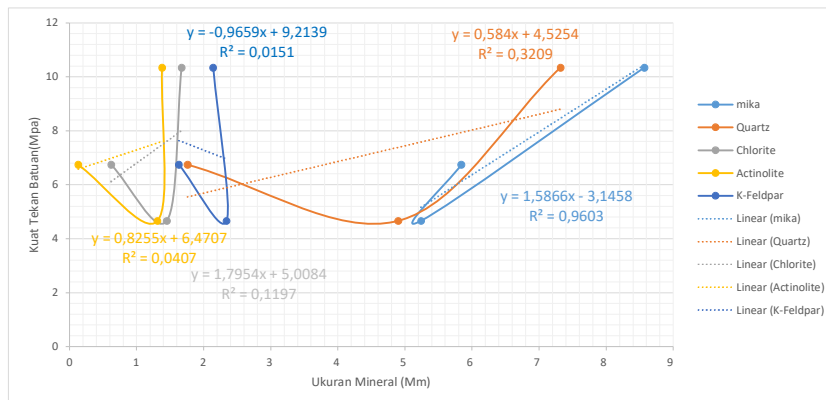


Gambar 7. Korelasi derajat foliasi terhadap kuat tekan

Ukuran mineral sebagai salah satu parameter penyusun batuan yang akan mempengaruhi nilai dari kuat tekan dan model kerusakan pada batuan. Dari hasil analisis korelasi foliasi terhadap kuat tekan didapatkan nilai koefisien korelasi ditunjukkan dengan nilai R^2 dengan nilai paling tinggi adalah $R^2=0,9603$ yaitu ukuran butir mineral mika dengan rata-rata ukuran mineral pada setiap sampel batuan yaitu 5,2 mm pada sekis mika, 8,5 mm pada sekis hijau, dan 5,84 pada sekis grafit. Nilai koefisien 0,9603 diinterpretasikan bahwa kedua variabel memiliki hubungan sangat kuat.

Tabel 5. Ukuran mineral pada tiap sampel

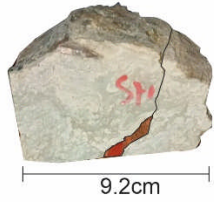
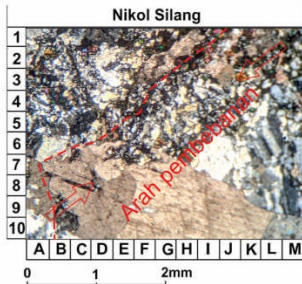
	sekis Mika					sekis hijau	sekis grafit										
	Mineral Mika	kuarsa	kfeldspar	klorit	actinolite		Mineral Mika	kuarsa	kfeldspar	klorit	actinolite	Mineral Mika	kuarsa	kfeldspar	klorit	actinolite	
	2.9	3.72	2.86	0.77	1.215		8.8	3.8	2.065	0.56	1.6		6.425	2.52	1.92	0.95	0.05
	6.46	9.375	1.2	0.415	1.56		9.79	9.79	2.265	3.915	0.95		6.185	0.76	1.34	0.485	0.15
	6.095	5.55	1.475	3.71	0.78		4.24	4.24	2.095	1.01	1.3		4.92	2.02	1.655	0.435	0.2
	10.07	2.765	3.87	1.015	1.7		11.475	11.45		0.59	1.7						
	3.625	4.995		1.375						2.315							
	3.925	3															
	3.625																
Rata-rata	5.24285714	4.900833	2.35125	1.457	1.31375	Rata-rata	8.57625	7.32	2.141667	1.678	1.3875	Rata-rata	5.843333333	1.766667	1.638333	0.623333	0.133333



Gambar 8. Korelasi ukuran mineral terhadap kuat tekan.


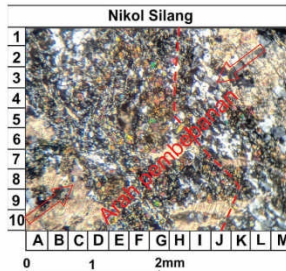
Hasil korelasi dari ketiga parameter yaitu komposisi mineral, derajat foliasi, dan ukuran mineral diinterpretasikan dalam distribusi kekuatan batuan dimana nilai yang dipakai adalah mineral mika derajat foliasi pada batu sekis mika, dengan ukuran mineral mika dari 5,2 mm-8,5 mm parameter ini dipakai untuk distribusi arah kekuatan. Dari model visual yang diinterpretasikan dari ketiga parameter didapati bahwasanya kerusakn dari sekis mika berjenis *non-central along foliation* dengan kerusakan memotong mineral k-feldspar dan menjauhi mineral mika sehingga terjadi hancuran pada bagian bawah sampel sekis mika yang didominasi mineral mika.

Tabel 6. Model visual distribusi kekuatan batuan sekis mika

Foto sampel sesudah uji	Karakteristik	Interpretasi arah kerusakan
<p>Sekis Mika</p> 	<p>Sampel sekis mika yang telah diuji beban titik dengan kondisi foliasi tegak lurus dengan beban titik menghasilkan kegagalan <i>non-central along foliation</i> (Basu, 2013). kegagalan memotong foliasi dan mengalami pecah dibagian bawah sehingga diinterpretasikan bahwasanya mineral penyusun batuan lebih rentan mengalami pecah daripada mineral bagian atasnya.</p>	<p>Nikol Silang</p> 


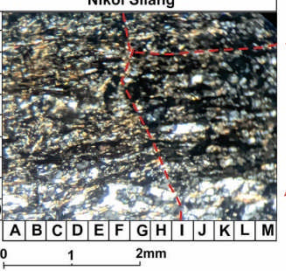
Interpretasi dari distribusi kekuatan batuan dari sampel sekis hijau, kerusakan yang disebabkan tekanan menghasilkan kerusakan berjenis *axial splitting* dengan distribusi kekuatan memotong mineral k-feldspar dan menjauhi mineral mika sehingga kerusakan tidak langsung memotong foliasi akan tetapi masih ada sedikit bagian yang sejajar dengan foliasi.

Tabel 7. Model visual distribusi kekuatan batuan sekis Hijau

<p>Sekis Hijau</p> 	<p>Sampel sekis Hijau yang telah diuji beban titik dengan kondisi foliasi tegak lurus dengan beban titik menghasilkan kegagalan <i>Axial Splitting</i> (Basu, 2013). Kegagalan memotong foliasi namun masih ada sedikit bagian pecahan yang sejajar dengan foliasi. Diinterpretasikan bahwasanya mineral penyusun pada bagian yang pecah sejajar lebih kuat daripada mineral yang terpotong.</p>	<p>Nikel Silang</p> 
--	--	---

Interpretasi dari distribusi kekuatan batuan dari sampel sekis grafit, kerusakan yang disebabkan tekanan menghasilkan kerusakan berjenis *triple junction* dengan distribusi kekuatan memotong mineral k-feldspar dan menjauhi mineral mika yang berukuran 5,2 mm. Kerusakan membentuk geometri segitiga dikarenakan kekuatan tekan tidak mampu memotong mineral mika yang melimpah dengan ukuran butir kecil sehingga kekuatan tekanan memotong sejajar foliasi.

Tabel 8. Model visual distribusi kekuatan batuan sekis grafit

<p>Sekis Grafit</p> 	<p>Sampel sekis Grafit yang telah diuji beban titik dengan kondisi foliasi tegak lurus dengan beban titik menghasilkan kegagalan <i>triple junction</i> (Basu, 2013). Kegagalan memotong foliasi namun masih ada sedikit bagian pecahan yang sejajar dengan foliasi. Diinterpretasikan bahwasanya mineral penyusun pada bagian yang pecah sejajar lebih kuat daripada mineral yang terpotong.</p>	<p>Nikel Silang</p> 
--	---	--

PENUTUP

Distribusi kerusakan menghasilkan 3 tipe kerusakan yang berbeda karakteristik yang mencirikan mineral yang terkandung pada batuan sangat mempengaruhi sifat keteknikannya. Sehingga peninjauan untuk korelasi komposisi mineral dengan kuat tekan melalui pendekatan statistika sangat dianjurkan untuk mengetahui sifat keteknikannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, R. 2016. *Geoteknik Tambang*. Penentuan Sifat Fisik Batuan di Laboratorium. Penerbit Gramedia.
- Ayudin, A., Borja, R., Eichhubl, P. 2006. *Geological and Mathematical Framework For Failure Modes in Granular Rock*. Journal Of Structural Geology.
- Basu, A., Mishra D., Roychowdhury, K. 2013. *Rock failure modes under uniaxial compression, Brazilian and Point Load Test*. Bulletin Engineering geologi environment.
- Dickinson, W.R., 1985. Interpreting Provenance Relations from Detrital Modes of Sandstone. In: Zuffa, G.G. (ed.), 1990. Provenance of Arenites, NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences Vol. 148, 333-361
- Franklin J., 1972. *The Point-Load Strength Test*. Int. J. Rock Mech. ,~ ,fin. Sci. Vol. 9, pp. 669-697. Pergamon Press 1972. Printed in Great Britain
- Ghozali, I. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 23*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hoek, E. *Pengujian laboratorium mekanika batuan dalam konteks organisasi konsultan teknik*. Int. J. Mekanisme Batu. Minimal. Sains. Geomekan. Abstrak. 1977, 14, 93–101.
- Keikha T. and Keykha H. 2013. *Correlation Between Mineralogical Characteristics and Engineering Properties of Rocks*. Electronic Journal Of Geotechnical Engineering, 18, PP.4055-4065

- Keykha Hamed. 2013. Correlation Between Mineralogical Characteristics and Engineering Properties of Granitic Rocks. *Journal of Geotechnical Engineering* Vol. 18. 2013, hal 4055-4065.
- Raivel, R..2020. Petrografi Batuan Sekis Kompleks Rumbia, Lengan Tenggara Sulawesi. *Jurnal GEOMining*, Vol.1 No. 2 (2020): 63-71
- Setiawan, I.S., Osanai, Y, dan Prasetyadi, C., 2013, Apreliminary View and Importance of Metamorphic Geology From Jiwo Hill in Central Java, Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6, Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, h. 11-23
- Surono. 2009. Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *JSDG* Vol. 19 No. 3, Juni 2009, h. 209-221.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, General Geology*. Martinus Nijhoff The Hague
- Winter, D.2001. *Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.