

PENGARUH PELAPUKAN TERHADAP REKAHAN BATUAN UTUH MELALUI PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Karmila Laitupa

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: karmila.laitupa@gmail.com

Abstract

Cracked rock is an indication of instability in underground excavations due to being under high-pressure conditions that causes new cracks to appear by forming cracks in the walls of holes or tunnels. The cracking process can be influenced by environmental conditions around the rock. Therefore, this study aims to analyze the effects of weathering on cracks and other characteristics in intact rock. Petrographic observations indicate differences in the presentation of rock mineral preparation in the six samples. Changes in the preparation of primary rocks are plagioclase minerals (32% -39%) and hornblende minerals (12% -20). While the opaque mineral (3% -5%) as a change from the mineral hornblende, volcanic glass (8% -21%) has partially decayed into clay and plagioclase microlites (17%). The results of the uniaxial compressive strength test suggested that the crack initiation stress value of rock samples KA2, KA3, BT1, BE2, TS2, and TD3 are 22.55 MPa, 35.07 MPa, 20.04 MPa, 50.08 MPa, 34, 92 MPa and 105.22 MPa. The rock strength of the six rock samples is 61.92 MPa, 47.6 MPa, 86.43 MPa, 89.39 MPa, 88.54 MPa, and 120.25 MPa, respectively. The results also showed a tendency to increase fracture initial stress (crack initiation) along with the increase in uniaxial compressive strength values. the stronger the pressure of the withstanding test, the greater the initial stress of the crack (crack initiation). This is caused by weathering which can reduce the elasticity of rocks that increases surface tension.

Keywords: Cracks, weathering, Uniaxial Compressive Strength (UCS)

Abstrak

Rekahan batuan merupakan salah satu gejala ketidakstabilan dalam penggalian bawah tanah karena dalam kondisi tegangan yang tinggi menyebabkan rekahan baru berkembang oleh pembentukan pecahan di dinding lubang bukaan atau terowongan. Proses rekahan dapat terpengaruh oleh kondisi lingkungan sekitar batuan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pelapukan terhadap rekahan dan karakteristik lainnya pada batuan utuh. Hasil pengamatan petrografi menunjukkan adanya perbedaan presentase penyusunan mineral batuan pada keenam sampel. Perubahan penyusunan batuan primer yaitu mineral plagioklas (32%-39%) dan mineral horblende (12%-20). Sedangkan mineral opak (3%-5%) sebagai ubahan dari mineral horblende, gelas volkanik (8%-21%) sebagian telah lapuk menjadi lempung dan mikrolit plagioklas (17%). Pada hasil uji kuat tekan uniaksial nilai tegangan awal rekahan (crack initiation) sampel batuan KA2, KA3, BT1, BE2, TS2 dan TD3 yaitu 22,55 MPa, 35,07 MPa, 20,04 MPa, 50,08 MPa, 34,92 MPa dan 105,22 MPa. Kekuatan batuan dari ke enam sampel batuan yaitu 61,92 MPa, 47,6 MPa, 86,43 MPa, 89,39 MPa, 88,54 MPa dan 120,25 MPa. Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan meningkatnya tegangan awal rekahan (crack initiation) seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan uniaksial. Semakin kuat tekan uji menahan tekanan maka semakin besar tegangan awal rekahan (crack initiation) yang dimiliki. Hal ini disebabkan oleh pelapukan yang dapat mengurangi elastisitas batuan yang meningkatkan tegangan permukaan.

Kata Kunci: Rekahan, pelapukan, kuat tekan uniaksial (UCS)

PENDAHULUAN

Keruntuhan getas (*brittle*) pada batuan selalu mendapat perhatian di berbagai bidang mekanika batuan seperti stabilitas dalam penggalian bawah tanah. Bidang keruntuhan dalam massa batuan atau batuan utuh adalah hasil dari awal rekahan kecil. Pada skala mikroskopis, rekahan kecil ini pertama kali terbentuk di sepanjang batas butir kristal yang pecah pada pembebanan yang diterapkan.

Perambatan rekahan terjadi pada cacat kecil yang sudah ada atau baru membesar dan menyebar, disebut Griffith *cracks*. Konsentrasi tegangan disepanjang cacat ini akan menyebabkan awal rekahan dan merambat dalam materi. Cacat ini disajikan dalam bentuk cacat mineralogi kecil seperti pembelahan batas butir atau porositas.

Faktor yang mempengaruhi proses rekahan batuan adalah karakteristik batuan utuh berupa bobot isi, porositas, mineralogi, dan kekuatan batuan. Mineral penyusun batuan memiliki kerentanan terhadap pelapukan yang berkaitan dengan kondisi iklim. Menurut Carrol, pelapukan batuan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat. Iklim yang lembab dan basah pada wilayah tropis dapat memaksimalkan kinerja pelapukan. Massa batuan yang retak mengalami pelapukan yang lebih intens, disebabkan oleh infiltrasi air hujan yang masuk ke dalam tubuh batuan. Air hujan yang masuk kemudian mengalami kontak langsung dengan mineral penyusun batuan. Mineral yang mudah mengalami degradasi akan mudah merubah karakteristik batuan menjadi lebih berpori, butiran mineral individu lebih lemah dan ikatan antar butir menjadi hilang yang pada akhirnya menyebabkan batuan menjadi lebih lemah.

Mineral plagioklas, biotit dan hornblend pada umumnya merupakan mineral yang paling mudah mengalami degradasi. Mineral yang mudah mengalami degradasi akan mudah merubah karakteristik batuan menjadi lebih berpori, butiran mineral individu lebih lemah dan ikatan antar butir menjadi hilang.

Penelitian terkait pengaruh pelapukan pada sifat rekayasa batuan dan massa batuan oleh Borrelli dan Calcaterra & Parise mengungkapkan bahwa pelapukan mengakibatkan degradasi dan perubahan mineralogi pada batuan.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pelapukan terhadap karakteristik batuan utuh andesit dengan uji kuat tekan uniaksial dan uji mikroskopis.

METODE PENELITIAN

Kajian Pustaka

Mencari referensi yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan. Referensi ini diperoleh dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs yang ada di internet. Referensi ini berisikan tentang :

1. Dampak ketidakstabilan yang disebabkan oleh pelapukan.
2. Mekanisme keruntuhan batuan getas.
3. Metode pengukuran *crack initiation*.
4. Karakteristik batuan yang mengatur *crack initiation*.
5. Proses pelapukan.

Pengumpulan Data

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dari lapangan dan laboratorium :

1. Pengambilan sampel batuan andesit dalam bentuk bongkahan dari lapangan.
2. Preparasi sampel batuan, sesuai dengan standar ISRM (*International Society Of Rock Mechanics*).
3. Uji sifat fisik dilakukan setelah preparasi sampel selesai.
4. Uji kuat tekan uniaksial bertujuan untuk mendapatkan parameter mekanika batuan yaitu kuat tekan uniaksial, Modulus Young (E), nisbah Poisson (ν) dan kurva tegangan regangan.
5. Pengujian sifat mineralogi batuan (sayatan tipis petrografi).

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data menggunakan pendekatan karakteristik massa batuan, metode tegangan *crack initiation* dan analisis mikroskopis. Karakteristik massa batuan yaitu kekuatan batuan utuh dan deformasi batuan utuh, dipengaruhi oleh bobot isi, porositas dan kandungan mineral. Perubahan karakteristik batuan utuh ini perlu dianalisis karena dapat menyebabkan timbulnya rekahan. Metode *crack initiation* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat tegangan terjadinya rekahan mikro. Analisis mikroskopis memberikan informasi tentang perubahan mineral penyusun batuan, tekstur dan ukuran butiran yang mempengaruhi karakteristik batuan utuh.

DASAR TEORI

Mekanisme Pembentukan Rekahan

Pemahaman tentang rekahan getas berkaitan dengan kekuatan batuan dan karakteristik

deformasi batuan adalah bagian mendasar dari setiap penelitian mekanika batuan.

Penerapan mekanika *fracture* pada bidang mekanika batuan berdasarkan pengembangan ekstensional rekahan dari teori Griffith yang berkaitan dengan penyebaran rekahan (*crack*). Hal ini sangat membantu dalam memahami deskripsi kuantitatif tentang deformasi batuan utuh menjadi *fracture* oleh pertumbuhan *crack*, akibat pembebanan dan pengaruh lingkungan seperti aliran air dan temperatur sehingga kondisi propagasi rekahan meningkat.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Rekahan (Pecahan)

Bobot isi dan porositas

Bobot isi merupakan salah satu sifat fisik batuan dan karakteristik dasar yang mempengaruhi perilaku batuan.

Kandungan Air

Kandungan air dalam batuan dapat mengubah tegangan awal rekahan (*crack initiation*). Hal ini karena keberadaan air pada permukaan internal batuan menghasilkan kelelahan statis yang berkaitan dengan perubahan energi permukaan atau energi rekahan, tegangan korosi dan modifikasi ikatan ukuran butir.

Komposisi Mineral

Permulaan dan perluasan rekahan pada batu kristal berkaitan dengan komposisi mineralogi.

Temperatur

Temperatur secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi kekuatan dan deformabilitas batuan. Salah satu pengaruh dari perubahan temperatur adalah perubahan kesetimbangan kadar air (*adsorbed water*) yang efek mekanisnya menjadikan regangan termal diferensial efektif dalam butir konstituen mengalami rekahan sebagai perpindahan antar granular dan regangan intra granular.

Pelapukan

Pelapukan adalah proses perubahan komposisi mineral dan pemecahan material yang bersifat mekanis, kimiawi dan biologis^[7]. Pelapukan tergantung pada kondisi klim, air tanah dan temperatur yang menyebabkan perubahan dalam karakteristik massa batuan.

Karakteristik Batuan

Sifat Fisik Batuan

Setelah preparasi selesai, dilakukan penimbangan sampel batuan:

1. Berat sampel asli/natural (gram) : W_n
2. Berat sampel kering/sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur kurang lebih 90°C (gram) : W_o
3. Berat sampel jenuh/sesudah dijenuhkan dengan air selama 24 jam (gram) : W_w
4. Berat sampel jenuh yang tergantung didalam air (gram) : W_s
5. Volume sampel tanpa pori-pori (cm^3) : $W_o - W_s$
6. Volume sampel total (cm^3) $W_w - W_s$

Dari penimbangan berat sampel batuan kemudian dilakukan perhitungan sifat fisik untuk kepentingan penelitian geoteknik yaitu,

1. Bobot isi
Bobot isi merupakan perbandingan antara massa batuan terhadap volume total batuan tersebut. Bobot isi dibedakan menjadi tiga yaitu,

- a. Bobot isi asli (*natural density*)
menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi natural terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi asli} = \frac{W_n}{W_w - W_s} \quad (1)$$

- b. Bobot isi kering (*dry density*)
menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi kering terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi kering} = \frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (2)$$

- c. Bobot isi jenuh (*saturated density*)
menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi jenuh terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi jenuh} = \frac{W_w}{W_w - W_s} \quad (3)$$

2. Berat jenis
Berat jenis merupakan perbandingan antara bobot isi padatan pada batuan dengan bobot isi air yang dapat menyatakan seberapa berat batuan apabila dibandingkan dengan air. Berat jenis dibedakan menjadi 2 yaitu:

- a. Berat jenis asli (*True specific gravity*)
menyatakan berat jenis sebenarnya dari batuan karena merupakan perbandingan antara bobot isi padatan pada batuan dengan bobot isi air.

$$\text{BJ asli} = \left\{ \frac{W_o}{W_o - W_s} \right\} : \text{bobot isi air} \quad (4)$$

- b. Berat jenis semu (*Apperent specific gravity*) merupakan perbandingan antara bobot isi batuan pada kondisi kering dengan bobot air. Berat jenis semu serupa dengan bobot isi kering batuan.

$$BJ \text{ semu} = \left\{ \frac{W_o}{W_w - W_s} \right\} : \text{bobot isi air} \quad (5)$$

3. Kadar air

Merupakan perbandingan antara massa dalam batuan dengan massa total batuan. Kadar air dibedakan menjadi 2 yaitu,

- a. Kadar air asli (*natural water content*) merupakan perbandingan antara massa air pada kondisi batuan natural terhadap massa padatan dalam batuan.

$$\text{Kadar air asli} = \left\{ \frac{W_n - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (6)$$

- b. Kadar air jenuh (*absorption*) merupakan perbandingan antara massa air pada kondisi jenuh terhadap massa padatan dalam batuan.

$$\text{Kadar air jenuh} = \left\{ \frac{W_w - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (7)$$

4. Derajat kejenuhan

Merupakan perbandingan antara kadar air natural dengan kadar air jenuh. Hal ini menyatakan seberapa banyak air yang terkandung dalam batuan natural jika dibandingkan dengan jumlah maksimal air yang dapat mengisi batuan.

$$\text{Derajat kejenuhan} = \left\{ \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \right\} \times 100\% \quad (8)$$

5. Porositas

Porositas merupakan perbandingan antara volume pori yang ada pada batuan terhadap volume total batuan.

$$\text{Porositas} = \left\{ \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \right\} \times 100\% \quad (9)$$

6. Angka pori (*void ratio, e*)

Merupakan perbandingan antara volume pori yang ada dalam batuan terhadap volume padatan dalam batuan.

$$\text{Angka pori (*void ratio, e*)} = \frac{n}{1-n} \quad (10)$$

Kuat Tekan Uniaksial (UCS)

Salah satu pengujian sifat mekanik yang umum digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan pengembangan awal rekahan di laboratorium yaitu uji kuat tekan uniaksial. Uji kuat tekan uniaksial merupakan pengujian sifat mekanik bersifat *destructive test*. Tujuan pengujian ini untuk

mengetahui kekuatan batuan dan deformasi atau karakterisasi batuan utuh. Dari hasil pengujian ini didapat nilai kuat tekan uniaksial (σ_c), kurva tegangan-regangan, nilai awal rekahan (CI), Modulus Young (E) dan Nisbah Poisson (ν).

1. Nilai Kuat Tekan Uniaksial (σ_c)

Tujuan uji kuat tekan uniaksial adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari contoh batuan.

Gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah conto batuan sesaat sebelum conto batuan hancur (*failure*) didefinisikan sebagai kuat tekan uniaksial batuan dan dinyatakan dengan persamaan,

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (11)$$

Keterangan:

σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

F = Gaya yang bekerja pada saat contoh batuan runtuh (N)

A = Luas penampang contoh batuan (m²)

2. Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan tegangan regangan adalah hubungan yang terjadi ketika muncul tegangan regangan pada material saat menerima beban. Hubungan ini dapat digambarkan dalam suatu kurva yaitu kurva tegangan regangan atau perilaku konstitutif yang diperoleh dari uji kuat tekan uniaksial : pengukuran beban, perpindahan aksial dan lateral dengan memperhitungkan luas kontak dan panjang contoh batuan.

3. Modulus Young (E)

Modulus Young atau modulus elastisitas adalah kemampuan batuan untuk mempertahankan kondisi elastisnya.

Modulus Young dihitung dari perbandingan antara tegangan aksial dan regangan aksial dan ditentukan berdasarkan persamaan,

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon\alpha} \quad (12)$$

Keterangan:

E = Modulus Young (MPa)

$\Delta\sigma$ = Perubahan tegangan (MPa)

$\Delta\epsilon\alpha$ = Perubahan regangan aksial (%)

4. Nisbah Poisson (ν)

Nisbah Poisson adalah perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan aksial. Nisbah Poisson menunjukkan adanya perpanjangan ke arah lateral akibat adanya

tegangan dalam arah aksial. Nisbah Poisson dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\nu = \frac{\epsilon_{lateral}}{\epsilon_{aksial}} \quad (13)$$

Keterangan:

ν = Nisbah Poisson

$\epsilon_{lateral}$ = Regangan lateral (mm)

ϵ_{aksial} = Regangan aksial (mm)

5. Metode Awal Rekahan (*Crack Initiation*)

Dalam penelitian ini digunakan metode regangan lateral dan regangan volumetrik untuk menentukan awal rekahan (*crack initiation*) selama pembebanan uji kuat tekan uniaksial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

Sifat fisik batuan merupakan karakteristik dasar yang mempengaruhi perilaku batuan. Pengujian sifat fisik ini untuk menentukan nilai porositas dan bobot isi batuan. Hasil uji sifat fisik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Parameter	Kode Sampel Batuan					
	KA1	KA3	BT1	BE2	TS2	TD3
Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	2,16	3,24	2,31	2,16	2,12	2,33
Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2,25	3,34	2,38	2,23	2,2	2,43
Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	2,07	3,13	2,29	2,11	2,07	2,29
Kadar Air Asli (%)	4,37	2,69	0,7	2,47	2,68	1,39
Kadar Air Januh (%)	0,66	5,51	3,72	5,56	6,53	5,55
Derajat Kejenuhan (%)	50,88	40,67	17,9	39,33	36,7	20,5
Porositas (%)	17,68	20,94	8,49	11,59	12,3	11,5
Void Ratio	0,22	0,29	0,09	0,13	0,15	0,14

Uji kuat tekan uniaksial dilakukan guna memperoleh kekuatan batuan utuh, Modulus Young (E), Nisbah Poisson (ν) dan nilai awal rekahan (CI).

Sampel yang digunakan adalah andesit, diperoleh dari Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Preparasi sampel diambil dalam

bentuk bongkahan dari lapangan yang kemudian dilakukan *coring*, pemotongan dan penghalusan berbentuk silinder sebanyak enam sampel dengan L/D = 9cm/4,5cm. Hasil uji kuat tekan uniaksial menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan, Modulus Young, Nisbah Poisson dan nilai awal rekahan pada sampel uji. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh kondisi fisik pelapukan yang berbeda.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial

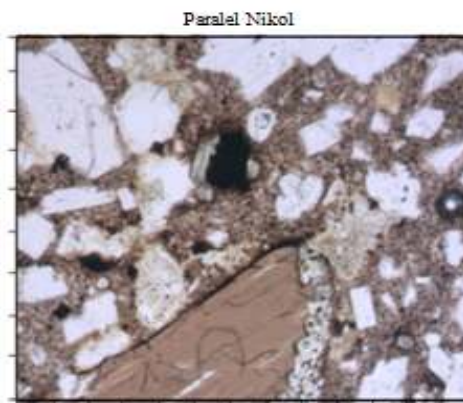
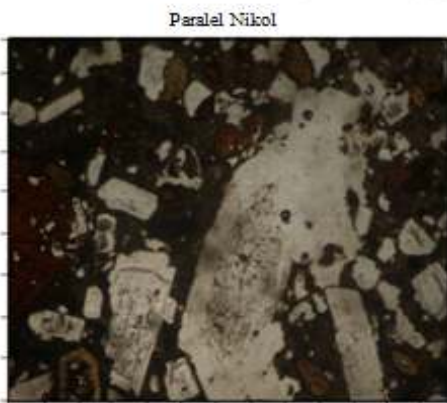
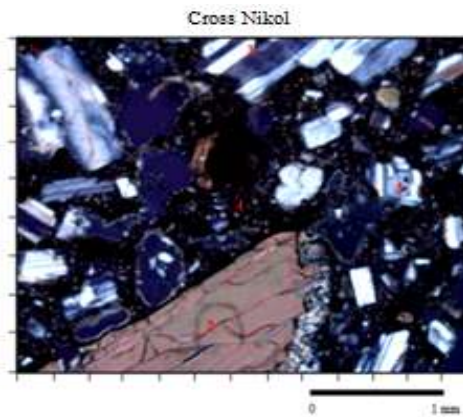
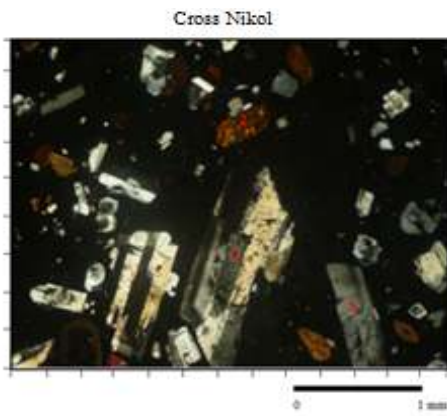
Kode Sampel	Kuat Tekan Uniaxial (MPa)	Modulus Young (GPa)	Poisson Ratio	Batas Elastis (MPa)	CI
KA2	61,92	3,03	0,28	32,86	22,55
KA3	47,6	5,69	0,3	37,58	35,07
BT1	86,43	4,58	0,29	45,09	20,04
BE2	89,39	11,36	0,29	24,83	50,08
TS2	88,54	11,35	0,14	49,39	34,92
TD3	120,25	8,05	0,17	80,17	105,22

Uji Sayatan Tipis Petrografi

Hasil analisa petrografi pada sampel KA2 (lihat Gambar 1) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular hipokristalin, berukuran 0,08mm-2,2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (39%), piroksen (12%), Hornblende (19%), feldspar (8%), kuarsa (6%), mineral opak (4%) ubahan dari hornblende, dan gelas vulkanik (18%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).

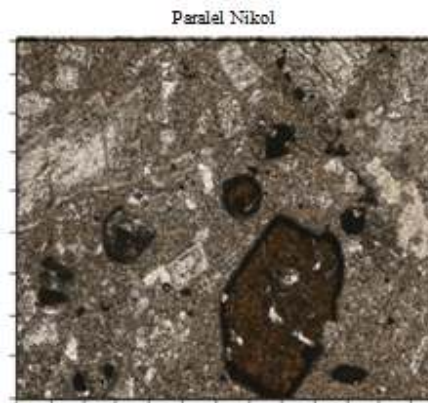
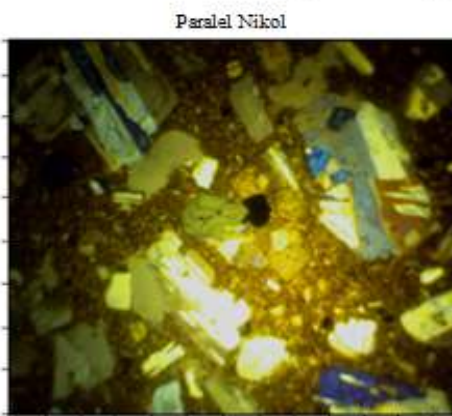
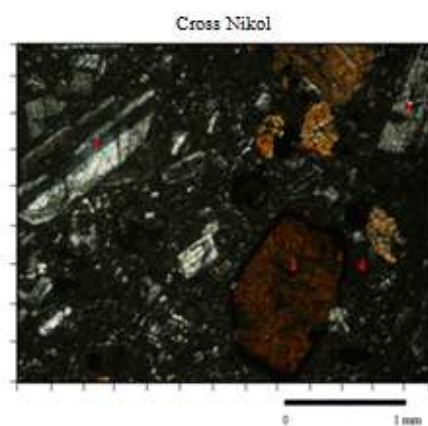
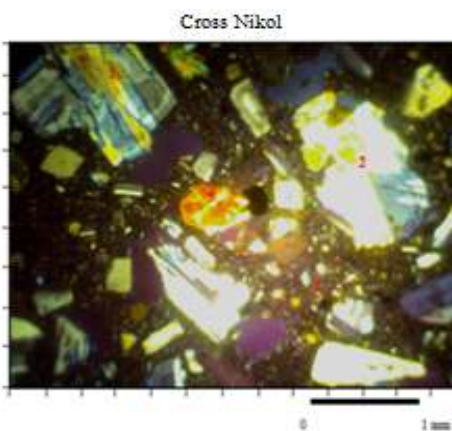
Hasil analisa petrografi pada sampel KA3 (lihat Gambar 2) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiritik, berukuran 0,08mm-1,7mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (32%), piroksen (16%), Hornblende (12%), feldspar 6%), kuarsa (4%), mineral opak (4%), dan gelas vulkanik (8%). Nama batuan adalah andesit (William,1982).

Hasil analisa petrografi pada sampel BT1 (lihat Gambar 3) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiritik, berukuran 0,08mm-2,2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (34%), piroksen (12%), Hornblende (14%), feldspar 8%), kuarsa (4%), mineral opak (3%), mikrolit plagioklas (17%) dan gelas vulkanik (8%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).



Gambar 1. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel KA2

Gambar 3. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel BT1

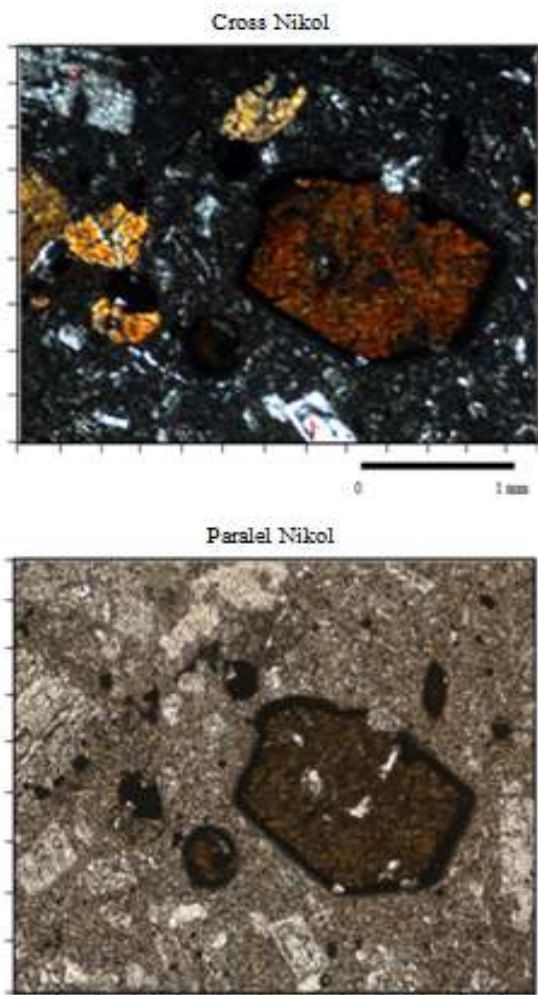


Gambar 2. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel KA3

Gambar 4. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel BE2

Hasil analisa petrografi pada sampel BE2 (lihat Gambar 4) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,1mm-1,8mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (32%), piroksen (12%), Hornblende (18%), feldspar 8%), kuarsa (7%), mineral opak (2%), dan gelas volkanik (21%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).

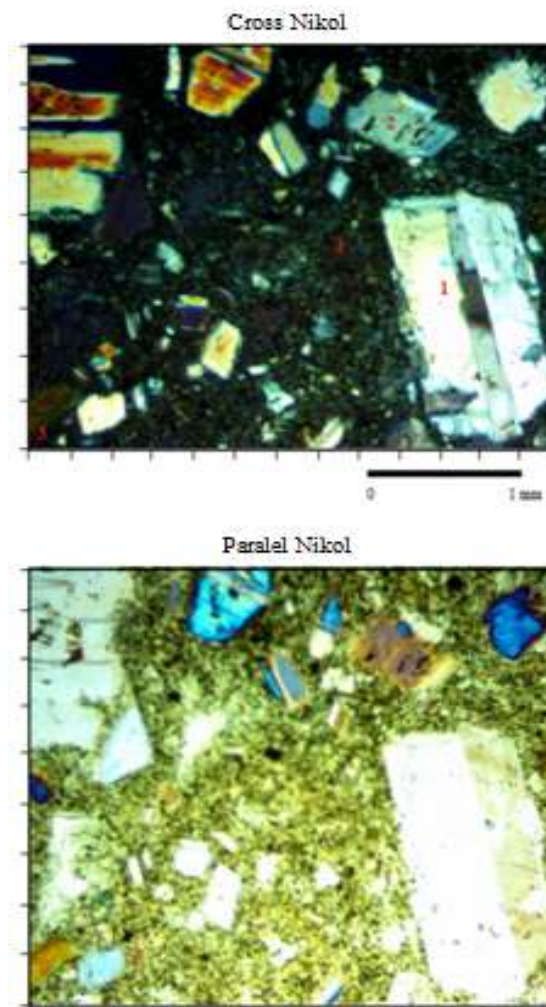
Hasil analisa petrografi pada sampel TS2 (lihat Gambar 5) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,08mm-2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (33%), piroksen (8%), Hornblende (20%), kuarsa (4%), mineral opak 5%), dan gelas volkanik (20%) telah lapuk menjadi lempung. Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).



Gambar 5. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel TS2

Hasil analisa petrografi pada sampel TD3 (lihat Gambar 6) memperlihatkan sayatan berwarna

abu-abu keciklatan, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,08mm-1,8mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (37%), piroksen (8%), Hornblende (16%), kuarsa (4%), mineral opak (5%), dan gelas volkanik (10%). Nama batuan adalah andesit (William,1982).



Gambar 6. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel TD3

Analisa Mikroskopis

Analisa yang digunakan dalam pengamatan mikroskopik adalah analisa petrografi yang terdiri dari pengamatan mineral primer, sekunder atau ubahan mineral. Hasil pengamatan petrografi menunjukkan adanya perbedaan presentasi penyusunan mineral batuan pada keenam sampel. Perubahan penyusunan batuan primer yaitu mineral plagioklas (32%-39%) dan mineral horblende (12%-20). Sedangkan mineral opak (3%-5%) sebagai ubahan dari mineral horblende, gelas volkanik (8%-21%) sebagian telah lapuk menjadi lempung dan mikrolit plagioklas (17%).

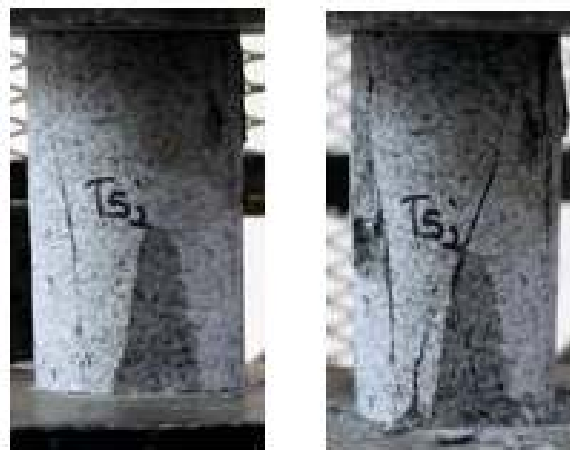
Pengaruh Pelapukan Terhadap Rekahan Batuan Utuh

Analisa pengaruh pelapukan terhadap rekahan batuan utuh dilakukan dengan melihat kecenderungan data perubahan penyusun mineral pada masing-masing sampel. Rekahan batuan utuh yang dianalisis meliputi karakteristik batuan yaitu sifat fisik dan sifat mekanik batuan terdiri dari bobot isi, porositas, kekuatan batuan, rekahan awal batuan, Modulus Young dan Nisbah Poisson.

Dari hasil Pengujian kuat tekan uniaksial pada setiap sampel batuan dengan presentase penyusun mineral yang berbeda menghasilkan deformasi batuan yang berbeda-beda pula. Ketika batuan terdeformasi maka batuan mengalami regangan. Regangan akan merubah bentuk, ukuran atau volume dari suatu batuan. Peningkatan pembebanan uji kuat tekan uniaksial terhadap sampel batuan mengakibatkan terbentuknya rekahan mikro yang sejajar dengan tegangan utama kemudian hancur atau runtuh disertai pelepasan energi secara tiba-tiba. Deformasi saat pengujian kuat tekan uniaksial menunjukkan hubungan tegangan regangan untuk sampel batuan dengan jumlah presentase penyusun mineral sekunder yang lebih tinggi memiliki nilai regangan yang lebih besar dibandingkan sampel batuan dengan presentasi penyusun mineral yang lebih rendah. Sedangkan pada sampel batuan dengan presentase penyusun mineral yang lebih rendah memiliki nilai tegangan yang lebih besar dibanding pada sampel batuan dengan jumlah presentase penyusun mineral yang tinggi.

Tabel 2, menunjukkan sampel batuan BE2 dan TS2 memiliki nilai Modulus Young paling besar yaitu 11,36 GPa dan 11,35 GPa. Pada sampel ini memiliki presentase mineral opak yang lebih rendah (Gambar 4 dan Gambar 5). Nilai Modulus Young pada sampel batuan KA2, KA3, BT1 dan TD3 sebesar 3,03 GPa, 5,69 GPa, 4,58 GPa dan 8,05 GPa memiliki presentase mineral opak yang lebih besar. Besarnya nilai Modulus Young dipengaruhi oleh tegangan yang mampu diterima serta regangan yang terjadi akibat tegangan tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan meningkatnya tegangan awal rekahan (*crack initiation*) seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan uniaksial. Dari Tabel 2, dapat dinyatakan bahwa semakin kuat tekan uji menahan tekanan maka semakin besar tegangan awal rekahan (*crack initiation*) yang dimiliki. Hal ini disebabkan oleh pelapukan yang dapat mengurangi elastis batuan yang meningkatkan tegangan permukaan.



Gambar 7. Bentuk Rekahan Pada Sampel Batuan TS1



Gambar 8. Bentuk Rekahan Pada Sampel Batuan TD3

Hasil pengujian sifat fisik (lihat Tabel 2) menunjukkan bahwa bobot isi batuan berupa bobot isi asli, bobot isi kering dan bobot isi jenuh nilainya cenderung menurun seiring meningkatnya pelapukan. hubungan antara bobot isi asli dan porositas memperlihatkan adanya kecenderungan data nilai porositas meningkat seiring meningkatnya pelapukan yang diakibatkan oleh degradasi dan perubahan mineralogi pada batuan.

Hasil pengujian dilaboratorium menunjukkan pelapukan berperan penting terhadap perubahan nilai tegangan awal rekahan batuan utuh dan kekuatan batuan. Semakin tinggi pelapukan maka nilai kekuatan batuan dan nilai tegangan awal rekahan semakin kecil.

KESIMPULAN

Pelapukan akibat degradasi dan perubahan mineralogi pada sampel batuan utuh memberikan dampak terhadap karakteristik batuan utuh. Hal ini

ditunjukkan pada perubahan nilai bobot isi, porositas, kekuatan batuan, rekahan awal batuan, Modulus Young dan Nisbah Poisson menurun seiring meningkatnya pelapukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Borrelli, L., Greco, R., & Gulla, G., 2007, *Weathering Grade of Rock Masses as a Predisposing Factor to Slope Instabilities: Reconnaissance and control procedures*, Geomorphology, Vol 87, Page 158–175
- Calcaterra, D., Parise, M., 2010, *Weathering as a Predisposing Factor to Slope Movements*, Geol Soc London, Vol 23, Page 105–130.
- Carroll, D., 1970, *Rock Weathering*, Plenum Press, New York-London.
- Hawkes, I., Mellor, M., 1969. *Uniaxial Testing In Rock Mechanics Laboratories*. Engineering Geology-Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Netherland, 177-285.
- Jacobsso, L., dkk. 2018. *Spalling Initiation Experiments On Large Hard Rock Cores*. Urban Akesson, Swedish Transport Administration.
- Momeni, A.A., Khanlari, G.R., Heidari, M., Sepahi, A.A., & Bazvand, E., 2015, *New Engineering Geological Weathering Classifications for Granitoid Rocks*, Engineering Geology, 185, 43-51.
- Price, D. G., 1995. *Weathering and Weathering Processes*. Quarterly Journal of Engineering Geology, 28, 243-252.