



Analisis Pengaruh Mineral terhadap Nilai Kuat Tekan Batuan

Noviandra Eko Putra
Universitas Mulawarman

Shalaho Dina Devy
Universitas Mulawarman

Agus Winarno
Universitas Mulawarman

Abstract: *To determine the mineral content and composition of a rock, a petrographic test is carried out using a thin section method. Petrographic test is known as an efficient test of time and energy with accurate results in obtaining the composition and mineral content of rocks. The Point Load test is an index test that has been widely used to predict the UCS value of a rock indirectly in the field. This is due to the simple test procedure, easy sample preparation and can be done in the field, so that the strength of the rock can be quickly known in the field before testing in the laboratory.*

Keywords: *Minerals, Rock Compressive Strength Value, Rock Composing Composition*

Abstrak: Untuk mengetahui kandungan mineral dan komposisi penyusun suatu batuan dilakukan uji petrografi dengan metode menggunakan sayatan tipis. Uji petrografi dikenal sebagai uji yang efisien akan waktu dan tenaga dengan hasil yang akurat dalam mendapatkan komposisi dan kandungan mineral batuan. Uji *Point Load* merupakan uji indeks yang telah secara luas digunakan untuk memprediksi nilai UCS suatu batuan secara tidak langsung di lapangan. Hal ini disebabkan prosedur pengujian yang sederhana, preparasi contoh yang mudah dan dapat dilakukan di lapangan, sehingga dapat dengan cepat diketahui kekuatan batuan di lapangan sebelum dilakukan pengujian di laboratorium.

Kata kunci: Mineral, Nilai Kuat Tekan Batuan, Komposisi Penyusun Batuan

PENDAHULUAN

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*). Siklus pembentukan batuan dimulai dari magma keluatan 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 (Balfas, 2015).

Menurut (Ferdinandus, Novalisae, 2021) uji kuat tekan uniaksial menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk menekan contoh batu yang berbentuk silinder, balok atau prisma dari satu arah (*uniaxial*). Penyebaran tegangan di dalam conto batu secara teoritis adalah searah dengan gaya dikenakan pada conto tersebut. Tetapi dalam kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya dikenakan pada contoh tersebut karena ada pyengadu dari plat

penekan mesin yang menghimpit conto. Sehingga bentuk pecahan tidak membentuk bidang pecah yang searah dengan gaya berbentuk kerucut.

Penelitian sebelumnya menurut (Fadel, 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.

Oleh karena itu, penulis melakukan pengujian terhadap batu sedimen khususnya batupasir dan batulanau yang memiliki ukuran butir berbeda beda guna menentukan pengaruh ukuran butir batuan tersebut terhadap nilai kuat tekan batuan, serta pada sector pertambangan dapat berguna untuk mengetahui kekuatan material yang akan digunakan sebagai material bangunan dan jalan tambang.

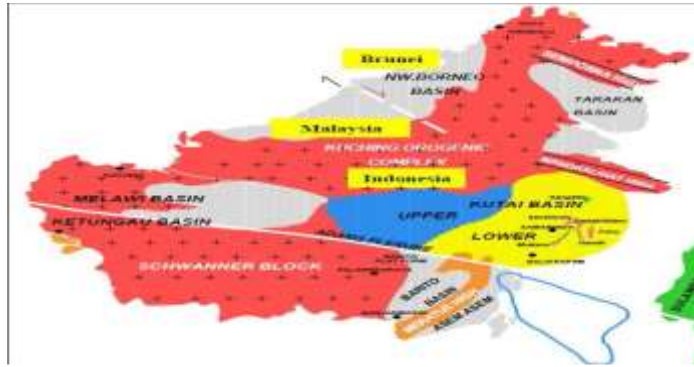
TINJAUAN PUSTAKA

Fisiografi

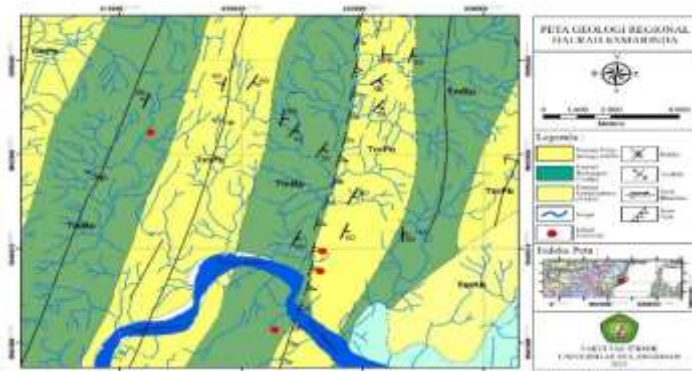
Cekungan kutai merupakan salah satu cekungan di Indonesia yang sangan penting. Menutupi daerah seluas $\pm 60.000 \text{ km}^2$ dan mengandung endapan umur tersier dengan ketebalan mencapai 14 km. Cekungan Kutai merupakan cekungan berumur tersier dan terdalam di Indonesia bagian timur. Cekungan Kutai terletak di tepi bagian timur dari Paparan Sunda, yang dihasilkan sebagai akibat dari gaya eksistensi di bagian lempeng Eurasia.

Pada tersier awal cekungan Kutai dan cekungan Barito merupakan satu cekungan besar berarah utara timur laut – selatan barat daya. Cekungan tersebut mulai terpisah setelah pengangkatan blok Meratus, dicirikan oleh kelurusan *zone* Paternoster yang dikontrol oleh sesar Adang dan disebut sebagai *South Kutai Boundary Fault*. Pemisahan ini diduga terjadi selama Miosen Tengah, berdasarkan fasies yang berbeda pada lapisan sedimen antara kedua cekungan dari miosen akhir sampai resen (Biantoro dkk, 1992).

Cekungan Kutai di bagian utara dibatasi oleh suatu daerah tinggian batuan dasar yang terjadi pada oligosen, yaitu Tinggian Mangkalihat dan Sesar Sangkulirang yang memisahkannya dengan cekungan Tarakan. Di bagian timur daerah cekungan ini, terdapat delta Mahakam yang terbuka ke Selat Makassar. Di bagian barat, Cekungan Kutai dibatasi oleh daerah Tinggian Kuching (*Central Kalimantan Ranges*). Di bagian tenggara cekungan ini, terdapat Paparan Paternoster yang dipisahkan oleh gugusan Pegunungan Meratus. Di bagian selatan Cekungan Kutai yang dipisahkan oleh Sesar Adang.



Gambar 1 Sketsa Fisiografi Regional Cekungan Kutai (Paterson dkk, 1997 dalam Mora dkk, 2001)



Gambar 2 Peta Geologi Regional

Stratigrafi Cekungan Kutai

Urutan – urutan stratigrafinya Cekungan Kutai bagian bawah dari tua ke muda adalah Formasi Pamaluan (Tmp), Formasi Bebulu (Tmbe), Formasi Pulau Balang (Tmpb), Formasi Balikpapan (Tmbp), Formasi Kampung Baru (Tmkb), dan Aluvium (Qal) (menurut Sukardi dkk, 1995 dalam Agus dkk, 2016).

litologi yang menyusun cekungan ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa satuan batuan setingkat formasi. Secara litostratigrafis berbagai satuan batuan yang menyusun daerah ini dan kawasan sekitarnya dari tua ke muda dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Formasi Pamaluan (Tomp)

Formasi Pamaluan tersusun atas batu lempung dengan sisipan napal, batupasir dan batubara. Bagian atas terdiri dari batu lempung pasiran yang mengandung sisa tumbuhan dan beberapa lapisan tipis batubara. Secara umum bagian bawah lebih gamping dan mengandung lebih banyak foraminifera plankton dibandingkan dengan bagianatas dari formasi lembak. Formasi ini dapat dikorelasikan dengan bagian atas dari formasi lembak. Lingkungan pengendapannya berkisar dari neritik dalam sampai neritik dangkal.

2. Formasi Pulau Balang (Tmpb)

Formasi pulau Balang memiliki ketebalan sekitar 400 meter, dominan tersusun oleh batu lempung, batu lanau dengan lapisan tipis batu pasir gamping, batu gamping koral, dan batu

pasir dengan fragmen batubara. Pada bagian bawah dengan ketebalan batubara 0,5 – 2 meter, umumnya mempunyai kandungan belerang yang tinggi sehingga tidak ekonomis untuk ditambang. Sedimentasi formasi ini diperkirakan terjadi di daerah prodelta dengan tebaran terumbu di beberapa tempat.

3. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Formasi Balikpapan tersusun atas pasir (lepas), lempung, lanau, tuff, dan batubara. Pada perselingan batu pasir kuarsa, lempung dan lanau memperlihatkan struktur silang siue dan perairan. Setempat mengandung sisipan batubara dengan ketebalan antara 20 - 40 cm. Lempung berwarna kelabu, getas mengandung muskovit bitumen, dan oksida besi. Tebal formasi ini kurang lebih 2000m dengan lingkungan pengendapan muka - dataran delta.

4. Formasi Bebuluh (Tmb)

Formasi ini terdiri dari batu gamping dengan sisipan batu gamping pasir dan serpih, berumur Miosen Awal. Formasi ini menjemari dengan formasi Pamaluan dan ketebalannya mencapai 1900 m.

5. Formasi Kampung Baru (Tpkb)

Batu lempung pasir, batu pasir kuarsa, batu lanau, sisipan batubara, napal, batu gamping, dan lignit. Tebal sisipan batubara dan lignit kurang dari 3 m. Formasi ini diendapkan di lingkungan delta dan laut dangkal dengan tebal formasi 700 - 800 m.

6. Endapan Alluvial (Qa)

Terdiri dari akumulasi kerakal, kerikil, pasir, lumpur, dan sisa-sisa tumbuhan, bersifat lepas, belum terkonsolidasi bentuk butir membulat, berasal dari berbagai macam batuan hasil proses disintegrasi, transportasi, dan denudasi yang kegiatannya masih berlangsung hingga sekarang. Tersebar di sepanjang pantai timur Tanah Grogot, Teluk Adang, dan Teluk Balikpapan (menurut Supriatna dkk, 1995 dalam Fadel, 2020)

UMUR	FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	DESKRIPSI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	Aluvial (Qa)	?		Material lepas berukuran lempung hingga pasir halus, dan material organik.	Fluvial / Lacustrine
TERSIER	Kampungbaru	900		Batupasir kuarsa yang bersifat lepas dengan sisipan batulempung, serpih, batulanau dan lignit.	Delta
	Balikpapan	3000		Batulempung dan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau serpih, dan batubara.	Delta
	Pulau Belang	2750		Batupasir (greywacke), batupasir kuarsa, batugamping, batulempung dengan sisipan batubara.	Delta - laut dangkal
	Bebulu	3000		Formasi Bebulu : batugamping dengan sisipan batugamping pasir dan serpih.	Laut Dangkal (Neritik)
	Pamaluan	3000		Formasi Pamaluan : batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau.	Laut Dangkal (Neritik)

Gambar 3 Stratigrafi Cekungan Kutai (modifikasi dari Sukardi dkk, 1995 dan Satyana dkk, 1999 dalam Agus dkk, 2016)

Batupasir (*Sandstone*)

Menurut Folk (1980), dalam Pangestu, (2019) Batupasir umumnya tersusun oleh material terigen (asal daratan), yang merupakan produk erosi dari batuan di *area hart*. Secara umum, komposisi batupasir disusun oleh mineral kuarsa, mineral feldspar, mineral lempung, fragment batuan dan mineral tidak stabil lainnya. Perbedaan kelimpahan mineral disetiap komposisi batupasir merupakan pencerminan dari stabilitas mekanik dan kimiawi mineral, serta ketersediaan mineral yang berasal dari batuan.

Batu pasir (sandstone) adalah batuan endapan yang terutama terdiri dari mineral atau butiran berukuran (1/16 mm-2mm) sebagian besar batu pasir terbentuk oleh kuarsa atau feldspar karena mineral-mineral tersebut paling banyak terdapat di kulit bumi. Batupasir dikelompokkan menjadi sedang dan kasar (Balfas, 2015).



Gambar 4 Batu Pasir (dokumentasi Pribadi)

Batulanau (*Siltstone*)

Menurut Sharma dkk (2012), dalam Hartono (2018) *Siltstone* merupakan termasuk mudrock yang mempunyai kandungan butiran halus lempung paling kecil dibandingkan dengan mudrock lainnya, namun demikian sifat mudah lapuknya batuan ini menimbulkan permasalahan bagi konstruksi yang ada di atasnya. Siltstone dapat dalam kondisi yang keras saat tertimbun secara alami, namun bila telah terekspos maka kondisi yang terbuka memungkinkan terjadinya pelapukan. Durabilitas siltstone yang tinggi dalam kondisi keras dapat dengan segera menurun signifikan bila mengalami pelapukan. Siltstone berukuran $\frac{1}{256}$ sampai dengan $\frac{1}{16}$ mm, perbedaan dengan batupasir atau terbentuknya hanya dari perbedaan besar butirannya.



Gambar 5 Batu *Siltstone* (Zuhdi,2019)

Tabel 1 Komposisi Batuan (Rai, 2013)

Mineral	%	Mineral	%
SiO ₂	59,8	Fe	3,39
Al ₂ O	14,9	Na ₂ O	3,25
CAO	4,9	K ₂ O	2,98
MgO	3,7	Fe ₂ O ₃	2,69
		H ₂ O	2,02

Petrografi

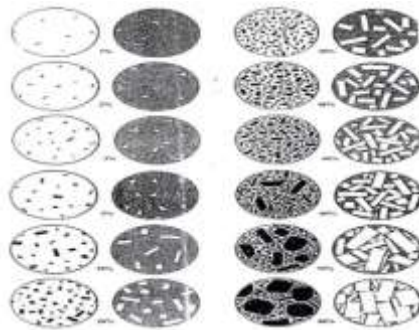
Petrografi merupakan bagian dari ilmu petrologi yang mempelajari tentang deskripsi dan klasifikasi batuan dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Deskripsi batuan secara petrografis yang penting diperhatikan ialah identifikasi komposisi mineral dan tekstur batuan serta pengelompokan batuan didasarkan pada hasil dari pengamatan tekstur dan komposisi mineralogi utama (*rock forming minerals*).

Menurut (Yuwono, 2012) Petrografi merupakan ilmu yang mempelajari klasifikasi, dan penamaan batuan. Batuan dibagi tiga yaitu : batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf.

Klasifikasi Sedimen

Klasifikasi sedimen merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tekstur batuan, mineralisasi batuan, komposisi mineral penyusun, jenis serta nama batuan. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Pada pengujian petrografi yang diamati terlebih dahulu ialah mineral penyusun batuan dan selanjutnya dilihat tekstur dalam batuan. Tekstur dalam batuan sangat membantu mengelompokkan batuan.

Untuk menentukan prosentase dalam sayatan tipis agregat yang diletakkan diatas preparate mengacu pada gambaran yang telah dibuat oleh Philpots pada tahun 1989.



Gambar 6 Prosentase mineral berdasarkan sayatan tipis Philpots (1989)

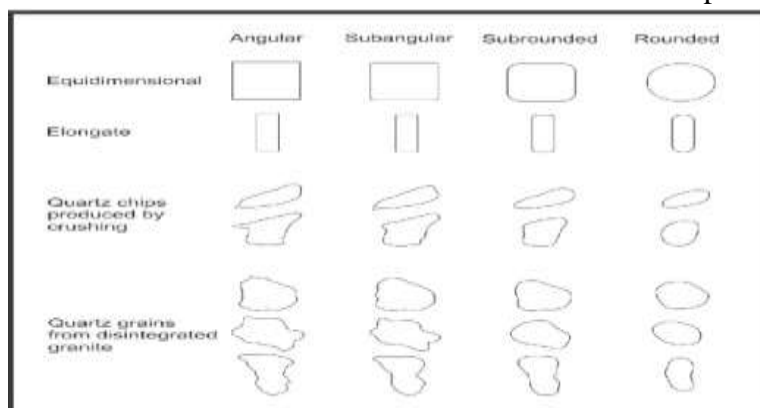
Berdasarkan proses terjadinya, maka batuan sedimen terbagi menjadi empat kategori :

1. *Terregeous Clastics*, yang terbentuk dari rombakan batuan lainnya melalui proses pelapukan, erosi, transportasi, sedimentasi dan pembatuan (litifikasi). Pelapukan yang berperan ialah pelapukan yang bersifat fisika.
2. *Biochemical Organic Deposit*, merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari akumulasi bahan – bahan organik (baik flora maupun fauna) dan proses pelapukan yang terjadi pada umumnya bersifat kimia.
3. *Chemical Evaporates*, merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari akumulasi kristal – kristal dan larutan kimia yang diendapkan setelah medianya mengalami penguapan.
4. *Volcani Clastics (Pyroclastics)*, merupakan batuan sedimen yang dihasilkan dari akumulasi material – material gunung api.

Tekstur

Bentuk butiran atau *sphericity* adalah merupakan derajat kecenderungan berbentuk lonjong, sedangkan kebundaran adalah keruncingan pinggiran atau sudut butiran. Berdasarkan bentuknya, butiran dapat saja membentuk sferoidal atau ekuideminsional. Berdasar derajat kebundarannya butiran dibagi menjadi menyudut, menyudut tanggung, membulat tanggung dan membulat.

Bentuk butiran sangat dipengaruhi oleh bentuk asal mineral yang terangkut. Pada butiran yang halus, derajat kebundaran tidak diperhitungkan karena butiran yang halus akan menjadi *suspense* dalam media dan terhindar dari benturan selama transportasi.



Gambar 7 Dua dimensi bentuk butir dan kebundaran

Besaran butir (*Grain Size*), sudah ditentukan dengan cara membandingkannya dengan menggunakan skala Wenworth, dan apabila perlu dapat dibantu dengan menggunakan luope, untuk breksi dan konglomerat dapat ditentukan dengan mistar kecil, kemudian menentukan ukuran minimal dan maksimal dari ukuran butiran atau komponennya.

Definisi Mekanika Batuan

Menurut Rai (2013), ada beberapa definisi mekanika batuan menurut *US National Committee On Rock Meachanics* (1984), menurut Talobre (1984), Coates (1981), Budavari (1983), dan Hudsson dan Horrison (1983) :

1. *US National Committee On Rock Meachanics* (1984)

Mekanika batuan adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari perilaku (*behaviour*) batuan baik secara teoritis maupun terapan, merupakan cabang dari ilmu mekanika yang berkenaan dengan sikap batuan terhadap medan-medan gaya pada lingkungannya.

2. Talobre (1984)

Mekanika batuan adalah teknik & juga sains yang tujuannya mempelajari perilaku (*behavior*) batuan di tempat asalnya agar dapat mengendalikan pekerjaan yang dibuat pada batuan tersebut seperti penggalian dibawah tanah dan lain-lainnya. Dalam kenyataannya mekanika batuan merupakan gabungan dari teori, pengalaman dan kegiatan di laboratorium

serta pengujian in-situ. Disebut juga bahwa mekanika batuan tidak sama dengan ilmu geologi yang didefinisikan oleh Talobre sebagai sains deskriptif yang mengidentifikasi batuan dan mempelajari sejarah batuan.

3. Coates (1981)

Mekanika adalah ilmu yang mempelajari efek dari gaya atau tekanan pada sebuah benda yaitu percepatan, kecepatan, perpindahan. Mekanika batuan adalah ilmu yang mempelajari efek dari gaya terhadap batuan. Bagi para insinyur, mekanika batuan adalah analisis dari beban atau gaya yang dikenakan pada batuan; analisis dari dampak dalam yang dinyatakan dalam tegangan (*stress*), regangan (*strain*) atau enersi yang disimpan; dan analisis akibat dari dampak dalam tersebut, yaitu rekahan (*fracture*), aliran atau deformasi dari batuan.

4. Budavari (1983)

Mekanika batuan adalah ilmu yang mempelajari mekanika perpindahan padatan untuk menentukan distribusi gaya-gaya dalam dan deformasi akibat gaya luar pada suatu benda padat.

5. Hudsson & Harrison (1983)

Mekanika batuan adalah ilmu yang mempelajari reaksi batuan yang apabila padanya dikenai suatu gangguan. Dalam hal material alam, ilmu ini berlaku untuk masalah deformasi suatu struktur geologi, seperti bagaimana lipatan, patahan, dan rekahan berkembang begitu tegangan terjadi pada batuan selama proses geologi.

Kadar Air

Menurut Safrizal (2010), dalam Agus, (2018) kadar air merupakan salah satu sifat fisik dari bahan yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung di dalam bahan. Kadar air biasanya dinyatakan dengan persentase berat air terhadap bahan basah atau dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan yang disebut dengan kadar air basis basah (bb). Berat bahan kering atau padatan adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap atau konstan.

Menurut Brooker dkk (1992), dalam Agus, (2018) Konsep kadar air kesetimbangan merupakan suatu konsep yang penting dalam studi pengeringan karena kadar air kesetimbangan menentukan kadar air minimum yang dapat dicapai pada kondisi udara pengeringan yang tetap atau pada suhu dan kelembaban relatif yang tetap. Kadar air kesetimbangan didefinisikan sebagai kadar air bahan setelah bahan dipaparkan atau berada dilingkungan tertentu untuk jangka waktu yang panjang yang ditentukan. Selain itu, kadar air kesetimbangan dapat pula didefinisikan sebagai kadar air dimana tekanan uap internal bahan berada dalam kondisi kesetimbangan dengan tekanan uap lingkungan. Kadar air

kesetimbangan juga dipengaruhi atau tergantung pada kelembaban dan kondisi suhu lingkungan dan bergantung pula pada varietas, spesies dan kematangan).

Menurut Henderson and Perry (1976) dalam Agus (2018) suatu bahan dalam keadaan seimbang apabila laju kehilangan air dari bahan ke udara sekelilingnya sama dengan laju penambahan air ke bahan dari udara di sekelilingnya. Kadar air pada keadaan seimbang disebut juga dengan kadar air keseimbangan atau keseimbangan higroskopis.

Porositas batuan

Porositas adalah kemampuan untuk menyerap fluida pada batuan atau formasi atau ruang ruang yang terisi oleh fluida diantara zat-zat padat atau mineral pada suatu batuan (Nurwidyanto, 2005). Mekanika batuan adalah salah satu cabang disiplin ilmu geomekanika. Mekanika batuan merupakan ilmu yang mempelajari sifat-sifat mekanik batuan dan massa batuan (Novianti, 2013), salah satu sifat mekanik batuan yang dianalisis dalam penelitian ini yaitu kuat tekan batuan. Nilai kuat tekan uniaksial dari percontoh batuan merupakan tegangan yang terjadi pada contoh batuan saat mengalami keruntuhan (*failure*) akibat pembebanan (Prasetya, 2013).

Menurut Adi Harsono, 1997 dalam Farhan, 2019 Porositas adalah suatu ukuran yang menunjukkan besar rongga dalam batuan (menggambarkan presentase dari total ruang yang tersedia untuk ditempati oleh fluida). Porositas juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume total pori-pori batuan dengan volume total batuan per satuan volume tertentu.

Densitas Batuan

Menurut Julianto, 2012 dalam (Arief, 2016) massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya.

Tabel 2 Tabel rentang Densitas Batuan (Telford dkk,1990)

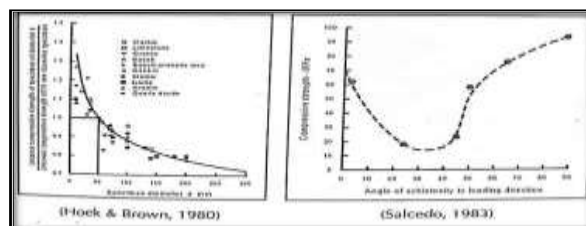
Jenis Batuan	Rentang densitas(Gr/Cm³)	Rata-rata(Gr/Cm³)
Sedimentary rocks		
Alluvium	1,96 - 2,00	1,98
Clay	1,63 - 2,60	2,21
Gravel	1,70 - 2,40	2,00
Loess	1,40 - 1,93	1,64
Silt	1,80 - 2,20	1,93
Soil	1,20 - 2,40	1,92
Sand	1,70 - 2,30	2,00
Sandstone	1,61 - 2,76	2,35
Shale	1,77 - 3,20	2,40
Limestone	1,93 - 2,90	2,55
Dolomite	2,28 - 2,90	2,70
Chalk	1,53 - 2,60	2,01
Halite	2,10 - 2,60	2,22
Glacier ice	0,88 - 0,92	0,99
Igneous rocks		
Rhyolite	2,35 - 2,70	2,52
Granite	2,50 - 2,81	2,64
Andesite	2,40 - 2,80	2,61
Syenite	2,60 - 2,95	2,77

Basalt	2,70 - 3,30	2,99
Gabbro	2,70 - 3,50	3,03
Metamorphic rocks		
Schist	2,39 - 2,90	2,64
Gneiss	2,59 - 3,00	2,80
Phyllite	2,68 - 2,80	2,74
Slate	2,70 - 2,90	2,79
Granulite	2,52 - 2,73	2,65
Amphibolite	2,90 - 3,04	2,96
Eclogite	3,20 - 3,53	3,37

Uji Kuat Tekan Uniaksial (*Unconfined Compressive Strength Test*)

Pada Uji ini contoh batuan ditekan pada mesin batuan ditekan pada mesin tekan (gambar 2) dan selama penekanan tegangan dan regangan aksial maupun lateral pada contoh batuan dicatat atau direkam untuk selanjutnya digunakan untuk membuat kurva tegangan-regangan. Dari kurva tegangan-regangan tersebut dapat ditentukan beberapa parameter mekaik contoh batuan, yaitu kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive strength, UCS,*) batas elastis (*yield strength*) modulus young ϵ dan Nisbah Poisson (ν) (Rai, 2013)

Hal yang perlu diperhatikan pada *UCS* yang dihasilkan dari uji ini adalah bahwa nilai *UCS* akan dipengaruhi oleh ukuran contoh batuan yang dikenal sebagai efek skala (*scale effect*) seperti ditunjukkan pada gambar (3) dan rasio tinggi-diameter contoh batuan yang dikenal sebagai efek bentuk (*shape effect*). Jika contoh yang diuji mengandung bidang perlapisan, maka nilai *UCS* yang diperoleh akan dipengaruhi oleh sudut yang dibentuk antara arah pembebanan dan bidang perlapisan, seperti diilustrasikan dalam gambar (3b). selain itu, laju pembebanan juga mempengaruhi nilai *UCS* yang diperoleh. Semakin tinggi laju pembebanan yang digunakan dalam pengujian akan semakin tinggi juga nilai *UCS* yang diperoleh, demikian juga sebaliknya (Rai, 2013).

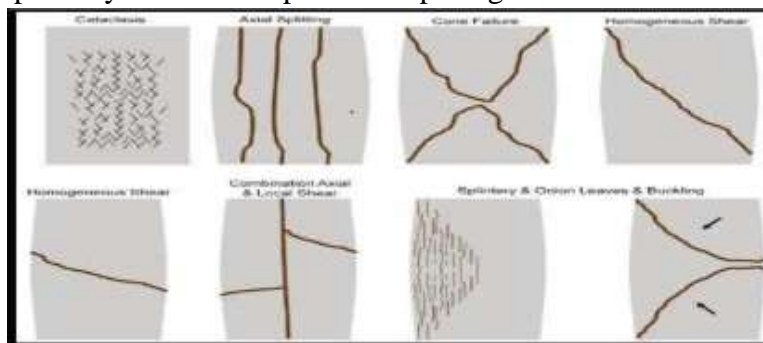


Gambar 9 Pengaruh (a) ukuran contoh dan (b) arah pembebanan pada UCS (Sumber Rai, 2013)

Menurut Rai (2013), Uji tekan dilakukan untuk mengukur kuat tekan uniaksial (*Unconfined Compressive 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, nisbah poisson *energy* fraktur, dan *energy* fraktur spesifik (Rai, 2013)

Mekanisme pecahnya batuan getas dengan kondisi kekakuan mesin tekan yang tidak terlalu besar akan bersifat violent dan disebut sebagai fraktur getas (*brittle fracture*). Menurut Griffix th (1921) dalam (Rai, 2013) bahwa arah retakan dari sebuah material getas akan sesuai dengan tegangan utama maksimumnya. Sehingga bila persyaratan kondisi ideal pengujian telah

dipenuhi maka contoh uji batuan getas akan pecah secara vertikal yang searah dengan pembebanan maksimumnya, yaitu tegangan aksial dan mekanisme pecahnya bersifat fraktur getas. Tergantung dari jenis batuan, kondisi rekahan awal (*pre-existing cracks*) pada contoh batu uji dan sistem mesin kuat tekan yang digunakan untuk pengujian, maka bentuk pecah contoh batu uji akan bervariasi mulai kataklisis, axial splitting, pecahan kerucut (*cone failure*), *homogeneous shear*, *combination axial & local shear*, dan *splintery & onion leaves & buckling*. Kesemua model pecahnya tersebut dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Bentuk Pecah Contoh Batuan Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial (Rai,2013)

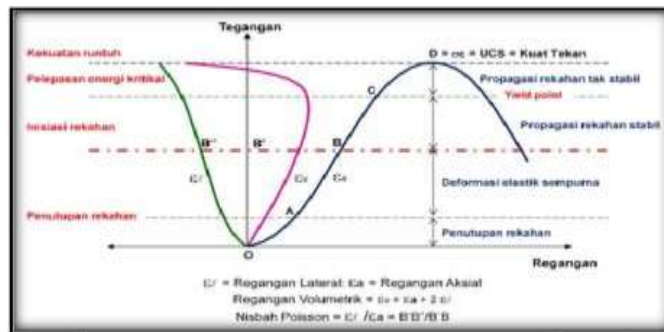
Menurut (Kramadibrata, 1991) mengatakan bahwa uji kuat tekan uniaksial menghasilkan tujuh tipe pecah, yaitu :

- a. Cataclasis
- b. Belahan arah aksial (*axial splitting*)
- c. Hancuran kerucut (*cone failure*)
- d. Hancuran geser (*homogeneous shear*)
- e. Hancuran geser dari sudut ke sudut (*homogeneous shear corner to corner*)
- f. Kombinasi belahan aksial dan geser (*combination axial dan local shear*)
- g. Serpihan mengulit bawang dan menekuk (*splintery union-leaves and buckling*).

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression mechine*) dan dalam pembebenannya mengikuti standar dari *international society for rock menchanics* (ISRM, 1981) dalam (Arif, 2016). Secara teoretis penyebaran tegangan di dalam conto batuan searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh tersebut. Akan tetapi, pada kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh. Halini terjadi karena ada pengaruh dari plat penekan pada mesin tekan yang berbentuk bidang pecah yang searah dengan gaya, berbentuk “*cone*”. Contoh batuan yang akan digunakan dalam pengujian kuat tekan harus memenuhi beberapa syarat. Kedua muka contoh batuan uji harus mencapai kerataan hingga 0,02 mm dan tidak melenceng dari sumbu tegak lurus lebih besar daripada 0,001 radian (sekitar 3,5 min) atau 0,05 mm dalam 50 mm (0,06°). Demikian juga sisi panjangnya harus bebas dari

ketidakrataan sehingga kelurusannya sepanjang contoh batu uji tidak melenceng lebih dari 0,3 mm (Arif, 2016).

Dalam menentukan sifat mekanik dari batuan, perlu dilakukan dengan pengujian di laboratorium dengan bantuan alat-alat yang akan menentukan bagaimana karakteristik dari setiap sifat mekanik batuan. dalam pengujian di laboratorium ada beberapa pengujian yang dilakukan, diantaranya Sifat mekanika batuan seperti kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan (*Poisson's Ratio*). Uji kuat tekan uniaksial atau *Uniaxial Compressive Strength (UCS)* merupakan perbandingan tekanan yang diberikan pada contoh batuan terhadap luas permukaan contoh batuan yang terkena tekanan. Kuat tekan ini dihitung pada saat tiap contoh batuan yang mengalami keruntuhan (*failure*) dengan beban (P) yang bekerja ketika terjadinya keruntuhan. Pada sebuah kurva tegangan- regangan dapat dilihat bahwa kuat tekan uniaksial tiap contoh batuan terdapat pada bagian puncak (*peak*). Dalam pengujian sifat mekanik ada beberapa standar pengujian yang telah dibuat, diantaranya ada SNI (Standar Nasional Indonesia), ISRM (*International Society for Rock Mechanics commission*) dan ASTM (*American Standard Testing and Material*).



Gambar 11 Kurva tegangan-regangan pada uji kuat tekan uniaksial (Hoek and Brown,1980 dalam Yudho dkk, 2020)

Dari hasil pengujian kuat tekan, dapat digambarkan kurva tegangan-regangan (strees-strain curve) untuk setiap contoh batuan (Gambar 5). Kemudian dari kurva ini dapat ditemukan sifat mekanik batuan dengan penjelasan tambahan berikut.

1. Kuat tekan $= \sigma_c \dots \dots \dots (2.11)$

2. Batas Elastis $= \sigma_e \dots \dots \dots (2.12)$

3. Modulus Young $= \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \dots \dots \dots (2.13)$

4. Poisson Rasio $= \frac{\epsilon_{lateral}}{\epsilon_{aksial}} \text{ pada tegangan } \theta_i \dots \dots \dots (2.14)$

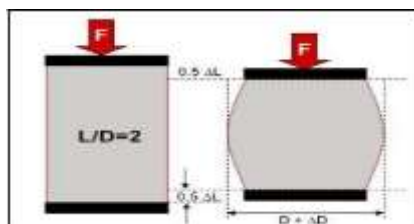
1. Penutupan Rekahan (*Closing Crack*) Pada saat awal dikenakan gaya, kurva landau dan tidak linier. Gaya yang diterima oleh batuan digunakan untuk menutup rekahan.
2. Deformasi Elastic Sempurna (*Perfect Elastic Deformation*) Kurva linier sampai batas elastik.

3. Perambatan Rekahan Stabil (*Stable Fracture Propagation*) Terbentuk rekahan baru tapi perambatannya stabil sehingga kurva tetap linier.
4. Perambatan Rekahan Tidak Stabil (*Unstable Fracture Propagation*) Batas elastic dilampaui, perambatan rekahan menjadi tidak stabil. Kurva tidak linier, kemudian batuan akan hancur. Teknik yang disarankan untuk menentukan kekuatan tekan uniaksial dan deformitas material batuan diberikan oleh *International Society for Rock Mechanics Commission* tentang Standardisasi Laboratorium dan Uji Lapangan (*ISRM Commission, 1979*) dalam (Brown dkk, 2005).

Sampel uji harus berupa silinder sirkular kanan yang memiliki rasio tinggi terhadap diameter 2,5-3,0 dan diameter lebih disukai tidak kurang dari ukuran inti NX, sekitar 54mm. Diameter sampel harus setidaknya 10 kali ukuran butir terbesar di batu.

Persyaratan Contoh Batu Uji Untuk Uji UCS dan Uji Triaksial

Menurut ISRM (1981) dalam Rai (2013), contoh batu uji berbentuk silinder dengan L/D bervariasi dari 2,5 hingga 3,0, dan sebaiknya diameter (D) contoh batu uji paling tidak berukuran tidak kurang dari ukuran NX, kurang lebih 54 mm. Dianjurkan jugabahnya diameter contoh batu uji berhubungan dengan ukuran butir terbesar yang ada didalamnya dengan perbandingan paling tidak 10 : 1. Kedua muka contoh batu uji harus mencapai kerataan hingga 0,02 mm dan tidak melenceng dari sumbu tegak lurus lebih besar daripada 0.001 radian (sekitar 3,5 min) atau 0,05 mm dalam 50 mm (0,06° rad). Demikian juga untuk sisi panjangnya harus rata dan bebas dari ketidakrataan sehingga kelurusannya sepanjang contoh batu uji tidak melenceng lebih daripada 0,3 mm. Ketika penekanan dilakukan terhadap contoh batu uji maka contoh batu akan mengalami pemendekan pada sisi aksial dan penggelembungan pada sisi lateral seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9, sehingga secara ideal bentuk akhir contoh batu uji seperti gentong.



Gambar 12. Perubahan bentuk contoh batuan pada Uji Kuat Tekan (UCS) (Rai, 2013)

Penggunaan material perekat atau perlakuan (seperti penambahan belerang) pada kedua ujung muka contoh batu uji tidak diperbolehkan. Diameter (D) contoh batu uji harus diukur tegak lurus sumbu silinder di tiga tempat, atas tengah dan bawah dengan ketelitian 0,1 mm. Hasil ukuran rata-rata D dihitung dan dipakai untuk menghitung luas kontak. Tinggi contoh batu uji harus diukur dengan ketelitian mendekati 1,0 mm. Contoh batu uji harus disimpan

tidak lebih lama daripada 30 hari, dan hams diupayakan agar kandungan airnya tidak berubah sampai waktu pengujian dilakukan (Rai, 2013).

Modulus Young

Dalam penentuan elastisitas pada batuan, biasanya digunakan beberapa konsep percobaan untuk regangan yang dihasilkan, tegangan dan perbandingan antara keduanya atau sering disebut sebagai Modulus Young. Modulus Young atau Modulus Elastisitas adalah kemampuan batuan untuk mempertahankan kondisi elastiknya. Pada uji kuat tekan uniaksial, contoh batuan yang diberi tekanan akan mengalami beberapa tahap deformasi yakni, deformasi elastic dan deformasi plastic. Nilai Modulus Young diturunkan dari kemiringan kurva tegangan – regangan pada bagian inier karena saat inilah contoh mengalami deformasi *elastic* (Rai, 2013). Persamaan untuk mencari nilai Modulus Young adalah :

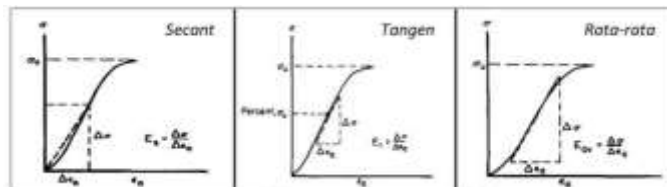
$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan : E = Modulus Young (MPa)
 σ = tegangan (MPa)
 ϵ = regangan (m)

(Menurut Jumkis, 1979 dalam Amral, 2018) Modulus Young atau modulus elastisitas merupakan faktor penting dalam mengevaluasi deformasi batuan pada kondisi pembebanan yang bervariasi. Nilai modulus elastisitas batuan bervariasi dari satu contoh batuan dari satu daerah geologi ke daerah geologi lainnya karena adanya perbedaan dalam hal formasi batuan dan genesa atau mineral pembentuknya. Modulus elastisitas dipengaruhi oleh tipe batuan, porositas, ukuran partikel, dan kandungan air. Modulus elastisitas akan lebih besar nilainya apabila diukur tegak lurus perlapisan daripada diukur sejajar arah perlapisan.

Modulus Young dari sampel bervariasi sepanjang sejarah pemuatan dan karenanya bukan konstanta yang ditentukan secara unik untuk material. Ini dapat dihitung dalam beberapa cara, yang paling umum yaitu :

1. Modulus Tangent Young, E_t , adalah kemiringan kurva tegangan aksial-regangan aksial pada persentase tetap, umumnya 50%, dari kekuatan puncak.
2. Modulus Young Rata-rata, E_{av} , adalah kemiringan rata-rata dari bagian garis lurus yang lebih atau kurang dari kurva tegangan-regangan aksial.
3. Modulus Secant Young, E_s , adalah kemiringan garis lurus yang menghubungkan asal kurva tegangan-regangan aksial ke titik pada kurva dengan persentase tetap dari kekuatan puncak (Brown dkk, 2005).



Gambar 13. Penentuan Modulus Young Sekan, Tangen dan Rerata (Rai, 2013)

Tegangan (Stress)

Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tarik yang dikerjakan pada benda dengan luas penampangnya. Atau tegangan merupakan besarnya gaya yang dialami suatu luasan batuan. Apabila gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan, maka stress yang demikian dikatakan tegangan normal (*normal stress*). Sedangkan gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan dikatakan sebagai tegangan geser (*shear stress*). Semua bahan berubah bentuk karena pengaruh gaya. Ada yang kembali ke bentuk aslinya bila gaya dihilangkan, ada pula yang tetap berubah bentuk sedikit atau banyak. Jadi, deformasi bahan ditentukan oleh gaya per satuan luas dan bukan oleh gaya total. Jika sebuah batang tegar yang dipengaruhi gaya tarik F ke kanan dan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke kiri, maka gaya-gaya ini akan didistribusi secara *uniform* ke luas penampang batang. Perbandingan gaya F terhadap luas penampang A dinamakan tegangan tarik. Karena perpotongan dapat dilakukan disembarang titik sepanjang batang maka seluruh batang dalam keadaan mengalami tegangan (*stress*) ditulis berikut (Matheus S. 2001) :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

σ = tegangan, N/m^2 (Pa)

F = gaya (N)

A = luas permukaan (m^2)

Regangan (Strain)

Didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awalnya. Pertambahan panjang ini tidak hanya terjadi pada ujungnya saja, tetapi pada setiap bagian batang yang terentang dengan perbandingan yang sama. Atau bisa dikatakan bahwa regangan merupakan besarnya deformasi dibandingkan dengan kondisi awalnya.

Perubahan pada ukuran sebuah benda karena gaya-gaya atau kopel dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula disebut regangan. Regangan juga disebut derajat deformasi. Kata regangan berhubungan dengan perubahan relatif dalam dimensi atau bentuk suatu benda yang mendapat tekanan., Adapun rumus dari regangan yaitu :

$$\text{Regangan } (e) = \frac{\Delta L}{L_i} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan,

e = Regangan, (m)

ΔL = Pertambahan panjang (m)

L_i = Panjang awal (m)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah yang berupapengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati secara langsung dilapangan. Sehingga dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data serta tahap analisis dan pembahasan. Pengujian pada penelitian ini menggunakan tiga pengujian yaitu uji kuat tekan guna mendapatkan nilai kuat tekan batuan, uji petrografi guna mendapatkan kandungan mineral yang terdapat pada objek penelitian dan analisis ayakan guna menentukan ukuran butir pada objek penelitian dan dengan jumlah sampel sebanyak empat sampel dari setiap lokasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kuat Tekan Uniaksial dan Petrografi

Pengujian uji kuat tekan uniaksial dan petrografi pada suatu batuan memiliki keterkaitan dan saling mempengaruhi. Uji kuat tekan uniaksial memberikan informasi mengenai kurva tegangan, regangan, dan batas elastis. Untuk uji petrografi memberikan identifikasi komposisi mineral dan tekstur batuan yang didasarkan dari komposisi mineralogi utama.

Uji Kuat Tekan Uniaksial

Pada pengujian kuat tekan uniaksial contoh formasi batuan yang digunakan ialah Formasi Balikpapan dan Pulau Balang dengan masing – masing formasi terdapat 4 sampel dan didapatkan nilai seperti pada tabel 3 dan 4 berikut :

Tabel 3 Hasil Uji Kuat Tekan Batupasir Formasi Balikpapan

No	Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)
1	BBP1	4,2	8,4	51	36,830
2	BBP2	4,2	8,4	28	20,220
3	BBP3	4,2	8,4	39	28,164
4	BBP4	4,2	8,4	34	24,553
Rata – Rata					27,441

Tabel 4 Hasil Uji Kuat Tekan Batulanau Formasi Balikpapan

No	Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)
1	LNBPP1	4,2	8,4	28	20,220
2	LNBPP2	4,2	8,4	21	15,165
3	LNBPP3	4,2	8,4	18	12,998
4	LNBPP4	4,2	8,4	21	15,173
Rata – Rata					15,889

Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan Batupasir Formasi Pulau Balang

NO.	Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)
1	BPB1	4,2	8,4	38	17,902
2	BPB2	4,2	8,4	34	16,017
3	BPB3	4,2	8,4	26	12,248
4	BPB4	4,2	8,4	42	19,786
Rata – Rata					16,488

Tabel 6 Hasil Uji Kuat Tekan Batulanau Formasi Balikpapan

NO.	Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Failure (KN)	UCS (Mpa)
1	LNPB1	4,2	8,4	14	10,110
2	LNPB2	4,2	8,4	14	10,120
3	LNPB3	4,2	8,4	12	8,670
4	LNPB4	4,2	8,4	13	9,393
Rata – Rata					9,573

Kuat tekan merupakan gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh batuan sebelum batuan tersebut mengalami runtuh (*failure*), tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh batuan pada formasi Pulau Balang lebih rendah daripada tegangan maksimum yang terdapat pada formasi Balikpapan. Tabel 3 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata pada batupasir formasi Balikpapan sebesar 27,441 MPa, sedangkan pada tabel 5 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata pada batupasir formasi Pulau Balang sebesar 16,448 MPa, dan pada tabel 4 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata pada batulanau formasi Balikpapan sebesar 15,889 Mpa, sedangkan pada tabel 6 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata pada batulanau formasi Pulau Balang sebesar 9,573 Mpa, dari penjelasan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa kekuatan batuan pada formasi Balikpapan lebih besar dari formasi batuan pada formasi Pulau Balang.

Petrografi

Pada pengujian petrografi conto batuan yang digunakan ialah pada formasi Balikpapan dan formasi Pulau Balang, dengan sampel batupasir dan batulanau guna mengetahui mineral-mineral yang terkandung didalamnya dan didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel 7 dan 8 untuk conto batupasir, dan tabel 4.6, 4.8 untuk conto batulanau sebagai berikut:

Tabel 7 Komposisi penyusun batupasir formasi Balikpapan

NAMA	JUMLAH	KETERANGAN
Matrix	23 %	Didominasi silika, dengan warna merah kecoklatan, berukuran lanau (0,0039-0,0625 mm) sampai lempung (<0,0039 mm), dengan bentuk butir agak runcing-bundar.
Quartz	43 %	Berwarna putih-tidak berwarna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, dengan warna interferensi kuning-biru.
Lithic	31 %	Didominasi batupasir, dengan warna kuning kecoklatan, berukuran pasir kasar (0,5-1 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625-0,125 mm), bentuk butir agak runcing-bundar.
Plagioclase	3 %	Berwarna putih-tidak berwarna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, dengan warna interferensi abu-abu.

Berdasarkan dari hasil pengujian formasi Balikpapan pada conto batupasir yang telah dilakukan, didapatkan dengan melakukan pengamatan sayatan tipis pada sampel batuan sedimen siliklastik dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x, dengan memiliki warna putih kecoklatan, dengan ukuran butir pasir kasar (0,5 – 1 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625 - 0,125 mm), dengan porositas *fabric selective* (interpartikel), dengan komposisi batuan tersusun oleh quartz, lithic, matrix dan plagioclase.

Tabel 8 Komposisi penyusun batupasir formasi Pulau Balang

NAMA	JUMLAH	KETERANGAN
<i>Matrix</i>	35 %	Didominasi batulempung, dengan warna coklat kehitaman, berukuran lanau (0,0039-0,0625 mm) sampai lempung (<0,0039 mm), dengan bentuk butir agak runcing-bundar.
<i>Quartz</i>	33 %	Berwarna putih-tidak berwarna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, dengan warna interferensi kuning-biru.
<i>Calcite</i>	28 %	Berwarna biru, hijau, kuning dan tanpa warna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal subhedral, dengan warna interferensi biru, hijau, kuning dan tanpa warna.
<i>Lithic</i>	4 %	Didominasi batupasir, dengan warna kuning kecoklatan, dengan ukuran pasir halus (0,125 – 0,25 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625 – 0,125 mm), dengan bentuk butir agak runcing-bundar.

Berdasarkan dari hasil pengujian formasi Pulau Balang pada conto batupasir yang telah dilakukan, didapatkan dengan melakukan pengamatan sayatan tipis pada sampel batuan sedimen siliklastik dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x, dengan memiliki warna putih kecoklatan, dengan ukuran butir pasir kasar (0,5 – 1 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625 – 0,125 mm) dan porositas *fabric selective* (interpartikel), dengan komposisi batuan tersusun oleh matrix, quartz, calcite dan lithic.

Tabel 9 Komposisi Penyusun batulanau formasi Balikpapan

NAMA	JUMLAH	KETERANGAN
<i>Matrix</i>	47 %	Didominasi batulempung, dengan warna coklat kehitaman, berukuran lanau (0,0039-0,0625 mm) sampai lempung (<0,0039 mm), dengan bentuk butir agak runcing-bundar.
<i>Quartz</i>	43 %	Berwarna putih-tidak berwarna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, dengan warna interferensi kuning-biru.
<i>Feldspar</i>	2 %	Berwarna putih-tidak berwarna, dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, memiliki pleokroisme monokroik.
<i>Lithic</i>	7 %	Didominasi batupasir, dengan warna kuning kecoklatan, dengan ukuran pasir sangat halus (0,0625-0,125 mm) dengan bentuk butir agak runcing-bundar.
<i>Pyroxene</i>	1 %	Berwarna coklat, dengan berukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal subhedral, memiliki pleokroisme trikroik.

Berdasarkan dari hasil pengujian formasi Balikpapan pada conto batulanau yang telah dilakukan, didapatkan dengan melakukan pengamatan sayatan tipis pada sampel batuan sedimen siliklastik dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x, dengan memiliki warna putih kecoklatan, dengan memiliki ukuran butir pasir halus (0,125 – 0,25 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625 – 0,125 mm) dan porositas *Fabric selective* (interpartikel), dengan komposisi batuan tersusun oleh matrix, quartz, lithic, feldspar dan pyroxene.

Tabel 10 Komposisi penyusun batulanau formasi Pulau Balang

NAMA	JUMLAH	KETERANGAN
<i>Matrix</i>	66 %	Didominasi batulempung, dengan warna coklat kehitaman, berukuran lanau (0,0039-0,0625 mm) sampai lempung (<0,0039 mm), dengan bentuk butir agak runcing-bundar.
<i>Quartz</i>	34 %	Berwarna putih-tidak berwarna dengan ukuran halus (<1 mm), dengan bentuk kristal euhedral, dengan warna interferensi kuning-biru, memiliki pleokroisme monokroik.

Berdasarkan dari hasil pengujian formasi Balikpapan pada conto batulanau yang telah dilakukan, didapatkan dengan melakukan pengamatan sayatan tipis pada sampel batuan sedimen siliklastik dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x, dengan memiliki warna putih kecoklatan, dengan memiliki ukuran butir pasir halus (0,125 - 0,25 mm) sampai pasir sangat halus (0,0625 – 0,125 mm) dan memiliki porositas *Fabric selective* (interpartikel).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan uniaksial batupasir pada formasi Balikpapan sebesar 27,441 Mpa, dan didapatkan nilai kuat tekan uniaksial batupasir pada formasi Pulau Balang sebesar 16,488 Mpa, dan didapatkan nilai kuat tekan uniaksial batulanau pada formasi Balikpapan sebesar 15,889 Mpa, dan didapatkan nilai kuat tekan uniaksial batulanau pada formasi Pulau Balang sebesar 9,573 Mpa.
2. Kandungan mineral batupasir pada formasi Balikpapan ialah kuarsa 43 %, plagioclas 3 % sedangkan kandungan mineral batupasir pada formasi Pulau Balang ialah kuarsa 33 %, kalsit 28 %, dan kandungan mineral batulanau pada formasi Balikpapan ialah kuarsa 43 %, feldspar 2 %, pyroxene 1 %, sedangkan kandungan mineral batulanau pada formasi Pulau Balang ialah kuarsa 34 %.
3. Berdasarkan hasil pengujian petrografi pada formasi Balikpapan dan Pulau Balang memiliki kandungan mineral yang berbeda-beda batupasir formasi Balikpapan memiliki kandungan mineral kuarsa 43% dan plagioclas 3% dengan nilai kuat tekan 27,441 Mpa, sedangkan batupasir pada formasi Pulau Balang memiliki kandungan mineral kuarsa 33% dan kalsit 28% dengan nilai kuat tekan 16,488 Mpa, sehingga nilai kuat tekan pada batupasir formasi Balikpapan lebih besar daripada batupasir formasi Pulau Balang. Batulanau formasi Balikpapan memiliki kandungan mineral kuarsa 43%, feldspar 2% dan pyroxene 1% dan memiliki nilai kuat tekan sebesar 15,889 Mpa, sedangkan batulanau pada formasi Pulau Balang memiliki kandungan mineral kuarsa 34% dengan nilai kuat tekan 9,573 Mpa, sehingga nilai kuat tekan batulanau pada formasi Balikpapan lebih besar daripada batulanau formasi Pulau Balang.

Saran

Dari kesimpulan diatas maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Penulis berharap sebaiknya pengujian sampel dilakukan pada formasi yang lebih beragam
2. Sebaiknya dilakukan pengujian dengan contoh sampel batuan yang lebih beragam
3. Penulis berharap uji petrografi yang dilakukan dapat lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S., Hartono, E., & Willis, D. (2018). Muntohar stabilisasi siltstone menggunakan semen dalam tinjauan durabilita. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ariani, E. (2015). Geologi untuk pertambangan umum. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arief, I. (2016). Geoteknik tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Biantoro, E. D. (1992). Inversion faults as the structural control in the northern part of the Kutai Basin East Kalimantan. Jakarta.
- Brown, E. T. (2005). Rock mechanics for underground mining. United States of America.
- Farhan, R. (2019). Penentuan parameter-parameter untuk menentukan isi awal minyak ditempat secara volumetrik pada reservoir X. Jakarta: Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti.
- ISRM. (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, 137-140.
- Kramadibrata, S., Rai, M., & Wattimena, R. (2010). Mekanika batuan laboratorium geomekanika dan peralatan tambang. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Satyana, A. H., Nugroho, D., & Surontoko, I. (1999). Tectonic control on the hydrocarbon habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: Major dissimilarities in adjoining basins. *Journal of Asian Earth Sciences*, 111-121.
- Yuwono, S. (2012). GL 3141 Petrografi. Bandung: ITB Press.