

PRAKTIKUM MEKANIKA BATUAN

(MTT 6103)



Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
Universitas Trisakti
Jakarta



Daftar Isi

ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD).....	2
STRIKE DAN DIP.....	4
DIPS PROGRAM	5
UJI SIFAT FISIK.....	8
UJI SIFAT DINAMIK.....	10
UJI POINT LOAD.....	12
UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL BATUAN.....	15
UJI KUAT TARIK TAK LANGSUNG (BRAZILIAN TEST)	18
Uji Geser Langsung (DIRECT SHEAR TEST)	20
UJI TRIAKSIAL.....	23
Pustaka	26

MODUL I

ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)

1.1 Tujuan

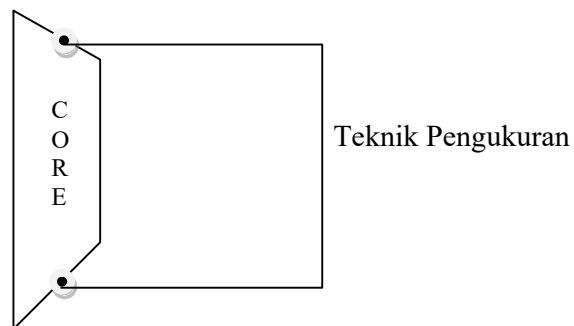
Pada praktikum ini, perhitungan *Rock Quality Designation* (RQD) adalah metode perhitungan awal untuk mengetahui derajat keretakan pada massa batuan, yang diukur melalui persentase *drill core* dengan Panjang 10 cm.

1.2 Peralatan

1. Sample *core box*
2. Penggaris/meteran
3. Papan jalan

1.3 Prosedur

1. Hitung panjang core yang lebih besar dari 10 cm (yang patah alami)
2. Jumlahkan masing-masing core
3. Hitung panjang core keseluruhan
4. Perhitungan RQD :



$$RQD = \frac{\text{Panjang inti batuan} \geq 10 \text{ cm}}{\text{Panjang keseluruhan}} \cdot 100\%$$

Tabel 2.1. Klasifikasi RQD

RQD	Kualitas/Klasifikasi
< 25 %	Sangat Jelek
25 % - 50 %	Jelek
50 % - 75 %	Biasa
75 % - 90 %	Baik
90 % - 100 %	Sangat Baik



Gambar 1.1 Contoh Core Box

MODUL II

STRIKE DAN DIP

2.1 Tujuan

Pada praktikum ini, dilakukan pengukuran dari salah satu nilai karakteristik dari bidang diskontinu, yaitu strike dan dip, pengukuran dilakukan dengan media buatan simulasi beberapa kekar

2.2 Peralatan

1. Media simulasi kekar
2. Papan jalan
3. Kompas geologi
4. Penggaris/meteran

2.3 Prosedur

2.3.1 Pengukuran Strike :

1. Kompas diarah pada posisi East
2. Arah kan mata lembu pada posisi tengah
3. Tekan penahan jarum kompas
4. Kemudian baca nilai strike N °E
5. Akhir dari pengukuran strike ditandai/digaris untuk selanjutnya dilakukan pengukuran dip.

2.3.2 Pengukuran Dip :

1. Kompas diarahkan pada posisi West (tegak lurus terhadap strike)
2. Arahkan mata lembu pada posisi tengah dengan mengatur alat dibagian belakang kompas
3. Kemudian baca nilai dip

MODUL III

DIPS PROGRAM

3.1. Tujuan

Pada praktikum ini melakukan analisis potensi longsor dengan menggunakan program lunak DIPS. Dengan menggunakan data strike/dip dari modul percobaan modul II, dari data tersebut akan dianalisis potensi longsor yang akan terjadi.

3.2 Peralatan / Perangkat Lunak

1. DIPS Program
2. Microsoft Excel
3. Strike dan dip bidang atau dip direction dan dip bidang

3.3 Prosedur

- Input Data

Mengisi data strike /dip dengan Microsoft Excel

Analisis Data
Kelompok ..., (tanggal)
0
Strike/Dipr
0
No Quantity
0
Number ;Strike ;dip (rt)

- Plot Pole

1. Buka File excel yang telah dibuat
2. Load data

3. Compute
4. Pole plot (untuk melihat kutub)
5. Locate poles
6. Gerakkan kursor untuk gambar bidang
7. Masukkan angka
8. Pole label (sesuai angka yang dimasukkan pada no.7)
9. Klik Y
10. Contour plot untuk mendapatkan contour bersih dengan bidang.

-Plot Kontur

1. File
2. Load data
3. Compute
4. Contour plot
5. Unweighted
6. Draw planes
7. P → membentuk contour dengan bidang

3.4 Peralatan / Perangkat Lunak

1. DIPS Program
2. Strike dan dip bidang atau dip direction dan dip bidang

3.5 Prosedur

- Input Data

1. Klik *New* (akan keluar tabel lembar kerja)
2. Klik *analysis*
3. *Project Setting*
4. *Global Orientation Format*
5. Pilih strike (right)/ dip
6. Masukkan data stike dan dip bidang dalam tabel

-Prosedur

1. Klik *vector preset*
2. Gerakan kursor ke tiap titik
3. Klik tiap titik lalu berikan nomor dan warna yang berbeda
4. Klik *add user plane* (untuk menampilkan *plane*)
5. Klik *contour preset* (untuk menampilkan kontur dari poles)

MODUL IV

UJI SIFAT FISIK

4.1. Tujuan

Tujuan uji sifat fisik ini adalah untuk mendapatkan nilai sifat-sifat fisik dari batuan yaitu *natural density*, *dry density*, *saturated density*, *apparent specific gravity*, *true specific gravity*, *natural water content*, *saturated water content*, *degree of saturation*, *porosity* dan *void ratio*.

4.2. Peralatan

1. Timbangan
2. Deksikator + pompa vacuum
3. Bak air
4. Oven

4.3. Prosedur

1. Siapkan contoh batuan yang telah dipreparasi
2. Timbang contoh batuan, maka diperoleh berat natural (**W_n**).
3. Kemudian contoh batuan dimasukkan ke dalam deksikator.
4. Persiapan deksikator :
 - Deksikator dibersihkan kemudian bibir dan bibir tutupnya diolesi vaselin
 - Contoh batuan dimasukkan dengan hati-hati.
5. Udara dalam deksikator diisap dengan bantuan pompa vakum.
6. Deksikator diisi dengan air sampai sepertiga volume. Dijaga jangan sampai udara luar masuk kedalam eksikator. Tes apakah udara tidak ada yang masuk dengan cara membiarkan air masuk melalui pipa.
7. Hisap udara selama kurang lebih 10 menit.
8. Isi deksikator dengan air sampai 2/3 volume.
9. Hisap udara selama kurang lebih 10 menit.
10. Isi deksikator dengan air sampai penuh
11. Hisap udara sampai tidak ada gelembung udara yang keluar dari contoh batuan.
12. Biarkan selama 24 jam.

13. Dari deksikator, dalam kondisi basah contoh batuan ditimbang kembali, maka diperoleh berat jenuh (**W_w**).
14. Lakukan penimbangan berat contoh batuan jenuh dengan posisi tergantung didalam air, (**W_s**).
15. Masukkan contoh batuan basah kedalam oven selama 24 jam.
16. Setelah dari oven, contoh batuan ditimbang, maka diperoleh berat kering, (**W_o**).

4.4. Perhitungan

Nilai sifat-sifat fisik batuan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. *Bobot isi asli (natural density)* = $\frac{W_n}{W_w - W_s}$
2. *Bobot isi kering (dry density)* = $\frac{W_o}{W_w - W_s}$
3. *Bobot isi jenuh (saturated density)* = $\frac{W_s}{W_w - W_s}$
4. *Kadar air asli (natural water content)* = $\frac{W_n \cdot W_o}{W_o} \cdot 100\%$
5. *Absorption (saturated water content)* = $\frac{W_s \cdot W_o}{W_o} \cdot 100\%$
6. *Apparent Spesific Grafity* = $\frac{\frac{W_o}{W_w - W_s}}{\text{bobot isi air}}$
7. *True Spesific Grafity* = $\frac{\frac{W_o}{W_o - W_s}}{\text{bobot isi air}}$
8. *Derajat kejenuhan* = $\frac{W_n \cdot W_o}{W_w - W_o} \cdot 100\%$
9. *Porositas* = $n = \frac{W_n - W_o}{W_w - W_s} \cdot 100\%$
10. *Void ratio* = $e = \frac{n}{1 - n} \cdot 100\%$

MODUL V

UJI SIFAT DINAMIK

5.1 Tujuan

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan rambat gelombang ultrasonik pada conto batuan yang akan digunakan dalam pengujian UCS.

Menentukan Modus Elastis Dinamik (E) pada conto batuan.

Pada pengujian ini menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang yang melibatkan gaya mekanik selama melakukan penjaralan dalam suatu medium sehingga gelombang ini bergantung pada medium penjalarnya. Metode yang biasanya digunakan dalam mengukur cepat rambat gelombang ultrasonik adalah dengan memberi gelombang paa salah satu ujung sampel batuan dengan transducer kristal piezoelektrik dan getaran diterima oleh transducer kristal kedua pada ujung lainnya dari contoh batuan.

Prinsip pengujian ini adalah mengukur waktu yang ditempuh gelombang untuk merambat melalui sampel batuan dengan menggunakan alat **James Instrument**. Lalu kecepatan rambat gelombang ultrasonik ditentukan dengan membagi panjang contoh batuan dengan waktu tempuh tersebut

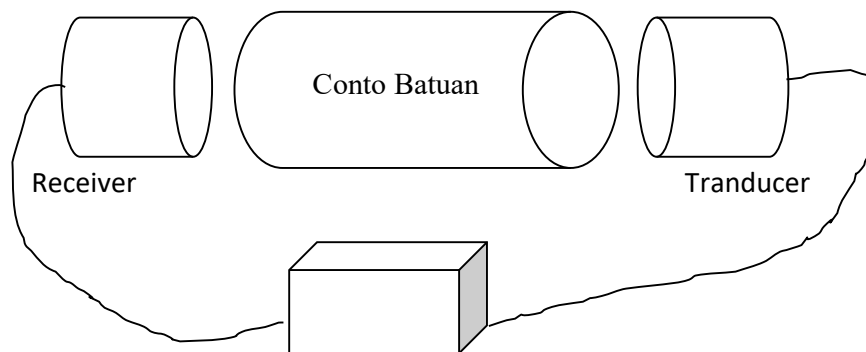
5.2 Peralatan

1. *V-meter James Instrumen*.
2. Gemuk
3. Jangka sorong

5.3 Prosedur

1. Persiapkan alat *V-meter James Instrumen* dan lakukan kalibrasi sebelum melakukan pengukuran
2. Mengukur dimensi conto batuan yang akan digunakan
3. Lumasi kedua permukaan atas dan bawah conto batuan dengan gemuk agar permukaan conto batuan mengalami kontak dengan transducer secara merata.
4. Letakkan conto batuan diantara transducer

Skema Pengujian Sifat Dinamik



5.4 Perhitungan

$$Vp = \frac{L}{tp} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Vp = cepat rambat gelombang ultrasonik tekan (m/s)

L = panjang contoh batuan yang diuji (m)

Tp = waktu tempuh gelombang ultrasonik tekan (s)

Type Of Rocks	P-wave
Dry, loose topsoils and silts.	
Dry sands, loams; slightly sandy or gravelly soft clays.	
Dry gravels, moist sandy and gravelly soils; dry heavy silts and clays; moist silty and clayey soils.	
Dry, heavy, gravelly clay; moist, heavy clays; cobbly materials with considerable sands and fines; soft shales; soft or weak sandstones	
Water, saturated silts or clays, wet gravels.	
Compacted, moist clays; saturated sands and gravels; soils below water table; dry medium shales, moderately soft sandstones, weathered, moist shales and schists.	
Hardpan; cemented gravels; hard clay; boulder till; compact, cobbly and bouldery materials; medium to moderately hard shales and sandstones, partially decomposed granites, jointed and fractured hard rocks.	

MODUL VI

UJI POINT LOAD

6.1. Tujuan

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan (strength) dari contoh batuan secara tidak langsung di lapangan. Contoh batuan dapat berbentuk silinder atau bentuknya tidak beraturan. Dari pengujian ini diperoleh Indeks Point Load dan kuat tekan. Data ini berguna dalam penentuan kemampuan.

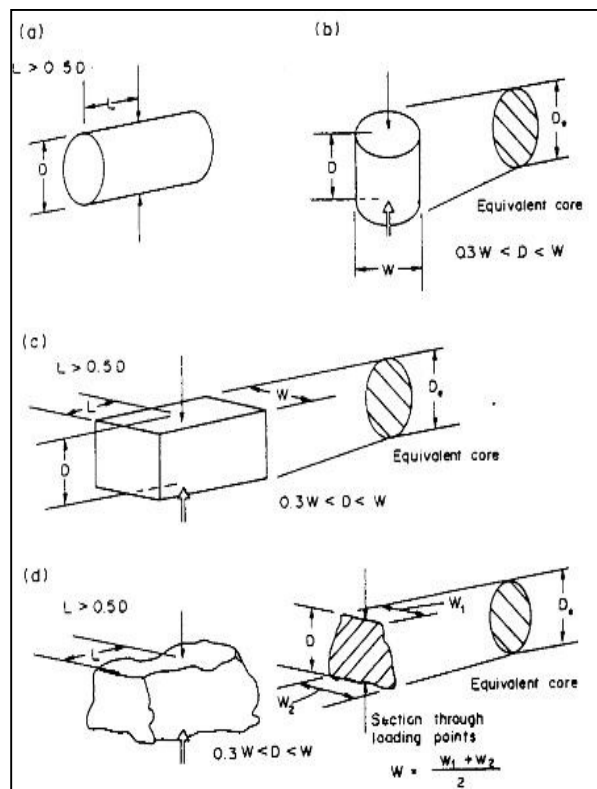
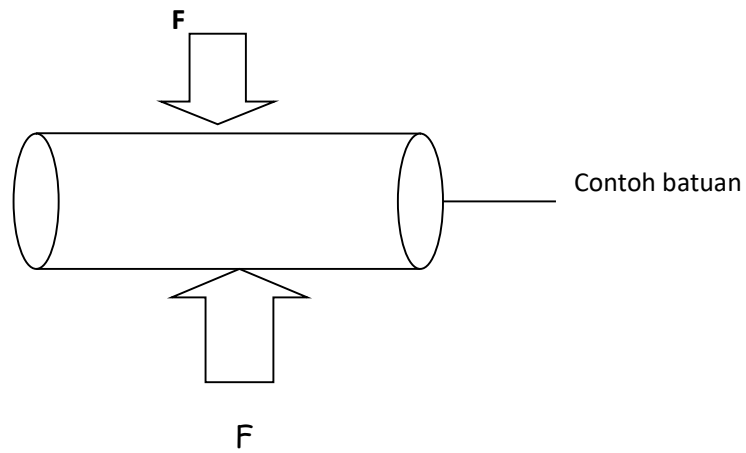
6.2. Peralatan

1. Jangka sorong
2. Mesin Point load

6.3. Prosedur

1. Ukur dimensi contoh batuan (Contoh batuan yang disarankan untuk pengujian ini adalah berbentuk silinder dengan diameter = 50 mm).
2. Tempatkan contoh batuan diantara dua konus penekan
3. Pengaturan kedua konus dengan memompa sampai contoh batuan dalam keadaan terjepit oleh kedua konus penekan.
4. Kalibrasi alat pengukur beban dalam keadaan nol, kemudian set dalam keadaan *peak*.
5. Pengukuran jarak antara kedua konus penekan sebelum pengujian.
6. Tambah tekanan konus pada contoh batuan secara konstan sampai contoh batuan *failure*.
7. Catat beban maksimum saat contoh batuan failure dan ukur jarak antara kedua konus penekan setelah pengujian.

Skema Pengujian Point Load



6.4. Perhitungan

1. Perhitungan Point Load Index

$$I_s = \frac{P}{De^2}$$

Keterangan :

I_s = Point load strength index (Index Franklin) dengan diameter 50 mm

P = Beban maksimum sampai contoh batuan failure

De = Jarak antara dua konus penekan

Untuk contoh batuan dengan diameter selain 50 mm:

$$F = \left(\frac{D}{50} \right)^{0,45}$$

$$I_{s(50)} = F \frac{P}{D^2}$$

2. Kuat Tekan

$$\sigma_c = 18-23 I_s$$

MODUL VII

UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL BATUAN

7.1. Tujuan

Uji kuat tekan (*Unconfined Compressive Strength/UCS*) ini bertujuan untuk menentukan *Unconfined Compressive Strength (UCS)*, *Young's Modulus*, dan *Poisson Ratio*. Hasil yang didapat dari uji kuat tekan ini adalah kurva tegangan regangan, kuat tekan uniaksial, Modulus Young dan Nisbah Poisson.

Menurut ISRM (*International Society of Rock Mechanics*), terdapat beberapa syarat untuk contoh batuan yang akan diuji, diantaranya yaitu contoh batu uji berbentuk silinder dengan L/D bervariasi dari 2,5 – 3,0 dan sebaiknya diameter contoh batu uji sekitar 54 mm.

Tujuan uji kuat tekan batuan adalah untuk menentukan *Unconfined compressive strength*, *Young's modulus* dan *Poisson's ratio*.

7.2 Peralatan

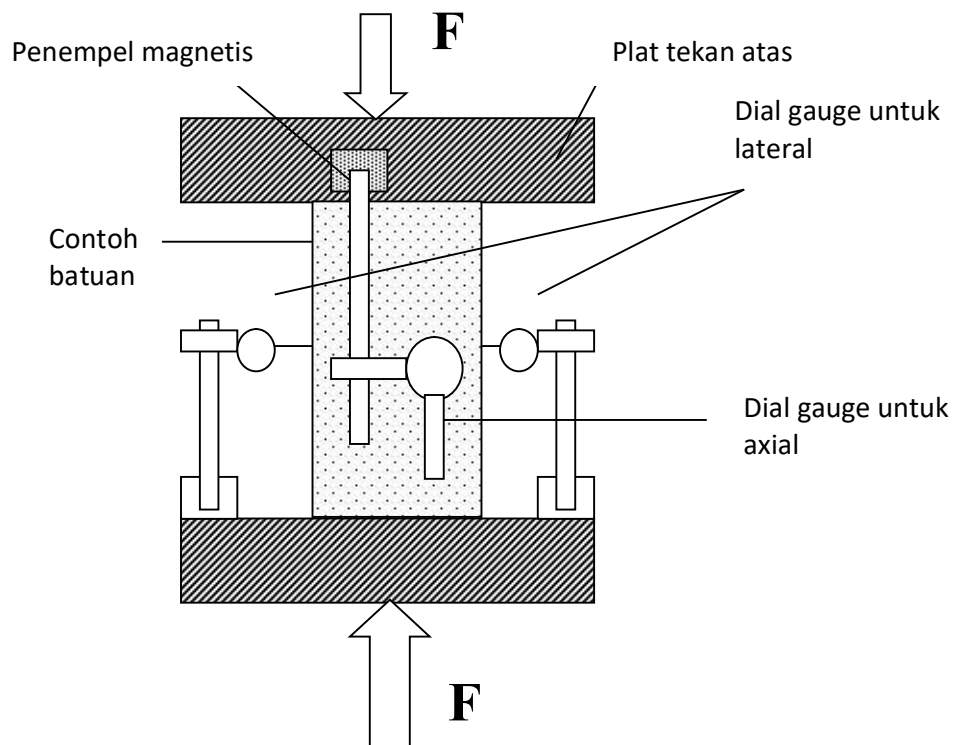
1. Mesin tekan
2. Dial Gauge
3. Jangka sorong

7.3 Prosedur

1. Preparasi contoh batuan :
 - Potong contoh batuan dengan mesin potong batu dengan tinggi antara 2,0-2,5 kali diameter.
 - Ukur dimensi (diameter dan tinggi) contoh batuan yang telah dipotong dengan mesin potong, masing-masing sebanyak tiga kali.
 - Kedua ujung permukaan contoh batuan harus halus dan rata, tidak lebih dari 0,025 mm.
2. Hubungkan mesin tekan dengan listrik. Motor tidak dalam kondisi bekerja

3. Contoh batuan yang telah dipreparasi diletakkan tepat ditengah-tengah plat tekan.
4. Tiga buah *dial gauge* dipasang, satu buah untuk mengukur deformasi aksial dan dua buah untuk mengukur deformasi lateral.
5. Posisi *dial gauge* untuk mengukur deformasi diatur agar posisinya sesuai dengan kecepatan penekanan yang diinginkan.
6. Hidupkan motor dan setelah contoh batuan menyentuh plat tekan atas maka ketiga *dial gauge* diatur pada posisi nol.
7. Pada saat jarum hitam pada alat pengukur gaya telah bergerak meninggalkan skala nol, amati dan catat proses pembebanan, deformasi lateral dan deformasi aksial setiap tertentu
8. Matikan motor bila jarum hitam bergerak kembali ke skala nol. Jarum merah menunjukkan beban (gaya) maksimum yang mampu diterima contoh batuan.

Skema pengujian kuat tekan uniaksial (UCS)



7.4. Perhitungan

1. Kuat Tekan Uniaksial (Unconfined compressive strength)

$$\sigma_c = \frac{F_{failure}}{A}$$

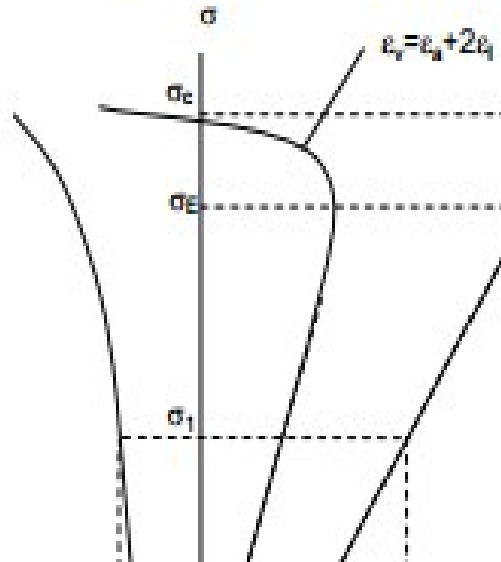
2. Modulus Young (Young's modulus)

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

3. Nisbah Poisson (Poisson's ratio)

$$\nu = \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_a}$$

4. Poisson's Ratio $\nu = \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_a}$



MODUL VIII

UJI KUAT TARIK TAK LANGSUNG (BRAZILIAN TEST)

8.1. Tujuan

Tujuan dari uji kuat tarik tak langsung atau *Brazilian Test* adalah untuk mengetahui kuat tarik (*tensile strength*) dari sampel-sampel batuan berbentuk silinder secara tak langsung.

Ada dua metode yang dapat dipakai untuk mengetahui kuat tarik dari suatu sampel batuan; metode kuat tarik langsung dan metode kuat tarik tak langsung. Pada percobaan ini akan fokus pada metode kuat tarik tak langsung yang salah satunya adalah *brazilian test*.

Brazilian test lebih sering dipakai dikarenakan metode ini lebih mudah dan murah dibandingkan dengan uji kuat tarik langsung.

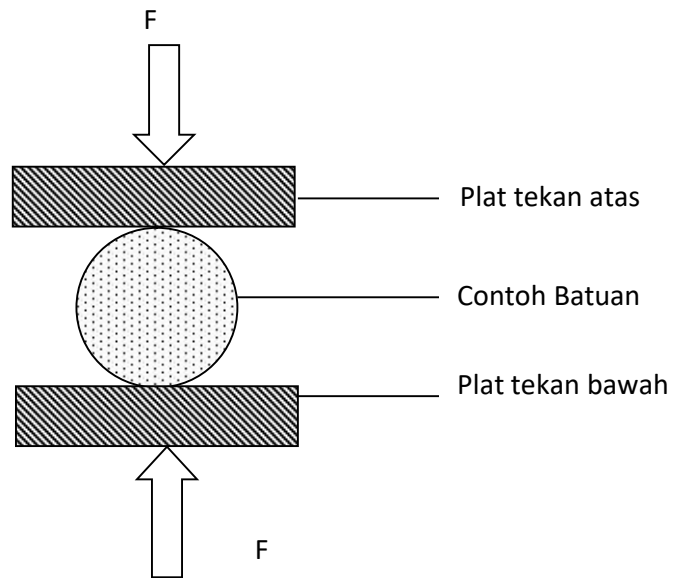
8.2. Peralatan

1. Mesin Tekan
2. Dial Gauge
3. Jangka sorong

8.3. Prosedur

1. Contoh batuan disiapkan dengan ukuran dimensi L/D tidak kurang dari 0,5.
2. Kemudian tempatkan contoh batuan tepat dipusat mesin tekan. Posisi contoh batuan harus tegak lurus terhadap plat.
3. Pasang dial gauge untuk mengukur deformasi aksial.
4. Beban diberikan secara kontinu dengan laju pembebanan yang konstan
5. Pada saat jarum hitam pada alat pengukur gaya telah bergerak meninggalkan skala nol, amati dan catat proses pembebanan, dan deformasi aksial setiap kelipatan tertentu
6. Matikan motor bila jarum hitam bergerak kembali ke skala nol.

Gambar alat dan perlengkapan uji Brazilian



8.4. Perhitungan

Pada saat contoh batuan failure akan terbentuk bidang failure berupa tension crack diantara dua titik pembebanan. Besar kuat tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi \cdot D \cdot t}$$

keterangan :

- σ_t = Kuat tarik (MPa)
- F = Beban (gaya) saat contoh hancur (N)
- D = Diameter (mm)
- t = Tebal (mm)

MODUL IX

Uji Geser Langsung (DIRECT SHEAR TEST)

9.1. Tujuan

Kuat geser batuan merupakan perlawanan internal batuan terhadap tegangan yang bekerja sepanjang bidang geser dalam batuan tersebut yang dipengaruhi oleh karakteristik intrinsik dan faktor eksternal. Kuat geser batuan sangat berguna sebagai parameter rancangan kestabilan lereng di tambang terbuka dan kriteria keruntuhan geser yang paling banyak digunakan adalah kriteria *Mohr-Coulomb*.

Pada uji geser langsung, contoh batuan dikenakan gaya normal (F_n) tertentu yang diaplikasikan tegak lurus terhadap permukaan bidang diskontinu dan gaya geser atau horizontal (F_s) dikenakan untuk menggeser contoh batu hingga pecah.

Tujuan dari uji geser langsung adalah untuk mendapatkan kuat geser, harga kohesi dan sudut geser dalam, baik puncak, semu (apparent) atau sisa dari contoh batuan..

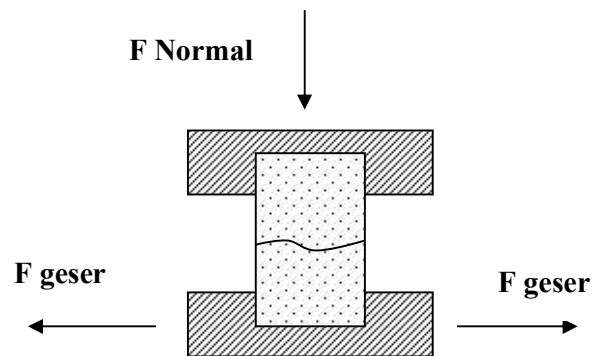
9.2. Peralatan

1. Direct shear box apparatus test
2. Dial gauge
3. Jangka sorong

9.3. Prosedur

1. Contoh batuan dicetak pada semen dan tunggu sampai kering.
2. Cetakan contoh batuan pada semen yang sudah kering diletakkan pada alat *shear box*.
3. Pasang *dial gauge* untuk mengukur perpindahan pada arah pergeseran.
4. Gaya normal diberikan dengan pompa hidrolik (penentuan besarnya gaya normal lihat 8.4).

5. Gaya geser diberikan dengan pompa hidrolik sehingga contoh mengalami perpindahan geser.
6. Gaya geser diamati setiap perpindahan geser tertentu yaitu 0,5 mm, 1 mm dan 1,5 mm.
7. Pergeseran dilakukan kembali pada arah mundur (berbalik arah), sampai perpindahan geser mencapai harga nol.



9.4. Perhitungan

1. Penentuan Beban Normal (F_N)

Beban Normal ditentukan berdasarkan dari berat overburden. Sesuai dengan kedalaman setiap contoh batuan. Persamaan untuk menentukan beban normal adalah sebagai berikut :

a. Berat Overburden (Tegangan Insitu (P_h))

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

ρ = Berat Jenis Jenuh (kg/m^3)

g = 10 m/s^2

h = kedalaman (m)

b. Beban normal (F_N)

$$F_N = P_h \cdot A$$

Keterangan :

F_N = Beban Normal (N)

A = Luas contoh batuan (m^2)

2. Penentuan Tegangan Normal dan Tegangan Geser

a. Tegangan Normal (σ_n)

$$\sigma_n = \frac{F_N}{A_d}$$

Keterangan :

F_N = Beban (gaya) Normal (N)

A_d = Luas permukaan bidang geser (m^2)

b. Tegangan Geser (τ_{nt})

$$\tau_{nt} = \frac{F_{geser maks}}{A_d}$$

Catatan :

Jika luas permukaan bidang geser membentuk sudut sebesar α , maka luas permukaan bidang geser harus dikoreksi, yaitu ($A_d \times \cos(\alpha)$).

$$S = c' + \sigma' \tan \phi'$$

dimana :

S = Kekuatan geser tanah.

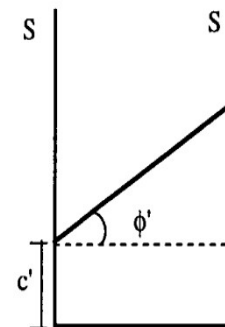
U = Tekanan air pori.

σ = Tegangan total.

σ' = Tegangan efektif.

ϕ' = Sudut geser dalam efektif.

c' = Kohesi.



MODUL X

UJI TRIAKSIAL

10.1 Tujuan

Uji triaksial dilakukan untuk mengetahui kapan suatu lereng atau terowongan akan longsor atau runtuh. Pengujian ini akan dilihat pengaruh tiga gaya yang bekerja sekaligus pada suatu lereng atau terowongan. Pada uji triaksial ini digunakan contoh batuan berbentuk silinder dan bersyarat sama dengan syarat pada uji kuat tekan (*Unconfined Compressive Test/UCS Test*) yaitu $L/D = 2$.

Dari hasil pengujian triaksial dapat dibuat kurva Mohr Coulomb sehingga dapat ditentukan:

- Kurva intrinsik (*strength envelope*)
- Kuat geser (*shear strength*)
- Sudut gesek dalam (ϕ)
- Kohesi (C)

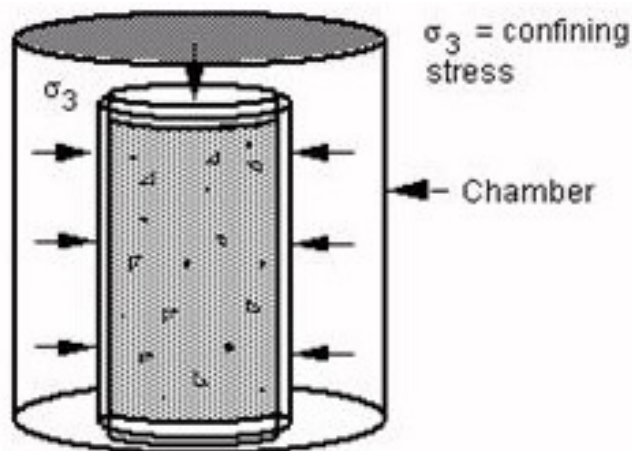
10.2 Peralatan

1. Mesin tekan
2. Dial Gauge
3. Jangka sorong
4. Sel Triaksial

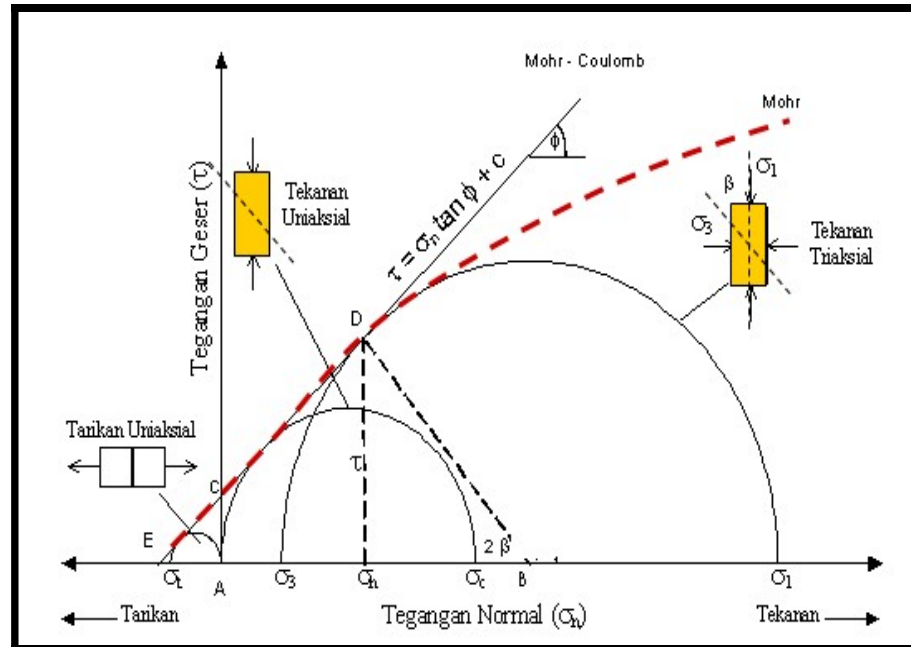
10.3 Prosedur

1. Contoh batuan yang digunakan berdimensi panjang = dua kali diameter.
2. Contoh batuan dimasukkan ke dalam selubung karet kemudian ditutup pada kedua ujungnya dengan plat, lalu diletakkan ke dalam sel triaksial dan ditutup. Di dalam sel triaksial ini akan dipompakan oli bertekanan dari pompa hidrolik untuk memberikan tekanan pengungkungan..

3. Letakkan sel triaksial yang berisi contoh batuan di pusat antara plat atas dan plat bawah mesin tekan. Contoh batuan diletakkan dengan permukaan bawah menempel pada plat bawah.
4. Pada alat mesin tekan dipasang *dial gauge* untuk mengukur deformasi aksial.
5. Hidupkan mesin tekan sehingga sel triaksial menyentuh plat tekan bagian atas. Matikan mesin.
6. Atur jarum penunjuk *dial gauge* pada posisi nol.
7. Oli dipompakan ke dalam sel triaksial dengan menggunakan pompa hidrolik sampai pada tekanan tertentu (tekanan pengukuran $1 = \sigma_3 \times 1$). Pada saat yang bersamaan, hidupkan kembali mesin tekan dan mulai lakukan pembacaan gaya setiap interval tertentu (2 kN atau 1 kN) hingga terjadi *failure*.
8. Catat deformasi aksial pada setiap pembacaan gaya selama proses pembebanan.
9. Bila contoh batuan hancur (*failure*) yang ditunjukkan oleh jarum hitam yang bergerak kembali ke nol, matikan motor dan catat juga lamanya waktu percobaan.
10. Lakukan prosedur yang sama untuk contoh batuan ke-2 dan ke-3, tetapi dengan tekanan pengukuran yang berbeda ($\sigma_3 \times 2$ dan $\sigma_3 \times 3$).



10.4 Perhitungan



- τ = Tegangan geser
- σ_n = Tegangan normal
- σ_1 = Tegangan prinsipal mayor
- σ_3 = Tegangan prinsipal minor
- c = Kohesi
- ϕ = Sudut geser dalam
- σ_c = Kuat tekan uniaksial (UCS)
- σ_t = Kuat tarik uniaksial (UTS)

Pustaka

B. B. Mazanti and G. F. Sowers, "Laboratory Testing of Rock Strength," in *Testing Techniques for Rock Mechanics*, (West Conshohocken, PA: ASTM International, 1966), 207-231. <https://doi.org/10.1520/STP45143S>

Kramadibrata, Suseno, Made Astawa Rai, Ridho Kresna Wattimena. 2012. *Mekanika Batuan*. Bandung. Penerbit: ITB.

The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014