

# PHYSICAL PROPERTIES (Perilaku Fisik) AND ROCK CLASSIFICATION (Klasifikasi Batuan)

**SESI 3**

Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti., M.Sc.



Universitas Pembangunan Nasional  
"Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara)  
Condongcatur Depok Sleman DIY, 55283  
Telp. +62 274 486733  
Website. [www.upnyk.ac.id](http://www.upnyk.ac.id)

**Teknik Geologi**

# Physical properties of rock needs to be identified, to get information on:

- Strength (kekuatan)
- Weakness (kelemahan)
- Capacity (daya dukung)
- Workability (kemampuan untuk digarap)



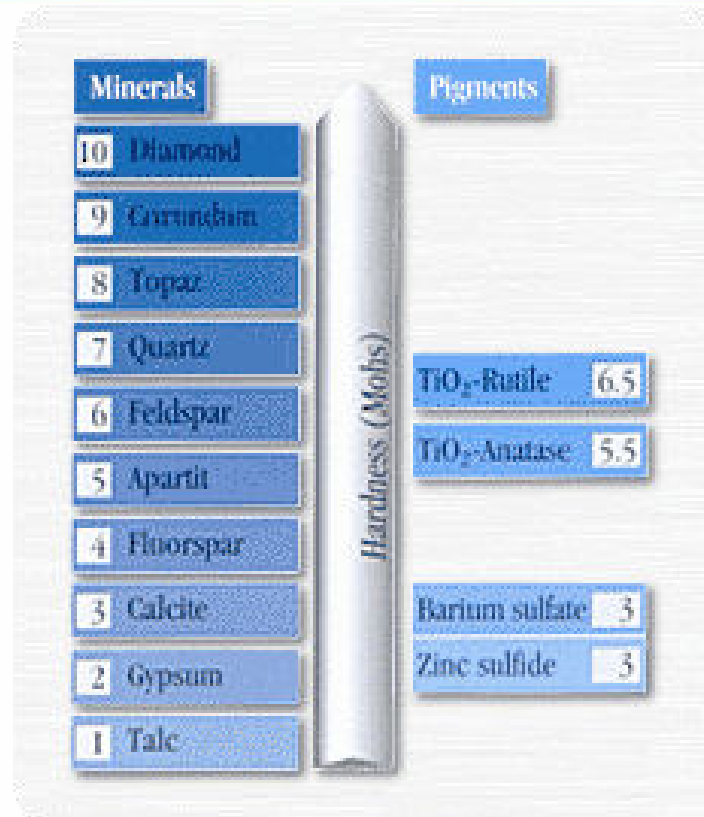


# Physical Rock Properties

- Kekerasan terhadap goresan, pukulan, dan kikisan
- Berat satuan (unit weight), Berat jenis (specific gravity)
- Porositas, kandungan air, derajat kejenuhan
- Permeabilitas
- Cepat rambat gelombang



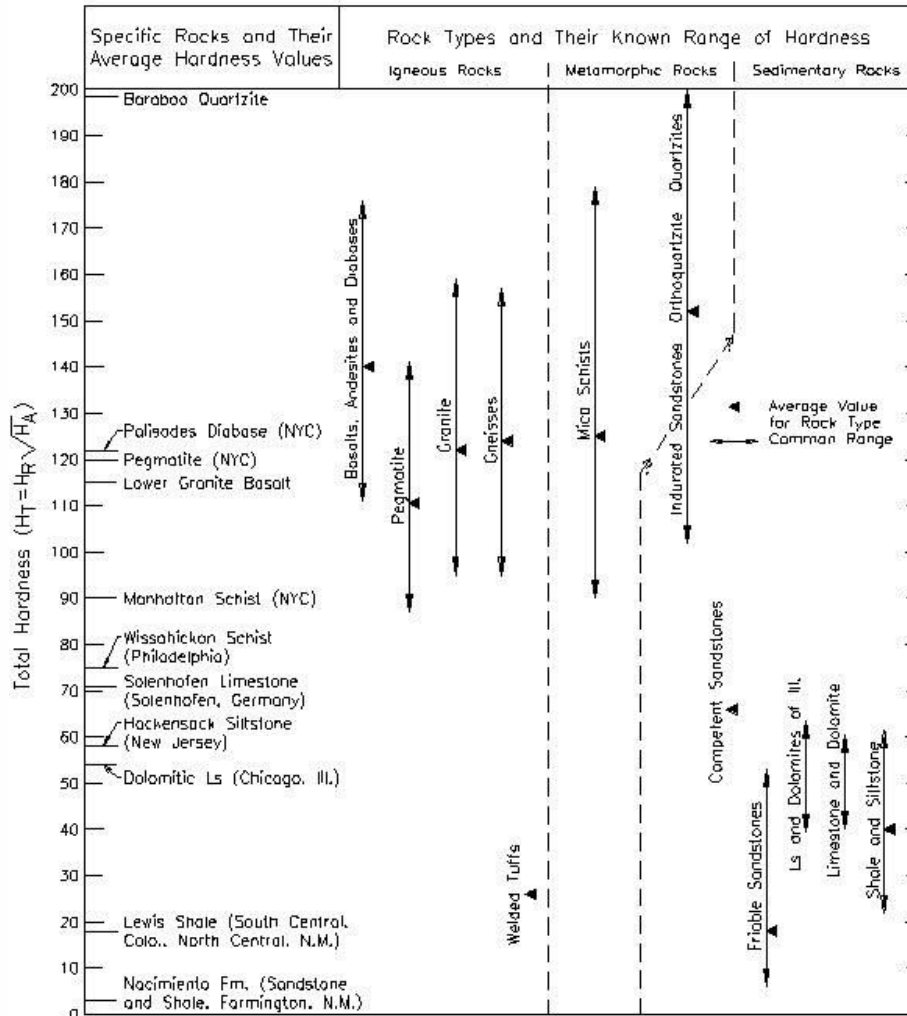
# KEKERASAN TERHADAP GORESAN: SKALA MOHS







# KEKERASAN TERHADAP PUKULAN: SCHMIDT REBOUND HAMMER



# Schmidt Hammer Test

- Device designed to estimate the strength of concrete
- But can be used for rock
- The value of rebound is affected by the attitude of the hammer, whether vertically pointing down or up, horizontal, or inclined.





# SLAKE DURABILITY (KEKERASAN TERHADAP KIKISAN)

❖ Kekerasan batuan terhadap kikisan diuji dengan:

**Los Angeles abrasion Testing Machine**

Gunanya adalah untuk mengukur kapasitas batuan agar dapat dikikis oleh alat pemboran (cutting tool, drill bit, tunnel boring machine)



# SLAKE DURABILITY

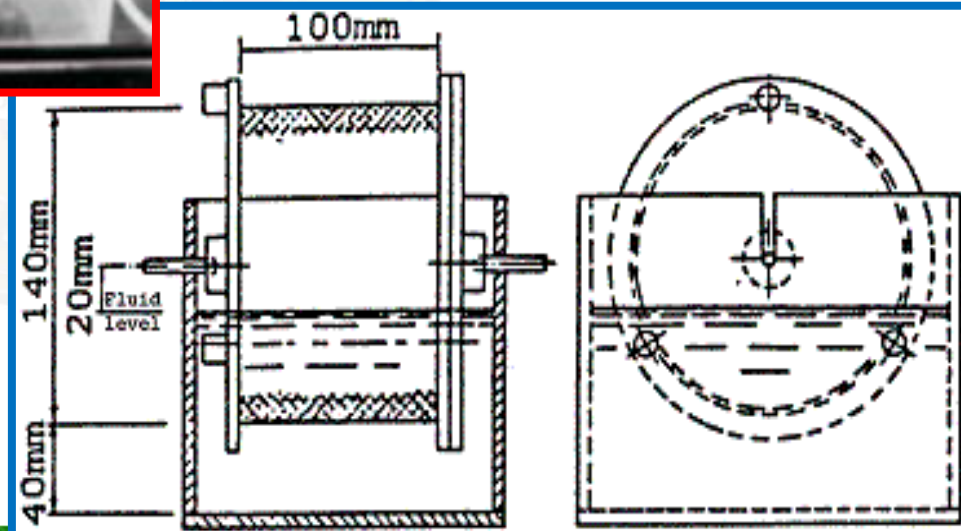
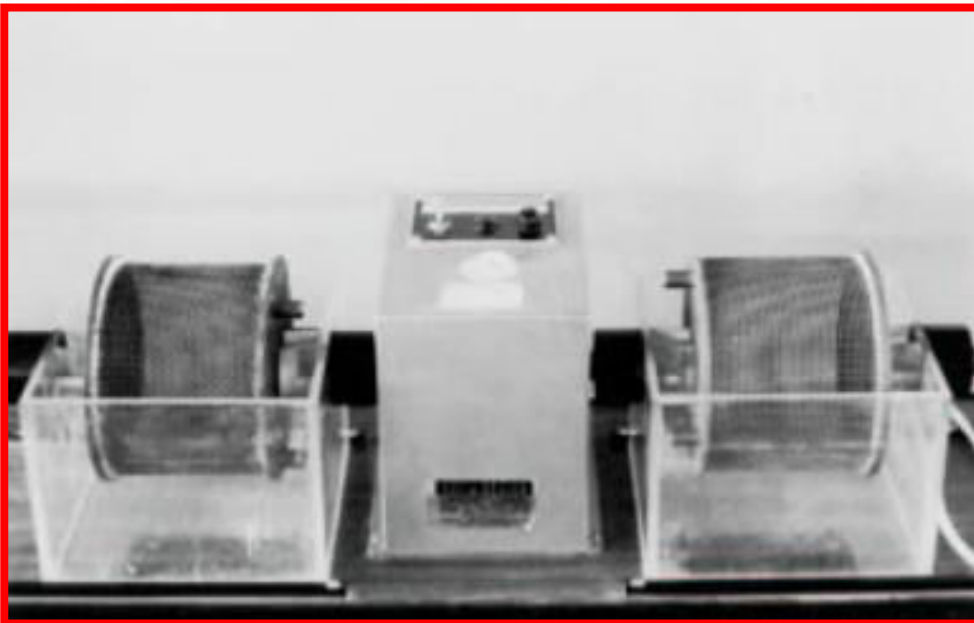
## Klasifikasi Slake Durability Gamble

Klasifikasi	% tersisa setelah 1 x 10' diputar	% tersisa setelah 2 x 10' diputar
Very High durability	> 99	> 98
High Durability	98 – 99	95 – 98
Medium High Durability	95 – 98	85 – 95
Medium Durability	85 – 95	60 – 85
Low Durability	60 – 85	30 – 60
Very Low durability	< 60	< 30





# *Slake Durability Apparatus*



# SLAKE DURABILITY TEST

- The test is suitable only for weak or weathered rock
- Generally there being too little effect on strong fresh rock





# PERMEABILITAS DAN KONDUKTIVITAS HIDROLIKA

Permeabilitas (k): kemampuan batuan untuk meloloskan air, dalam satuan Darcy, mm, cm (Todd, 1980)

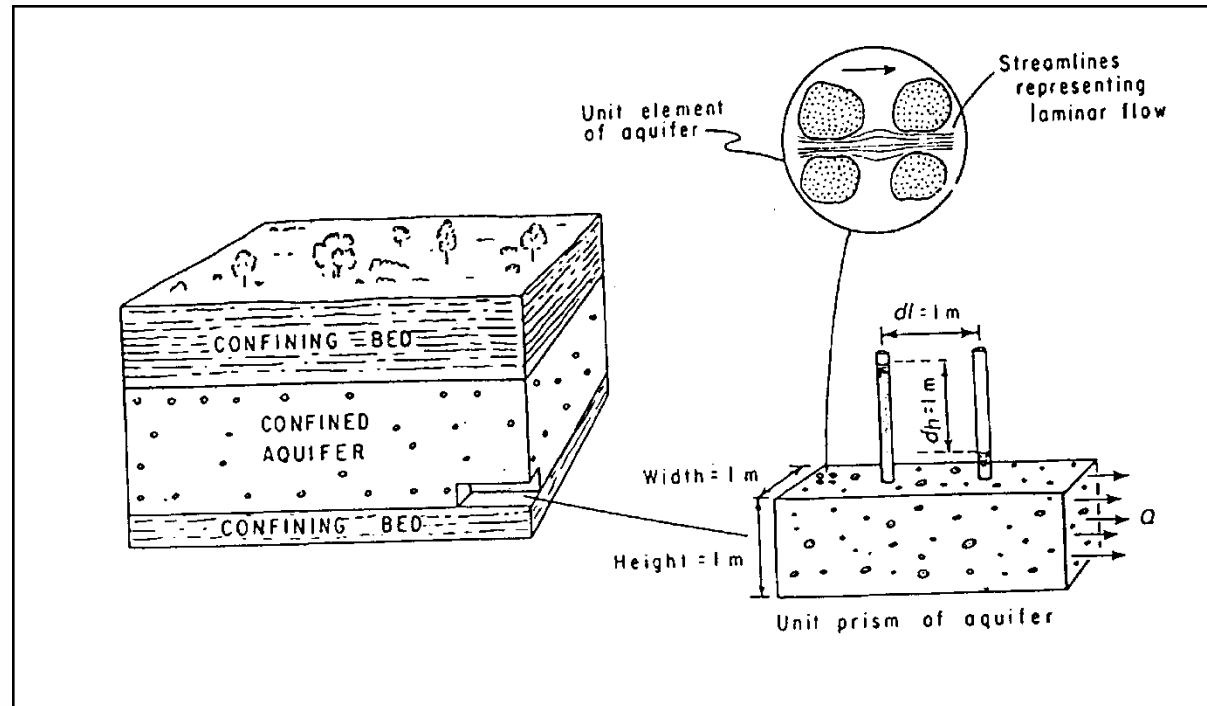
Koefisien Permeabilitas (K) = Konduktivitas Hidrolika

Persamaan Darcy

$$Q = K.A.\left(\frac{dh}{dl}\right)$$



# Konduktivitas Hidrolika

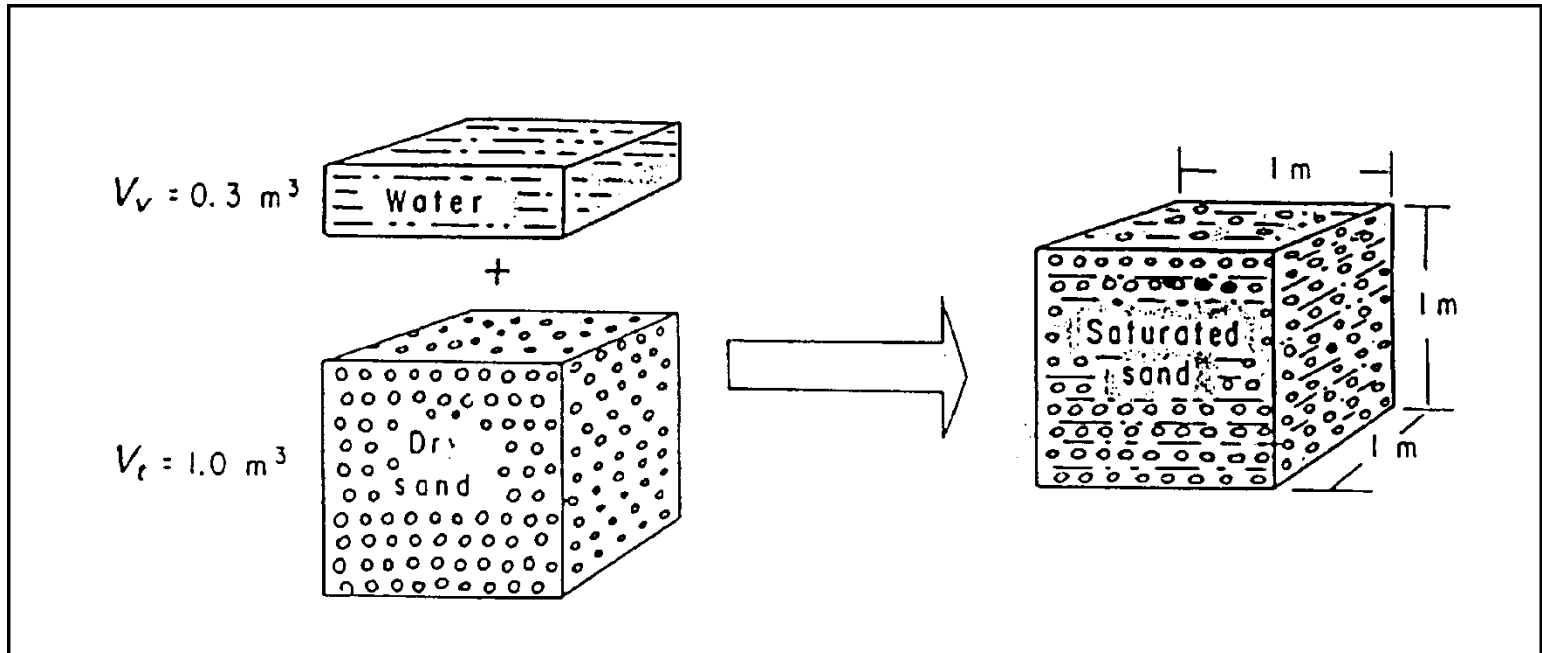


Konduktivitas Hidrolika:

$$K = \frac{Q \cdot dl}{A \cdot dh}$$



# POROSITAS



$$\text{Porositas } (n) = \frac{\text{Volume of voids } (V_v) \quad 0,3 \text{ m}^3}{\text{Total Volume } (V_t) \quad 1,0 \text{ m}^3} = \text{-----} = 0,30$$



# Mengukur Porositas

Porositas: Volume void / Volume total

Void ratio: Volume void / Volume solid

Berat sampel asli =  $W_n$

Berat sampel kering =  $W_o$

Berat sampel jenuh di udara =  $W_w$

Berat sampel jenuh di dlm air =  $W_s$

Volume sampel tanpa pori-pori =  $W_o - W_s$

Volume sampel total =  $W_w - W_s$

Volume pori-pori =  $W_w - W_o$

$$Porositas(n) = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\%$$

$$VoidRatio(e) = \frac{n}{1 - n}$$





# WATER CONTENT (Kandungan air)

adalah banyaknya air yang terkandung di dalam batuan secara alami. Besarnya kandungan air merupakan persen perbandingan antara berat basah dan berat kering

$$w = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\%$$



# BERAT SATUAN (unit weight)

Berat satuan batuan ( $\gamma$ ) adalah berat batuan dibagi volumenya (isi)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

W = berat

V = volume



# SPECIFIC GRAVITY = G

Perbandingan antara berat batuan terhadap berat air dengan volume yang sama

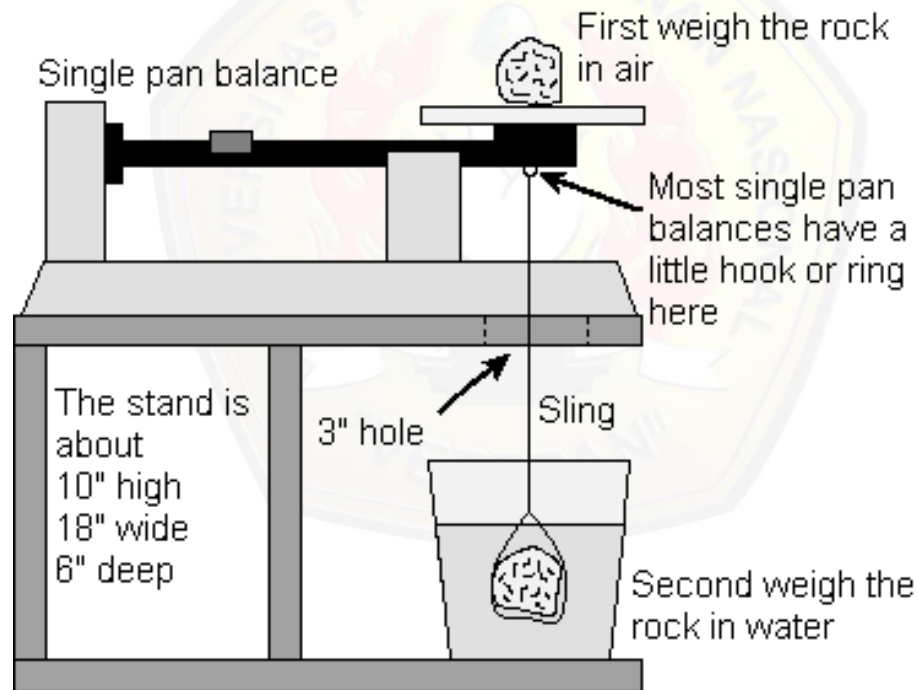
Apparent Specific Gravity

$$= \frac{W_o}{W_w - W_s} / W_w - W_o$$

True Specivic Gravity

$$= \frac{W_o}{W_o - W_s} / W_w - W_o$$

# Mengukur Specific Gravity







# DENSITAS (KERAPATAN MASSA)

Densitas identik dengan berat satuan

$$\gamma = \sum_{i=1}^n G_i V_i$$

$G_i$  = specific gravity mineral penyusun batuan

$V_i$  = persen volume mineral dari total volume batuan

Teknik Geologi

Mineral	G
Halite	2.1 – 2.6
Gypsum	2.3 – 2.4
Orthoclase	2.5 – 2.6
Plagioclase	2.6 – 2.8
Quartz	2.65 – 2.7
Muscovite	2.7 – 3.0
Biotite	2.8 – 3.1
Pyroxene	3.2 – 3.6
Hornblende	2.9 – 3.5
Olivine	3.2 – 3.6
Calcite	2.7
Dolomite	2.8 – 3.1
Pyrite	4.9 – 5.2
Galena	7.4 – 7.6



# *Latihan:*

- **Diketahui, sebuah sampel granit, mempunyai tekstur holokristalin, fanerik kasar, subhedral**
- **Komposisi mineral terdiri dari kuarsa (35%), ortoklas (30%), albit (12%), muskovit (8%), biotit (10%), dan hornblende (5%).**
- **Hitunglah G (specific gravity) granit tsb.**



# Hubungan antara porositas dan densitas kering batuan

$$\gamma_{dry} = G\gamma_w(1 - n)$$

$\gamma_{dry}$  = densitas kering

G = specific gravity

$\gamma_w$  = densitas basah

n = porositas

# Contoh Densitas Batuan

Rock Type	Dry Density (gr/cm <sup>3</sup> )
Granite	2.53 – 2.65
Diorite	2.70 – 2.85
Gabbro	2.72 - 3.1
Basalt	2.21 – 2.77
Diabase	2.82 – 2.95
Gneiss	2.61 – 3.12
Schist	2.6 – 2.85
Marble	2.51 – 2.86
Limestone	2.67 - 2.72
Dolomite	2.67 – 2.72
Shale	2.00 – 2.40
Sandstone	2.00 - 2.60

Jumikis, 1982;  
Goodman, 1989





# ***SONIC VELOCITY*** ***(CEPAT RAMBAT GELOMBANG)***

- Kemampuan batuan untuk merambatkan gelombang suara

Batuan	$V_p$ (m/det)
Gabro	7000
Basalt	6500 – 7000
Granit	5500 – 6000
Batugamping	6000 – 6500
Dolomit	6500 – 7000
Batupasir	6000





# SONIC VELOCITY

## Dipengaruhi oleh:

- densitas batuan
- elastisitas batuan
- keutuhan batuan (ada dan tidaknya bidang diskontinuitas)



# KLASIFIKASI MASSA BATUAN

**Massa batuan di alam pada umumnya tidak dalam keadaan utuh (intack).**

*Ketidak-utuhan massa batuan membuat kualitas batuan dikaitkan dengan keperluan konstruksi teknik sipil, menurun.*

**Bieniawski membuat klasifikasi terhadap kualitas massa batuan dengan Rock Mass Ratio (RMR)**

# RQD (Rock Quality Designation)

% jumlah panjang potongan-potongan inti bor *recovery* yang panjangnya  $> 2X$  diameternya terhadap panjang total inti bor *recovery*





# Rock Mass Rating (RMR), (Bieniawski) didasarkan atas:

- kekuatan batuan
- kualitas inti bor
- kondisi airtanah
- spasi kekar/retakan
- karakteristik kekar



# Klasifikasi massa batuan berdasarkan RQD

RQD (%)	KLASIFIKASI
90 - 100	Excellent
75 - 90	Good
50 - 75	Fair
25 - 50	Poor
< 25	Very Poor





# RMR Berdasarkan Compressive Strength

Point Load Index (Mpa)	Unconfined Compressive Strength (MPa)	Rating
$\geq 10$	$\geq 250$	15
4 – 10	100 – 250	12
2 – 4	50 – 100	7
1 – 2	25 – 50	4
Don't use	10 – 25	2
Don't use	3 – 10	1
Don't use	$< 3$	0

# RMR Berdasarkan RQD (Drill Core Quality)

RQD (%)	Rating
90 – 100	20
75 – 90	17
50 – 75	13
25 – 50	8
< 25	3





# RMR Berdasarkan Joint Spacing

Joint Spacing (m)	Rating
> 2.0	20
0.6 – 2.0	15
0.2 – 0.6	10
0.06 – 0.2	8
< 0.06	5



# RMR Berdasarkan Joint Condition

Description	Rating
Very rough surface, hard wall rock	30
Slightly Rough Surface Aperture less than 1 mm, hard wall rock	25
Slightly Rough Surface aperture less than 1 mm, soft wall rock	20
Smooth Surface, or gouge filling 1 – 5 mm thick, or aperture of 1 – 5 mm	10
Open joint filled with more than 5 mm of gouge	0



# RMR Berdasarkan Groundwater Condition

Inflow/10m Tunnel Length (l/min)	Joint water Pressure / Major Principal Stress	General Condition	Rating
None	0	Completely dry	15
< 10	0.0 – 0.1	Damp	10
10 – 25	0.1 – 0.2	Wet	7
25 – 125	0.2 – 0.5	Dripping	4
> 125	> 0.5	Flowing	0

# Geomechanics Classification of Rock Mass

Class	Description of Rock Mass	RMR Sum of Rating
I	Very Good	81 – 100
II	Good	61 – 80
III	Fair	41 – 60
IV	Poor	21 – 40
V	Very Poor	0 – 20







# Sifat Mekanik

- Kekerasan terhadap tekanan
- Daya tahan terhadap kikisan
- Kekuatan:
  - Kuat Tekan (Compression Strength)
  - Kuat Tarik (Tensional Strength)
  - Kuat Geser (Shear Strength)
- Sudut geser/gesek internal (Internal Friction Angle)
- Gaya Kohesi (Cohesion Force)
- Elastisitas, Plastisitas



# Gaya dan Tegangan

- Force : Gaya
- $F = m \times a$
- Stress: Tegangan/Tegasan
- $\sigma = F/A$



# STRESS

- Compressional Stress: Tegangan tekanan:  $\sigma$
- Tensional Stress: Tegangan tarikan: T
- Shear Stress: Tegangan geseran:  $\tau$

# Mengukur kuat tekan batuan

- Point load test
- Uniaxial test (Unconfined compression test)
- Triaxial test (Confined compression test)



Teknik Geologi





# Mengukur kuat gesek

- Triaxial test (Confined compression test)
- Direct shear test





# *SIMBOL-SIMBOL dan SATUAN*

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
A	Luas	m <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>
C	Koefisien,	-
c	Gaya kohesi	Kg/m <sup>2</sup> , Pa
d	Diameter	m, cm
E	Modulus elastisitas	Kg/m <sup>2</sup> , Pa
e	Void ratio	%
F	Gaya, gaya friksi/gerus	N, kg, kg/m <sup>2</sup>
G	Specific gravity	-
g	Percepatan gravitasi	m/det <sup>2</sup>
K	Koefisien permeabilitas	m/det
k	Permeabilitas	m, cm
n	Porositas	%
P, p	Beban, Gaya, Tekanan	N, kg
R	Gaya resultan	N, kg
r	Radius, Jari-jari	m, cm
S	Derajat kejenuhan	%
s	Shear strength, detik	Kg/m <sup>2</sup>
T	Temperatur	oC, oF





# SIMBOL-SIMBOL dan SATUAN

U	Tekanan hidrostatik, tekanan air	kg/m <sup>2</sup>
u	Tekanan air pori	kg/m <sup>2</sup>
V	Volume	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup>
v	kecepatan	m/det
W	Berat	Kg, ton
w	Kandungan air alami	%
$\alpha, \beta, \theta$	Alfa, Beta, Teta, sudut	derajat
$\gamma$	Unit weight, berat satuan	Kg/cm <sup>3</sup>
$\delta$	Deformasi	m, cm
$\Delta$	Perbedaan, selisih	m, cm
$\varepsilon$	Strain, regangan, deformasi	cm, tanpa sat
$\phi$	Sudut gesek	derajat
$\lambda$	Panjang gelombang	cm
$\mu$	Poisson's ratio	-
$\rho$	Densitas (Kerapatan massa)	-
$\sigma$	Tegangan kompresi	kg/m <sup>2</sup> , Pa
$\tau$	Shear stress, tegangan gesek	kg/m <sup>2</sup> , Pa

**Terima Kasih**

