

KARAKTERISASI MASSA BATUAN DAN EVALUASI PENYANGGA PADA TEROWONGAN EKSPLORASI URANIUM DI EKO REMAJA KAL-BAR

Zainal Abidin, Sudarto *)

ABSTRAK

KARAKTERISASI MASSA BATUAN DAN EVALUASI PENYANGGA PADA TEROWONGAN EKSPLORASI URANIUM DI EKO REMAJA KAL-BAR. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui karakter massa batuan dan kebutuhan penyangga di terowongan eksplorasi U di Remaja. Karakterisasi batuan dilakukan dengan metoda geomekanik atau RMR (rock mass rating) yang menilai karakter fisik batuan berupa ; kuat tekan uniaxial, RQD, jarak joint, kondisi joint serta kondisi air tanah pada terowongan, dan orientasi umum bidang diskontinu. Dari nilai RMR yang diperoleh dapat ditentukan jenis batuan sekitar terowongan dan kebutuhan penyanggaan agar memenuhi syarat keamanannya. Terowongan eksplorasi Remaja sepanjang 618 meter, melalui tiga zone batuan yaitu; zone 1 (satu) batuan metasilt yang masih segar dengan nilai RMR = 60 termasuk jenis batuan sedang (fair) dan cukup stabil. Zone 2 (dua) batuan meta ampelite yang mudah hancur sepanjang 60 meter dengan nilai RMR = 29 termasuk jenis batuan buruk (poor) dan tidak stabil, pada zone ini terpasang 104 set penyangga dengan jarak 0,58 meter dan berdasarkan perhitungan jarak penyangga 0,6 meter dalam kondisi aman. Zone 3 (tiga) berupa batuan lapuk (weatherd) atau zone oksidasi pada kedua sisi mulut terowongan sepanjang 121 meter dengan nilai RMR = 20 termasuk jenis batuan sangat buruk (very poor), dengan penyangga terpasang sebanyak 264 set dengan jarak 0,40 - 0,50 meter, sedangkan jarak menurut perhitungan adalah 0,55 meter, berarti ini cukup aman..

ABSTRACT

ROCK MASS CHARACTERIZATION AND SUPPORTING EVALUATION AT THE URANIUM EXPLORATION TUNNEL AT REMAJA WEST KALIMANTAN. The purpose of this investigation is to know stability and supporting requisite of the tunnel. Rock characterization was carried out by geomechanics method or RMR (rockmass rating) that is empirical method by observations and measurements the characteristics physics of the rock mass, such as : uniaxial strength, rock quality designation (RQD), spacing of joints, conditions of joints, ground water conditions, and orientation of discontinuities (joints). Each characterization above gave weight values and the total is called RMR, from this values the rock mass characterization sorounding the tunnel is identified (stable or instable) and then the supporting requisite was evaluated. Exploration tunnel was constructed along 618 meters, passed 3 zones of rocks : Zone 1 is fresh rock of metasilt schitose, the value of RMR = 60, that's fair rocks condition and stable without support for roof span 2,5 meters of the tunnel. Zone 2 is crush rock of meta ampelite along 60 meters RMR value = 29, that's poor rock and instable condition that's installed by 104 sets of timbering (distance 0,585 meter), the consideration distance 0,60 meter for safety. Zone 3 is weatherd or oxidation zone along 121 meters at the two sides of the tunnel, RMR value 20 that's very poor condition there are installed 264 sets of timbering with distance 0,40 - 0,50 meters, the consideration distance 0,55 meter for safety).

*) Instalasi Teknik Penambangan Bahan Galian Nuklir-PPBGN

PENDAHULUAN

Terowongan eksplorasi Uranium di Eko Remaja Kalimantan Barat merupakan sarana untuk penelitian cebakan Uranium. Sebagaimana umumnya konstruksi bukaan bawah tanah/terowongan yang penting untuk diperhatikan adalah masalah kemantapan atau kestabilan bukaan, sehingga diperoleh kondisi aman untuk semua aktifitas di dalamnya.

Konstruksi terowongan Eko Remaja dibuat pada level 450 meter dengan arah N 50 E dan menembus bukit Eko sepanjang 618 meter pada zone favourable N 50 E/60, jenis batuan yang ditembus berupa batuan meta ampelit, metasilt schistose yang keras dengan kandungan silika dan diaklas serta bidang schistosity N 280 E/70.

Secara umum terowongan Remaja menembus tiga zone batuan, yaitu : (Gambar . 1):

1. Zone batuan keras yaitu metasilte schitose yang segar (fresh).
2. Zone batuan hancuran, meta ampelit (crushed rock).
3. Zone batuan lapuk (weatherd) atau zone sangat lemah (weakness) pada kedua sisi bukit

Pada zone batuan lapuk di kedua belah sisi bukit pada kemeteran 0-38 meter (sepanjang 38 meter) telah terpasang penyangga sebanyak 98 set dan pada kemeteran 535 - 618 m (sepanjang 83 meter) terpasang penyangga sebanyak 166 set, sedangkan pada zone batuan hancur dari kemeteran 297 - 357 (sepanjang 60 meter) telah terpasang penyangga sebanyak 104 set. Sedangkan pada batuan segar kemeteran 40 - 65 dari terowongan terpasang 20 set penyangga

Dalam tulisan ini dilakukan karakterisasi massa batuan disekitar terowongan dan evaluasi/penilaian terhadap penyangga yang terpasang. Karakterisasi batuan disekitar terowongan dilakukan dengan metode empiris bedasarkan "klasifikasi geomekanik" (Bienawski), klasifikasi ini menilai beberapa parameter batuan sesuai dengan zone yang ditembus terowongan yang kemudian diberi bobot, adapun parameter yang dinilai adalah :

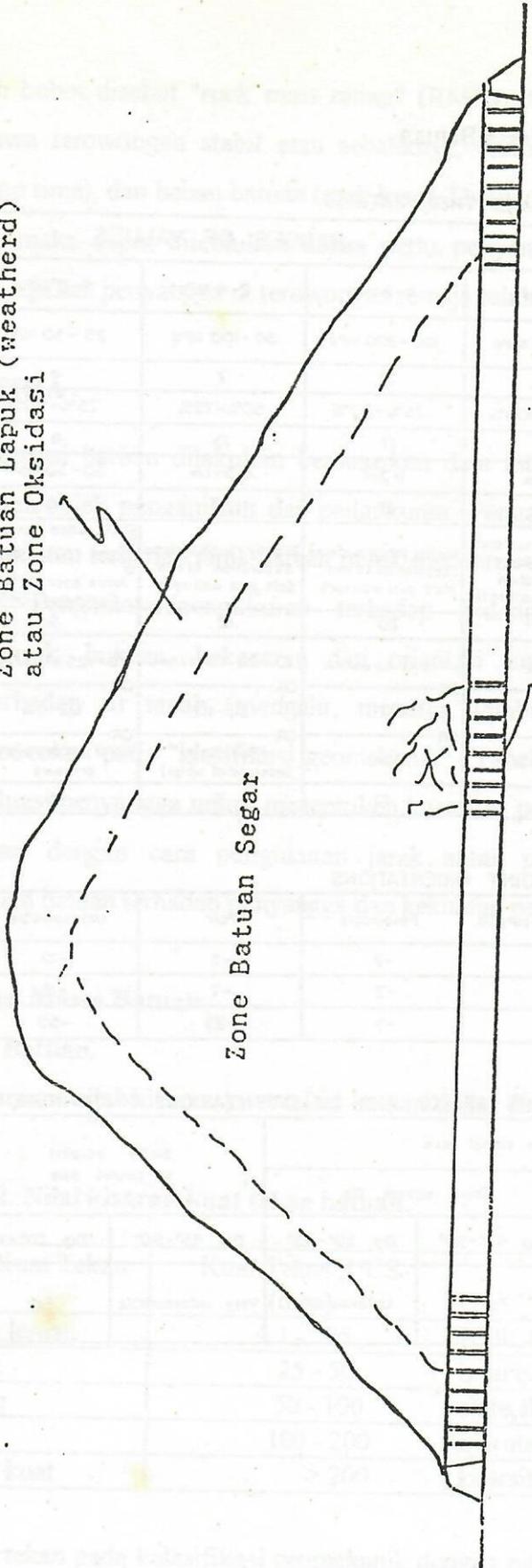
- 1) Kuat tekan uniaxial batuan (uniaxial strength)
- 2) Mutu batuan, RQD (rock quality designation)
- 3) Jarak bidang diskontinu (joint spacing)
- 4) Kondisi bidang diskontinu (condition of joint)
- 5) Kondisi air tanah (ground water condition)
- 6) Arah dan dip bidang diskontinu (orientation)

Zone Batuan Lapuk (weathered)
atau Zone Oksidasi

Zone Batuan Segar

Zone Batuan Hancur (chruised zone)
atau meta ampelitte

Daerah Berpenyangga



Gambar 1 . Sketsa Zone Batuan Dan Penyarggaan Pada Terowongan Eksplorasi Uranium Di Remaja

Tabel 1. Klasifikasi Geometrik Massa Batuan

CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS

PARAMETER		RANGES OF VALUES							
1	Strength of intact rock material	Point load strength index	> 8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial compressive strength	> 200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	Rating	15	12	7	4	2	1	0	
2	Drill core quality RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%			
	Rating	20	17	13	8	3			
3	Spacing of joints	> 3m	1-3m	0.3-1m	50-300mm	< 50mm			
	Rating	30	25	23	10	5			
4	Condition of joints	Very rough surfaces Not continuous No separation Hard joint wall rock	Slightly rough surfaces Separation (1mm) Hard joint wall rock	Slightly rough surfaces Separation (1mm) Soft joint wall rock	Stickensided surfaces Gauge < 5mm thick or Joints open 1-5mm Continuous joints	Soft gauge > 5mm thick or Joints open > 5mm Continuous joints			
		Rating	25	20	12	6	0		
5	Ground water	Inflow per 10m tunnel length	None	< 10 litres/min	10-25 litres/min	25-125 litres/min	> 125 litres/min		
		Ratio $\frac{\text{joint water pressure}}{\text{water principal stress}}$	OR 0	OR < 0.1	OR 0.1-0.2	OR 0.2-0.5	OR > 0.5		
		General conditions	OR Completely dry	OR Damp	OR Moist only (interstitial water)	OR Water under moderate pressure	OR Severe water problems		
		Rating	15	10	7	4	0		

RATING ADJUSTMENT FOR JOINT ORIENTATIONS

Strike and dip orientations of joints		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very unfavourable
Ratings	Tunnels	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	-60

THE EFFECT OF JOINT STRIKE AND DIP ORIENTATIONS IN TUNNELLING

Strike perpendicular to tunnel axis				Strike parallel to tunnel axis		Dip 0°-20° irrespective of strike
Drive with dip		Drive against dip		Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	
Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 45°-90°	Dip 20°-45°			
Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very unfavourable	Fair	Unfavourable

Jumlah bobot disebut "rock mass rating" (RMR), dari nilai RMR, akan diperoleh informasi bahwa terowongan stabil atau sebaliknya, waktu tenggang terowongan tidak runtuh (stand up time), dan beban batuan (rock load). Dengan mengetahui stand up time dan beban batuan, maka dapat ditentukan kapan perlu penyanggaan, dan berapa kebutuhan penyangga dan apakah penyangga di terowongan remaja telah sesuai dan aman.

METODE KERJA

Karakterisasi batuan dilakukan berdasarkan data inti bor "core" dan terowongan merupakan bahan/objek pengamatan dan pengukuran. Pengamatan dan penilaian terhadap core, dan pengamatan terhadap jenis batuan untuk menentukan nilai kisaran kuat tekan, dan RQD batuan. Pengamatan/pengukuran terhadap bidang diskontinu (joint) untuk mendapatkan jarak, bukaan, kekasaran dan orientasi umum bidang diskontinu dan pengamatan terhadap air tanah (mengalir, menetes, lembab, dan kering). Parameter pengamatan dicocokkan pada "klasifikasi geomekanik" (Tabel 1). untuk diberi nilai bobot. Sedangkan evaluasi penyangga untuk menentukan kuantitas penyangga agar didapat kondisi aman, dilakukan dengan cara pengukuran jarak antar penyangga berdasarkan pada perhitungan beban batuan terhadap penyangga dan kekuatan penyangga.

A. Karakterisasi Massa Batuan

1. Kuat Tekan Batuan.

Secara umum nilai kisaran kuat tekan batuan dapat ditentukan berdasarkan Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai kisaran kuat tekan batuan.

Klas Kuat Tekan	Kuat Tekan ,UCS (mpa)	Jenis batuan
Sangat lemah	< 1 - 25	Kalk, batuan garam
Lemah	25 - 50	batu bara, silt stone
Sedang	50 - 100	slate,shale
Kuat	100 - 200	marmar,granir,gress
Sangat kuat	> 200	kuarsit,gabro,basalt

Nilai bobot kuat tekan pada kalasifikasi geomekanik dengan nilai bobot dari 0 (nol) sampai dengan 15 (lima belas) seperti pada Tabel 1.

2. Mutu Batuan, RQD

Mutu massa batuan yang ditentukan dengan cara mengukur jumlah panjang "core" yang panjangnya lebih dari 10 sentimeter dibagi dengan panjang pemboran dan diberi satuan persen (%), nilai bobot RQD dari 3 (tiga) sampai 20 (dua puluh) seperti pada Tabel 1.

3. Jarak bidang diskontinu/joint

Menentukan jarak antara bidang diskontinu dengan mengamati keadaan joint pada massa batuan, untuk pembobotan sesuai dengan jarak kisaran dengan nilai bobot 5 (lima) sampai 30 (tiga puluh). seperti pada Tabel 1.

4. Kondisi Bidang Diskontinu

Parameter ini memperhatikan beberapa kondisi yaitu : bukaan, kekasaran, dan kondisi dinding, dan pembobotannya mempunyai nilai bobot dari 0 (nol) sampai 25, seperti pada tabel 1.

5. Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah didapat dengan mengamati keadaan batuan di terowongan yaitu ; kering, lembab, menetes, atau mengalir. Pembobotan mempunyai nilai bobot dari 0 (nol) sampai (15), seperti pada Tabel 1.

6. Arah dan Dip Bidang Diskontinu

Merupakan arah dan kemiringan umum dari bidang diskontinu terhadap terowongan, pengamatan dilakukan terhadap massa batuan dan data geologi (informasi dari pekerjaan geologi) pembobotan mempunyai nilai dari 0 (nol) sampai negatif 12 untuk jenis bukaan terowongan, seperti pada Tabel 1.

B. Kelas Batuan Berdasarkan Nilai RMR

Berdasarkan nilai RMR dari batuan, maka klasifikasi kondisi dari suatu massa batuan dapat dilihat seperti pada Tabel 3 berikut.

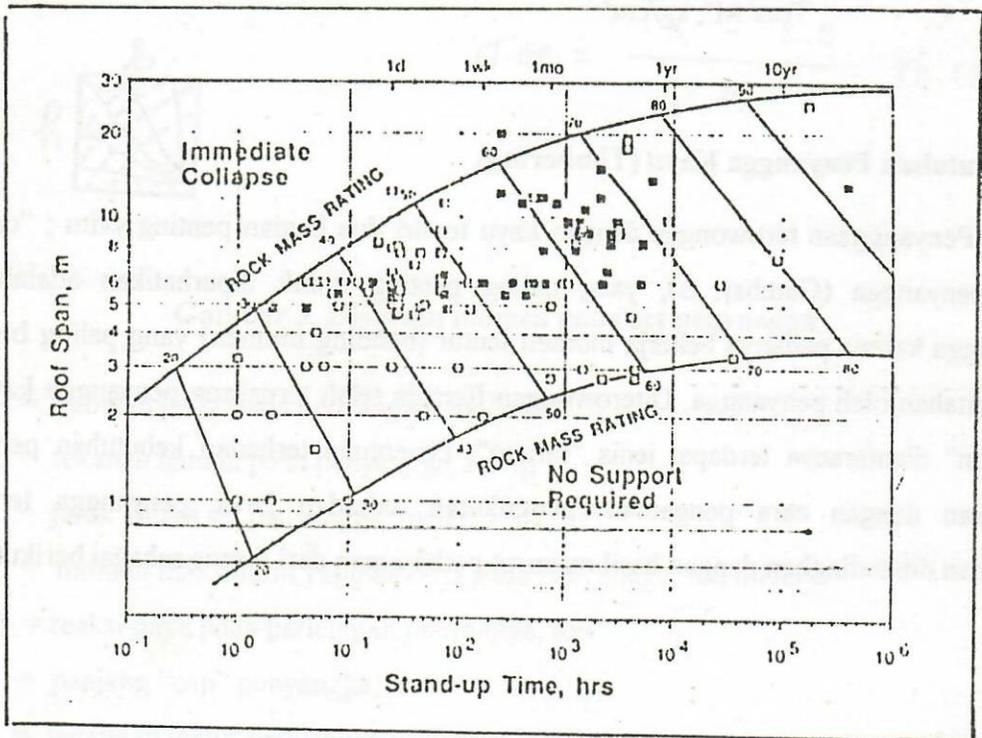
Tabel 3. Kelas RMR dari Batuan

RMR	Klas	Kondisi
100 - 81	I	Sangat baik
80 - 61	II	Baik
60 - 41	III	Sedang
40 - 21	IV	Buruk
< 20	V	Sangat buruk

C. Menentukan waktu tenggang dan Beban Batuan

1. Waktu tenggang (stand up time)

Berdasarkan nilai bobot batuan (RMR), diperoleh informasi "stand up time" (masa tenggang terowongan tidak runtuh) seperti pada Gambar 2. berikut:



- data tambang
- data terowongan

Gambar 2. Stand-up Time dan Roof Span

Nilai RMR pada Gambar 2. memperlihatkan bahwa garis bagian bawah disebut garis batas "self supported" dan garis bagian atas sebagai garis batas keruntuhan, yang menyatakan terowongan akan segera runtuh bila tidak diberi penyangga. Sumbu mendatar menunjukkan lamanya bukaan tidak runtuh, dan sumbu tegak menunjukkan lebar bukaan atau "roof span". Berdasarkan nilai RMR, dapat diketahui kemantapan, lebar bukaan serta lamanya terowongan tidak runtuh.

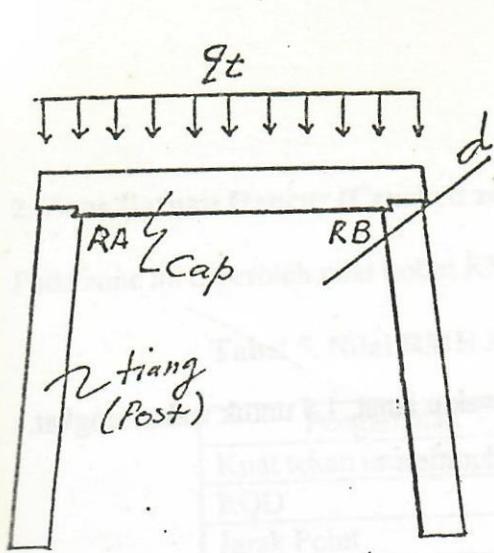
2. Beban Batuan (rock load)

Besarnya beban batuan yang harus disangga ditentukan berdasarkan nilai RMR yang diperoleh, lebar terowongan dan dengan rumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban batuan (}\sigma_r\text{)} &= \frac{100 - \text{Nilai RMR}}{100} \times \text{roof span} \times \text{density batuan} \\ &= \text{Ton/ M}^2, \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

D. Kebutuhan Penyangga Kayu (Timbering)

Penyanggaan terowongan dengan kayu terdiri dua bagian penting yaitu ; "cap" dan tiang penyangga (Gambar. 3), yang paling penting untuk diperhatikan adalah "cap" penyangga karena padanya bekerja momen lentur (bending momen) yang paling besar dan harus ditahan oleh penyangga. Diterowongan Remaja telah terpasang penyangga kayu jenis "keladan" diantaranya terdapat jenis "sarang". Penentuan terhadap kebutuhan penyangga dilakukan dengan cara pengamatan/pengukuran terhadap jarak penyangga terpasang, kemudian dibandingkan dengan hasil menurut perhitungan dari rumus sebagai berikut:



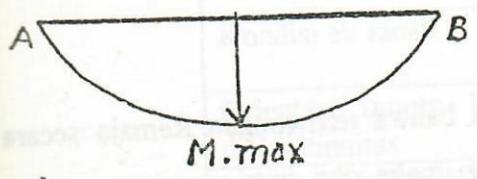
$$q_t = \sigma_t \times d$$

$$M_{max} = R_A \cdot Y - \frac{1}{2} q_t \cdot Y^2$$

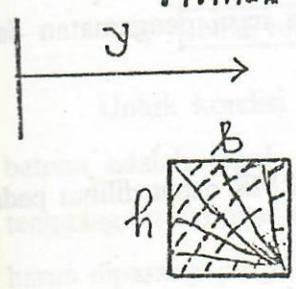
$$Y = \frac{1}{2} L$$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot q_t \cdot L$$

$$M_{max} = 0,125 q_t \cdot L^2$$



$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{W} \leq \sigma_{sf}; W = \frac{b \times h^2}{6}$$



$$\sigma_{sf} = \frac{\bar{X} - K.S}{N} \cdot f_k \cdot f_y$$

Gambar 3. Diagram momen pada set penyangga

- q_t = beban merata pada penyangga, ton/meter
- σ_t = tekanan batuan pada penyangga, ton/m²
- d = jarak antara set penyangga, meter.
- M_{max} = momen maksimum yang bekerja pada penyangga, ton.meter
- R_A, R_B = reaksi gaya pada perletakan penyangga, ton
- L = panjang "cap" penyangga, meter
- σ_b = tegangan lentur penyangga ton/meter kwadrat
- W = modulus tampang "cap" penyangga
- b = lebar penampang "cap" penyangga, meter
- h = tinggi penampang "cap" penyangga, meter
- σ_{sf} = tegangan lentur kayu yang diizinkan (allowable stress), hasil uji kuat tekan, ton/m

kwadrat atau kg/cm^2

\bar{X} = kuat tekan rata-rata, kg/cm^2

K = konstanta, 2

S = simpangan baku

f_k = faktor alam, 0,75

f_y = faktor lamanya (duration faktor), 1 untuk waktu lama, 1,5 untuk waktu singkat.

N = faktor keamanan (safety faktor), 2,5 long duration

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Geomekanik

Seperti telah disebutkan pada bab sebelumnya bahwa terowongan Remaja secara umum menembus 3 (tiga) zone batuan yang berbeda, maka dari hasil pengamatan dan pengukuran, serta data geologi diperoleh data sebagai berikut :

1. Zone Batuan Segar

Untuk zone batuan segar (fresh) diperoleh nilai bobot atau RMR dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Nilai RMR Zone Batuan Segar

Pengamatan	Hasil Pengamatan	Nilai Bobot
Kuat tekan uniaxial	50 - 100 mpa	7
RQD	25 - 50 (%)	8
Jarak Point	0,05 - 0,3 (m)	10
Kondisi Joint	Permukaan kasar, kadang terpisah < 1 mm	20
Kondisi air tanah	Kondisi kering	15
Orientasi umum bidang diskontinuitas	Memotong terowongan dip 60 - 80 °	0
Nilai total bobot, RMR		60

Nilai total bobot, RMR = 60, berarti kelas batuan dikategorikan sebagai batuan "kelas sedang" dan untuk lebar bukaan (roof span) 2,5 meter akan cukup stabil dan tidak memerlukan penyangga (no support required) seperti terlihat pada (Gambar 2).

2. Zone Batuan Hancur (Crushed zone)

Pada zone ini diperoleh nilai bobot RMR adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai RMR Zone Batuan Hancur

Pengamatan	Hasil Pengamatan	Nilai Bobot
Kuat tekan uniaxial	1 - 25 mpa	2
RQD	< 25 (%)	3
Jarak Point	< 50 (mm)	5
Kondisi Joint	Kasar, terpisah 1 mm, lemah	12
Kondisi air tanah	Terdapat air, celah menetes	7
Orientasi umum bidang diskontinuitas	Memotong terowongan dip 60 - 70 °	0
Nilai total bobot, RMR		29

Untuk kondisi zone batuan hancur dengan nilai bobot RMR = 29, berarti kelas batuan adalah lapuk, sehingga untuk lebar terowongan 2,5 meter mempunyai waktu tenggang terowongan tidak runtuh (stan up time) lebih kurang 4 jam (Gambar 2). Sehingga harus dipasang penyangga dengan beban batuan sebesar 4,68 ton/m². (dari rumus beban batuan)

3. Zone Batuan Lapuk (weatherd zone)

Pada zone ini diperoleh nilai bobot RMR adalah sbb:

Tabel 6. nilai RMR zone batuan lapuk

Pengamatan	Hasil Pengamatan	Nilai Bobot
Kuat tekan uniaxial	1 - 10 mpa	1
RQD	< 25 (%)	3
Jarak Point	0,05 - 0,30 (m)	10
Kondisi Joint	Sangat lemah, gauge < 5 mm	6
Kondisi air tanah	Mengalir > 125 l/min/10 meter	0
Orientasi umum	Memotong terowongan	0
Nilai total bobot, RMR		20

Nilai total bobot batuan lapuk RMR = 20, maka kelas batuan dikategorikan sebagai sangat jelek (very poor), stand up time kurang dari 1 (satu) jam, beban batuan 5,2 ton/m² dengan demikian memerlukan penyangga untuk penstabilan.

B. Penyanggaan Kayu (Timbering)

Setelah "klasifikasi geomekanik" atau RMR diketahui nilainya, maka kebutuhan penyangga dapat dihitung berdasarkan : beban batuan (σ_t) yang harus disangga, dan kekuatan kayu sebagai bahan penyangga. Dari data hasil uji kekuatan kayu untuk penyangga jenis "keladan" dan jenis "sarang" yang diuji pada "balai penelitian hasil hutan" Bogor (1981) seperti tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji kelas kuat dan kelas awet kayu penyangga

Jenis kayu	Kelas kuat	Kelas awet	Kuat lentur rata kg/cm ²	Simpangan baku (S)
Keladan	II	III	431	45
Sarang	II	III-IV	532	70

Ukuran penyangga yang digunakan :

- panjang (bentangan), L = 2 meter
- penampang lebar (b) = 0,2 meter, tinggi (h) = 0,2 meter
- jenis kayu yang digunakan = jenis "keladan"

Data lokasi dan jumlah penyangga terpasang tercantum pada Tabel 8.

Tabel 8. lokasi dan jumlah penyangga terpasang

Lokasi ke meteran terowongan (sepanjang)	Zone batuan	Jumlah (stel)	Jarak Penyangga (m)
0 - 38 (38 m)	Batuan lapuk	98	0,40
40 - 65 (25 m)	Batuan segar	20	1,25
297 - 357 (60 m)	Batuan hancur	104	0,582
535 - 618 (83 m)	Batuan lapuk	166	0,50

Berdasarkan perhitungan dengan rumus sebelumnya dan simulasi jarak penyangga, maka dapat dihitung tegangan lentur penyangga (σ_b) yang sesuai (lebih kecil atau sama dengan tegangan yang diizinkan, σ_{sf}) sebagai berikut :

1. Zone Batuan Hancur

Untuk zone batuan hancur seperti pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9 . jarak dan tegangan lentur penyangga untuk zone batuan hancur

Jarak Penyangga	Tegangan lentur penyangga kg/cm^2	Tegangan lentur yang diizinkan, σ_{sf} , kg/cm^2
0,4	67	Jenis keladan = 102 sedangkan untuk jenis sarang = 118
0,6	101	
0,7	118	
0,8	135	

Dari tabel diatas terlihat bahwa jarak penyangga yang sesuai adalah 0,6 meter dengan tegangan lentur $101 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sf}$ untuk kayu jenis keladan, dan jarak 0,7 meter untuk jenis kayu sarang. Penyangga terpasang pada zone batuan hancur sepanjang 60 meter (tabel 8) sebanyak 104 set dengan jarak 0,582 adalah cukup aman dan cukup efisien.

2. Zone Batuan Lapuk

Untuk zone batuan lapuk (weatherd) adalah seperti tabel 10 :

Tabel 10. Jarak dan tegangan lentur penyangga untuk zone batuan lapuk (wetherd)

Jarak Penyangga	Tegangan lentur penyangga kg/cm^2	Tegangan lentur yang diizinkan, σ_{sf} , kg/cm^2
0,4	75	Jenis keladan = 102 sedangkan untuk jenis sarang = 118
0,5	93	
0,55	103	
0,6	112	
0,65	121	
0,7	131	

Dari Tabel di atas terlihat bahwa jarak penyangga yang sesuai untuk zone batuan lapuk 0,55 meter (kayu keladan), dan 0,65 meter (kayu sarang). Pada kemeteran terowongan dari nol sampai 38 meter terpasang 98 set penyangga dengan jarak 0,40 meter, kalau diambil jarak yang sesuai perhitungan 0,55 meter, maka jumlah penyangga cukup 72 dan bisa dihemat 26 set penyangga.

Sedangkan pada sisi terowongan lainnya sepanjang 83 meter terpasang 166 set penyangga dengan jarak 0,50 meter, kalau diambil jarak berdasarkan perhitungan 0,55 meter, maka penyangga cukup 156 set dan bisa dihemat 10 set.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas maka dapat disimpulkan :

1. Dari klasifikasi geomekanik atau nilai RMR untuk zone batuan segar sebesar 60 adalah cukup stabil, dan termasuk kelas batuan "sedang" (fair rock) dan tidak diperlukan penyangga (unsupported)
2. Untuk zone batuan hancur (crushed rock) nilai RMR sebesar 29 dan termasuk kelas batuan buruk (poor), waktu tenggang tidak runtuh (stand up time) berkisar 4 jam, dengan beban batuan (rock load) 4,7 ton/m² meter dan diperlukan penyangga dengan jarak 0,6 meter untuk kayu jenis keladan, dan 0,7 meter untuk kayu jenis sarang. Penyangga terpasang saat ini berjarak 0,582 meter yang cukup aman dan efisien.
3. Untuk zone batuan lapuk (weatherd) nilai RMR sebesar 20 atau kelas batuan sangat buruk (very poor) dengan stand up time kurang 1 jam dan beban batuan (rock load) 5,2 ton/m², jarak penyangga yang sesuai 0,55 meter untuk kayu jenis keladan dan 0,65 meter untuk kayu jenis sarang. Pada sisi mulut terowongan 0 (nol) sampai kedalaman 38 meter terpasang penyangga 98 set dengan jarak 0,40 meter adalah cukup aman dan masih dapat di kurangi menjadi 72 set (jarak 0,55 meter)
4. Pada sisi ujung terowongan lainnya terpasang 166 set penyangga sepanjang 83 meter dan jarak penyangga 0,5 meter, untuk jarak 0,55 meter diperlukan 156 set. Sedangkan pada kemeteran 40-65 pada batuan segar terdapat 20 set penyangga yang tidak perlu dipasang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua staf Instalasi Teknik Penambangan Bahan Galian Nuklir dan Staf ETP atas masukan data, sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

KA

Z. T, " Rock Mass Clasification ", John Willey & Sons, New York,

T; " Rock Characterization Testing & Monitoring ", Royal School of
College of Science and Technology, London (1981)

A ; "Perancangan Penyangga Pada Pembuatan Terowongan Air Di PLTA
ni Jawa Barat ", ITB, Bandung (1989)

ON; ERGIN ARIOGLU ; "Design Of Supports In Mine", Department of
ering Istanbul Technical University, John Willey & Sons, Toronto (1983)

BROWN E, T ; "Underground Excavation In Rock " , Institute of Mining
London (1980)

WA RAI, " Mekanika batuan ", Laboratorium Geoteknik, Pusat antar
u Rekayasa, ITB, Bandung (1988)

, S ; WAHLAN, W ; " Exploration tunnel As An Assessment Facility
The Uranium Deposit At Remaja, West Kalimantan ", Presented At The
mittee Meeting On Uranium Deposits In Asia And The Pasific Geology
(1985).

AWARDI, A, SIPARDJO, B, " Percobaan Penambangan Pada Level
Eko Remaja, Kalan, Kalimantan Barat", Laporan Hasil Penelitian
N, Nomor ISSN 0853 - 5019, (1995/1996)

Bid. Eksplorasi-PPBGN

iran milonit (masa yang bersifat lempungan) pada joint tidak
padahal material ini merupakan faktor penilai terjadinya
bing ?

r di dalam terowongan - per 10 m, apakah tidak persatuan volume

pengaruh ukuran panjang joint dalam pengkriteriaan ini ?

Jawaban :

1. Kehadiran milonit pada joint jelas diperhitungkan, hal ini dapat di lihat pada Tabel Klasifikasi Geomekanik, dalam makalah ini yaitu Pembobotan Kondisi joint (Condition of joint).
2. Pembobotan kondisi air di dalam terowongan pada Klasifikasi Geomekanik seperti pada Tabel 1 dengan satuan liter/menit per 10 meter panjang terowongan atau kondisi umum keadaan air di dalam terowongan yaitu : kondisi kering, lembab, basah, mengalir, j tidak persatuan volume terowongan seperti yang anda tanyakan.
3. Pengaruh joint pada Klasifikasi Geomekanik adalah pengaruh jarak joint (joint spacing) dan kondisi joint (Condition of joint) dan untuk pengaruh panjang joint diwakili oleh kondisi joint seperti : kemenerusan (continues) dan ketidak menerusan (discontinues) lihat Tabel 1 Klasifikasi Geometrik

2. Mudiar Masdja, Bid KKL-PPBGN

Pertanyaan :

Dari hasil evaluasi saudara dalam makalah ini, terdapat beberapa penyangga pada masing masing zone yang sesungguhnya tidak perlu disangga. Bagaimana pendapat saudara tentang penyangga ini dalam hal kegiatan pemeliharaan/perawatan penyangga terowongan Remaja Kalan ?

Jawaban :

Dalam hal kegiatan pemeliharaan/perawatan penyangga di terowongan Remaja akan disesuaikan dengan hasil evaluasi pada makalah ini .

DAFTAR PUSTAKA

1. **BIENAWSKI. Z. T**, " Rock Mass Clasification "; John Willey & Sons, New York, (1989)
2. **BROWN , E. T**; " Rock Characterization Testing & Monitoring ", Royal School of mine, Imperial College of Science and Technology, London (1981)
3. **BUDIARTO, A** ; "Perancangan Penyangga Pada Pembuatan Terowongan Air Di PLTA Ubrug Sukabumi Jawa Barat ", ITB, Bandung (1989)
4. **CEMAL BIRON; ERGIN ARIOGLU** ; "Design Of Supports In Mine", Department of Mining Engineering Istanbul Technical University, John Willey & Sons, Toronto (1983)
5. **HOCK, E ; BROWN E, T** ; "Underground Excavation In Rock " , Institute of Mining and Metallurgy, London (1980)
6. **MADE ASTAWA RAI**, " Mekanika batuan ", Laboratorium Geoteknik, Pusat antar Universitas Ilmu Rekayasa, ITB, Bandung (1988)
7. **MULYANTO , S ; WAHLAN, W** ; " Exploration tunnel As An Assessment Facility For Developing The Uranium Deposit At Remaja, West Kalimantan ", Presented At The Technical Committee Meeting On Uranium Deposits In Asia And The Pasific Geology and Exploration (1985).
8. **SARIMIN, MAWARDI, A, SIPARDJO, B**, " Percobaan Penambangan Pada Level 460 Di Sektor Eko Remaja, Kalan, Kalimantan Barat", Laporan Hasil Penelitian PPBGN-BATAN, Nomor ISSN 0853 - 5019, (1995/1996)

Diskusi

1. Manto Widodo, Bid. Eksplorasi-PPBGN

Pertanyaan :

1. Apakah kehadiran milonit (masa yang bersifat lempungan) pada joint tidak diperhitungkan, padahal material ini merupakan faktor penilai terjadinya longsoran/slamping ?
2. Pembobotan air di dalam terowongan - per 10 m, apakah tidak persatuan volume terowongan
3. Seberapa besar pengaruh ukuran panjang joint dalam pengkriteriaan ini ?