

# Perbandingan Klasifikasi Massa Batuan Kuantitatif: Q, RMR, dan RMI

Siswanto<sup>1\*</sup>, Dyah Anggraini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Manajemen dan Rekayasa Bendungan, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup>Dinas PUPR Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah

## Abstrak

*Rock Quality Designation (RQD)* merupakan sistem klasifikasi massa batuan tertua dan masih digunakan hingga saat ini, setidaknya melahirkan tiga sistem klasifikasi massa batuan yang disempurnakan dan lebih detail. Ketiga sistem klasifikasi itu adalah *Quality (Q)*, *Rock Mass Rating (RMR)*, dan *Rock Mass index (RMI)*. Input dasar ketiga sistem ini hampir sama sehingga dapat digabungkan menjadi satu set perhitungan untuk mendapatkan hasilnya. Keunggulan dari penggabungan tersebut adalah dalam satu perhitungan dapat diperoleh hasil yang berbeda dan dengan mudah dilakukan perbandingan untuk analisis lebih lanjut. Hasil ketiga sistem ini dapat digunakan untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat, dengan catatan, input data berada dalam batasan sistem. Tidak ada satu metode yang paling superior dibanding metode lainnya, sehingga praktisi harus memilih metode yang tepat disesuaikan dengan kondisi lapangan yang terjadi.

**Kata kunci:** RQD, RMR, RMI, *Rock Mass Qualification*

## Abstract

*Rock Quality Designation (RQD)* is the initial rock classification system and still used today. From this system at least delivered to three systems of Rock Mass Classification are enriched and more detail. The three classification systems are *Quality (Q)*, *Rock Mass Rating (RMR)* and *Rock Mass index (RMI)*. Since the basic inputs of these three systems are almost the same we can combine them into a set of calculations to get the results. The advantage is that in one calculation we can get different results and easily compare them for further analysis. The results of these three systems can be used to produce more accurate decisions, provided that the data input is within the system limits. There is no one method that is superior to other methods, so practitioners must choose the right method adapted to the field conditions that occur.

**Keywords:** RQD, RMR, RMI, *Rock Mass Qualification*

## PENDAHULUAN

Massa batuan adalah susunan blok-blok material batuan yang dipisahkan oleh berbagai tipe ketidakmenerusan geologi. Klasifikasi massa batuan dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang timbul di lapangan secara cepat dan tidak ditujukan untuk mengganti studi analitik, observasi lapangan, pengukuran, dan *engineering judgement*. Berdasarkan kompleksitas suatu massa batuan, beberapa penelitian berusaha untuk mencari hubungan antara desain galian batu dengan parameter massa batuan.

Tujuan dari klasifikasi massa batuan adalah untuk mengelompokkan jenis massa batuan berdasarkan perilakunya, sebagai dasar untuk memahami karakter masing-masing kelas, memberikan data kuantitatif untuk rancangan rekayasa batuan, dan sebagai dasar komunikasi

di antara para perancang dan ahli rekayasa batuan.

## Bidang Ketidakmenerusan

Secara umum, bidang ketidakmenerusan merupakan bidang yang memisahkan massa batuan menjadi bagian yang terpisah. Menurut Priest (1993 dalam Sitohang, 2008), pengertian bidang ketidakmenerusan adalah setiap bidang lemah yang terjadi pada bagian yang memiliki kuat tarik paling lemah dalam batuan. Jenis bidang ketidakmenerusan tersebut yaitu *fault* (patahan), *joint* (kekar), *bedding* (bidang pelapisan), *fracture* dan *crack, fissure*.

Parameter yang dipakai dalam analisis bidang ketidakmenerusan adalah *joint set* (sejumlah kekar dengan orientasi yang relatif sama atau sekelompok joint yang paralel), *joint spacing* (jarak antar bidang ketidak-

\*) Korespondensi: sysco.eng@student.undip.ac.id

menerusan), *joint orientation* (kedudukan dari bidang ketidakmenerusan yang meliputi arah dan kemiringan bidang).

### Rock Quality Designation (RQD)

RQD digagas oleh Deere dkk. (1967, dalam Deere dan Deere, 1988) sebagai sebuah metode kuantitatif *Rock Mass Classification* (RMC). RQD ini sederhana sehingga nilainya kurang detail. tetapi masih banyak digunakan sebagai salah satu parameter uji *quantitative RMC* hingga saat ini.

Konsep dari klasifikasi RQD ini sederhana yaitu persentase patahan batuan dari total panjang uji bor inti, semakin tinggi nilai RQD maka semakin baik kualitas batuan. Kelemahan RQD adalah pada saat *no recovery* atau pengeboran yang tidak menghasilkan sampel inti, kesulitan dalam mendapatkan data pada batuan aluvium (batuan lunak), hasil sampel inti akan terganggu saat ada isian di antara lapisan batuan dan hasil RQD yang hanya berdasar presentase retakan tidak merepresentasikan parameter kekuatan serta jenis batuanya.

Keterbatasan sistem klasifikasi RQD menjadi latar belakang bagi para ahli geoteknik untuk melakukan penyempurnaan dengan menambah beberapa parameter. Namun, RQD tetap menjadi salah satu masukan dalam metode klasifikasi yang dikembangkan tersebut.

Metode kuantitatif klasifikasi massa batuan yang dikembangkan berdasarkan RQD ini yaitu: Q System, RMR dan RMI. Ketiga sistem RMC ini sudah secara masif digunakan dalam berbagai bidang konstruksi, khususnya terowongan, pertambangan, bendungan dan struktur bawah tanah. Perlu diketahui perbandingan dari ketiga sistem RMC dalam memberikan respon terhadap sebuah sampel batuan yang sama.

## METODOLOGI

### Rock Mass Quality (Q)-system

*Q-System* awal, merupakan system yang memperhitungkan enam parameter: RQD, jumlah kekar, kekasaran kekar, perubahan kekar, kondisi air pada kekar dan faktor tekanan (Barton dkk.,1974). Parameter dasar geoteknik menurut Barton (1988) adalah ukuran blok, kuat geser minimum antar blok dan tekanan aktif. Parameter geoteknik dasar tersebut ditunjukkan dengan rasio berikut ini (Grimstad dan Barton, 1993): 1) Ukuran relatif

blok =  $RQD/J_n$ , 2) Kekuatan relatif friksi =  $J_r/J_a$ , dan 3) Tekanan aktif =  $J_w/SRF$ .

Penentuan kualitas massa batuan diperoleh dari persamaan berikut (Barton dkk.,1974):

$$Q = \left[ \frac{RQD}{l_n} \right] \cdot \left[ \frac{J_r}{l_n} \right] \cdot \left[ \frac{J_w}{SRF} \right]$$

keterangan:  $RQD \geq 10$ ;  $J_n$  = jumlah kekar;  $J_r$  = nilai kekasaran kekar;  $J_a$  = Nilai perubahan kekar;  $J_w$  = nilai air dan faktor reduksi;  $SRF$  = pengurangan faktor-faktor tekanan pada patahan, kekuatan/rasio tegangan dalam batuan besar yang keras dan batu yang mengembang (*swelling/squizing*).

Penggunaan *Q-System* secara khusus direkomendasikan untuk terowongan dengan atap melengkung. Massa batuan telah diklasifikasikan ke dalam sembilan kategori berdasarkan nilai Q, seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Kisaran nilai Q bervariasi antara 0,001 dan 1000.

Korelasi *Tunneling Quality Index* (Q) dengan perilaku dan persyaratan dukungan penggalian bawah tanah yang disebut *Dimensi Equivalent* ( $D_c$ ) didefinisikan sebagai berikut:

$$D_c = \frac{\text{Excavations span, diameter atau tinggi (m)}}{\text{Rasio Excavation support}}$$

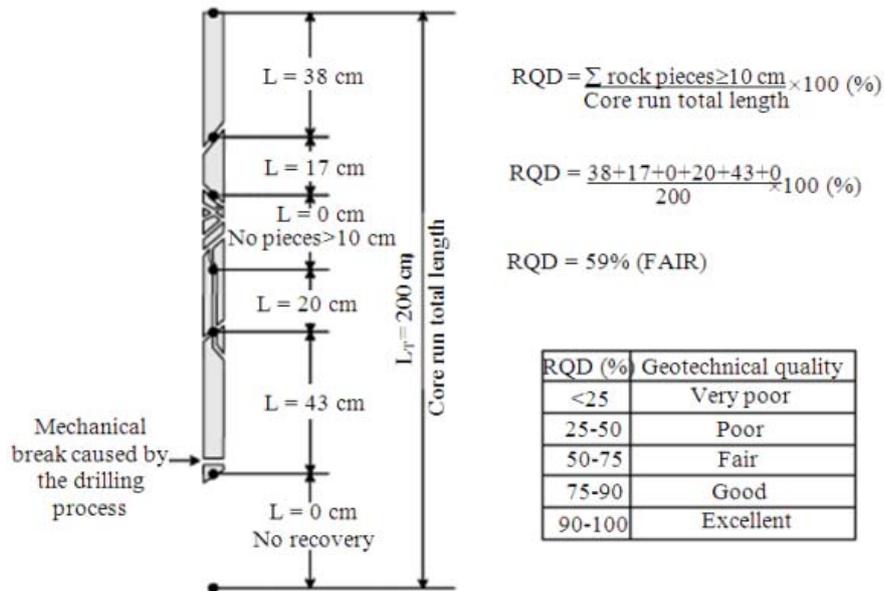
Rasio *Excavation Support* (ESR) diperoleh dari hasil investigasi hubungan antara maksimum galian tanpa struktur penyangga (SPAN) dan Q pada area galian lebih dari 10 tahun. Barton dkk., (1974) menyarankan nilai ESR menurut Tabel 2. Pendekatan hubungan tersebut adalah:

$$SPAN = 2Q^{0.66} = 2 \cdot ESR \cdot Q^{0.4}$$

*Q-System* telah dimodifikasi karena faktor reduksi tegangan (Grimstad dan Barton, 1993) dan menjadi dasar rekomendasi penyangga (Gambar 2).

### Rock Mass Rating (RMR)

Alasan utama penggunaan RMR adalah kemudahan dan fleksibilitasnya dalam berbagai tujuan praktis di bidang *engineering* (Bieniawski, 1989). RMR ditetapkan dan dikalibrasi berdasarkan pengamatan dan pengalaman penggunaan di tambang batubara, penggalian konstruksi sipil dan terowongan dangkal. *Q-System* RMR juga menggunakan 6 parameter untuk menentukan nilai total RMR.



**Gambar 1.** Prosedur pengukuran dan perhitungan RQD (Deere dan Deere, 1988)

**Tabel 1.** Klasifikasi massa batuan berdasarkan Q (Barton dkk., 1974)

Q	Group	Classification
Oct-40	1	Good
40-100		Very good
100-400		Extremely good
400-1000	2	Exceptionally good
0.1-1.0		Very poor
1.0-4.0		Poor
4.0-10.0	3	Fair
0.001-0.01		Exceptionally poor
0.01-0.1		Extremely poor

**Tabel 2.** Nilai untuk jenis galian yang berbeda

Excavation category	ESR
A: Temporary mine openings	3-5
B: Permanent mine openings, water tunnels for hydro power (excluding high pressure penstocks) pilot tunnels, drifts and headings for large excavation	1.6
C: Storage rooms, water treatment plants, minor road and railway tunnels, surge chambers, access tunnels	1.3
D: Power stations, major road and railway tunnels, civil defense chambers, portals, intersections	1.0
E: Underground nuclear power stations, railway stations, sports and public facilities, factories	0.8

Sedikit berbeda dengan *Q-System*, parameter tersebut adalah: 1) kuat tekan uniaxial, 2) RQD, 3) kekar atau jarak ketidakmenerusan, 4) kondisi kekar, 5) kondisi air tanah, 6) arah kekar. Setiap nilai parameter menggambarkan kualitas batuan yang diuji. Jumlah dari nilai pada masing-masing parameter itulah nantinya merupakan total nilai RMR yang ditunjukkan oleh persamaan berikut ini:  $RMR = RMR_{basic} + adjustment$   $RMR_{basic} = \sum \text{parameter (i+ii+iii+iv+v)}$

Hasil akhir nilai RMR ini dikelompokkan menjadi 5 kelas massa

batuan, masing-masing kelas memiliki rentang nilai sebanyak 20 poin. Rating klasifikasi RMR dapat dilihat dalam Tabel 3.

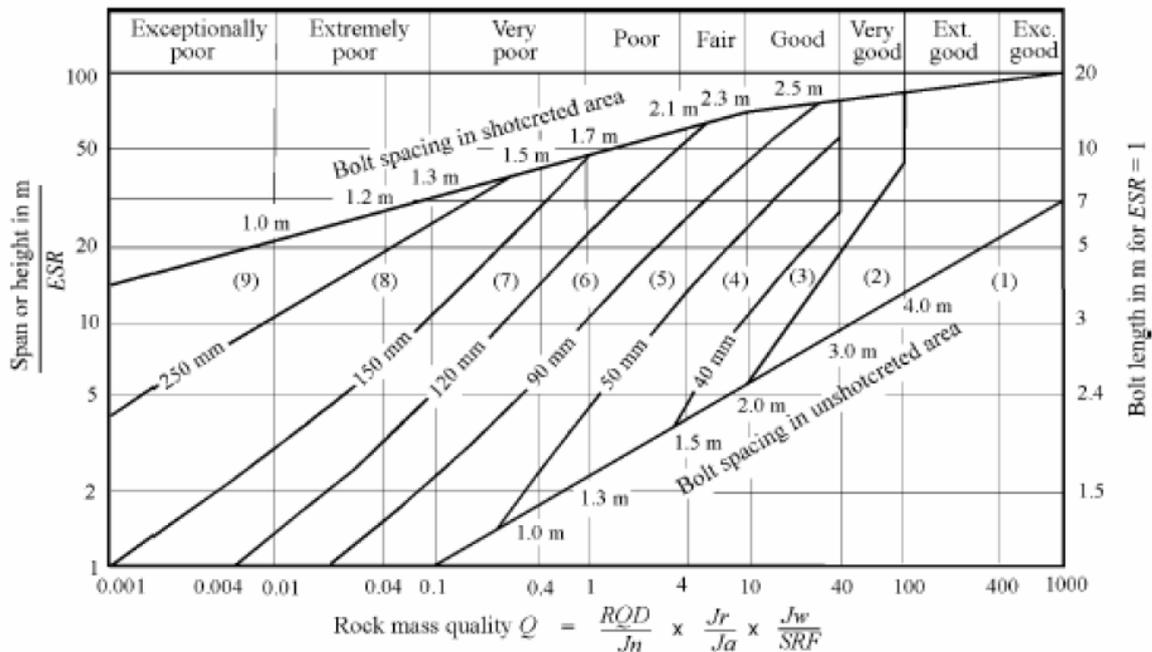
**Rock Mass index (R<sub>Mi</sub>)**

*Rock Mass index* (R<sub>Mi</sub>) telah dikembangkan dalam mengklasifikasikan kekuatan massa batuan untuk keperluan konstruksi. Fokus utama pengembangan R<sub>Mi</sub> adalah pada efek dari cacat pada massa batuan yang mengurangi kekuatan batuan utuh. R<sub>Mi</sub> terkait dengan material yang digambarkan dengan keterkaitan properti batuan tersebut. Skema prinsip R<sub>Mi</sub> dapat dilihat pada Gambar 4. Parameter input yang diperhitungkan dalam R<sub>Mi</sub> ini adalah:

1. Ukuran blok, diukur sebagai volume blok.
2. Kekuatan material blok, diukur sebagai kuat tekan uniaksial.
3. Kuat geser balok, diukur sebagai sudut geser.

Ukuran dan patahan, diukur sebagai panjang dan ketidakmenerusan R<sub>Mi</sub> pada dasarnya adalah penurunan kekuatan batuan yang disebabkan oleh kekar di formulasikan sebagai berikut:

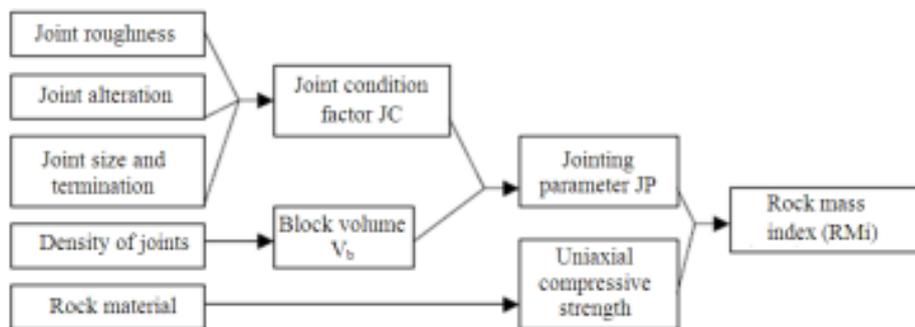
$$R_{Mi} = \sigma_c \cdot J_P$$



**Gambar 2.** Grafik Rekomendasi Penyangga Berdasarkan  $Q$ -System (Grimstad dan Barton, 1993)

**Tabel 3.** Klasifikasi massa batuan berdasarkan total nilai RMR (Bieniawski, 1978)

Parameter/properties of rock mass	Rock mass rating (rock class)				
Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Classification of rock mass	Very good	Good	Fair	Poor	Very poor
Average stand-up time	10 years for 15 m span	6 month for 8 m span	1 week for 5 m span	10 h for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of the rock mass	>400 kpa	300-400 kpa	200-300 kpa	100-200 kpa	<100 kpa
Friction angle of the rock mass	>45°	35-45°	25-35°	15-25°	<15°



**Gambar 3.** Parameter yang digunakan dalam RMI

JP adalah parameter gabungan yang merupakan faktor reduksi mewakili ukuran blok dan kondisi permukaan yang diwakili oleh sifat gesekan dan ukuran kekar. Nilai JP bervariasi dari hampir 0 untuk batuan hancur ke 1 untuk batuan utuh. Nilainya ditemukan dengan menggabungkan ukuran blok dan kondisi kekar. Gambaran parameter yang diterapkan dalam RMI dapat dilihat pada Gambar 3. Kondisi kekar, faktor  $jC$ , menunjukkan sifat

gesekan antar blok dan ini diformulasikan sebagai berikut:

$$jC = jL \left[ \frac{jR}{jA} \right] = jL \left[ \frac{jS \cdot jW}{jA} \right]$$

Keterangan=  $jL$  adalah faktor ukuran yang mewakili pengaruh ukuran dan patahan pada kekar. Faktor ukuran kekar ( $jL$ ) dipilih karena kekar yang lebih besar memiliki dampak yang sangat kuat pada perilaku massa batuan daripada kekar yang

lebih kecil. Faktor kekasaran (jR) merepresentasikan ketidakrataan permukaan sendi yang terdiri dari 1) kekasaran (js) pada permukaan kekar dan 2) bentuk bergelombang (*waviness*) atau *flat* pada dinding kekar (jw).

Faktor perubahan (jA) menunjukkan karakteristik kekar berupa 1) kekuatan dinding batuan serta 2) ketebalan dan kekuatan lapisan batuan pengisi yang mungkin.

Faktor jR dan jA mirip dengan Jr dan Ja pada *Q-System*. JP ditunjukkan dalam persamaan berikut ini:

$$JP = 0.2 \sqrt{jC} \cdot V_b^D$$

Keterangan:  $V_b$  = Volume blok dalam  $m^3$ ;  
 $D = 0.37jC^{-0.2}$ .

**PEMBAHASAN**

Secara umum klasifikasi massa batuan merupakan pekerjaan investigasi yang kualitatif, sehingga banyak dari teori yang muncul berdasarkan pengamatan, pengalaman dan data empiris. Dari ketiga klasifikasi massa batuan (Q, RMR, dan RMi) pada dasarnya mempunyai parameter input yang hampir sama seperti dalam Gambar 5. Sehingga hasilnya relatif dapat dikonversi antara satu rating dengan rating

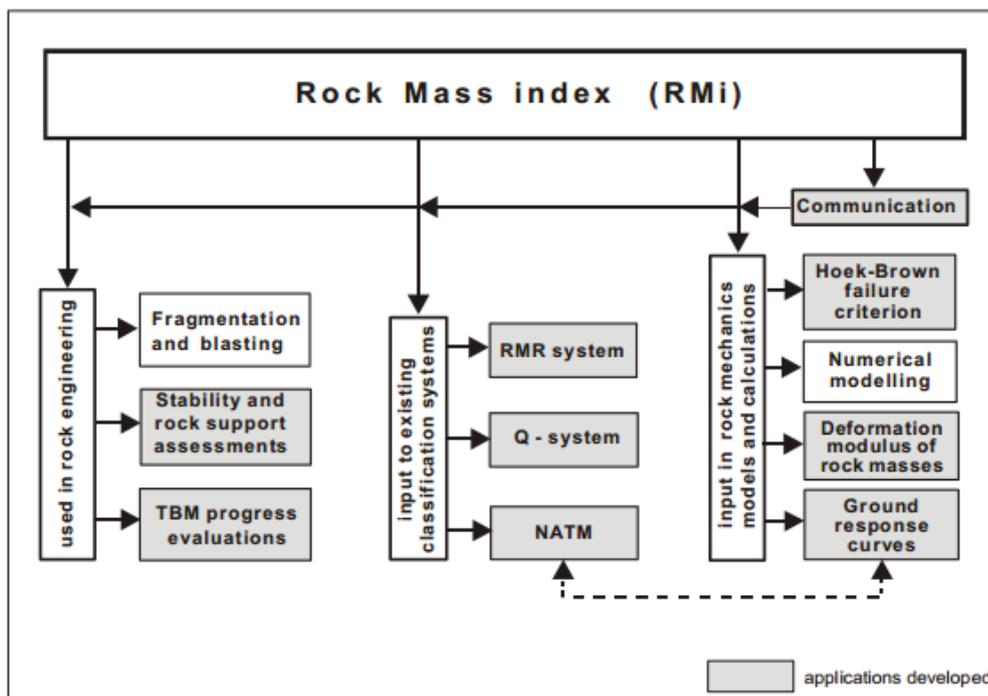
lainnya. Perbedaan hasil lebih kepada kerapatan nilai rating seperti yang terlihat dalam Gambar 6.

Dalam Gambar 5 terlihat bahwa rentang nilai Q-Sistem antara hampir 0 - 1000, sedangkan RMR mempunyai nilai hasil antara 0 - 100. Sehingga dengan hasil ini berbagai agensi dan peneliti membuat hubungan antara Q dan RMR. Menurut Bieniawski (1976), secara umum hubungan antara Q dan RMR adalah sebagai berikut :

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

Keterbatasan Q, RMR, dan RMi adalah terletak pada penggunaannya yang kurang bekerja dengan cukup baik pada daerah patahan, zona lemah dan juga pada zona yang bergerak (*squeezing and swelling*). Hal ini dikarenakan kompleksnya parameter yang harus dimasukkan, sehingga metode tidak praktis lagi untuk diterapkan. Sehingga untuk zona-zona tertentu tetap diperlukan kehati-hatian dan pengamatan lebih lanjut.

Dalam praktik di lapangan disarankan untuk penggunaan ketiga sistem ini menyesuaikan kebutuhan, ada kalanya satu dan lainnya saling melengkapi atau mengoreksi untuk mendapatkan keputusan yang tepat.



Gambar 4. Ruang Aplikasi RMi (Stille dan Palmstrom, 2003)

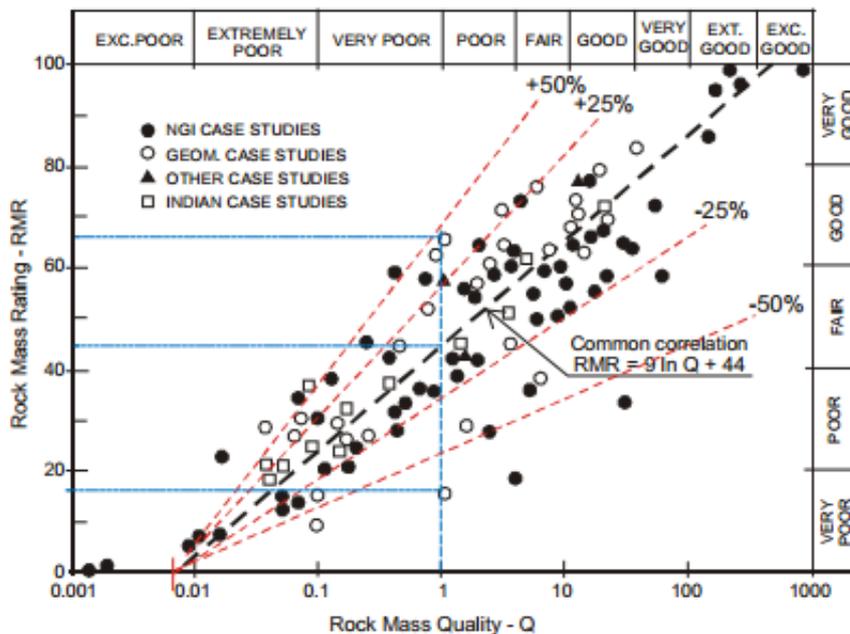
Pengembangan dan penyempurnaan klasifikasi massa batuan tidak menghasilkan kesimpulan yang linier dikarenakan masing-masing peneliti mempunyai tujuan yang berbeda, yaitu gabungan antara kemudahan dan ketelitian. Terdapat banyak metode *Rock Mass Classification* antara lain *Direct Method (RQD)*, *Rock Structure Rating (RSR)*, *Rock Mass Rating (RMR)*, *Q-System*, *Mining Rock Mass Rating (MRMR)*, *The Unified*

*Rock Classification System (URCS)*, *Basic Geotechnical Description (BGD)*, *Rock Mass Strength (RMS)*, *Modified Basic RMR (MBR)*, *Simplified Rock Mass Rating (SRMR)*, *Geological Strength Index (GSI)*, *Rock Mass Number and Rock Condition Rating (RCR)*, *Rock Mass index (RMI)* dan masih terus bermunculan metode baru. Tidak ada satu metode yang paling superior atas metode yang lainnya.

INPUT PARAMETERS		UNIT	The symbols used in:			
PARAMETER	CLASSIFICATION		RMR <sup>1989</sup>	Q	RMI	
ROCK(S)	A. Uniaxial compressive strength of intact rock	rating/value( MPa)	A1	<sup>1)</sup>	$\sigma_c$	
DEGREE OF JOINTING	B1. (RQD or block volume)	rating/value (%)	A2	RQD	-	
	B2. Block volume	value (m <sup>3</sup> )	-	-	Vb	
	B3. Average joint spacing	rating	A3	-	-	
JOINTING PATTERN	C1. Number of joint sets (at the actual location)	rating	-	Jn	Nj	
	C2. Orientation of main joint set	rating	B	-	Co	
JOINT CHARACTERISTICS	D1. Joint smoothness	(Joint roughness in Q and RMI systems)	rating	A4c	Jr <sup>2)</sup>	Jr <sup>2)</sup>
	D2. Joint waviness		rating	-		
	D3. Joint alteration (weathering and filling)	rating	A4e	Ja	JA	
	D4. Joint size (length)	rating	A4a	-	jL	
	D5. Joint persistence (continuity)	rating	-	-	cj	
	D6. Joint separation (aperture)	rating	A4b	-	-	
INTERLOCKING <sup>4)</sup>	E. Compactness of rockmass structure	rating	-	-	IL	
GROUND WATER	F. Water inflow or water pressure	rating	A5	Jw	GW	
ROCK STRESSES (around tunnel)	G1. Stress level	rating	-	-	SL	
	G2. Overstressing (rock burst or squeezing ground)	rating	-	SRF	CF <sup>3)</sup>	
WEAKNESS ZONE	H1. Type of weakness zone	rating	-	-	-	
	H2. Size (thickness) of the zone	value (m)	-	-	Tz	
	H3. Orientation of the zone	rating	-	-	Coz	

<sup>1)</sup> Compressive strength of rock is included in the revised  $Q_c = Q \times \alpha_c / 100$  (Barton, 2002); <sup>2)</sup>  $J_r = jR = j_s \times j_w$ ; <sup>3)</sup> CF = rockmass competency.  
<sup>4)</sup> The effect of interlocking of the rockmass structure, is here included in the RMI.

Gambar 5. Perbandingan input yang digunakan oleh 3 sistem (Palmstrom, 2008)



Gambar 6. Korelasi hasil antara metode RMR dan Q-Sistem (Bieniawski, 1976)

## KESIMPULAN

Klasifikasi massa batuan hanyalah merupakan salah satu pendekatan untuk memperkirakan sifat massa batuan dalam skala besar. Para praktisi harus menyadari bahwa sistem klasifikasi dan desain masih berkembang dan bahwa versi lama dari suatu sistem klasifikasi tidak selalu cocok dengan pendekatan desain baru. Kehati-hatian diperlukan ketika menggunakan sistem klasifikasi dengan metode desain empiris.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada BPSDM Kementerian PUPR yang telah memberi kesempatan atas biaya pendidikan dan penelitian melalui Karyasiswa PUPR Tahun 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- A'ssim, A. dan Xing, Z. Y., 2010. Most Used Rock Mass Classifications for Underground Opening, *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 3 No. 2.
- Barton, N. R., Lien, R. dan Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, Vol. 6, hal. 189-239. DOI:10.1007/BF01239496
- Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*. Wiley: New York. Hal: 272.
- Bieniawski, Z. T., 1978. Determining rock mass deformability: Experience from case histories. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstract*, Vol. 15, hal. 237-247. DOI: 10.1016/0148-9062(78)90956-7.
- Deere, D. U. dan Deere, D. W., 1988. *The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice. Rock Classification Systems for Engineering Purposes*, Kirkaldie, L. (Ed.). American Society for Testing and Material: Philadelphia. Hal. 91-101.
- Grimstad, E. dan Barton, N., 1993. Updating of the Qsystem for NMT. *Proceedings of the International Symposium on Sprayed Concrete-Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support*. Fagernes: Oslo, hal. 46-66.
- Palmstrom, A., 2008. *Comparing the RMR, Q, and RMI Classification System*. www.rockmass.net
- Stille, H. dan Palmstrom, A., 2003. Classification as a Tool in Rock Engineering. *Tunnelling and underground space technology*, Vol. 18, hal. 331 – 345.