

ANALISIS KARAKTERISTIK BATUAN KAPUR (*LIMESTONE* DAN *CHALK*) DI KAWASAN BUKIT PECATU KABUPATEN BADUNG BALI

Made Dodiek Wirya Ardana dan I Nyoman Aribudiman
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana
Email: madedodiek@unud.ac.id

Abstrak: *Limestone* dan *chalk* adalah batuan yang unik karena secara fisik menunjukkan masa batuan yang sangat kuat namun sangat rentan dan mudah terkikis oleh air dan pelapukan. Penyelidikan tanah/batuan berupa pengeboran dan pengambilan contoh batuan serta pengujian di laboratorium diperlukan untuk mengetahui karakteristiknya. Karakteristik tersebut berupa indikator seperti kekuatan unit batuan, kualitas retakan (RQD), spasi retakan, kondisi patahan, kedudukan air tanah, dan arah patahan. Keenam indikator ini menjadi komponen yang akan dinilai untuk mengklasifikasikan dan menggolongkan peringkat masa batuan (*Rock Mass Rating*, RMR). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik batuan kapur (*limestone* dan *chalk*) di kawasan Bukit Pecatu. Tiga lokasi di kawasan Bukit Pecatu Kabupaten Badung, Bali diselidiki untuk mewakili bagian barat, tengah dan timur kawasan yang didominasi oleh *limestone* dan batuan kapur. Hasil studi parameter-parameter kekuatan unit batuan di kawasan Bukit Pecatu adalah sebagai berikut, berat volume berkisar 20 - 22 kN/m³, kuat tekan batas (UBP) 2 - 16 MPa, kuat tekan batas (SBP) 1 - 2 MPa dan sudut keruntuhan alamiah 45 - 55° terhadap horizontal. Sedangkan secara kualitatif, kelas masa batuan (RMR) menunjukkan di kawasan barat memiliki skor 52 dengan peringkat *Fair Rock* (sedang) sedangkan pada kawasan tengah dan timur masing-masing memiliki skor 37 dan 29 dengan peringkat *Poor Rock* (lemah)

Kata kunci: *limestone*, karakteristik batuan, masa batuan, peringkat masa batuan, *fair rock*, *poor rock*

ANALYSIS OF LIMESTONE AND CHALK CHARACTERISTIC IN BUKIT PECATU, BADUNG, BALI

Abstract: *Limestones and chalks are unique forms of sedimentary rock which possess high compression strength but easily weathered and eroded when exposed to the surface process. Subsurface investigation such as coring, sampling and laboratory testing are required to establish the rock characteristics. In general, rock characteristic indicators are unconfined compression strength, rock quality designation (RQD), fracture spacing, fracture conditions, ground water state and fracture orientation. These indicators are very practical in classification of rock mass rating (RMR) system. The aim of this research is to analyse the characteristic of limestone and chalk in Bukit Pecatu. The samples from three sites in Pecatu Heights Peninsula, Badung Regency, Bali are characterized in this study. The sites are selected to represent the west, central and east parts of the peninsula. The study findings on the strength parameters are as follows, unit weight varies from 20 - 22 kN/m³, ultimate bearing pressure (UBP) 2 - 16 MPa, safe bearing pressure (SBP) 1 - 2 MPa and natural cut slope angle 45 - 55° to horizontal. The RMR value of the west part of the peninsula reveals higher value than the two other parts. Categorized as Fair Rock for west part with RMR score 52 and Poor Rock for central and east parts of the peninsula with RMR scores 37 and 29, respectively.*

Keywords: *limestone*, rock characteristics, rock mass, rock mass rating, *fair rock*, *poor rock*

PENDAHULUAN

Limestone dan *chalk* adalah batuan yang unik karena secara fisik menunjukkan masa batuan yang sangat kuat namun sangat rentan dan mudah mengalami erosi akibat air dan proses permukaan (pelapukan). Praktisnya proses pelapukan bergantung dari kontak antara batuan dengan udara dan atau air serta sangat dipengaruhi oleh iklim/musim yang ada di bumi. Proses dekomposisi pada pelapukan mengakibatkan perubahan karakteristik fisik dan mekanik batuan (Török, 2003). Karakteristik yang dimaksud adalah kekuatan masa batuan dengan indikator seperti kekuatan unit batuan, kualitas retakan (*rock quality designation*, RQD), spasi retakan, kondisi patahan, kedudukan muka air tanah, dan arah patahan. Keenam indikator ini menjadi komponen yang akan dinilai untuk menggolongkan peringkat kekerasan masa batuan (*Rock Mass Rating*, RMR) (Bieniawski, 1989). Sistem RMR pertama kali dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1973. Pada studi ini, sistem RMR ini digunakan untuk menganalisis karakteristik batuan *limestone* dan *chalk* di kawasan Bukit Pecatu Kabupaten Badung Bali.

Lokasi dan Kondisi Geologi

Struktur geologi regional Pulau Bali terbentuk pada jaman Miosen Bawah (Kadar, 1972). Formasi Selatan ini menempati wilayah

semenanjung selatan Pulau Bali meliputi Kawasan Bukit Pecatu Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung Bali. Formasi Selatan ini terbentuk oleh pengendapan batu gamping. Lokasi studi dan titik-titik pengambilan benda uji ini adalah di kawasan Bukit Pecatu dengan lokasi benda uji seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

METODE

Penyelidikan di Bawah Permukaan dan Laboratorium.

Penyelidikan dibawah permukaan dilakukan dengan pengeboran inti (diameter 69 mm) sampai kedalaman 20 m untuk mendapatkan benda uji yang tidak terganggu. Bersamaan dengan pengeboran juga dilakukan uji Penetrasi Standar (SPT) dan sekaligus pencatatan kualitas *coring* batuan (RQD). Dua set data sekunder hasil penyelidikan (Bukit Kampial dan Mercure Nusa Dua) digunakan sebagai tambahan data untuk mewakili kawasan tempat studi. Uji kekuatan tekan batas (*Ultimate Bearing Pressure*, UBP; *Safe Bearing Pressure*, SBP) dilakukan pada benda uji inti berbentuk silinder dengan alat kuat tekan hingga runtuh (Laboratorium Mekanika Teknik, 2015).



Gambar 1. Semenanjung Bukit Pecatu, Kab. Badung, Bali.
(Sumber: Citra dari Google Maps, 25/11/2017; Tidak berskala)

Kualitas Batuan, RQD dan Peringkat Masa Batuan (Rock Mass Rating, RMR)

Rock quality designator (RQD) yang didefinisikan oleh Deere et.al (1967) dan Deere (1989) digunakan sebagai indikator diskontinuitas pada batuan. RQD ini juga digunakan untuk menyatakan kuantitas retakan pada hasil bor inti dengan diameter > 50 mm. Kriteria Nilai RQD didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah batuan utuh hasil bor inti dengan lubang bor > 4" (100 mm) dengan hasil inti > dari 100 mm (Ls) dibandingkan dengan panjang lubang bor (Lt). Dikarenakan kekuatan masa batuan sangat tergantung dari kepadatan (*density*), keberadaan alamiah batuan dan kondisi retakannya, maka RQD digunakan sebagai salah satu metode untuk memberikan gambaran (*feature*) dalam menentukan kekuatan dari masa batuan. British Standards Institution, 1981 memberikan pengelompokan nilai-nilai RQD, < 25% (Very poor); 25-50% (Poor); 50-75% (Fair); 75-90% (Good) dan 90-100% (Excellent). Sedangkan untuk peringkat masa batuan yang meliputi 6 indikator yang diperhitungkan seperti yang diberikan pada Tabel 1.

Karakteristik Fisik dan Mekanik

Sifat fisik dan mekanik batuan kapur (*limestone* dan *chalk*) daerah dataran dan

tebing pantai di kawasan Bukit Pecatu adalah sebagai berikut:

- UBP : 2 - 16 MPa
- SBP : 1 - 2 MPa
- RQD : < 25%
- Unit weight, γ* : 2.05 – 2.29 kN/m³

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengklasifikasian contoh batuan *limestone* dan *chalk* meliputi tiga lokasi yaitu Dreamland Pecatu, Bukit Kampial dan Mercure Nusa Dua. Dari Tabel 2 terlihat berdasarkan hasil pengujian UCS, interpretasi nilai RQD dan kondisi hasil bor inti maka kondisi masa batuan diklasifikasikan dengan *RMR System*. Lebih lanjut dapat dijelaskan, berdasarkan klasifikasi tingkat pelapukan yang berbasis kekuatan batuan khusus untuk *limestone* dan *chalk*, maka batuan *limestone* dan *chalk* di kawasan ini tergolong sebagai batuan yang telah mengalami pelapukan sedang sampai tinggi atau dengan deskripsi *Blocky Rubble* sampai *Friable Rubble*. Sebagai unit batuan, kekuatan tekan bebas yang diijinkan masih cukup tinggi, namun sebagai masa batuan yang masif perhitungan kekuatan masa batuan harus dilakukan dengan *Rock Mass Rating* (RMR)

Tabel 1. Peringkat RMR System

Parameter	Assessment of values and rating					
Intact rock UCS, MPa	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	1 - 25	
Rating	15	12	7	4	1	
RQD %	> 90	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Rating	20	17	13	8	3	
Mean Fracture spacing	> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm	
Rating	20	15	10	8	5	
Fracture conditions	rough tight	open < 1mm	weathered	gouge<5 mm	gouge>5 mm	
Rating	30	25	20	10	0	
Groundwater state	dry	damp	wet	dripping	flowing	
Rating	15	10	7	4	0	
Fracture orientation	very favourable	favourable	fair	unfavourable	v. unfavourable	
Rating	0	-2	-7	-15	-25	
Rock mass rating (RMR) is sum of the six ratings						Note that orientation ratings are negative
Class	I	II	III	IV	V	
Description	Very good rock	good rock	fair rock	poor rock	very poor rock	
RMR	80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	< 20	
Q Value	> 40	10 - 40	4 - 10	1 - 4	1	
Friction angle f (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15	
Cohesion (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100	
SBP (MPa)	10	4 - 6	1 - 2	0.5	< 0.2	
Safe Cut Slope (°)	> 70	65	55	45	< 40	
Tunnel Support	None	Spot bolts	Pattern bolts	Bolts + shotcrete 12 h for 2 m	Steel ribs	
Stand up time for span	20 yr for 15 m	1 yr for 10 m	1 wk for 5 m		30 min for 1 m	

Sumber: Bieniawski (1989) dalam Waltham (1994)

Tabel 2. Klasifikasi dan Peringkat RMR System Batuan Limestone di Kawasan Pecatu.

Parameter	Lokasi		
	Dreamland Pecatu	Bukit Kampilan	Mercure Nusa Dua
UCS, Mpa	3 - 13	2 - 3	1 - 3
RQD, %	< 25	< 25	< 25
Fracture spacing, m	0,2 – 0,6	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6
Fracture conditions	rough	weathered	weathered
Groundwater state	dry	damp	damp
Fracture orientation	fair	fair	fair
Total RMR score	52	37	29
Rock Mass Class	III: Fair Rock	IV : Poor Rock	IV : Poor Rock
Friction (degree)	25 – 35	15 - 25	15 - 25
Cohesion, kPa	200 – 300	100 - 200	100 - 200
SBP (MPa)	1 - 3 (2.67)	1 - 2	1 - 2
Cut Slope (degree)	55	45	45

Hasil penyelidikan pada 3 (tiga) contoh batuan kapur (*limestone* dan *chalk*) di kawasan Bukit Pecatu menunjukkan adanya perbedaan kelas masa batuan yang signifikan bila ditinjau dari peringkat kekuatan masa batuan (RMR). Pada batuan yang terletak di bagian barat Bukit Pecatu (terletak pada tebing pantai) cenderung memberikan peringkat masa batuan yang lebih tinggi dari pada dua contoh batuan pada kawasan tengah dan timur Bukit Pecatu. Kawasan Barat Bukit Pecatu yang didominasi oleh tebing pantai memiliki peringkat Kelas Batuan *Fair* (sedang/menengah) sedangkan pada bagian tengah dan timur memiliki peringkat Kelas Batuan *Poor* (buruk/lemah).

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan terdapat perbedaan karakteristik di beberapa bagian kawasan Pecatu. Pada batuan yang terletak di bagian barat Bukit Pecatu (terletak pada tebing pantai) cenderung memberikan peringkat masa batuan yang lebih tinggi dari pada bagian tengah dan timur yang mempunyai masa batuan lebih rendah. Demikian pula bagian barat peringkat kelas batuan yang dimiliki adalah *fair* (sedang/menengah) sedangkan bagian tengah dan timur mempunyai peringkat kelas batuan *poor* (buruk/ lemah). Pemanfaatan lahan di kawasan Bukit Pecatu yang didominasi oleh batuan *limestone* dan *chalk* terutama pada tebing-tebing pantai hendaknya memperhatikan kekuatan unit batuan, kekuatan masa batuan dan stabilitas

tebing pantai tersebut. Analisis karakteristik batuan *limestone* dan *chalk* ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam mengevaluasi stabilitas tebing pantai, khususnya sebagai bahan kajian teknis dalam menentukan daerah aman secara teknis (sempadan) di sekitar tebing pantai.

Daftar Pustaka

- Bieniawski, Z. T. 1989 *Engineering Rock Mass Classification*, John Wiley dan Sons, Inc., Canada
- Deere, D.U., A.J. Hendron, F.D. Patton, E.J. Cording, 1967, Design of Surface and Near Surface Construction in Rock, *Proceedings of the 8th U.S. Symposium on Rock Mechanics—Failure and Breakage of Rock*, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York), pp. 237-302
- Deere, D.U., 1989, *Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years*, U.S. Army Corps of Engineers Contract Report GL-89-1, Waterways Experiment Station, Vicksburg, USA
- Kadar, D., 1972. Upper Miocene Planktonic Foraminifera from Bali. *Jaarboek Geologische Bundensant, Sonderb, 19*, p.8-70.

Laboratorium Mekanika Teknik, 2015, *Mercure Nusa Dua Extention, Nusa Dua Badung Selatan*, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Laboratorium Mekanika Teknik,, 2015, *Rencana Hotel di Kampial, Kampial Badung Selatan*, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Török, Á. 2003, Surface strength and mineralogy of weathering crusts on limestone buildings in Budapest. *Building and Environment*, 38(9), 1185-1192. doi: [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00072-6)
Waltham, A.C., 1994. *Foundations of Engineering Geology*, Blackie Academic & Professional, NY.