

KEMAMPUGALIAN KUARI ANDESIT GUNUNG GEULIS, KECAMATAN JATINANGOR, KABUPATEN SUMEDANG, PROVINSI JAWA BARAT

Andesite Quarry Excavatability of Gunung Geulis, Jatinangor District, Sumedang Regency, West Java

MOCHAMAD M. TAUFIQ*, IRVAN SOPHIAN**, NUR KHOIRULLAH** dan ZULFIALDI ZAKARIA**

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Sumedang 45363

Korespondensi e-mail: muslimtaufiq17@gmail.com

* Kontributor utama, ** Kontributor Anggota

ABSTRAK

Kebutuhan bahan baku batu andesit semakin meningkat seiring dengan perkembangan dan percepatan infrastruktur di Indonesia. Batu andesit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan trotoar jalan, pondasi bangunan atau dapat dijadikan sebagai bahan campuran beton. Dalam kegiatan penambangan batu andesit, diperlukan analisis untuk ketepatan penggunaan metode penambangan agar tercipta usaha pertambangan yang berdaya guna, menunjang efektivitas dan efisiensi pekerjaan serta biaya operasional. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelas massa batuan, tingkat kemampugalian batuan dan rekomendasi bentuk lereng untuk kegiatan penambangan agar dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Metode penelitian yang digunakan adalah klasifikasi geomekanik dengan sistem *rock mass rating* (RMR), *slope mass rating* (SMR) dan analisis kemampugalian batuan. Berdasarkan klasifikasi geomekanik tersebut, diketahui kelas massa batuan memiliki kategori *good rock* dengan nilai RMR 69 – 79 dan SMR 53° - 65°. Metode penggalan yang disarankan berupa *ripping-blasting*.

Kata kunci: kemampugalian, *rock mass rating*, *slope mass rating*.

ABSTRACT

The need for raw material of andesite is increasing along with the development and acceleration of infrastructure in Indonesia. Andesitic rocks can be used as material for constructing sidewalks, building foundations, or in mixing concrete. In andesite mining, it is necessary to analyze appropriate mining methods for a productive, effective and efficient mining activity. This research aims to understand the rock mass classification, excavation ability, and to recommend a slope model for a safe and efficient mining activity. Methods used in this research include geomechanical classification with rock mass rating (RMR), slope mass rating (SMR), and rock excavation ability analysis. Based on this classification, the rock mass in the study area can be categorized as a good rock with RMR value of 69 – 79 and SMR 53° - 65°. Recommendation for mining is by using the ripping-blasting method.

Keywords: excavatability, *rock mass rating*, *slope mass rating*.

PENDAHULUAN

Usaha pertambangan bahan galian merupakan industri yang menyediakan bahan baku untuk keperluan pembangunan atau industri lainnya

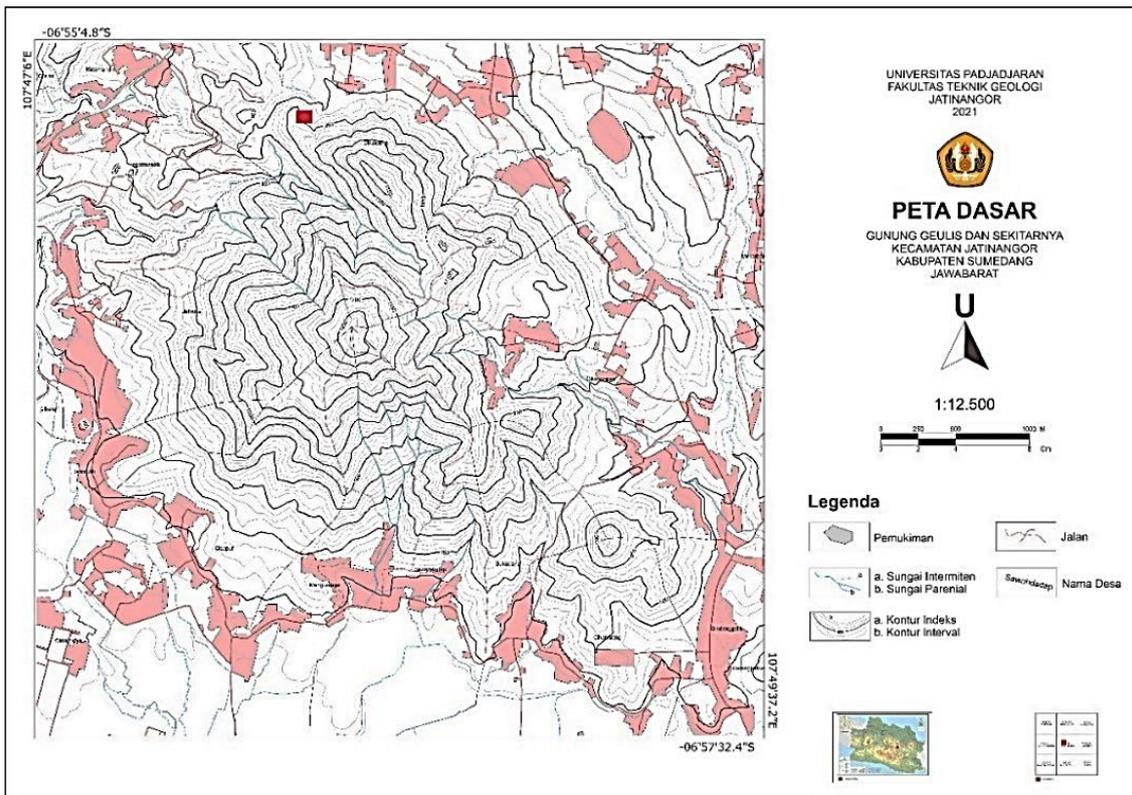
(Triheriyadi dan Rakhman, 2016). Saat ini perkembangan konstruksi di Indonesia berkembang pesat. Hal ini tidak terlepas dari program pemerintah terkait dengan percepatan pembangunan infrastruktur (Wiyanti,

Salindeho dan Agustine, 2019). Akibatnya terjadi peningkatan permintaan pada bahan baku untuk keperluan pembangunan infrastruktur, salah satunya batu andesit. Menurut Ridwan dkk. (2018), batu andesit dapat digunakan sebagai bahan bangunan terutama dalam pembangunan trotoar jalan, batuan tepi jalan dan batu hias.

Dalam kegiatan penambangan akan dijumpai kegiatan penggalian dan pembongkaran. Pelaksanaan kegiatan tersebut dilakukan didasarkan atas sifat keteknikan dan material yang akan digali (Kurniawan dan Heriyadi, 2019). Oleh karena itu, untuk terciptanya usaha pertambangan yang berdaya guna, diperlukan suatu metode penambangan yang dapat menunjang efektivitas dan efisiensi pekerjaan serta biaya operasional. Salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu menggunakan *rock mass rating* (RMR), *slope mass rating* (SMR) dan analisis kemampuan. *Rock mass rating* dapat

memberikan informasi kelas massa batuan dan mengevaluasi ketahanan massa batuan dengan memerhatikan parameter yang digunakan (Putri dan Heriyadi, 2020). SMR dapat memberikan informasi geometri lereng yang diperlukan dalam proses penambangan (Swana, Muslim dan Sophian, 2012). Sedangkan analisis kemampuan akan memberikan informasi tingkat kemampuan massa batuan yang berhubungan dengan rekomendasi metode penggalian dalam kegiatan penambangan (Kurniawan dan Heriyadi, 2019).

Lokasi penelitian berada di daerah Gunung Geulis yang secara administratif termasuk ke dalam wilayah Desa Cinanjung, Kecamatan Jatiningor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Secara geografis daerah penelitian berada di koordinat $107^{\circ}47'56,48''E$ $6^{\circ}55'18,32''S$. ketinggian daerah penelitian sekitar 1.000 mdpl.



Gambar 1. Peta dasar penelitian

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini meliputi klasifikasi geomekanik sistem RMR, SMR dan Analisis Kemampugalian. Objek penelitian berupa kuari andesit yang terdapat di barat laut kaki Gunung Geulis, Desa Cinanjung, Kecamatan Jatinangor. Data yang digunakan terdiri dari jenis litologi, *strike/dip* bidang diskontinuitas, kuat tekan batuan, *rock quality designation*, kondisi diskontinu, kondisi air tanah sehingga dapat diketahui kelas massa batuan, sudut rekomendasi, dan metode penggalian yang tepat untuk dapat diaplikasikan pada saat penambangan agar proses penambangan dapat berjalan secara efektif. Pengambilan data diskontinuitas dilakukan dengan cara memetakan bidang diskontinu dengan metode *scanline*, sehingga diperoleh 7 segmen pengamatan dengan kode segmen: MF-A, MF-B, MF-C, MF-D, MF-E, MF-F, MF-G.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi dan Geologi Teknik Regional

Berdasarkan Silitonga (2003) dalam Sophian dan Haryanto (2017), stratigrafi daerah Jatinangor tersusun dari tua ke muda sebagai berikut:

1. Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan (Qyu) yang terdiri dari pasir tufaan, lapilli, breksi, lava, aglomerat yang berasal dari Gunung Tangkubanparahu dan Tampomas. Di antara Bandung dan Sumedang batuan ini membentuk dataran kecil dan

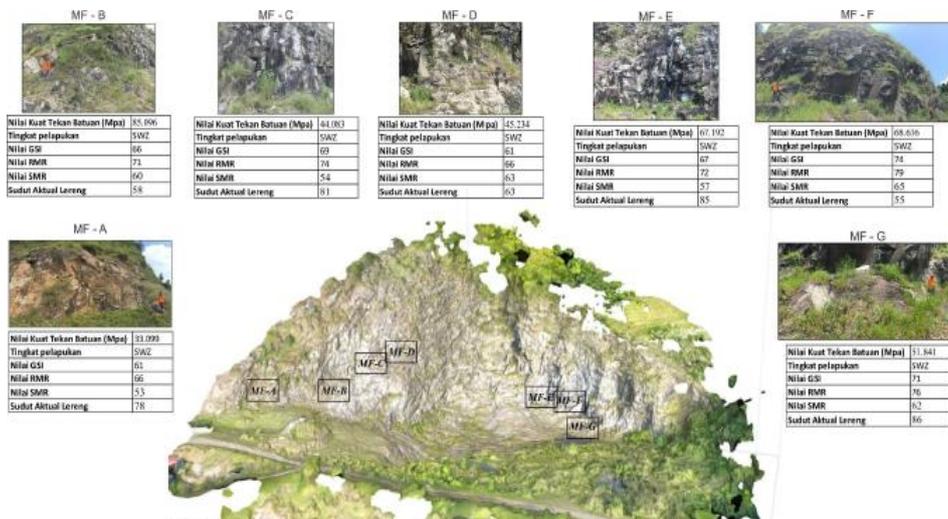
perbukitan rendah yang tertutup oleh tanah yang berwarna abu-abu kuning dan kemerah-merahan.

2. Hasil Gunungapi Muda Lava (Qyl) yang terdiri dari lava.
3. Endapan Danau (Ql) yang terdiri dari lempung tufaan, batupasir tufaan, kerikil tufaan, membentuk bidang perlapisan di beberapa tempat. Mengandung kongresi-kongresi gamping, sisa tumbuhan, moluska air tawar dan tulang – tulang binatang bertulang belakang serta mengandung sisipan breksi.

Djadja dan Hermawan (1996) dalam Muslim, Endayana dan Endyana (2015), menjelaskan bahwa berdasarkan Peta Geologi Teknik Regional Lembar Bandung, daerah Jatinangor termasuk ke dalam Satuan Lempung Lanauan dan Lanau Pasiran. Satuan ini merupakan residu hasil pelapukan batupasir tufaan, tufa konglomerat, aglomerat, lapilli dan breksi. Memiliki tebal lapisan antara 1 – 4 meter dengan plastisitas tinggi dan permeabilitas rendah.

Karakteristik Litologi Batuan

Jenis batuan pada penelitian ini sangat diperhatikan. Jenis batuan yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik keteknikan yang berbeda pula. Hal ini dikarenakan terdapatnya perbedaan komposisi mineral sehingga dapat memengaruhi kondisi massa batuan. Pada Gambar 2 dapat dilihat pemodelan kuari andesit beserta foto jauh dari tiap segmennya.



Gambar 2. Pemodelan kuari andesit dan foto jauh setiap segmen pengamatan

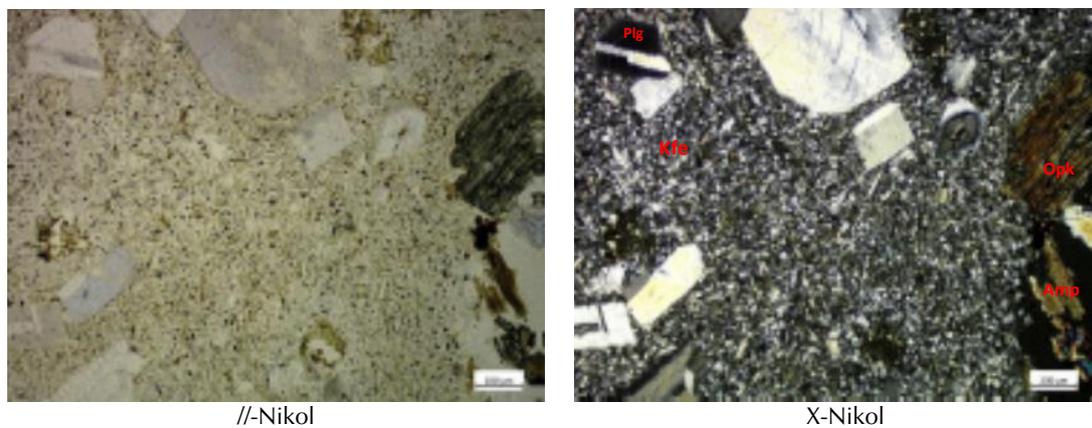
Secara megaskopis, batuan pada daerah penelitian merupakan batuan beku andesit, dengan warna segar abu sampai dengan abu terang dan lapuk abu sampai dengan abu kehitaman, memiliki indeks warna mesokratik dengan persentase mineral mafiknya 30 - 90%. Batuan ini memiliki granularitas afanitik dengan struktur massif yang tersusun dari mineral plagioklas, kuarsa dan mineral lainnya (Gambar 3).

Secara mikroskopis, batuan ini memiliki warna abu sampai dengan abu keputihan pada posisi

(//-Nikol) dan abu sampai dengan abu kehitaman pada posisi (X-Nikol), granularitas porfiritik sampai dengan afanitik, derajat kristalisasi holokristalin dan keseragaman butir *inequigranular*. Memiliki bentuk mineral panidiomorf, dan terdapat tekstur glomeroporfiritik. Pada batuan ini terdapat persentase fenokris sebesar 10% dan massa dasar sebesar 90%. Batuan ini tersusun atas mineral plagioklas 63%, k-feldspar 10%, amphibole 12%, dan mineral opak 5%. (Gambar 4).



Gambar 3. Foto jauh dan foto dekat singkapan



Gambar 4. Sayatan tipis batuan di daerah penelitian

Karakteristik Geomekanik Sistem RMR

Terdapat enam parameter dari klasifikasi geomekanik sistem RMR yaitu: kekuatan batuan (*rock strength*), RQD (*rock quality designation*), spasi bidang diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas dan kondisi air tanah.

a. Kekuatan Batuan (*rock strength*)

Nilai kekuatan batuan didapatkan dari uji UCS (*unconfined compressive test*) yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan bantuan alat uji (Gambar 5).



Gambar 5. Pengujian UCS

Tabel 1 menyajikan data hasil pengukuran kekuatan batuan dan pemberian bobot klasifikasi RMR dengan menggunakan metode uji UCS.

Tabel 1. Hasil uji UCS batuan dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	UCS (Mpa)	Bobot
MF-A	33.099	4
MF-B	85.096	7
MF-C	44.083	4
MF-D	45.234	4
MF-E	67.192	7
MF-F	68.636	7
MF-G	51.841	7

b. RQD

RQD merupakan penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan bidang diskontinuitas. Perhitungan nilai RQD dilihat dari data intensitas rendah atau tidaknya diskontinuitas pada lereng, diperoleh dari rumus Priest dan Hudson (1976):

$$RQD = 110e-0,1 \lambda - (0,1 \times \lambda + 1)$$

$$\lambda = N/L$$

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan RQD dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR.

Tabel 2. Hasil perhitungan RQD dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	RQD (%)	Bobot
MF-A	98,98	20
MF-B	92,46	20
MF-C	99,53	20
MF-D	97,35	20
MF-E	98,98	20
MF-F	99,53	20
MF-G	98,25	20

c. Spasi Bidang Diskontinuitas

Nilai bidang diskontinu diperoleh dengan mengukur jarak tegak lurus antara dua bidang diskontinu yang paling dekat. Apabila terdapat lebih dari satu set bidang diskontinu pada satu massa batuan, maka spasi yang digunakan adalah spasi yang memiliki nilai rata-rata yang paling kecil. Tabel 3 merupakan hasil pengukuran spasi diskontinuitas dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR.

Tabel 3. Hasil pengukuran spasi bidang diskontinuitas dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	Jarak (cm)	Bobot
MF-A	10	8
MF-B	50	10
MF-C	100	15
MF-D	18	8
MF-E	30	10
MF-F	110	15
MF-G	40	10

d. Kondisi Bidang Diskontinuitas

Kondisi bidang diskontinuitas dibagi menjadi beberapa bagian yaitu kekasaran (*roughness*), bukaan (*aperture*), material pengisi (*infilling*), kemenerusan (*persistence*), dan pelapukan (*weathering*).

1. Kekasaran

Pengukuran kekasaran dilakukan dengan cara meraba permukaan bidang diskontinu yang kemudian dimasukkan ke dalam klasifikasi yang telah diusulkan oleh Bieniawski (1989). Tabel 4 merupakan hasil penilaian kekasaran dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR.

2. Bukaan

Pengukuran bukaan bidang diskontinu dilakukan dengan cara mengukur jarak rekahan pada bidang. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, bukaan bidang diskontinu didominasi dengan jarak 0 – 0,1 mm. Tabel 5 merupakan hasil pengukuran lebar bukaan bidang diskontinu dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR.

3. Material pengisi

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tidak ada material yang mengisi celah bidang diskontinuitas. Tabel 6 merupakan hasil penilaian dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR material pengisi pada tiap segmen penelitian.

4. Kemenerusan

Pengukuran kemenerusan bidang diskontinu dilakukan dengan cara mengukur jarak panjang kemenerusan dengan menggunakan pita ukur. Berdasarkan pengamatan di lapangan kemenerusan bidang diskontinu memiliki nilai yang beragam di tiap segmennya. Tabel 7 merupakan hasil penilaian dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi bidang diskontinu dan klasifikasi RMR kemenerusan bidang diskontinu.

5. Pelapukan

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tingkat pelapukan pada tiap segmen didominasi oleh tingkat pelapukan yang sedikit lapuk. Tabel 8 merupakan hasil pengamatan dan penilaian tingkat pelapukan dan pemberian bobot

berdasarkan klasifikasi RMR pada tiap segmen penelitian.

Tabel 4. Hasil pengukuran kekasaran bidang diskontinu dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	Kekasaran	Bobot
MF-A	Agak Kasar	3
MF-B	Agak Kasar	3
MF-C	Halus	1
MF-D	Halus	1
MF-E	Agak Kasar	3
MF-F	Agak Kasar	3
MF-G	Agak Kasar	3

Tabel 5. Hasil pengukuran bukaan bidang diskontinu dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	Bukaan (mm)	Bobot
MF-A	No	6
MF-B	No	6
MF-C	No	6
MF-D	No	6
MF-E	0,5	4
MF-F	No	6
MF-G	No	6

Tabel 6. Hasil pengamatan material pengisi dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	Pengisi	Bobot
MF-A	No	6
MF-B	No	6
MF-C	No	6
MF-D	No	6
MF-E	No	6
MF-F	No	6
MF-G	No	6

Tabel 7. Hasil pengukuran kemenerusan bidang diskontinu dan pemberian bobot klasifikasi RMR

Kode Segmen	Panjang (m)	Bobot
MF-A	4	2
MF-B	3,28	2
MF-C	5,87	2
MF-D	1,81	4
MF-E	4,86	2
MF-F	5,46	2
MF-G	1,34	4

Tabel 8. Hasil pengamatan tingkat pelapukan bidang diskontinu dan pemberian bobot RMR

Kode Segmen	Pelapukan	Bobot
MF-A	Sedikit lapuk	5
MF-B	Sedikit lapuk	5
MF-C	Sedikit lapuk	5
MF-D	Sedikit lapuk	5
MF-E	Sedikit lapuk	5
MF-F	Sedikit lapuk	5
MF-G	Sedikit lapuk	5

e. Kondisi Air tanah

Pengamatan kondisi air tanah dilakukan dengan cara mengamati dan meraba permukaan bidang diskontinu. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi air tanah pada tiap segmen adalah kering (*completely dry*). Tabel 9 merupakan hasil pengamatan dan penilaian kondisi air tanah dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi RMR pada tiap segmen penelitian.

f. Total RMR

Perhitungan menggunakan seluruh bobot yang telah dinilai dan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan RMR. Dari hasil perhitungan didapatkan rentang nilai antara. Rentang nilai tersebut merupakan deskripsi batuan *good rock* yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Hasil pengamatan kondisi air tanah dan pemberian bobot RMR

Kode Segmen	Air Tanah	Bobot
MF-A	Kering	15
MF-B	Kering	15
MF-C	Kering	15
MF-D	Kering	15
MF-E	Kering	15
MF-F	Kering	15
MF-G	Kering	15

Tabel 10. Hasil perhitungan nilai RMR

Kode Segmen	RMR	Deskripsi
MF-A	69	Kelas II
MF-B	74	Kelas II
MF-C	74	Kelas II
MF-D	69	Kelas II
MF-E	72	Kelas II
MF-F	79	Kelas II
MF-G	76	Kelas II

Karakteristik Geomekanik Sistem *Slope Mass Rating (SMR)*

Analisis SMR dilakukan dengan menggunakan persamaan dari nilai total RMR, hubungan kedudukan lereng dengan diskontinuitas batuan (F1, F2, F3), dan metode ekskavasi (F4).

Nilai F1 didapatkan dari hasil perhitungan antara hubungan diskontinuitas dengan jurus lereng. Tabel 11 merupakan nilai F1 dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi SMR.

Nilai F2 didapatkan dari besar kemiringan diskontinuitas. Tabel 12 merupakan nilai F2 dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi SMR.

Tabel 11. Perhitungan F1 dan pemberian bobot SMR

Kode Segmen	F1	Bobot
MF-A	0,07	1
MF-B	1,1	1
MF-C	4	1
MF-D	0,63	1
MF-E	1,5	1
MF-F	0,002	1
MF-G	0	1

Tabel 12. Perhitungan nilai F2 dan pemberian bobot SMR

Kode segmen	F2	Bobot
MF-A	4,6	0,15
MF-B	7,55	0,15
MF-C	7,55	0,15
MF-D	13,93	1
MF-E	6,79	0,15
MF-F	90,52	0,15
MF-G	6,13	0,15

Nilai F3 didapatkan dari perhitungan antar hubungan kemiringan diskontinuitas dengan kemiringan lereng. Tabel 13 merupakan nilai F3 dan pemberian bobot berdasarkan klasifikasi SMR.

Nilai F4 diperoleh dari jenis ekskavasi yang digunakan pada lereng. Adapun jenis ekskavasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *poor blasting*, sehingga bobot F4 adalah -8.

Setelah semua faktor terpenuhi, maka dilakukan pembobotan nilai dari setiap

kedudukan lereng dengan bidang diskontinuitas berdasarkan SMR Romana (1984) yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13. Perhitungan F3 dan pemberian bobot SMR

Kode segmen	F3	Bobot
MF-A	-13	-60
MF-B	12	-60
MF-C	-12	-60
MF-D	12	0
MF-E	-16	-60
MF-F	17	0
MF-G	-18	-60

Tabel 14. Perhitungan nilai SMR

Kode segmen	SMR
MF-A	53
MF-B	60
MF-C	54
MF-D	63
MF-E	57
MF-F	65
MF-G	62

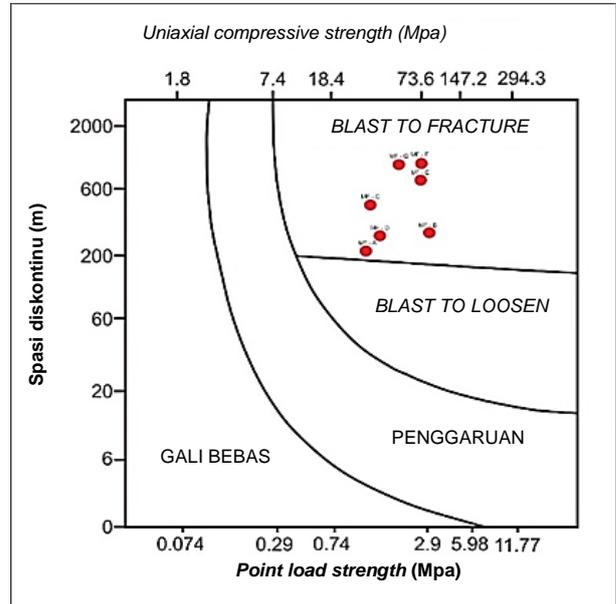
Berdasarkan perhitungan nilai SMR menurut Romana, Serón dan Montalar (2003), sudut rekomendasi yang didapatkan di daerah penelitian berada pada rentang 53 – 65.

Analisis Metode Penggalian

Ketentuan metode penggalian didapatkan dengan menggunakan beberapa parameter, sesuai dengan pengklasifikasian yang telah diusulkan oleh peneliti terdahulu. Pada penelitian ini digunakan beberapa klasifikasi metode penggalian, di antaranya adalah metode penggalian berdasarkan Broch dan Franklin (1972); Weaver, Wall dan Gest (1975); Pettifer dan Fookes (1994) dan Tsiambaos dan Saroglou (2010).

- a. Metode penggalian berdasarkan Broch dan Franklin (1972)
 Klasifikasi franklin menilai metode penggalian menggunakan dua parameter yaitu *fracture index* dan *point load index*. Klasifikasi ini membagi metode penggalian menjadi 4 zona, yaitu: *blast to fracture*, *blast to loosen*, penggaruan (*ripping*), dan gali bebas (*digging*). Berikut merupakan

plotting dari segmen penelitian ke dalam diagram yang diusulkan oleh Broch dan Franklin (1972).



Sumber: dimodifikasi dari Broch dan Franklin (1972)

Gambar 6. Grafik rekomendasi penggalian berdasarkan Broch dan Franklin (1972)

Berdasarkan Gambar 6, metode penggalian yang sesuai dengan kondisi batuan yang terdapat di kavling penelitian adalah *blast to fracture*.

- b. Metode penggalian berdasarkan Weaver (1975)
 Klasifikasi Weaver menilai metode penggalian berdasarkan nilai RMR yang diusulkan oleh Bieniawski (1989). Klasifikasi ini membagi metode penggalian menjadi 5 zona, dimulai dari *easy ripping*, *hard ripping*, *very hard ripping*, *extremely hard ripping* dan *blasting*, dan *blasting*. Tabel 15 merupakan rekomendasi metode penggalian berdasarkan nilai RMR (Weaver, Wall dan Gest, 1975).

Berdasarkan Weaver (1975), metode penggalian yang direkomendasikan pada segmen MF-A dan MF-D adalah *very hard ripping*, *tractor selection* dengan tipe D9/D8, dengan *horse power* 385/270, dan *kilowatts* 290/200. Sedangkan pada segmen lainnya adalah *extremely hard ripping* dan *blasting*, *tractor selection* DD9G/D9G, dengan *horse power* 770/385, dan *kilowatts* 579/290.

Tabel 15. Rekomendasi penggalian berdasarkan Weaver (1975)

Kode Segmen	RMR	Metode penggalian (Weaver, 1975)			
		Rippability Assesment	Tractor Selection	Horse Power	Kilowatts
MF-A	69	Very hard ripping	D9/D8	385/270	290/200
MF-B	74	Extremely hard ripping dan blasting	DD9G/D9G	770/385	570/290
MF-C	74	Extremely hard ripping dan blasting	DD9G/D9G	770/385	570/290
MF-D	69	Very hard ripping	D9/D8	385/270	290/200
MF-E	72	Extremely hard ripping dan blasting	DD9G/D9G	770/385	570/290
MF-F	79	Extremely hard ripping dan blasting	DD9G/D9G	770/385	570/290
MF-G	76	Extremely hard ripping dan blasting	DD9G/D9G	770/385	570/290

c. Metode penggalian berdasarkan Abdullatif dan Cruden (1983)
 Klasifikasi penggalian berdasarkan Abdullatif dan Cruden (1983) mengelompokkan metode penggalian berdasarkan RMR yang diusulkan oleh Bieniawski (1989). Klasifikasi ini membagi metode penggalian menjadi 3 zona, yaitu: *direct digging*, penggaruan (*ripping*), peledakan (*blasting*). Tabel 16 merupakan rekomendasi metode penggalian berdasarkan Abdullatif dan Cruden (1983).

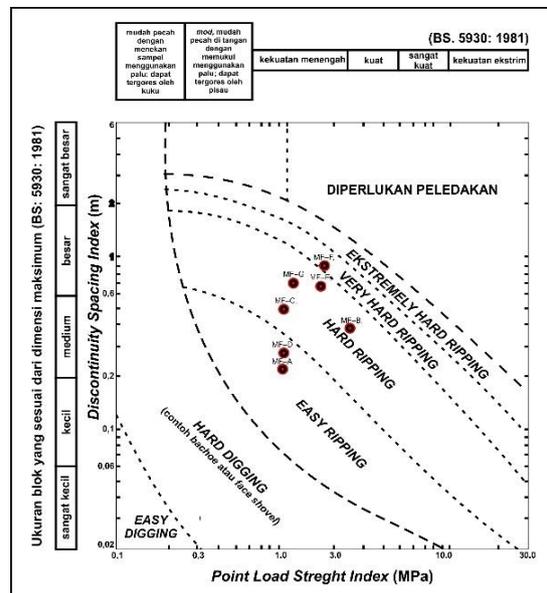
Tabel 16. Rekomendasi penggalian berdasarkan Abdullatif dan Cruden (1983)

Kode Segmen	RMR	Metode penggalian
MF-A	69	Peledakan
MF-B	74	Peledakan
MF-C	74	Peledakan
MF-D	69	Peledakan
MF-E	72	Peledakan
MF-F	79	Peledakan
MF-G	76	Peledakan

Berdasarkan Abdullatif dan Cruden (1983), metode penggalian yang direkomendasikan pada daerah penelitian adalah peledakan, Hal ini dikarenakan nilai RMR berada pada rentan 69 – 79 yang berarti termasuk ke dalam kelas II yaitu *good rock*.

d. Metode penggalian berdasarkan Pettifer dan Fookes (1994)
 Klasifikasi penggalian berdasarkan Pettifer dan Fookes (1994) mengelompokkan metode penggalian berdasarkan nilai *point load index* dan spasi diskontinu. Klasifikasi ini membagi metode penggalian kedalam 7 zona yaitu: *blasting required*, *extremely*

hard ripping, *hard ripping*, *easy ripping*, *hard digging*, *easy digging* (Gambar 7).



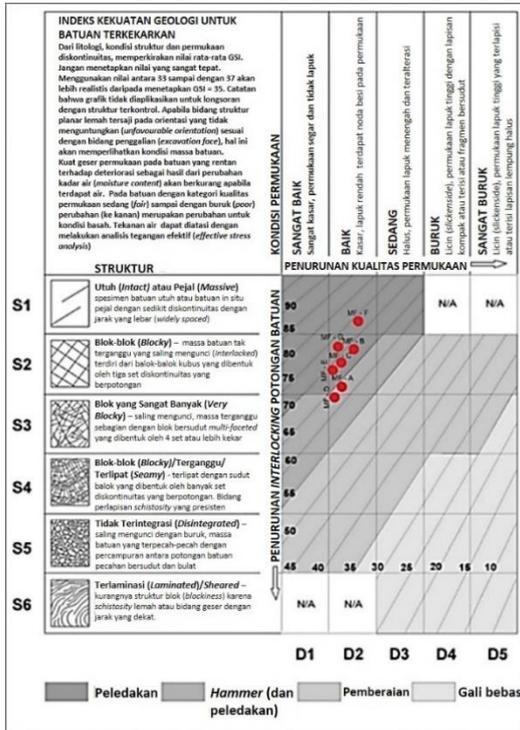
Sumber: dimodifikasi dari Pettifer dan Fookes (1994)

Gambar 7. Grafik rekomendasi metode penggalian berdasarkan Pettifer dan Fookes (1994)

Berdasarkan Pettifer dan Fookes (1994), metode penggalian yang direkomendasikan pada daerah penelitian adalah *easy ripping*–*very hard ripping*. Pada segmen MF–A dan MF–D direkomendasikan *easy ripping*, pada segmen MF–B, MF–C, MF–E, MF–G direkomendasikan *hard ripping*, dan pada segmen MF–F yaitu *very hard ripping*.

e. Metode penggalian berdasarkan Tsiambaos dan Saroglou (2010)
 Klasifikasi metode penggalian berdasarkan Tsiambaos dan Saroglou (2010), mengklasifikasikan metode penggalian

berdasarkan nilai *point load index* dan nilai *geological strenght index* (GSI). Tsiambaos dan Saroglou (2010) membagi metode penggalian ke dalam 4 zona, yaitu: peledakan, *hammer*, pemberaian, dan gali bebas (Gambar 8).



Sumber: dimodifikasi dari Tsiambos dan Saroglou (2010)

Gambar 8. Grafik rekomendasi metode penggalian berdasarkan Tsiambaos dan Saroglou (2010)

Berdasarkan Tsiambaos and Saroglou (2010), metode penggalian yang direkomendasikan pada daerah penelitian adalah *hammer-blasting*, dengan tipe *tractor* D2. Pada segmen MF-A dan MF-D di rekomendasikan metode penggalian *hammer*, sedangkan pada segmen lainnya menggunakan peledakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai dari *rock mass rating* (RMR), *slope mass rating* (SMR), dan analisis kemampuan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai RMR maka semakin besar pula sudut stabilitas lereng yang dihasilkan dan daya hancur yang dibutuhkan sebagai metode penggalian yang digunakan.

Nilai kuat tekan batuan pada daerah penelitian berada pada rentang 33,09 – 85,09 Mpa. Kelas massa batuan pada daerah penelitian adalah kelas II (*good rock*) dengan nilai RMR berkisar antara 69 – 79, dan SMR berkisar antara 53° – 65°, sehingga metode penggalian yang disarankan adalah *ripping-blasting*. Turunnya nilai kuat tekan batuan di lokasi tersebut akibat terdapatnya mineral-mineral oksida dan lempung serta adanya perbedaan frekuensi kerapatan bidang diskontinuitas pada beberapa segmen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Laboratorium Geotek dan semua staf yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini, serta dosen Program Studi Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

Bieniawski, Z. T. (1989) Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons.

Broch, E. dan Franklin, J. A. (1972) "The point-load strength test," International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 9(6), hal. 669–676. doi: 10.1016/0148-9062(72)90030-7.

Kurniawan, W. dan Heriyadi, B. (2018) "Analisis metode penggalian batuan berdasarkan kriteria indeks kekuatan batu (Franklin) di site penambangan batu dolomit PT. Bakapindo, Jorong Durian, Nagari Kamang Mudiak, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat," Jurnal Bina Tambang, 3(3), hal. 1275–1284.

Muslim, D., Endayana, C. dan Endyana, C. (2015) "Pentingnya identifikasi patahan aktif dalam upaya mitigasi bencana di kawasan pendidikan Jatiningor, Jawa Barat," Bulletin of Scientific Contribution: Geology, 13(2), hal. 151–159.

Pettifer, G. S. dan Fookes, P. G. (1994) "A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock," Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 27(2), hal. 145–164. doi: 10.1144/GSL.QJEGH.1994.027.P2.05.

- Priest, S. D. dan Hudson, J. A. (1976) "Discontinuity spacings in rock," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(5), hal. 135–148. doi: 10.1016/0148-9062(76)90818-4.
- Putri, N. T. dan Heriyadi, B. (2020) "Analisis kestabilan lereng pada penambangan bBatu andesit PT. Ansar Terang Crushindo 1, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat," *Jurnal Bina Tambang*, 5(3), hal. 39–48.
- Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F. dan Gani, R. M. G. (2018) "Identifikasi karakteristik dan kualitas andesit sebagai bahan bangunan daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat," *Geoscience Journal*, 2(3), hal. 193–200.
- Romana, M., Serón, J. B. dan Montalar, E. (2003) "SMR geomechanics classification: Application, experience and validation," in *10th ISRM Congress*. Sandton: ISMR, hal. 981–984.
- Sophian, I., Abdurrokhim, Haryanto, I. dan Hendarmawan (2017) "The volcanic deposit weathered product in Jatinangor area, West Java," *Bulletin of Scientific Contribution: Geology*, 15(2), hal. 161–166.
- Swana, G. W., Muslim, D. dan Sophian, I. (2012) "Desain lereng final dengan metode RMR, SMR dan analisis kestabilan lereng: Pada tambang batubara terbuka, di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan," *Buletin Sumber Daya Geologi*, 7(2), hal. 92–108. doi: 10.47599/bsdg.v7i2.106.
- Triheriyadi, N. W. A. A. dan Rakhman, A. N. (2016) "Studi rekomendasi penggalian ditinjau dari struktur bidang lemah dan kekuatan batuan lava andesit di Daerah Girimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 9(1), hal. 48–57.
- Tsiambaos, G. dan Saroglou, H. (2010) "Excavatability assessment of rock masses using the Geological Strength Index (GSI)," *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 69(1), hal. 13–27. doi: 10.1007/s10064-009-0235-9.
- Weaver, P. F., Wall, J. D. dan Gest, H. (1975) "Characterization of Rhodopseudomonas capsulata," *Archives of Microbiology*, 105(1), hal. 207–216. doi: 10.1007/BF00447139.
- Wiyanti, H. S., Salindeho, L. M. dan Agustine, D. W. (2019) "Rencana reklamasi pasca tambang bahan galian sirtu Desa XXX, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur," in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan I (SEMATAN I)*. Surabaya: Institut Adhi Tama Surabaya, hal. 227–229.

