

Struktur Kekar sebagai Pengganggu Stabilitas Bangunan Jembatan di Daerah Plampang-Kokap, Yogyakarta

Joint Structure as a Disturbance of Bridge Stability in Kokap Area-Yogyakarta Province

Asmoro Widagdo¹, Subagyo Pramumijoyo², Agung Harijoko²

¹Teknik Geologi Unsoed,
Jalan Mayjen Sungkono KM 5, Blater, Purbalingga, Jawa Tengah 53371, Indonesia

²Departemen Teknik Geologi, UGM
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta 55281, Indonesia

e-mail: asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

Naskah diterima 4 Juni 2020, selesai direvisi 11 Maret 2022, dan disetujui 4 April 2022

ABSTRAK

Rekahan pada batuan atau kekar umum dijumpai di lapangan yang dapat terbentuk pada setiap jenis batuan. Kehadiran kekar dapat berpengaruh terhadap infrastruktur yang dibangun di atas batuan yang terkekarkan. Stabilitas tubuh jembatan di daerah kajian yang berada di atas batuan beku andesit terkekarkan mengalami gangguan akibat gerusan air pada batuan dasar yang terkekarkan. Penelitian ini dilakukan guna mempelajari karakteristik kekar serta akibatnya terhadap gangguan fondasi jembatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh joint/kekar terhadap kerusakan fondasi jembatan dengan metode *Rock Mass Rating* (RMR) yang terdapat pada lokasi penelitian. Penelitian ini dilakukan pada jalur *scanline* dengan panjang 50 meter. Pengumpulan data berupa data kuat tekan batuan utuh yang dilakukan dengan pukulan palu geologi, *Rock Quality Designation*, jarak spasi kekar, kondisi kekar (panjang kekar, bukaan kekar, kekasaran kekar, material pengisi dan tingkat pelapukan) serta kondisi keberadaan air pada struktur kekar. Hasil RMR yang ada pada lokasi penelitian diperoleh nilai bobot total sebesar 77,486. Batuan dasar fondasi jembatan di daerah penelitian berdasar nilai klasifikasi massa batuan RMR dapat diklasifikasikan ke dalam kelas III (sedang). Erosi vertikal pada jalur extention joint serta gerusan air terjun menjadi penyebab kerusakan fondasi jembatan.

Kata kunci: kekar, andesit, jembatan, pembobotan, erosi

ABSTRACT

Fractures in rock or joints are common in the field which can form in any type of rock. The presence of joints can affect the infrastructure built on the fractured rock. The stability of the bridge body in the study area which is above the fractured andesitic igneous rock is disturbed due to water scouring on the jointed bedrock. This study was conducted to understand the joint characteristics and their effects on bridge foundation disturbances. The purpose of this study was to determine the effect of joint on bridge foundation damage using the *Rock Mass Rating* (RMR) method at the research site. This research is conducted on the *Scanline* line with a length of 50 meters. Collecting data conducted in the form of compressive strength data of intact rock crushed with a geological hammer, *Rock Quality Designation*, joint spacing, joint conditions (joint length, joint opening, joint roughness, infill material and weathering level) and the condition of the presence of water in the joint structure. The results of the *Rock Mass Rating* (RMR) at the research location obtained a total weight value of 77.486. The bedrock of the bridge foundation in the study area which based on the rock mass classification value of *Rock Mass Rating* (RMR) can be classified into class III (medium). Vertical erosion on the extension joint path and waterfall scour are the causes of damage to the bridge foundation.

Keywords: joint, andesite, bridge, weighting, erosion

PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo (Gambar 1). Di daerah

ini dijumpai batuan beku vulkanik andesit sebagai batuan penyusun utama Pegunungan Klonprogo. Batuan ini adalah Formasi Andesit



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di bagian selatan Pulau Jawa termasuk dalam Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tua yang merupakan batuan berumur Oligosen (Van Bemmelen, 1970, dan Soeria-Atmadja dr., 1994). Batuan ini telah mengalami rekahan atau kekar yang intensif (Isjudiarto, 2009). Kajian ini dilakukan guna mempelajari bagaimana kekuatan batuan penopang fondasi jembatan yang ada sekitar jembatan Sungai Plampang di daerah Kokap. Kajian ini juga menjelaskan bagaimana batuan dasar fondasi jembatan Sungai Plampang ini dapat tergerus hingga menyebabkan fondasinya menjadi menggantung.

Davis and Reynolds (1996) menyebutkan kekar adalah retakan yang cukup menerus membentuk bidang rata yang panjangnya dapat mencapai beberapa sentimeter, puluhan sentimeter hingga ratusan meter. Van Der Pluijm and Marshak (2004) menyebutkan bahwa kekar adalah retakan alami dalam batuan yang tidak menunjukkan adanya pergeseran. Barnes and Lisle (2004) mengemukakan bahwa kekar dapat terjadi dalam setiap jenis batuan baik batuan sedimen, piroklastik, plutonik, hipabisal, vulkanik dan metamorf.

Coe (2010) menyebutkan bahwa orientasi kekar dapat memberikan gambaran mengenai keadaan kompresi regional. Kekar gerus umumnya hadir secara berpasangan dalam orientasi yang tampak

seperti huruf “X”. Fossen (2010) menyebutkan *shear fracture* atau *slip surface* (kekar gerus) adalah rekahan yang memiliki pergerakan relatif paralel terhadap bidang rekahan. Fossen (2010) menggunakan istilah *shear fracture* untuk rekahan dengan pergerakan yang sangat kecil (mm sampai dm). Sedangkan *extension fracture* adalah rekahan yang menunjukkan ekstensi (rekahan membuka) tegak lurus terhadap dinding rekahan. Keterdapatannya jenis-jenis rekahan ini sangat mempengaruhi tingkat kestabilan batuan dalam menopang bangunan di atasnya.

Kondisi fondasi jembatan yang menggantung akibat erosi vertikal aliran air di Sungai Plampang di daerah Kokap-Yogyakarta menarik untuk dilakukan penelitian, guna mengetahui pengaruh rekahan dan kondisi batuan yang ada terhadap stabilitas fondasi jembatan. Untuk itu, peneliti hendak melakukan penelitian di batuan dasar jembatan tersebut yang dianalisis dengan menggunakan metode klasifikasi massa batuan atau *Rock Mass Rating* (RMR) (Bieniawski, 1973) yang berguna untuk membuat suatu analisa terhadap tingkat kestabilan batuan terhadap infrastruktur di atasnya. Metode ini umum digunakan dalam kajian kestabilan lereng

tambang (Askari, drr., 2017), terowongan (Beko, drr., 2021), stabilitas jalan (Rusydy, drr. 2020) dan fondasi (Kwandy, drr., 2019).

METODE PENELITIAN

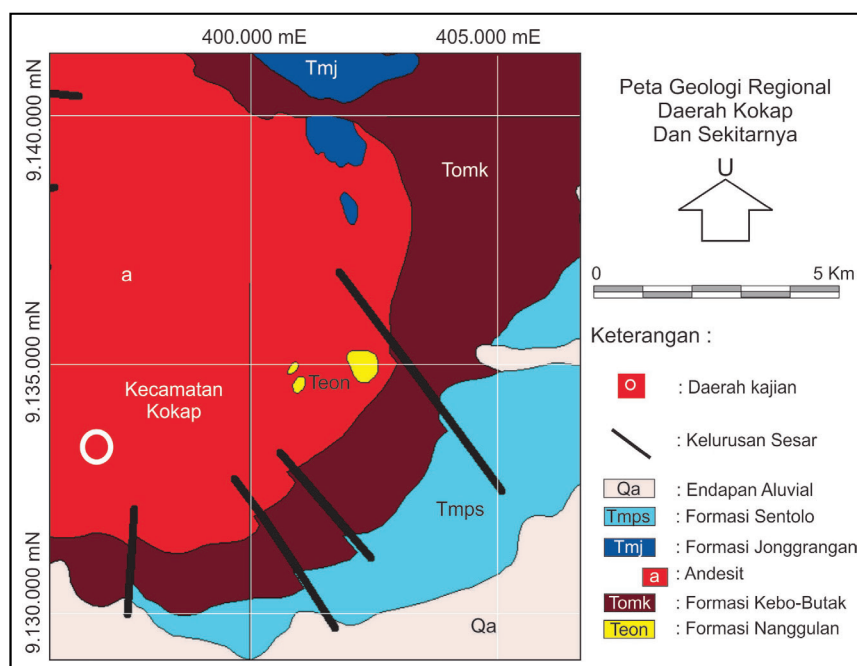
Metode yang digunakan dalam mempelajari kerusakan fondasi jembatan ini adalah metode RMR menurut Bieniawski (1973). Metode pembobotan massa batuan ini adalah salah satu metode klasifikasi massa batuan yang dipakai untuk mengetahui nilai ketahanan suatu massa batuan dan disajikan dalam bentuk kualifikasi kualitas suatu massa batuan. Klasifikasi massa batuan menggunakan sistem RMR dapat dibagi menjadi 5 parameter yaitu: kuat tekan batuan utuh; *Rock Quality Designation* (RQD); jarak spasi kekar; kondisi kekar (kemenerusan kekar, bukaan kekar, kekasaran, material pengisi dan tingkat pelapukan); serta kondisi air tanah.

Pengamatan terhadap massa batuan dilakukan dari jarak jauh dan jarak dekat beberapa kali sehingga dapat diperoleh cakupan lokasi yang akan dilewati oleh *scanline*. Proses pembentangan jalur *scanline* dilakukan dengan menggunakan meteran. Pembentangan *scanline*

yang digunakan pada penelitian ini sepanjang 50 meter sesuai dengan ISRM (1980). Proses pengambilan data kondisi kekar (kekasaran, *filling*, lebar bukaan, luahan air, pelapukan dan keternmenerusan) menggunakan peralatan seperti meteran, penggaris, papan ujian dan alat tulis. Pengambilan data kuat tekan batuan utuh di lapangan menggunakan palu geologi (jenis palu batuan beku) dengan cara memukul batuan di setiap lokasi sebanyak 10 kali pengujian. Perhitungan nilai RMR dilakukan berdasar nilai bobot kekuatan batuan, kondisi diskontinuitas, kondisi air tanah, spasi diskontinuitas, dan RQD.

Secara stratigrafis, urutan batuan berumur Tersier yang dijumpai di daerah kajian dari yang tertua hingga yang termuda adalah Formasi Naggulan, batuan vulkanik Formasi Kebo Butak atau Andesit Tua, Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo (Gambar 2). Formasi Naggulan dan Kebo Butak diintrusi oleh batuan intrusi dangkal berupa andesit dan dasit (Rahardjo drr., 1995, 2012).

Di atas Formasi Naggulan yang berumur Eosen secara tidak selaras diendapkan Formasi Kebo Butak. Litologi penyusun formasi ini berupa breksi andesit, tufa, tufa-lapili, aglomerat dan



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di bagian selatan Pulau Jawa termasuk dalam Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

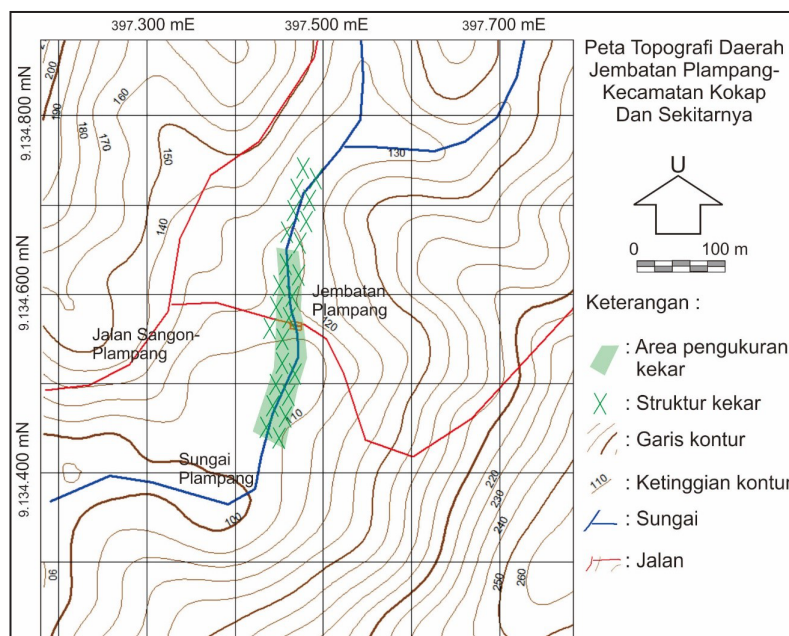
sisipan aliran lava andesit. Formasi Kebo Butak diintrusi oleh intrusi andesit dan dasit (Rahardjo dr., 1995, 2012). Van Bemmelen (1970) menyebut seluruh batuan vulkanik di Kulon Progo ini sebagai Formasi Andesit Tua (*Old Andesite Formation/OAF*). Penyebutan ini digunakannya untuk menyebut seluruh batuan gunung api yang berumur Oligo-Miosen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

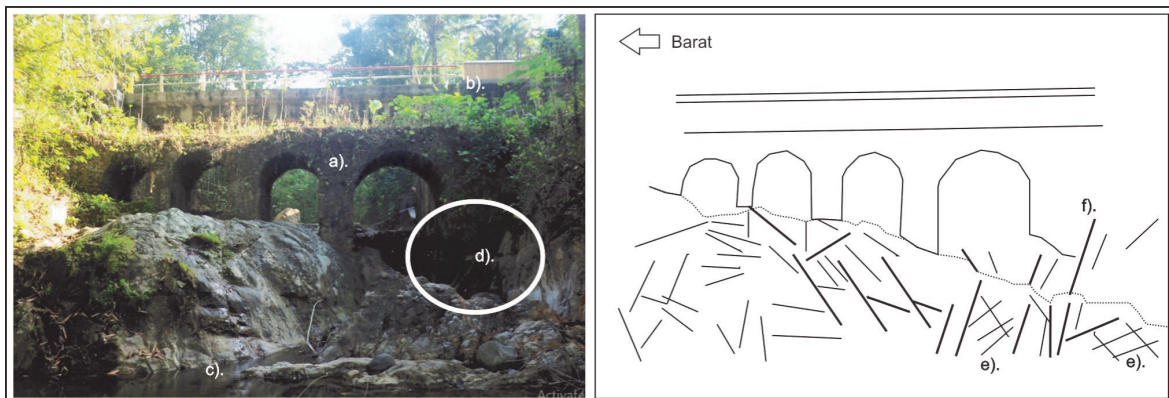
Pengambilan data rekahan yang dilakukan pada dasar Sungai Plampang (Gambar 3 dan 4)

berupa data kekar (*joint*) dengan panjang lintasan *scanline* 50 meter. Data diskontinuitas tersebut diamati dan dicatat sehingga diperoleh 109 data kekar (*joint*). Pengambilan data diskontinuitas sangat diperlukan sebagai data input untuk menentukan nilai bobot RMR. Hasil pengambilan data diskontinuitas di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan (Tabel 1). Hasil pembobotan terhadap data kekar disajikan pada Tabel Pembobotan Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan (Tabel 2).

Nilai Kekuatan batuan utuh yang didapatkan pada lokasi dasar Jembatan Plampang den-



Gambar 3. Peta topografi daerah Jembatan Sungai Plampang dn sekitarnya.



Gambar 4. Gangguan fondasi jembatan akibat kekar yang intensif, a). Jembatan lama, b). Jembatan baru, c). Sungai Plampang, d). Fondasi jembatan yang menggantung, e). Kekar gerus, f). Kekar tarik.

Struktur Kekar sebagai Pengganggu Stabilitas Bangunan Jembatan
di Daerah Plampang-Kokap, Yogyakarta

Tabel 1. Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan.

No	Jarak (m)	Kemenerusan (m)	kekasaran	Bukaan (mm)	isian	pelapukan	air tanah	Strike (N...°E)	Dip (...°)
1	0,25	0,6	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	basah	142	59
2	0,9	0,92	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	basah	110	89
3	1,7	1,4	sedikit kasar	6	keras	lapuk	basah	80	85
4	2,2	1,5	kasar	90	keras	lapuk	basah	345	62
5	2,92	1,1	sedikit kasar	3	keras	lapuk	lembab	305	80
6	3,25	1,2	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	210	79
7	4,2	0,36	sedikit kasar	10	keras	lapuk	basah	110	82
8	4,45	1,62	kasar	2,3	keras	lapuk	basah	355	72
9	4,98	3,4	kasar	9	keras	lapuk	basah	146	80
10	5,45	2,55	sedikit kasar	7	keras	lapuk	basah	150	70
11	5,66	0,44	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	135	60
12	5,75	1,43	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	327	70
13	6,15	0,93	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	202	72
14	6,32	3,3	kasar	14	keras	lapuk	basah	144	55
15	6,81	2,8	kasar	33	keras	lapuk	basah	142	68
16	7,38	0,95	halus	2	keras	sedikit lapuk	lembab	130	65
17	8,6	0,34	sedikit kasar	1	keras	sedikit lapuk	lembab	237	70
18	9,03	1,29	sedikit kasar	14	keras	sedikit lapuk	lembab	60	70
19	9,63	3,8	kasar	17	keras	lapuk	lembab	342	82
20	10,23	2,15	sedikit kasar	9	keras	lapuk	lembab	98	48
21	10,62	0,88	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	40	85
22	10,85	0,33	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	305	70
23	11,09	0,8	sedikit kasar	5	keras	lapuk	basah	45	82
24	11,35	10	sedikit kasar	300	keras	lapuk	basah	130	82
25	12,4	1,8	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	22	80
26	13,3	2	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	73	78
27	14,1	1	sedikit kasar	1	tidak ada	sedikit lapuk	lembab	78	80
28	14,4	0,4	sedikit kasar	2	keras	sedikit lapuk	lembab	210	42
29	14,65	0,3	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	138	80
30	15,3	0,4	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	basah	144	78
31	15,8	3,4	sedikit kasar	10	keras	lapuk	basah	52	60
32	16,1	2,5	halus	2	keras	lapuk	basah	42	65
33	16,2	0,55	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	125	70
34	16,42	3,3	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	52	70
35	16,8	3,55	kasar	40	keras	lapuk	basah	57	80
36	17,15	2	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	210	85
37	17,2	5,5	kasar	9	keras	lapuk	basah	127	75
38	20,5	0,7	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	45	38
39	20,6	0,78	halus	1	keras	lapuk	lembab	110	80
40	20,8	0,89	sedikit kasar	5	keras	lapuk	lembab	100	75
41	21,1	1,3	sedikit kasar	6	keras	lapuk	lembab	80	85
42	21,3	0,8	sedikit kasar	4	keras	lapuk	lembab	45	84
43	21,45	1,1	sedikit kasar	4	keras	lapuk	lembab	40	80
44	21,6	0,69	sedikit kasar	3	keras	lapuk	lembab	315	70
45	21,72	1,15	sedikit kasar	5	keras	lapuk	basah	200	80
46	22,2	0,72	halus	2	keras	lapuk	lembab	255	48
47	22,35	1,45	halus	1	keras	lapuk	lembab	220	80
48	22,8	0,32	halus	3	keras	lapuk	lembab	220	72
49	22,9	1,1	halus	7	keras	hancur	basah	300	35
50	23,1	1,05	halus	2	keras	lapuk	lembab	308	85
51	24,4	17	sedikit kasar	140	keras	hancur	basah	150	76
52	24,8	0,88	halus	1	tidak ada	sedikit lapuk	lembab	325	50
53	24,95	2,2	sedikit kasar	2	keras	sedikit lapuk	lembab	240	28
54	25,42	1,33	halus	2	keras	sedikit lapuk	lembab	90	88
55	25,65	0,46	halus	1	keras	sedikit lapuk	lembab	215	80
56	25,72	1,6	halus	1	keras	sedikit lapuk	lembab	45	85
57	25,85	0,42	halus	3	keras	sedikit lapuk	lembab	220	80
58	26,38	0,6	halus	1	keras	sedikit lapuk	lembab	227	80
59	26,7	0,38	halus	1	tidak ada	sedikit lapuk	lembab	335	88
60	27,01	0,6	halus	1	keras	sedikit lapuk	lembab	178	86
61	27,5	1,1	sedikit kasar	10	keras	lapuk	basah	175	88
62	27,6	0,42	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	lembab	280	88
63	28,01	0,95	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	lembab	270	80
64	28,7	2,2	sedikit kasar	10	keras	lapuk	basah	220	88
65	29	2,6	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	lembab	270	80
66	30	5	halus	1	tidak ada	lapuk	lembab	270	80
67	30,7	3	sedikit kasar	1	tidak ada	lapuk	lembab	272	88
68	31,8	0,98	sedikit kasar	8	keras	lapuk	lembab	45	76
69	32,35	0,6	sedikit kasar	6	keras	lapuk	lembab	355	85
70	32,7	0,62	sedikit kasar	7	keras	lapuk	lembab	158	72
71	33,6	2,2	sedikit kasar	4	keras	lapuk	lembab	60	80
72	33,8	0,93	sedikit kasar	3	keras	lapuk	lembab	130	85
73	34,2	2,2	sedikit kasar	20	keras	lapuk	lembab	160	85
74	34,5	2,5	sedikit kasar	40	keras	lapuk	basah	300	75

Tabel 1 (Lanjutan). Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan

No	Jarak (m)	Kemenerusan (m)	kekasaran	Bukaan (mm)	isian	pelapukan	air tanah	Strike (N...°E)	Dip (...°)
75	34,8	2	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	40	80
76	36,8	7	sedikit kasar	5	keras	lapuk	basah	330	80
77	37,3	1,2	sedikit kasar	5	keras	lapuk	basah	280	88
78	37,45	0,4	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	290	80
79	37,65	0,9	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	290	88
80	37,75	0,7	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	295	80
81	37,85	3	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	112	80
82	37,95	3,1	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	295	84
83	38,05	3	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	110	80
84	38,15	3,2	sedikit kasar	10	keras	lapuk	basah	285	80
85	38,3	2,7	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	270	85
86	38,6	3,3	sedikit kasar	5	keras	lapuk	basah	108	50
87	38,75	0,7	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	285	80
88	39,1	1,7	sedikit kasar	4	keras	lapuk	basah	295	85
89	39,6	2,1	sedikit kasar	2	keras	lapuk	basah	324	80
90	40	1,8	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	110	55
91	40,5	0,65	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	75	70
92	40,6	1,5	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	322	70
93	40,75	0,55	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	50	70
94	40,85	1,1	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	40	50
95	41,1	1,12	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	45	85
96	41,5	6	sedikit kasar	1	keras	lapuk	basah	150	80
97	42,35	1,1	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	220	80
98	42,6	0,9	sedikit kasar	1	keras	lapuk	lembab	70	85
99	45,01	20	sedikit kasar	20	keras	lapuk	mengalir	127	80
100	46,1	3	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	88	70
101	46,8	2,7	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	52	80
102	46,9	0,6	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	85	70
103	47,35	2,7	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	23	86
104	47,8	3	sedikit kasar	4	keras	lapuk	mengalir	20	88
105	48,35	1,3	sedikit kasar	3	keras	lapuk	mengalir	180	40
106	48,75	2,1	sedikit kasar	3	keras	lapuk	mengalir	50	80
107	49,22	1,5	sedikit kasar	2	keras	lapuk	mengalir	220	75
108	49,7	0,32	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	245	80
109	50	0,4	sedikit kasar	1	keras	lapuk	mengalir	240	85

Tabel 2. Pembobotan Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan

No	Jarak (m)	Bobot						strike	dip
		Kemenerusan	kekasaran	bukaan	isian	pelapukan	air tanah		
1	0,25	6	3	4	6	3	7	142	59
2	0,9	6	3	4	6	3	7	110	89
3	1,7	4	3	4	4	3	7	80	85
4	2,2	1	5	0	2	3	7	345	62
5	2,92	4	3	1	4	3	10	305	80
6	3,25	4	3	1	4	3	7	210	79
7	4,2	6	3	0	2	3	7	110	82
8	4,45	4	5	1	4	3	7	355	72
9	4,98	2	5	0	2	3	7	146	80
10	5,45	4	3	0	2	3	7	150	70
11	5,66	6	3	1	4	3	10	135	60
12	5,75	4	3	1	4	3	7	327	70
13	6,15	6	3	1	4	3	7	202	72
14	6,32	2	5	0	2	3	7	144	55
15	6,81	4	5	0	2	3	7	142	68
16	7,38	6	1	1	4	5	10	130	65
17	8,6	6	3	1	4	5	10	237	70
18	9,03	4	3	0	2	5	10	60	70
19	9,63	2	5	0	2	3	10	342	82
20	10,23	4	3	0	2	3	10	98	48
21	10,62	6	3	1	4	3	7	40	85
22	10,85	6	3	1	4	3	7	305	70
23	11,09	6	3	1	4	3	7	45	82
24	11,35	1	3	0	2	3	7	130	82
25	12,4	4	3	1	4	3	7	22	80
26	13,3	4	3	1	4	3	7	73	78
27	14,1	4	3	1	6	5	10	78	80
28	14,4	6	3	1	4	5	10	210	42
29	14,65	6	3	1	4	3	7	138	80
30	15,3	6	3	1	6	3	7	144	78
31	15,8	2	3	0	2	3	7	52	60

Tabel 2 (Lanjutan). Pembobotan Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan

No	Jarak (m)	Bobot						strike	dip
		Kemenerusan	kekasaran	bukaan	isian	pelapukan	air tanah		
32	16,1	4	1	1	4	3	7	42	65
33	16,2	6	3	1	4	3	7	125	70
34	16,42	2	3	1	4	3	7	52	70
35	16,8	2	5	0	2	3	7	57	80
36	17,15	4	3	1	4	3	7	210	85
37	17,2	2	5	0	2	3	7	127	75
38	20,5	6	3	1	4	3	10	45	38
39	20,6	6	1	1	4	3	10	110	80
40	20,8	6	3	1	4	3	10	100	75
41	21,1	4	3	0	2	3	10	80	85
42	21,3	6	3	1	4	3	10	45	84
43	21,45	4	3	1	4	3	10	40	80
44	21,6	6	3	1	4	3	10	315	70
45	21,72	4	3	1	4	3	7	200	80
46	22,2	6	1	1	4	3	10	255	48
47	22,35	4	1	1	4	3	10	220	80
48	22,8	6	1	1	4	3	10	220	72
49	22,9	4	1	0	2	0	7	300	35
50	23,1	4	1	1	4	3	10	308	85
51	24,4	1	3	0	2	0	7	150	76
52	24,8	6	1	1	6	5	10	325	50
53	24,95	4	3	1	4	5	10	240	28
54	25,42	4	1	1	4	5	10	90	88
55	25,65	6	1	1	4	5	10	215	80
56	25,72	4	1	1	4	5	10	45	85
57	25,85	6	1	1	4	5	10	220	80
58	26,38	6	1	1	4	5	10	227	80
59	26,7	6	1	1	6	5	10	335	88
60	27,01	6	1	1	4	5	10	178	86
61	27,5	4	3	0	2	3	7	175	88
62	27,6	6	3	1	6	3	10	280	88
63	28,01	6	3	1	6	3	10	270	80
64	28,7	4	3	0	2	3	7	220	88
65	29	4	3	1	6	3	10	270	80
66	30	2	1	1	6	3	10	270	80
67	30,7	4	3	1	6	3	10	272	88
68	31,8	6	3	0	2	3	10	45	76
69	32,35	6	3	0	2	3	10	355	85
70	32,7	6	3	0	2	3	10	158	72
71	33,6	4	3	1	4	3	10	60	80
72	33,8	6	3	1	4	3	10	130	85
73	34,2	4	3	0	2	3	10	160	85
74	34,5	4	3	0	2	3	7	300	75
75	34,8	4	3	1	4	3	7	40	80
76	36,8	2	3	1	4	3	7	330	80
77	37,3	4	3	1	4	3	7	280	88
78	37,45	6	3	1	4	3	7	290	80
79	37,65	6	3	1	4	3	7	290	88
80	37,75	6	3	1	4	3	7	295	80
81	37,85	4	3	1	4	3	7	112	80
82	37,95	4	3	1	4	3	7	295	84
83	38,05	4	3	1	4	3	7	110	80
84	38,15	4	3	0	2	3	7	285	80
85	38,3	4	3	1	4	3	7	270	85
86	38,6	4	3	1	4	3	7	108	50
87	38,75	6	3	1	4	3	7	285	80
88	39,1	4	3	1	4	3	7	295	85
89	39,6	4	3	1	4	3	7	324	80
90	40	4	3	1	4	3	7	110	55
91	40,5	6	3	1	4	3	10	75	70
92	40,6	4	3	1	4	3	10	322	70
93	40,75	6	3	1	4	3	10	50	70
94	40,85	4	3	1	4	3	10	40	50
95	41,1	4	3	1	4	3	10	45	85
96	41,5	2	3	1	4	3	7	150	80
97	42,35	4	3	1	4	3	10	220	80
98	42,6	6	3	1	4	3	10	70	85
99	45,01	1	3	0	2	3	0	127	80
100	46,1	4	3	1	4	3	0	88	70
101	46,8	4	3	1	4	3	0	52	80
102	46,9	6	3	1	4	3	0	85	70
103	47,35	4	3	1	4	3	0	23	86
104	47,8	4	3	1	4	3	0	20	88

Tabel 2 (Lanjutan). Pembobotan Data Pengukuran dan Pengamatan Lapangan

No	Jarak (m)	Bobot						strike	dip
		Kemenerusan	kekasaran	bukaan	isian	pelapukan	air tanah		
105	48,35	4	3	1	4	3	0	180	40
106	48,75	4	3	1	4	3	0	50	80
107	49,22	4	3	1	4	3	0	220	75
108	49,7	6	3	1	4	3	0	245	80
109	50	6	3	1	4	3	0	240	85
Rata-rata		4,495	2,835	0,853	3,743	3,202	7,587		

gan menggunakan pengujian secara langsung yaitu pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Pengujian UCS dilakukan dengan mengamati kondisi massa batuan di lapangan ketika dipukul dengan palu geologi (Gambar 5). Pengujian kekuatan batuan utuh pada lokasi kajian dilakukan sebanyak 10 kali pengujian. Hasil pengujian kekuatan batuan utuh yang didapatkan berupa batuan beku lava andesit dengan kekuatan batuan berkisar 25-50 MPa (sedang) karena batuan beku lava andesit dapat retak dengan sekali pukulan menggunakan palu geologi tetapi belum bisa dikupas menggunakan pisau saku. Berdasarkan Tabel 4 maka nilai bobot RMR untuk parameter kekuatan batuan utuh adalah bernilai bobot 7 atau sedang.



Gambar 5. Pengujian Kekuatan Batuan Utuh pada batuan lava andesit di Lokasi Penelitian dengan menggunakan palu geologi.

Perhitungan RQD dilakukan secara langsung dengan menggunakan persamaan:

$$RQD = \frac{\text{Jumlah panjang kekar yang memiliki lebar} > 10 \text{ cm}}{\text{Panjang Scan Line atau 50 meter}} \times 100 \% \dots (1)$$

Data yang dimasukkan pada persamaan di atas berupa data panjang *scanline* sebesar 50 meter

dan dari data kekar pada lokasi penelitian sebanyak 109 yang memiliki spasi >10 cm sebanyak 106 kekar dengan total panjang 48,59 meter. Hasil perhitungan RQD yang diperoleh adalah sebesar 97,18%. Berdasarkan Tabel 4 maka nilai bobot RMR untuk parameter RQD adalah bernilai bobot 20.

Pengukuran jarak spasi kekar dilakukan pada lokasi penelitian yaitu secara langsung dengan cara melakukan pengukuran jarak dua bidang kekar terdekat. Hasil pengukuran jarak spasi kekar pada lokasi penelitian yang didapatkan bervariasi dengan kisaran antara 0,07-3,30 meter (7-330 cm atau 70-3300 mm). Nilai rata-rata jarak spasi kekar di daerah kajian adalah 458,715 mm (lihat Tabel 4 pada interval 200-600 mm). Berdasarkan Tabel 3 maka nilai bobot RMR untuk parameter jarak spasi kekar adalah berbobot 10.

Keadaan bidang kekar didapatkan dari deskripsi secara langsung pada lokasi penelitian berupa kekasaran (*roughness*), bukaan kekar (*separation/aperture*), material pengisi (*widthfilled/gouge*), tingkat pelapukan (*weathered*) dan kemenerusan (*persistence*) yang dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil nilai rata-rata bobot RMR untuk parameter kondisi kekar dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai bobot RMR diperoleh dari penjumlahan lima parameter yang didapatkan, sehingga nilai RMR yang diperoleh pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Nilai total RMR sebesar 59,128 (Tabel 6) termasuk nomor kelas III atau termasuk dalam kelas massa batuan sedang (Tabel 5). Berdasarkan hasil pembobotan RMR menurut Bieniawski, (1973), batuan di daerah kajian masih termasuk

Tabel 3. Hasil Nilai Rata-rata Bobot RMR untuk Parameter Kondisi Kekar

Rata-rata	Kemenerusan	Kekasaran	Bukaan Kekar	Isian Kekar	Pelapukan
	4,495	2,835	0,853	3,743	3,202
Total Bobot			15,128		

Tabel 4. Parameter Klasifikasi Massa Batuan RMR dan Pembobotannya (Bieniawski, 1989)

No	Parameter	Pembobotan						
1	Kekuatan	Point-load	> 10 Mpa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa		
	Massa Batuan	Strenth Index Uniaxial Compressive Strength	> 250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa
	Bobot		15	12	7	4	2	1
2	RQD		90-100 %	75-90 %	50-75 %	25-50 %		< 25 %
	Bobot		20	17	13	8		3
3	Jarak Diskontinuitas		> 2 m	0,6 – 2 m	200-600 mm	60-200 mm		< 60 mm
	Bobot		20	25	10	8		5
4	Kondisi Kekar	Kemenerusan	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10-20 m		> 20 m
		Bobot	6	4	2	1		0
		Bukaan	Tidak ada	< 0,1mm	0,1-1mm	1 – 5 mm		> 5 mm
		Bobot	6	5	4	1		0
		Kekasaran	Sangat kasar	Kasar	Sedikit Kasar	Halus		Slickensided
		Bobot	6	5	3	1		0
		Material Pengisi	Tidak ada	Keras < 5mm	Keras > 5mm	Lunak < 5mm		Lunak > 5 mm
		Bobot	6	4	2	1		0
5	Kondisi Air Tanah	Pelapukan	Tidak Lapuk	Sedikit Lapuk	Lapuk	Sangat Lapuk		Hancur
		Bobot	6	5	3	1		0
		Bobot	15	10	7	4		0

Tabel 6. Rekapitulasi Pembobotan *Rock Mass Rating* (RMR)

No	Parameter RMR	Hasil yang Didapatkan	Nilai Bobot
1	Kekuatan Batuan Utuh	50-100 MPa	7
2	Rock Quality Designation (RQD)	97,18%	20
3	Jarak Antar Spasi Kekar	458,715	10
4	Kondisi Kekar	15,128	15,128
5	Kondisi Air Tanah	Basah	7
	Total Bobot RMR		59,128
	Kelas Massa Batuan		Sedang

dalam kelas massa batuan sedang atau kelas III (Tabel 5 dan 6). Kerusakan fondasi jembatan di daerah kajian terjadi akibat adanya aliran air dan air terjun yang menyebabkan pusaran aliran air dan membentuk jeram di bawah jembatan. Air terjun dan pusaran air menggerus batuan secara intensif menyebabkan erosi vertikal dan lateral hingga mampu menyebabkan fondasi jembatan menjadi menggantung. Zona pembentukan kekar yang intensif merupakan zona lemah yang rentan terhadap erosi aliran sungai. Pembentukan kekar terutama kekar gerus menyebabkan hilangnya ikatan antar bagian batuan yang telah retak. Sehingga batuan yang mengalami kekar gerus umumnya akan mudah tergerus dan terlepas dari batuan di sekitarnya. Kekar

tarik di daerah kajian umumnya terisi mineral kuarsa atau kalsit dan mineral ubahan (Harjanto, 2010; Setiabudi, 2005; Pramumijoyo drr 2017; Verdiansyah, 2019 dan Sugarbo, 2019) di sekitarnya, memiliki sifat yang mudah tergerus oleh aliran air (Gambar 4). Batuan yang mengalami kekar tarik dengan kemiringan umum vertikal umumnya akan mudah tergerus secara vertikal pula. Tubuh sungai di daerah kajian umumnya mengalir mengikuti jalur kekar tarik atau ekstensi yang merupakan jalur lemah. Pada jalur ini batuan beku andesit yang awalnya sangat kompak dan keras kemudian mengalami ubahan dan terjadi pembentukan mineral sekunder yang membuat batuan menjadi lebih rapuh. Jalur lemah ini bersama dengan kekar gerus/*shear joint*

di sekitarnya membentuk zona yang lebih lebar sebagai zona lemah yang memanjang searah aliran sungai. Pada akhirnya batuan dasar jembatan akan mudah tergerus hingga mengganggu stabilitas jembatan di atasnya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan nilai bobot RMR dari lima parameter yang didapatkan pada dasar Sungai Plampang di Kokap-Yogyakarta, nilai total RMR diperoleh sebesar 59,128 atau termasuk dalam kelas III (Sedang).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya karya publikasi ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman (Ir. Adi Candra, S.T., M.T., Ir. Siswandi ST., M.T., Drs. Gentur Waluyo, MSi., Huzaely Latief Sunan, S.T., M.T., Akhmad Kahlil Gibran, S.T., M.T., Januar Aziz Zaenurrohman, S.T., M.Eng., Maulana Rizki Aditama, S.Si., M.Si., Anjar T.L., S.T., M.Sc., dan Dr. Eko Bayu P., S.T., M.Si.) yang telah membantu dalam proses penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abbaspour, K. C., 2015. SWAT-CUP: SWAT Calibration and Uncertainty Programs- A User Manual, Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), EAWAG. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland. User Manual, 100p. <https://doi.org/10.1007/s00402-009-1032-4>

Askai, R., Rusydy, I. dan Mutia, F., 2017. Studi Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Rock Mass Rating* (RMR) pada Lereng Bekas Penambangan di Kecamatan Lhoong, Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan*, Vol. 01, No. 01. P 45-49.

Barnes, J.W., and Lisle, R.J., 2004. *Basic Geological Mapping*, 4th edition, John Wiley and Sons, Ltd., West Sussex, England.

Beko, B.C.M., Angkie, J., Mahmud, D., Rawul, J. A., Guna, P. A. dan Cahyono, Y.D.G., 2021. Analisis Kualitas Massa Batuan Dengan Metode Rock Mass Rating (RMR) Pada Batu Gamping. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX*, ITAT, Surabaya, p 153-160.

Bieniawski, Z. T., 1973. Engineering Characteristics of Jointed Rock Masses. *Trans. The Civil Engineering In South Africa*, vol. 15, pp 335 – 343.

Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification* John Wiley and Sons, Inc, Canada.

Coe, A.L., 2010. *Geological Field Techniques*. Milton Keynes, United Kingdom.

Davis, G.H. and Reynolds, S.J., 1996. *Structural Geology of Rock and Regions*. 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Fossen, H., 2010. *Structural Geology*. Cambridge University Press, New York.

Harjanto, A., 2010. Alterasi Akibat Proses Hidrotermal di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya-D.I. Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kebumihan Teknologi Mineral*, vol. 23-no. 3.

Isjudiarto, A., 2009. Hubungan Tektonik Pembentukan Kubah Kulon Progo Dengan Terdapatnya Endapan Mineral Logam Di Daerah Kokap, Kulon Progo. *Seminar Nasional Ke-4, Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, STTNAS, Yogyakarta.

Kwandy, R., Sentosa, G. S. dan Iskandar, A., 2019. Prediksi Penurunan Gedung dan Daya Dukung Menggunakan Hasil Uji Plate Bearing di Labuhan Bajo, NTT. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 2, h. 75-84.

Pramumijoyo, P., Idrus, A., Warmada, I. W. and Yonezu, K., 2017. Geology, Geochemistry and Hydrothermal Fluid Characteristics of Low Sulfidation Epithermal Deposit in the Sangon Area, Kokap, Special Region of Yogyakarta. *Journal of Applied Geology*, vol. 2(1), pp. 48–58.

- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, HMD., 1995. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, HMD., 2012. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Survey Geologi-Badan Geologi-Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Rusydy, I., Al-Huda, N., Fahmi, M., Effendi, N., Muslim, A. dan Lubis, M., 2020. Analisis Modulus Deformasi Massa Batuan pada Segmen Jalan USAID Km 27 Hingga Km 30 Berdasarkan Klasifikasi Massa Batuan. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol. 30, No. 1. P 93-105.
- Setiabudi, B.T., 2005. Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas Di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi D.I. Yogyakarta. Kolokium Hasil Lapangan, Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgopawiro, H., Polves, M. and Priadi, B., 1994. Tertiary Magmatic Belts In Java, Journal of Southeast Asian Earth Sciences. Vol 9, No.1.
- Stead, D. dan Wolter, A., 2015. A critical review of rock slope failure mechanisms: The importance of structural geology. Journal Of Structural Geology. Vol. 74, p 1-23.
- Sugarbo, O., 2019, Tinjauan Awal Hubungan Vulkanostratigrafi Dengan Tipe Mineralisasi Daerah Kokap, Kulon Progo, Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIV (ReTII), pp.338~346.
- Van Bemmelen, R.W., 1970. The Geology of Indonesia, Vol. 1A, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, 2nd Edition, Martinus, Nijhoff, The Hague, New York.
- Van Der Pluijm, B.A. and Marshak, S., 2004. Earth Structure, an Introduction to Structural Geology and Tectonics. 2nd edition, WW Norton Company, New York.
- Verdiansyah, O., 2019. A Desktop Study to Determine Mineralization Using Lineament Density Analysis at Kulon Progo Mountains, Yogyakarta and Central Java Province, Indonesia, Indonesian Journal of Geography Vol. 51 No. 1, (31 - 41) DOI: 10.22146/ijg.37442.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S.P. dan Harijoko, A., Setiawan, A., 2016. Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan Di Daerah Pegunungan Kulonprogo-Yogyakarta, Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-9, TG FT-UGM, Yogyakarta.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S.P. dan Harijoko, A., 2017. Rekontruksi Struktur Geologi Daerah Gunung Ijo Di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta Berdasarkan Sebaran Kekar, Sesar dan Urat Kuarsa, Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-10, TG FT-UGM, Yogyakarta.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S.P. and Harijoko, A., 2018. Morphotectono-Volcanic of Menoreh-Gajah-Ijo Volcanic Rock In Western Side of Yogyakarta-Indonesia, Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology. Vol 03 No.03.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S.P. and Harijoko, A., 2019. The Structural Geology Constellation of Western Boundary of Yogyakarta Basin. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-12, TG FT-UGM, Yogyakarta.