

Kajian Arah Tegangan dan Nilai RQD Berdasarkan Analisis Statistik Data Struktur Kekar

Dewi Rahmawaty Isa¹, Aang Panji Permana^{2*}, Ronal Hutagalung³
*e-mail: aang@ung.ac.id

¹Program Studi Statistika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

^{2,3}Program Studi Teknik Geologi Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumihan Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

ABSTRACT

The research location is in Gorontalo City. The location is an area that has geological structural conditions of high complexity. The study used statistical analysis of joint data to determine the direction of stress and the value of RQD (indicating rock quality). The research objectives consist of two, namely knowing the firm direction (the main force of tectonic formation) and knowing the RQD value based on joint data analysis. To achieve these two objectives, the research method in the form of an inductive method is carried out. This method uses the study and analysis of literature review data and the results of field surveys. Statistical analysis (fan diagram) on joint data on granite rocks in Gorontalo City. Result and output direction of maximum stress (τ_1) = N 15°E and minimum stress direction (τ_3) = N 75°W. The RQD value of rocks in the study area is 40.60% in the medium group with the number of joints, namely 20 joints/meter. Analysis of joint spacing with a distance of (5-10) cm shows a weak scale so that the research area becomes prone to landslides.

Keywords: Gorontalo, joints, RQD, statistics

ABSTRAK

Lokasi penelitian berada di Kota Gorontalo. Lokasinya merupakan daerah yang memiliki kondisi struktur geologi yang kompleksitasnya tinggi. Penelitian menggunakan analisis statistik dari data kekar untuk mengetahui arah tegangan dan nilai RQD (*rock quality designation*). Tujuan penelitian terdiri dari dua yakni mengetahui arah tegangan (gaya utama pembentukan tektonik) dan mengetahui nilai RQD berdasarkan analisis data kekar. Untuk mencapai kedua tujuan tersebut maka dilakukan dengan metode penelitian berupa metode induktif. Metode ini menggunakan kajian dan analisis data kajian pustaka dan hasil survei lapangan. Analisis statistik (diagram kipas) pada data kekar yang ada pada batuan granit di Kota Gorontalo. Hasil dan pembahasan menghasilkan arah tegangan maksimum (τ_1) = N 15°E dan arah tegangan minimum (τ_3) = N 75°W. Nilai RQD batuan di daerah penelitian 40,60% masuk golongan sedang dengan jumlah kekar yakni 20 kekar/meter. Analisis spasi kekar dengan jarak (5-10) cm menunjukkan skala lemah sehingga daerah penelitian menjadi rawan longsor.

Kata Kunci: Gorontalo, kekar, RQD, statistik

PENDAHULUAN

Kondisi geologi Kota Gorontalo sangat kompleks. Salah satunya data

struktur geologi baik sesar, kekar maupun lipatan (Permana et al., 2021). Penelitian

ini fokus pada obyek data struktur geologi kekar. Data kekar ini memiliki peranan penting sebagai jalur larutan hidrotermal untuk pembentuk mineral ekonomis maupun minyak dan gas bumi terkait bisa membuat permeabilitas batuan besar. Sedangkan di bidang tektonik analisis kekar membantu untuk menentukan arah gaya pembentukan tektonik yang bekerja di daerah penelitian (Permana dan Eraku, 2017; Taslim et al., 2018; Permana et al., 2019; Hutagalung et al., 2021). Bahkan analisis kekar dapat membantu dalam memitigasi bencana longsor dengan menentukan nilai RQD (*rock quality designation*) dari batuan sehingga diketahui kestabilan lereng (Syam et al., 2018; Marcelleno dan Anaperta, 2021).

Ketika batuan pecah sebagai respons terhadap tegasan, kerusakan yang dihasilkan disebut *fracture*. Jika batuan di satu sisi patahan bergeser relatif terhadap batuan di sisi lain, maka rekahan tersebut adalah sesar (*fault*). Jika tidak ada gerakan dari satu sisi relatif terhadap yang lain, dan jika ada banyak rekahan lain dengan orientasi yang sama, maka rekahan disebut kekar (*joint*) (Ragan, 1973).

Sambungan dengan orientasi yang sama membentuk satu set. Umumnya kekar terbentuk ketika rezim tegangan keseluruhan adalah salah satu ketegangan (menarik terpisah) daripada kompresi. Ketegangan dapat berasal dari kontraksi batuan, seperti selama pendinginan batuan vulkanik. Bisa juga dari tubuh batuan yang mengembang (University of Saskatchewan, 2022).

Menurut Sapiee et al 2017, mengacu arah gerakannya maka kekar pada batuan dapat dibagi menjadi dua yakni *extension* and *shear fracture*. *Extension fracture* memiliki gerakan tegak lurus dengan bidang kekar

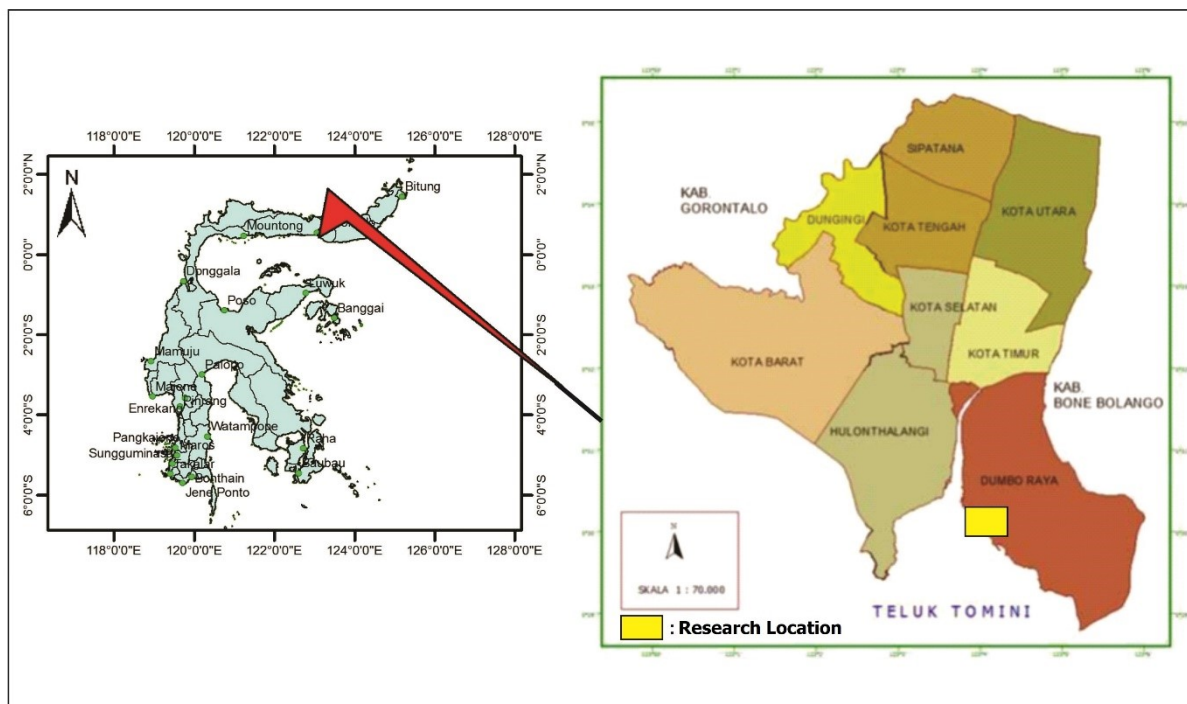
sedangkan *shear fracture* adalah kekar yang pergerakannya sejajar). Penelitian mengenai topik ini di lokasi penelitian merupakan pertama kali sehingga dipastikan bukan hanya orisinalitas namun juga akan menghasilkan kebaruan (*novelty*).

Berdasarkan latar belakang yang sudah diterangkan maka ada dua permasalahan yang bisa dibangun untuk dipecahkan. Pertama, bagaimana arah tegasan (gaya utama pembentukan tektonik) daerah penelitian dan kedua, berapa nilai RQD batuan granit di daerah penelitian sehingga dapat diketahui kualitas batuan. Tujuan penelitian ini yakni menjawab dua permasalahan yang sudah dibangun yakni mengetahui arah tegasan (gaya utama pembentukan tektonik) dan mengetahui nilai RQD berdasarkan analisis data kekar.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari metode kualitatif dan kuantitatif. Sedangkan metode yang diterapkan adalah metode induktif, dengan memadukan kajian dan analisis data kajian pustaka dan hasil survei lapangan. Analisis statistik pada data kekar yang ada pada batuan granit di Kota Gorontalo.

Daerah penelitian berada di bagian selatan Kota Gorontalo yang terletak pada koordinat 123⁰0'00" - 123⁰10'00" Bujur Timur dan 0⁰30'00" Lintang Utara. Daerah ini dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat sekitar 15 menit dari pusat Kota Gorontalo. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan November-Desember 2021.



Gambar 1. Peta tunjuk lokasi penelitian (BPS Kota Gorontalo, 2014)

Kegiatan survei lapangan meliputi data struktur geologi kekar dan pengambilan sampel batuan. Data kekar di lapangan harus diukur menggunakan kompas geologi untuk mendapatkan data penting untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di daerah penelitian. Sedangkan spasi antar kekar yang terdapat di lapangan diukur menggunakan alat ukur meteran.

Peta yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peta rupa bumi (Bakosurtanal, 1991), peta geologi regional (Apandi dan Bachri, 1997), dan peta tematik lainnya. Alat pendukung selama survei lapangan meliputi kompas geologi, meteran, palu geologi, GPS (*Global Positioning System*) dan lup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis struktur geologi kekar di daerah penelitian ada dua jenis yakni bersifat terbuka dan tertutup yang nampak sistematis diinterpretasikan telah mengalami evolusi tektonik karena

berubah menjadi kekar terbuka pada singkapan batuan granit (Gambar 2).



Gambar 2. Kekar terbuka pada batuan granit di daerah pelabuhan Gorontalo

Intensitas atau frekuensi kekar 5-20 kekar/meter. Kekar-kekar paling banyak terdapat pada batuan beku granit karena sifatnya *brittle* dan homogen. Berbeda pada breksi vulkanik yang komponennya tidak homogen (heterogen) atau kurang memiliki kekar. Seluruh data kekar yang diambil dari Pelabuhan Kota Gorontalo dilakukan pengukuran detail dengan kompas geologi secara analisis statistik

disajikan pada (Tabel 1). Kemudian hasil pengukuran data kekar dibuat Tabel 2 yang berisikan mengenai frekuensi kekar berdasarkan arah.

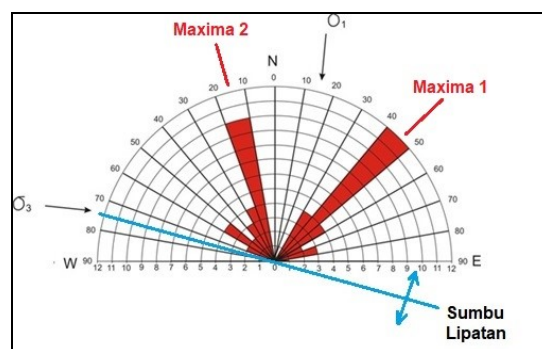
Tabel 1. Data hasil pengukuran kekar pada daerah penelitian dekat Pelabuhan di Kota Gorontalo

No	Strike	Dip	Spasi (cm)	Isian	Bukaan (cm)	Panjang (cm)
1	41	49	8	-	3	20
2	300	68	12	-	2	18
3	50	63	-	-	1	40
4	300	70	5	-	1	42
5	49	71	-	-	1	16
6	309	71	8	-	1	17
7	45	75	-	-	2	15
8	310	68	11	-	4	38
9	48	65	-	-	2	30
10	305	72	-	-	2	25
11	46	57	10	-	1	27
12	307	71	-	-	3	15
13	42	62	13	-	3	39
14	318	69	-	-	3	23
15	45	60	6	-	3	16
16	312	71	15	-	2	12
17	44	67	10	-	2	17
18	329	78	10	-	1	16
19	47	61	4	-	1	20
20	323	76	-	-	5	30
21	48	70	-	-	1	15
22	330	72	12	-	1	20
23	45	60	-	-	1	28
24	336	68	-	-	3	17
25	40	55	8	-	3	20
26	340	73	-	-	3	18
27	38	70	8	-	2	30
28	334	76	-	-	3	25
29	34	55	10	-	1	10
30	337	74	-	-	1	54
31	31	63	6	-	3	15
32	348	72	10	-	2	20
33	55	70	-	-	3	16
34	345	73	5	-	1	20
35	51	78	-	-	3	27
36	341	67	8	-	1	35
37	60	73	5	-	2	30
38	343	65	10	-	1	65
39	58	77	10	-	5	40
40	348	66	11	-	4	55
41	56	62	-	-	1	52
42	344	70	9	-	5	20
43	70	66	-	-	3	50
44	345	70	7	-	3	50
45	75	68	-	-	1	27
46	350	73	6	-	2	24

Tabel 2. Frekuensi arah kekar daerah penelitian

Interval Kelas (N...° E)	Frekuensi		Interval Kelas (N...° W)	Frekuensi	
	Turus	Jumlah		Turus	Jumlah
0 – 10	-	0	0 – 10	-	0
11 – 20	-	0	11 – 20	IIII IIII	10
21 – 30	-	0	21 – 30	IIII	4
31 – 40	IIII	4	31 – 40	III	3
41 – 50	IIII IIII II	12	41 – 50	II	2
51 – 60	IIII	4	51 – 60	IIII	4
61 – 70	II	2	61 – 70	II	2
71 – 80	III	3	71 – 80	-	0
81 – 90	-	0	81 – 90	-	0

Hasil analisis statistik dari data frekuensi kekar daerah penelitian pada Tabel 2 kemudian dibuat analisis menggunakan diagram kipas. Analisis diagram kipas dibuat dengan tujuan untuk mengetahui arah tegasan maksimum dan tegasan minimum yang membentuk arah kekar (Gambar 3). Berdasarkan analisis statistik menggunakan diagram kipas maka diperoleh dua arah umum kekar yakni Maxima 1 (N 45°E) dan Maxima 2 (N 15°W). Untuk mendapatkan nilai arah gaya pembentukan kekar atau tegasan utama maksimum (τ_1) adalah membagi dua atau nilai tengah dari sudut lancip yang dibentuk oleh dua arah Maxima sehingga didapat arah tegasan maksimum yakni N 15°E. Untuk penentuan arah tegasan minimum (τ_3) maka ditentukan dari membuat sudut siku-siku 90° dari arah (τ_1) maka nilai (τ_3) sebesar N 75°W. Arah (τ_3) sekaligus merupakan arah jurus atau *strike* dari sumbu lipatan di daerah penelitian tersebut.



Gambar 3. Diagram kipas dengan arah tegasan maksimum (τ_1) = N 15°E dan arah tegasan minimum (τ_3) = N 75°W

Nilai RQD (*rock quality designation*) diperoleh dari pengukuran kekar. Analisisnya mengacu pada jumlah kekar setiap meternya pada singkapan batuan. Dimana jumlah kekar setiap meter yang diukur saat survei lapangan kemudian diolah menggunakan rumus = $100 (0.1 l + 1) e^{-0.1 l}$ (Hudson, 1979).

Jumlah kekar pada singkapan batuan yang diukur terdapat 20 kekar setiap meternya. Hasil perhitungan ini jelas bisa menentukan nilai RQD daerah penelitian yakni 40,60%. Nilai 40,60% masuk golongan sedang untuk kualitas batumannya.

Analisis data kekar yang diukur di lapangan terdiri dari arah jurus kekar, isian kekar, spasi kekar, dan tipe bukaan kekar. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

- Jurus (*strike*) kekar; Hasil pengukuran *strike* kekar yakni relatif

- searah dengan kemiringan lereng sehingga mudah mengalami longsor.
- Isian kekar; kekar yang terisi mineral lain akan mensupport kualitas batuan menjadi lebih kuat begitu pun sebaliknya. Hasil survei lapangan menunjukkan ternyata tidak ditemukan mineral lain sehingga kualitas batuanya masuk golongan sangat lemah sehingga rawan longsor.
 - Spasi kekar adalah letak dan jarak antara kekar pada posisi sejajar. Hubungan spasi kekar dengan skala kekuatan batuan terdapat pada Tabel 3. Mengacu hasil pengukuran di lapangan dengan jarak (5-10) cm maka daerah penelitian masuk skala lemah sehingga rawan longsor.

Tabel 3. Hubungan spasi kekar terhadap kekuatan batuan (Ritter, 1879)

Spasi Kekar (cm)	Skala Kekuatan
>300	Sangat kuat
300-100	Kuat
100-30	Sedang
30-5	Lemah
<5	Sangat lemah

- Tipe bukaan kekar; keberadaan tipe bukaan kekar sangat berpengaruh terhadap kualitas batuan. Karena semakin banyak bukaan bidang kekar kualitas batuanya juga akan lemah. Hasil pengukuran di lapangan ternyata rata-rata bukaan kekar mencapai 1 mm - 3 cm. Hal ini memperkuat bahwa daerah penelitian memiliki banyak kekar terbuka akibat pelapukan dan infiltrasi air tanah sehingga sangat rawan longsor. Hal ini sesuai data jumlah kerapatan kekar sebanyak 20 kekar setiap meternya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Analisis statistik data kekar menggunakan diagram kipas menghasilkan arah tegasan maksimum (τ_1) = N 15°E dan arah tegasan minimum (τ_3) = N 75°W.
2. Analisis kualitas batuan pada daerah penelitian ini berdasarkan data RQD masuk golongan sedang yakni 40,60% dengan jumlah kekar yakni 20 kekar/meter.
3. Analisis spasi kekar masuk skala lemah sehingga rawan longsor dengan jarak (5-10) cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Apandi, T., & Bachri, S. (1997). *Geologi Lembar Kotamobagu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Depatemen Pertambangan dan Energi.
- Bakosurtanal. (1991). *Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:50.000 Lembar Gorontalo*.
- BPS Kota Gorontalo. (2014). *Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo dalam angka 2014*.
- Helmi, F. (2007). Analisis kekar pada batuan sedimen klastika Formasi Cinambo di Sungai Cinambo Sumedang, Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*. Vol. 5, No.2, 99-104.
- Hudson J.A., & Friest S.D. (1979). *Discontinuities and Rock Mass Geometry*. Int. J. Rock Mech Min. Sei and Geomech.
- Hutagalung, R., Permana., A.P., Isa, D.R., & Taslim, I. (2021). Analisis Stratigrafi Daerah Leato Utara dan Selatan Kota Gorontalo. *Jurnal Sains Informasi Geografi [J SIG]*, Vol. 4, No. 2, 76-83. <http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v4i2.1037>.
- Marcelleno, E., & Anaperta, Y.M. (2021). Analisis Kestabilan Lereng

- pada Sekitaran Lubang BMK 35 di CV Bara Mitra Kencana (BMK), Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6, No. 4, 70-80.
- Permana, A.P., & Eraku, S.S. (2017). Analisis Stratigrafi Daerah Tanjung Kramat Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. *Jurnal Geomine*, Vol. 5 (1), 1-6. <https://doi.org/10.33536/jg.v5i1.90>.
- Permana, A.P., Pramumijoyo, S., & Akmaluddin. (2019). Uplift Rate of Gorontalo Limestone (Indonesia) Based on Biostratigraphy Analysis. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. Vol.6. No. 438. 6-11. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.150>.
- Permana, A.P., Kasim, M., & Mamonto, F.K. (2021). Analisis Lingkungan Purba Batugamping Daerah Limboto Barat Kabupaten Gorontalo. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(2), 97-102. <http://dx.doi.org/10.20527/jg.v7i2.10681>.
- Ragan, D. M. (1973). *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York
- Ritter, W. (1879). *Die Statik der Tunnelgewölbe*. Berlin: Springer.
- Sapiie, B., Aziz Nugraha, M., Kurniawan Wardana, R. & Rifiyanto, A. (2017). Fracture Characteristics of Mélange Complex Basement in Bantimala Area, South Sulawesi, Indonesia, *Indonesian Journal on Geoscience*, Vol.4, No.2, 121–141. <http://doi.org/10.17014/ijog.4.3.121-141>.
- Syam, M.A., Heryanto., Trides, T., Pasiakan, L, P., & Amalia, D. (2018). Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating di Desa Sukamaju, Tenggarong Seberang, Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Geocelbes*, Vol. 2, No. 2, 53-63.
- Taslim, I., Koto, A.G., & Tisen. (2018). Studi Geomorfologi Kebencanaan Berbasis Analisis Spasial untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal MIPA Tadulako*, 7(12), 3-8.
- University of Saskatchewan. (2022). Retrieved March 21, 2022, from <https://openpress.usask.ca/physical-geology/chapter/13-3-fractures-faults-and-joints-2/>.