

ANALISIS GEOMEKANIKA FORMASI HALANG DI DAERAH STRUKTUR GEOLOGI SEKITAR SUNGAI CITAAL, KUNINGAN, JAWA BARAT

Zufialdi Zakaria

Lab. Geologi Teknik, Jurusan Geologi, FMIPA, Universitas Padjadjaran

ABSTRACT

Lithology at research area consist of sandstone, claystone and breccia which include to Halang Formation. Structure of geology is sinistral strike-slip fault with relative strike to southwest - northeast. Geomechanic analysis given a number of Rock Mass Rating and Slope Mass rating as follows: Rock mass rating is 55 to 66. RMR to foundation is 48 to 50. Description of class number is 3 (III), its mean fair rock.

Slope mass rating given number of slope angle which is suggested to stable slope, as follows: According to Laubscher (1975) SMR is 55°. According to Hall (1985) SMR is 56.20° to 63.35°. According to Orr (1992) SMR is 64.49° to 71.71°. Environmental management is preventive effort of impact which attend with foundation design according to allowable bearing capacity and / or choice the architecture of building to safety. Monitoring can be conducted to condition of building (house, bridge, drainage etc.) .

Keyword : Geomechanics, RMR, SMR

ABSTRAK

Litologi di daerah penelitian terdiri atas batupasir dan batulempung, sebagian breksi termasuk Formasi Halang. Struktur geologi berupa sesar mendatar sinistral dengan arah relatif baratdaya-timurlaut. Analisis geomekanik memberikan nilai pembobotan massa batuan dan massa lereng sebagai berikut: Nilai bobot massa batuan (RMR) antara 55 sampai 66. Jika untuk fondasi, maka nilai bobot massa batuan berkisar antara 48 sampai 50. Kelas pembobotan dideskripsi sebagai kelas 3 (III) dengan pemerian termasuk sedang.

Pembobotan massa lereng, memberikan nilai sudut lereng yang disarankan agar lereng aman sebagai berikut : Menurut Laubscher (1975) SMR = 55°. Menurut Hall (1985) SMR = 56.20° sampai 63.35°. Menurut Orr (1992) SMR=64.49° sampai 71.71°. Pengelolaan dampak merupakan upaya pencegahan dampak yang timbul yaitu dengan desain fondasi sesuai dayadukung yang diijinkan dan/atau memilih bentuk arsitektur bangunan agar tingkat keamanan dayadukung menjadi lebih besar. Pemantauan selanjutnya dapat dilakukan terhadap kondisi bangunan (rumah, jembatan, drainase dll.) .

Kata kunci: Geomekanik, RMR, SMR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Struktur geologi merupakan salah satu kelemahan geologi (*geological weakness*) dalam pengembangan wilayah, misalnya sebagai faktor penentu daerah rawan longsor (Hirawan, 1994), namun sebenarnya struktur geologi sekaligus merupakan faktor pendukung yang memberikan manfaat bagi aspek lainnya seperti: ketersediaan airtanah maupun *reservoir* air.

Struktur geologi yang berkembang di suatu daerah akan memperlihatkan diskontinuitas batuan berupa kekar-kekar (*joints*) maupun arah jurus dan kemiringan lapisan batuan (*strike* &

dip). *Strike*, *dip* dan kekar merupakan data penting yang dapat dianalisis melalui analisis geomekanik untuk kepentingan pembobotan massa batuan (*rock mass rating*, RMR) yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk penilaian fondasi tubuh bendung ataupun massa lerengnya.

Di sungai Citaal berkembang satuan batupasir dan batulempung dari Formasi Halang. Pada salah satu segmen Sungai Citaal berdiri Bendung Cinangka. Di sekitar bendung tersebut, terdapat indikasi struktur geologi yang berkembang seperti kekar-kekar, *drag fold* (lipatan seret), dan *off-set* batuan pada lapisan-lapisan batuan yang dapat diukur *strike* dan

dip-nya. Struktur geologi yang berkembang dan implikasinya terhadap kekuatan maupun kelemahan tubuh bendung perlu dievaluasi agar diketahui arah *trend* kekuatan gaya-gaya yang bekerja (σ_1 , σ_2 , dan σ_3) disertai analisis diskontinuitas batuan dan arahan manajemen lingkungannya, sehingga didapat kesimpulan yang tepat guna menghindari kerusakan pada tubuh bendung.

Dari kajian di atas muncul perumusan masalah sebagai berikut:

- Sejauhmana arah umum gaya-gaya yang bekerja pada struktur geologi di daerah penelitian dapat diketahui melalui analisis diskontinuitas batuan dan analisis geologi struktur secara umum?
- Sejauhmana pembobotan massa batuan dapat dilakukan agar diketahui nilai kekuatan fondasi tubuh bendung maupun pembobotan massa lerengnya?
- Sejauhmana antisipasi kelemahan geologi dapat diarahkan berdasarkan analisis diskontinuitas batuan dan penilaian massa batuan serta penilaian massa lereng di atas ?
- Sejauhmanakah upaya manajemen lingkungan dapat dilakukan sehingga menjadi masukan bagi pembuat keputusan terutama pada pengembangan wilayah di sekitarnya?

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi jenis struktur geologi yang berkembang serta mengetahui kondisi massa batuan terhadap fondasi maupun lereng di sekitar Bendung Cinangka, selain itu penelitian dilakukan untuk mengetahui besar sudut kemiringan lereng yang aman di sekitar Bendung Cinangka untuk mendapatkan desain lereng stabil, sehingga didapatkan upaya monitoring dan manajemen lingkungan yang sesuai bagi daerah setempat.

Hasil penelitian bermanfaat dalam memecahkan masalah pembangunan, yaitu: sebagai masukan bagi para perencana maupun pengambil keputusan,

sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan bendung, lereng stabil maupun dalam mengembangkan suatu wilayah pada umumnya. Penelitian juga memberikan masukan dalam menganalisis suatu infrastruktur berkaitan dengan masalah-masalah lingkungan, terutama dalam upaya manajemen lingkungan di daerah setempat disertai monitoringnya.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Indikasi berbagai jenis struktur geologi dapat diidentifikasi dengan mengukur diskontinuitas batuan berupa kekar-kekar dan *strike-dip* lapisan batuan (sebagai bagian dari struktur geologi) yang berkembang pada suatu massa batuan. Pola dan karakteristik kekar memberikan informasi jenis dan lokasi sesarnya. Makin jauh sesar dari bidang sesarnya maka makin kurang intensitas kekarnya, sehingga identifikasi pola dan karakter kekar dapat digunakan untuk menentukan kondisi fisik batumannya (Polo, dkk., 1993). Melalui analisis kekar sebagai unsur struktur geologi patahan/sesar dapat diidentifikasi lebih jauh, sehingga dapat dianalisis jenis patahan, penyebaran, dimensi serta hubungannya dengan kekuatan massa batumannya.

Pada peletakan infrastruktur (bangunan, sarana dan prasarana fisik lainnya) massa batuan terkait langsung, karena massa batuan berfungsi sebagai landasan atau fondasi ataupun tumpuan suatu infrastruktur, misalnya: massa batuan sebagai tumpuan tubuh bendung, baik di bawah maupun di kiri-kanan tubuh bendung yang bersangkutan (*right and/or left abutment*).

Dalam mempelajari aspek kekuatan batuan dikenal istilah RQD, *rock quality designation*, yaitu suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. Nilai RQD bisa didapat melalui perhitungan langsung dari singkapan batuan yang mengalami retakan-retakan (baik lapisan batuan maupun kekar) berdasarkan rumus perhitungan:

$RQD = 100 (0.1 \lambda + 1) e^{-0.1\lambda}$ (Hudson, 1979, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996). Variabel λ adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang *scan-line* (kekar/meter). Jika frekuensi retakannya semakin banyak, maka nilai RQD akan semakin kecil.

Massa batuan dapat diklasifikasikan melalui geomekanik. Klasifikasi geomekanik dari Bieniawsky menilai beberapa parameter dalam massa batuan yang kemudian diberi bobot (Setiawan, 1990). Parameter yang diberi bobot adalah: kekuatan batuan, *RQD*, spasi rekahan, kondisi rekahan, kondisi air tanah, orientasi *strike* (arah jurus perlapisan batuan) dan *dip* (kemiringan lapisan batuan). Hasil pembobotan massa batuan (*rock mass rating*, *RMR*) ini dapat digunakan dalam perencanaan terowongan, fondasi maupun pembobotan massa lereng (Romana, 1990).

Pada setiap perencanaan bagi perencanaan pengembangan wilayah dan perencanaan fisik yang berwawasan lingkungan, misalnya peletakan infrastuktur (bangunan), diperlukan pemantauan (monitoring) lingkungan juga pengelolaan (manajemen) lingkungan. Manajemen lingkungan dilakukan sebagai antisipasi untuk menanggulangi kemungkinan terjadinya dampak negatif (kelemahan geologi) dengan cara memperkecil dampak negatif tersebut, sekaligus memperbesar dampak positif yang timbul (Zakaria & Wisyanto, 2000).

Berdasarkan deduksi tinjauan pustaka di atas, muncul hipotesis sebagai berikut:

- Struktur geologi dapat diidentifikasi dengan mengukur diskontinuitas batuan berupa kekar-kekar dan *strike-dip* lapisan batuan
- Penandaan atau penilaian kualitas batuan (*rock quality designation*) dapat didekati dengan mengukur kerapatan kekar di lapangan.
- Massa batuan dapat dinilai melalui pembobotan massa batuan (*rock*

mass rating) metoda/cara analisis geomekanik Bieniawsky.

- Perencanaan terowongan, fondasi maupun pembobotan massa lereng dapat didekati dengan melibatkan pembobotan massa batuan dan pembobotan massa lereng (*slope mass rating*) dengan analisis geomekanik.
- Monitoring dan manajemen lingkungan dapat diarahkan sebagai upaya memperkecil dampak negatif dan memperbesar dampak positif pada daerah-daerah yang mempunyai kelemahan geologi.

Penelitian dilakukan di sungai Citaal (anak sungai Ciwaru), Desa Citaal, Kecamatan Ciwaru, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Koordinat penelitian adalah $07^{\circ} 03' 38''$ S dan $108^{\circ} 37' 49,4''$ E. Kesempaian daerah dapat ditempuh dengan kendaraan umum ataupun pribadi dari Bandung ke arah Luragung, Kuningan. Lokasi tapak berada di bagian kiri jalan menuju Desa Ciwaru. Penelitian secara garis besar dilakukan sebagai berikut :

- Persiapan meliputi : studi pustaka, inventarisir peralatan, pembuatan peta dasar serta analisis peta topografi.
- Survey lapangan untuk menganalisis diskontinuitas batuan, mengukur arah *strike* & *dip* maupun kekar-kekar dan analisis umum kondisi daerah setempat.
- Analisis geologi struktur untuk mengetahui jenis struktur geologi.
- Analisis geomekanik dengan pembobotan massa batuan (*rock mass rating*, *RMR*) untuk menilai kondisi fondasi infrastuktur, dilanjutkan dengan pembobotan massa lereng (*slope mass rating*, *SMR*) untuk penentuan sudut lereng yang aman di daerah setempat.
- Arahan manajemen & monitoring lingkungan terhadap daerah bendung dan sekitarnya sebagai upaya pencegahan dampak negatif dan peningkatan dampak positif.

- f) Penulisan laporan disertai gambar-gambar maupun tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi Regional

Daerah penelitian dan sekitarnya termasuk Zona Bogor Jawa Barat. Secara stratigrafi regional termasuk dalam Cekungan Bogor (Martodjojo, 1984) yang dicirikan dengan endapan aliran gravitasi (turbidit). Menurut Kastowo (1975) dan Budhitrina (1986), batuan yang tersingkap di sekitar daerah penelitian pada umumnya terdiri atas Formasi Pemali, Formasi Halang, Formasi Rambatan dan Endapan Kuartir hasil gunungapi Ciremai. Formasi Halang tersusun atas perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batupasir gampingan, batugamping pasiran, breksi dan konglomerat. Umur dari Formasi Halang ini adalah Miosen Tengah sampai Pliosen.

Berdasarkan struktur geologi regional, peran Sesar Baribis (jenis sesar berupa sesar naik, dengan sesar-sesar mendatar berkembang di sekitar zona Sesar Baribis) cukup dominan. Daerah penelitian dipengaruhi aktivitas tektonik Mio-Plio. Pola sesar naik umumnya mengikuti pola barat-timur (disebut Pola Jawa, menurut Pulunggono & Martodjojo, 1994), sedang sesar mendatar mengikuti Pola Meratus (baratdaya – timurlaut). Kehadiran sesar-sesar ini mempengaruhi kondisi batuan sekitarnya termasuk di daerah penelitian.

Berdasarkan hidrogeologi regional, daerah penelitian pada umumnya mempunyai kondisi daerah dengan kelulusan air yang rendah, rendah-sedang, dan sedang – tinggi. Kelulusan rendah biasa terdapat pada endapan vulkanik takteruraikan dan campuran rempah gunungapi yang lepas maupun padu, dicirikan akifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir, produktivitas tinggi dan penyebaran luas. Kelulusan rendah-sedang terdapat pada perselingan batupasir,

batulempung, napal, tufa. Akifernya dengan produktivitas rendah, setempat berarti, air tanah dangkal dalam jumlah terbatas dapat diperoleh di lembah-lembah atau pada zona pelapukan. Kelulusan sedang-tinggi terdapat pada undak-undak sungai terdiri atas kerakal, berangkal dalam massa dasar pasir, sebagian mengeras, setempat produktivitas akifer sedang (Soetrisno, 1985).

Kondisi Geologi Lokal

Di daerah aliran Sungai Citaal didominasi oleh Formasi Halang. Di bagian bawah bendung Cinangka, tersingkap batupasir, batulempung, dan breksi. Arah *strike/dip* pada umumnya relatif barat-timur, sebagai berikut:

- Singkapan-1: Batupasir berseling-seling batulempung. Batupasir abu-abu kehitaman, tidak lapuk, butir sedang-kasar, bentuk membulat – menyudut tanggung, banyak kekar terbuka diisi kalsit. Batulempung warna abu-abu kehitaman, segar, keras. Struktur sedimen: laminasi paralel dan *graded bedding*.
- Singkapan-2: Batupasir, abu-abu kehitaman, batuan segar, bentuk butir *sub-rounded* – *sub-angular*, sedang-kasar, pemilahan baik, dijumpai kekar terbuka terisi kalsit. Sebagian membentuk struktur pelapukan sferoidal.
- Singkapan-3: Batuan masih berupa batupasir, abu-abu kehitaman, batuan segar, bentuk butir *sub-rounde* sampai *sub-angular*, ukuran butir sedang sampai kasar, pemilahan baik, banyak dijumpai kekar terbuka terisi kalsit.
- Singkapan-4: Batupasir, abu-abu kehitaman, segar, bentuk butir *sub-rounde* sampai *sub-angular*, sedang-kasar, pemilahan baik, dijumpai kekar terisi kalsit. Sebagian terdapat breksi dengan fragmen batuan beku andesitik.

Singkapan di dekat Bendung Cinangka berupa breksi, warna hitam abu-abu, pelapukan sedang, mengandung fragmen batuan beku ande-

sitik berukuran 2-5 cm menyudut tanggung, massa dasar pasir, semen berupa oksidasi besi. Ke arah timur terdapat batu pasir, coklat kekuningan, ukuran sedang-kasar, menyudut tanggung, pemilahan baik. Ke arah timurlaut, kembali dijumpai breksi yang sama.

Geologi Struktur

Litologi daerah Bendung Cinangka – Sungai Citaal dan sekitarnya pada umumnya didominasi oleh batupasir dan breksi, banyak dijumpai kekar-kekar terisi kalsit. Arah jurus dan kemiringan kekar dapat diukur untuk dianalisa di studio. Dari hasil pengamatan, pola tegasan dari pengukuran kekar dan bidang perlapisan yang berkembang di sungai Citaal, terdapat struktur geologi sesar mendatar sinistral (mengiri, bergerak ke arah kiri) dengan arah timur laut-baratdaya. *Rose diagram* memperlihatkan arah dominan kekar-kekar.

Kajian geomekanik

Deskripsi singkapan dilakukan dengan mengambil data pengukuran per-meter sepanjang 13 meter di timur sungai Citaal di bagian yang didominasi batupasir Formasi Halang. Batupasir mempunyai nilai kekuatan sekitar 100 Mpa (Goodman, 1989). Daerah penelitian termasuk zona lapuk sebagian, umumnya agak lapuk dengan kondisi rekahan kasar, regangan < 1 mm, permukaan agak kasar. Spasi rekahan 20-60 cm dan 60-200 cm. Kondisi air basah. Pengaruh orientasi arah jurus dan kemiringan (N100°E/45°) terhadap fondasi memberikan penilaian sedang (bobot -7). Penilaian menggunakan Tabel 1 dan Tabel 2.

Arahan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan

Pengelolaan dayadukung tanah diutamakan kepada penempatan fondasi pada kedalaman yang mencukupi dan pada tempat yang tepat.

Perlu pula diperhatikan fluktuasi air tanah dan air sungai yang dapat mempengaruhi fondasi dalam waktu yang lama. Pemantauan lingkungan harus dilakukan dengan baik, kerusakan kecil yang terjadi segera ditanggulangi agar terhindar dari bencana yang lebih besar.

KESIMPULAN

1. Daerah penelitian terdiri atas batuan berupa batupasir selang-seling dengan batulempung, sebagian breksi telah muncul ke permukaan, termasuk Formasi Halang.
2. Batupasir berwarna abu-abu kehitaman, batuan segar, ukuran butir sedang - kasar, bentuk butir membulat tanggung - menyudut tanggung, banyak dijumpai kekar terbuka diisi kalsit. Batulempung warna abu-abu kehitaman, segar, keras. Struktur sedimen: laminasi paralel dan *graded bedding*
3. Berdasarkan kajian geologi struktur terhadap data di lapangan dan diagram mawar untuk data kekar dan perlapisan batuan, perlapisan batuan umumnya berarah relatif barat-timur. Berdasarkan diagram mawar, kekar mempunyai arah jurus perlapisan yang dominan yaitu baratdaya – timurlaut, hampir searah dengan S. Citaal.
4. Analisis geomekanik memberikan nilai pembobotan massa batuan: Nilai bobot massa batuan (RMR) antara 55 sampai 66. Jika dilakukan penyesuaian untuk fondasi, maka nilai bobot massa batuan berkisar antara 48 sampai 50. Kelas pembobotan dideskripsi sebagai kelas 3 (III) dengan pemerian termasuk sedang. Pembobotan massa lereng, memberikan nilai sudut lereng yang disarankan agar lereng aman sebagai berikut : Menurut Laubscher (1975) $SMR = 55^\circ$. Menurut Hall (1985) $SMR = 56.20^\circ$ sampai 63.35° . Menurut Orr (1992) $SMR=64.49^\circ$ sampai 71.71°

5. Frekuensi kekar berkurang (menurut jarak singkapan), mengindikasikan bahwa batuan semakin keras atau semakin tidak lapuk sehingga menyebabkan makin besarnya nilai RQD ke arah timur laut.
6. Pengelolaan dampak termasuk upaya pencegahan dampak yang timbul yaitu dengan desain fondasi sesuai dayadukung yang diijinkan dan/atau memilih bentuk arsitektur bangunan agar tingkat keamanan dayadukung menjadi lebih besar.
7. Dampak yang dikelola harus dipantau. Dalam pemantauan lingkungan, perlu diperhatikan kemungkinan adanya kerusakan tanah atau fondasi terletak di sekitar sungai atau di daerah sekitarnya lainnya.
8. Faktor lingkungan yang dipantau yaitu kondisi bangunan Bendung Cinangka, bangunan rumah maupun bangunan sarana lain seperti jembatan dan saluran drainase. Dalam pemantauan lingkungan, kerusakan kecil yang terjadi harus segera ditanggulangi agar kerusakan tidak menjadi lebih besar.

Saran

1. Pemantauan sangat diperlukan terhadap kemungkinan keruntuhan fondasi dilakukan dengan melihat kondisi bangunan (rumah, jembatan, bendung, drainase dll.), kondisi keretakan bangunan di sekitarnya, dan tonjolan tanah sekitar bangunan, serta kondisi tanah/jalan sekitar yang datar atau bergelombang.
2. Di daerah sepanjang sungai sekitar Bendung Cinangka hendaknya dipertimbangkan sempadan sungai sesuai ketentuan Pemerintah Daerah setempat dan dibuat perbaikan drainase dengan cara memperbaiki dinding-dinding sungai dan membuat saluran drainase yang memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat atas bantuan yang diberikan sehingga penelitian ini berjalan. Terima kasih disampaikan pula kepada Ketua Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran dan kepada Dekan FMIPA-UNPAD atas bantuan, dorongan dan perhatiannya kepada penulis.

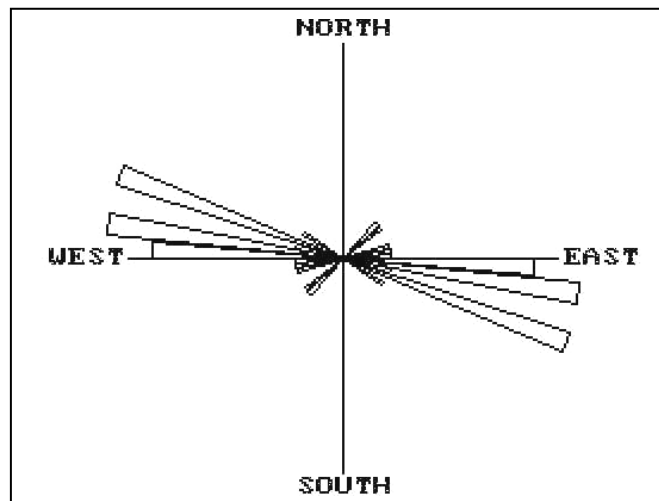
DAFTAR PUSTAKA

- Budhitrisna, 1986, *Peta Geologi Lembar Tasikmalaya, Skala 1:100.000*, Direktorat Geologi, Bandung
- Djakamiharja, A.S., & Soebowo, E., 1996, Studi kemantapan lereng batuan pada jalur jalan raya Liwa-Krui, lampung Barat, *Prosiding Seminar Sehari Kemantapan Lereng Pertambangan Indonesia*, Jurusan Teknik Pertambangan ITB- Direktorat Teknik Pertambangan, Departemen Pertambangan dan Energi, 1996, hal. 153-163
- Goodman, R.F., 1989, *Introduction to Rock Mechanics*, John Wille & Sons, 562p.
- Hirawan, R. F., 1994, Peran faktor-faktor penentu zona berpotensi longsor dalam mandala geologi dan lingkungan fisiknya di Jawa Barat, *Majalah Ilmiah UNPAD* No. 2, Vol. 12, hal. 32-42.
- Kastowo, 1975, *Peta Geologi Lembar Luragung, skala 1:100.000*, Direktorat Geologi, Bandung.
- Martodjojo, S., 1984, *Evolusi Cekungan Bogor*, Disertasi Doktor, Institut Teknologi Bandung, tidak diterbitkan.
- Polo, L., dkk., 1993, Analisis pola dan karakter kekar untuk menentukan struktur geologi sesar dan kondisi fisik batuan, *Bulletin of Scientific Contribution, Geology UNPAD*, No. 1, Vol. 1, April 1993, p. 1-8.

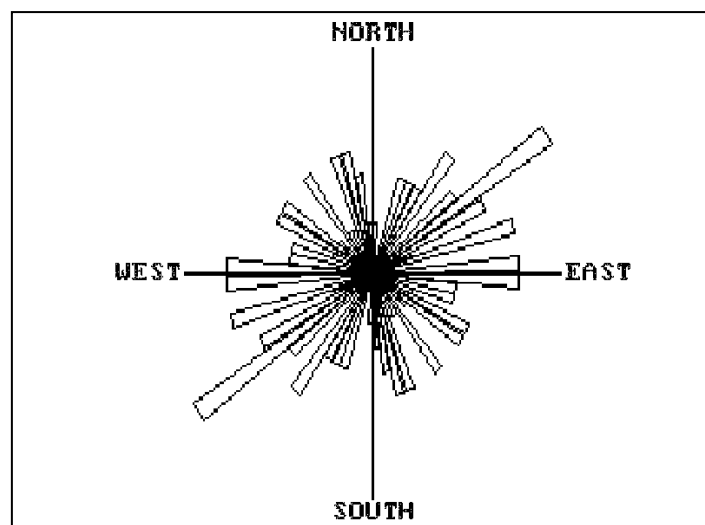
Pulunggono,A.,& Martodjojo. S.,1994,
Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, Proceeding Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa, Nafiri-Yogyakarta, hal 37-50
Setiawan, 1990, Informasi Geologi untuk Menilai Kemantapan Terowongan, *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XIX Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI)*, Bandung 11-13 Desember 1990, hal. 43-62.

Soetrisno, 1985, *Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Bandung Skala 1:250.000*, Direktorat Tata Lingkungan, Bandung

Zakaria, Z., & Wisyanto, 2000, Stabilitas lereng terpadu, antara analisis kestabilan lereng & pengelolaan lingkungan. Studi kasus daerah Cadas Pangeran, *ALAMI: Jurnal Air, Lahan, Lingkungan & Mitigasi Bencana*, Vol.5.,No.1,Th. 2000, ISSN:0853-8514, hal, 19-24.

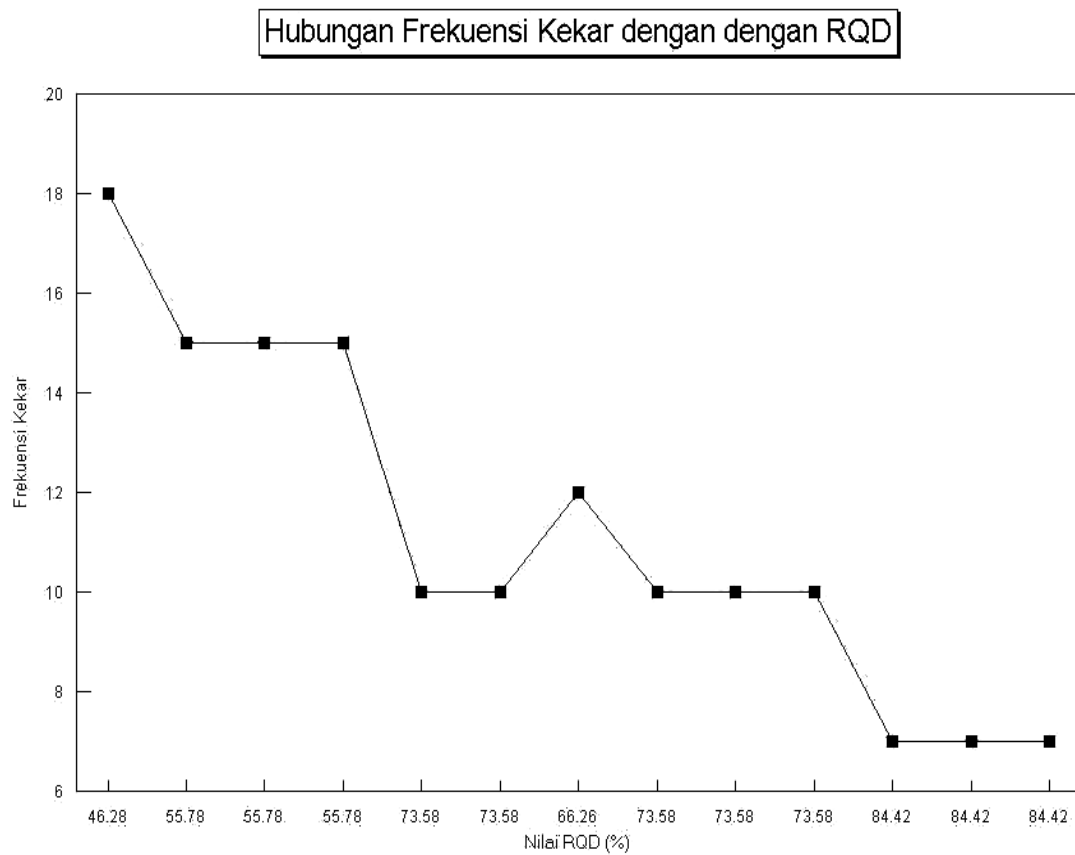


Gambar 1. Diagram mawar (*Rose diagram*) arah jurus lapisan



Gambar 2. Diagram mawar (*Rose diagram*) arah kekar

Jarak Singkapan	Frekuensi kekar	RQD (%)	RQD - Frekuensi Kekar	
1.00	18.00	46.28	Regression Output:	
2.00	15.00	55.78	Constant	108.85
3.00	15.00	55.78	Std Err of Y Est	0.32
4.00	15.00	55.78	R Squared	1.00
5.00	10.00	73.58	No. of Observations	13.00
6.00	10.00	73.58	Degrees of Freedom	11.00
7.00	12.00	66.26		
8.00	10.00	73.58	X Coefficient(s)	(3.52)
9.00	10.00	73.58	Std Err of Coef.	0.03
10.00	10.00	73.58		
11.00	7.00	84.42	$Y = -3,52 X + 108,85$	
12.00	7.00	84.42		
13.00	7.00	84.42		



Gambar 3. Hubungan frekuensi kekar dengan nilai RQD

Tabel 1. Parameter klasifikasi geomekanik dan pembobotannya

PARAMETER			SELANG NILAI						
1	Keku- atan batu- an utuh		Index kekuat-an					Untuk nilai yang kecil dipakai hasil UCS	
			Point Load	> 10 M Pa	4 – 10 M Pa	2 – 4 M Pa	1 -2 M Pa	-	
			Uni-axial	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25 - 50 MPa	10-25 3-10 <3 (M Pa)	
	Pembobotan		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (Rock Quality Designation)		90 - 100 %	75 - 90 %	50 - 75 %	25 - 50 %	< 25 %		
	Pembobotan		20	17	13	8	3		
3	SPASI REKAHAN		> 200 cM	60 - 200 cM	20-60 cM	6-20 cM	< 6 cM atau < 60 mm		
	Pembobotan		20	15	10	8	5		
4	KONDISI REKAHAN		Permukaan sangat kasar, tak menerus, Tak renggang Tidak lapuk (<i>hard wall</i>)	Permukaan kasar Renggangan < 1 mm Agak lapuk (<i>hard wall</i>)	Permukaan agak kasar Renggangan < 1mm Sangat lapuk (<i>soft wall</i>)	<i>Slicken-side / Gouge</i> < 5 mm <i>atau</i> Renggangan 1 - 5 mm menerus	<i>Gouge</i> lemah, tebal > 5 mm <i>atau</i> Renggangan > 5 mm menerus		
	Pembobotan		30	25	20	10	0		
5	A I R T A N A H	Aliran per-10m Panjang terowongan	Tidak ada	<10 liter/menit	10 - 25 liter/menit	25 - 125 liter/menit	> 125 liter/menit		
		Tek.pori μ	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Teg. utama max.							
		Keadaan umum	Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir		
	Pembobotan		15	10	7	4	0		
Orientasi jurus dan kemiringan (strike/dip)			Sangat Menguntung- -kan	Meng- untungkan	Biasa (sedang)	Tidak Meng- untungkan	Sangat Tidak Menguntung- kan		
Pembo- botan	Tunnel		0	-2	-5	-10	-12		
	Fondasi		0	-2	-7	-15	-25		
	Lereng		0	-2	-25	-50	-60		
Pembobotan			100 - 81	80- 61	60 - 41	40 - 21	< 21		
Nomor Kelas			I	II	III	IV	V		
Pemerian			Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat jelek		

Tabel 2. Arti dari kelas RMR untuk perencanaan terowongan

Nomor kelas	I	II	III	IV	V
<i>Stand-up time</i>	10 tahun untuk span 15 meter	6 bulan untuk span 5 meter	1 minggu untuk span 5 meter	10 jam untuk span 2,5 m	30 menit untuk span 1 meter
Rata-rata nilai : Kohesi	>400 Kpa	300 - 400 Kpa	200 - 300 Kpa	100 - 200 Kpa	< 100 KPa
& Sudut geser dalam	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Tabel 3. Pembobotan Massa Batuan

Jarak (M)	Kekuatan Batuan (MPa)		RQD		Spasi Rekahan		Kondisi Rekahan		Air Tanah		Jumlah Bobot
	UCS	Bobot	%	Bobot	spasi	Bobot	(mm)	Bobot	kondisi	Bobot	
1	100	7	46.3	8	6-20	8	< 1	25	Basah	7	55
2	100	7	55.8	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
3	100	7	55.8	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
4	100	7	55.8	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
5	100	7	73.6	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
6	100	7	73.6	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
7	100	7	66.3	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
8	100	7	73.6	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
9	100	7	73.6	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
10	100	7	73.6	13	20-60	10	< 1	25	Basah	7	62
11	100	7	84.4	17	20-60	10	< 1	25	Basah	7	66
12	100	7	84.4	17	20-60	10	< 1	25	Basah	7	66
13	100	7	84.8	17	20-60	10	< 1	25	Basah	7	66

Tabel 4. Penyesuaian Pembobotan dan Kelas Massa Batuan, serta nilai Pembobotan Massa Lereng (Slope Mass Rating, SMR)

Jarak (M)	NILAI RMR	Penyesuaian Untuk Fondasi	Nilai RMR Setelah Penyesuaian	Kelas & Pemerian		Slope Mass Rating (SMR)		
						Laubscher (1975)	Hall (1985)	Orr (1992)
1	55	- 7	48	3 (III)	sedang	55°	56.20°	64.49°
2	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
3	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
4	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
5	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
6	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
7	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
8	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
9	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
10	62	- 7	55	3 (III)	sedang	55°	60.75°	69.26°
11	66	- 7	59	3 (III)	sedang	55°	63.35°	71.71°
12	66	- 7	59	3 (III)	sedang	55°	63.35°	71.71°
13	66	- 7	59	3 (III)	sedang	55°	63.35°	71.71°