

ANALISA STABILITAS LERENG TAMBANG TERBUKA BAHAN GALIAN-C DAERAH DESA BATUJAJAR DAN TEGALLEGA KECAMATAN CIGUDEG KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

Oleh :

Solihin¹⁾ dan Restu Raditia²⁾

Abstrak

Analisa stabilitas lereng tambang terbuka bahan galian-C, menggunakan analisis pola-pola atau orientasi dengan metode stereografi dan analisis kinematik. Di daerah penelitian didapat dilokasi pengamatan 1, 3, 4 dan 5 menunjukkan adanya potensi longsoran baji, potensi longsoran jungkiran Lokasi 2. Nilai SMR untuk lereng tunggal nilainya yaitu 50,8-55, secara umum model lereng di lokasi penelitian berupa normal baik pada lereng keseluruhan maupun lereng tunggal dalam kondisi yang hampir stabil, namun masih ada potensi terjadinya longsoran blok melalui joint atau beberapa bidang baji 50,25-55 yang keseluruhannya termasuk kedalam kelas III. Kondisi lereng tunggal di lokasi penelitian secara umum dalam keadaan kurang stabil, yang ditunjukkan dengan nilai faktor kemannya kurang dari 1 kemantapannya tidak mantap, yaitu pada Segmen 1 dan Segmen 3 dalam semua kondisi dan pada Segmen 5 hanya pada kondisi jenuh+gempa dan kondisi jenuh+crack tensions, potensi longsoran akan meningkat terutama pada bulan Oktober s.d. Februari, saat curah hujan tinggi. Jenis kelas perkuatannya termasuk pada klas IIIa dengan jenis perkuatan pembuatan paritan pada kaki lereng dikombinasikan dengan jala kawat, pemasangan baut pada batuan secara sistematis, dan beton semprot pada beberapa bagian lereng.

Kata Kunci : *Galian, Batu dan Stabilitas Lereng*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini pendirian suatu konstruksi terus berkembang seiring dengan kebutuhan manusia terhadap kegiatan tersebut yang terus meningkat. Lebih lanjut lagi, kegiatan konstruksi tersebut pada umumnya melibatkan pemotongan lereng batuan agar sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan sebelumnya. Namun perlu dipahami bahwa dengan adanya pemotongan lereng, batuan cenderung menjadi kurang atau bahkan tidak stabil. Atau dengan kata lain bahwa potensi keruntuhan lereng batuan (*rock slope failure*) akan semakin meningkat. Untuk memastikan kestabilan suatu aktivitas pemotongan lereng batuan, baik lereng yang baru terbentuk maupun yang lama, dibutuhkan evaluasi bidang diskontinuitas dari batuan tersebut. Berbagai jenis keruntuhan lereng batuan berhubungan dengan struktur-struktur geologi tertentu. Oleh karena itu, mengenali potensi permasalahan stabilitas lereng pada tahap awal sebuah kegiatan yang melibatkan pembuatan lereng merupakan hal yang sangat penting. Keruntuhan batuan biasanya berawal dari dan mengikuti diskontinuitas-diskontinuitas yang ada pada

batuan, seperti kekar (*joint*), rekahan (*fracture*), bidang perlapisan (*bedding plane*), sesar (*fault*), dan jenis-jenis retakan lain pada batuan. Dengan demikian maka dapat dikatakan bahwa perilaku fundamental massa batuan sangat dipengaruhi oleh diskontinuitas-diskontinuitasnya. Adapun penelitian ini meliputi analisis struktur geologi berupa analisis kinematik dan analisis berdasarkan geologi teknik dengan menggunakan metoda RMR (*Rock Mass Rating*) dan SMR (*Slope Mass Rating*) di lokasi penelitian, yang merupakan lereng batuan hasil kegiatan pertambangan yang terletak di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat.

1.2. Identifikasi Masalah

Dengan adanya kegiatan pertambangan yang melibatkan pembuatan lereng, akan dapat meningkatkan potensi permasalahan lereng, terutama berkenaan dengan potensi keruntuhan lereng batuan (*rock slope failure*) yang semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang mendalam mengenai kondisi kestabilan lereng untuk mendeterminasi kemampuan lereng akan stabil tanpa diberi perkuatan atau memilih jenis perkuatan yang dibutuhkan apabila lereng

tersebut memiliki potensi kelongsoran yang cukup besar.

1.3. Maksud Dan Tujuan

Maksud dilakukan penelitian ini ialah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor, sedangkan tujuan dilakukan penelitian ini yaitu:

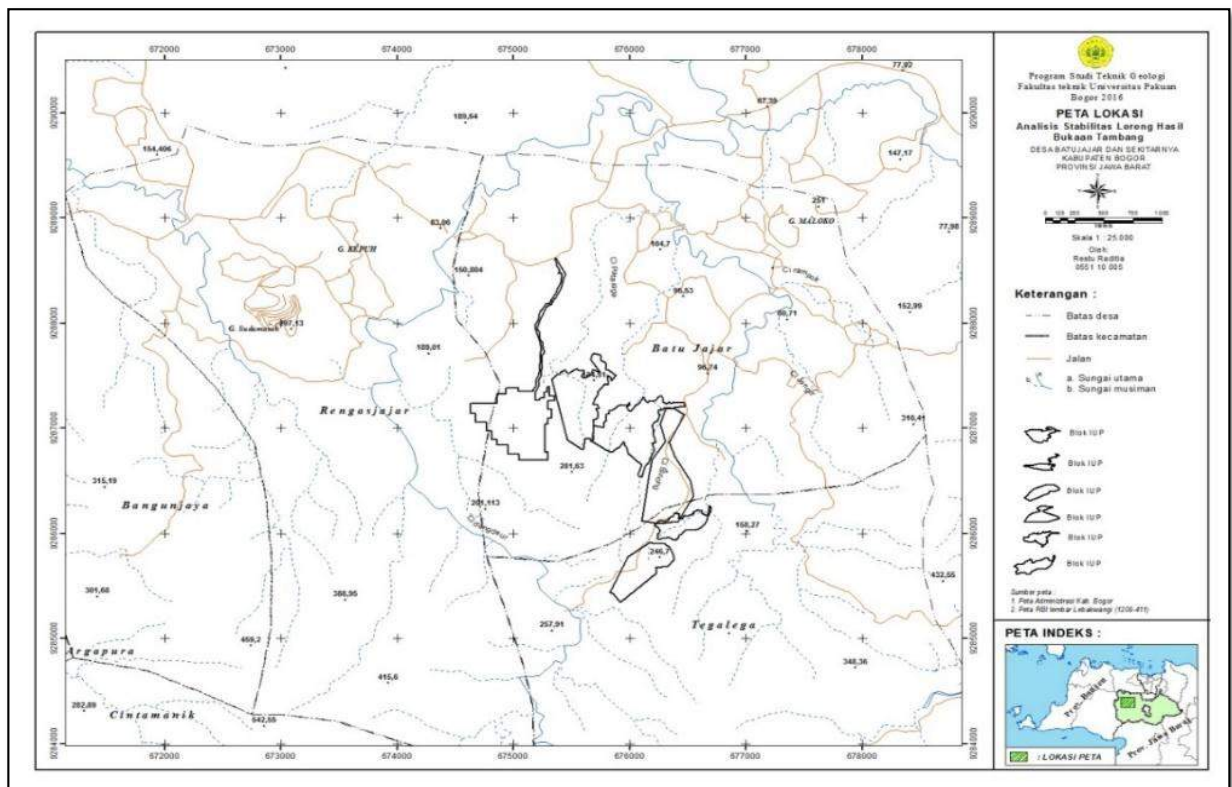
- Investigasi diskontinuitas batuan (khususnya orientasi diskontinuitas) di lereng yang diteliti.
- Untuk mengetahui adanya potensi tipe keruntuhan pada suatu aktivitas pemotongan lereng batuan, perlu dilakukan pengukuran orientasi diskontinuitas yang dilakukan sesudah lereng batuan tersebut tersingkap.
- Mengkaji potensi keruntuhan batuan dengan metode desain empiris dan klasifikasi massa batuan.
- Metode analitik untuk memprediksi potensi keruntuhan batuan dan cara penanggulangannya seringkali tidak efektif (Maerz, 2000). Oleh karena itu, penggunaan desain empiris dan klasifikasi massa batuan menjadi penting (Franklin dan Maerz,

1996).

- Klasifikasi massa batuan (*rock mass classification*) berarti mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah diyakini dapat mencerminkan perilaku massa batuan tersebut. Analisis yang digunakan adalah *rock mass rating* (RMR) atau *geomechanic classification system* (Bieniawski, 1984) dan *slope mass rating* (SMR) yang digunakan oleh Romana (1985).
- Mengkaji faktor keselamatan dari lereng yang berpotensi terjadinya longsor.
- Kajian ini diawali dengan pengidentifikasian jenis potensi longsor pada lereng dan merokontrukdikan dua bidang diskontinus terhadap arah dan kemiringan lereng dengan menggunakan bantuan perangkat lunak swadge.

1.4. Waktu dan Lokasi Penelitian

Studi kerja praktek ini dilakukan mulai tanggal 11 Oktober 2015 hingga 17 Oktober 2015. Lokasi penelitian berada pada tambang-tambang terbuka bahan galian-c yang termasuk kedalam Desa Batujajar dan Tegallega Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor.



Gambar 1. Peta Lokasi Analisa Stabilitas Lereng

2. METODOLOGI

2.1. Analisis Kestabilan Lereng Tambang

Secara umum perpaduan orientasi diskontinus batuan akan membentuk tiga tipe longsoran/keruntuhan utama pada batuan (Gambar 1), yaitu:

- Keruntuhan geser planar (*plane sliding failure*),
- Keruntuhan geser baji (*wedge sliding failure*),
- Keruntuhan jungkiran (*toppling failure*).

Untuk mengetahui adanya potensi tipe keruntuhan pada suatu aktivitas pemotongan lereng batuan, perlu dilakukan pemetaan orientasi diskontinus yang dilakukan, baik sebelum maupun sesudah lereng batuan tersebut tersingkap. Sementara itu, metode analitik untuk memprediksi potensi keruntuhan batuan dan cara penanggulangannya seringkali tidak efektif (Maerz, 2000). Oleh karena itu, penggunaan desain empiris dan klasifikasi massa batuan menjadi penting (Franklin dan Maerz, 1996).



Gambar 2. Tipe keruntuhan utama pada batuan.

2.2. Kalasifikasi Massa Batuan Untuk Evaluasi Kestabilan Lereng

Desain empiris (*empirical design*) merupakan salah satu metodologi desain yang tidak menggunakan metode desain formal (yang pada umumnya menggunakan perhitungan atau persamaan analitis), namun lebih mendasarkan pada pengalaman kumulatif dari berbagai hasil penelitian terdahulu.

Sementara itu dalam kaitannya dengan rekayasa batuan, klasifikasi massa batuan (*rock mass classification*) berarti mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah diyakini dapat mencerminkan perilaku massa batuan tersebut. Salah satu contoh skema klasifikasi yang cukup populer dan yang telah memasukan elemen desain di dalamnya yaitu *rock mass rating* (RMR) atau *geomechanics classification system* (Bieniawski, 1984).

Selain itu, terdapat juga beberapa sistem klasifikasi massa batuan yang dirancang khusus untuk lereng, misalnya sistem *slope mass rating* (SMR) yang dikemukakan oleh Romana (1985). Sistem ini mendasarkan pada hasil RMR dengan memberikan beberapa sistem penyesuaian.

2.2.1. Klasifikasi sistem RMR (*rock mass classification*)

Klasifikasi geomekanika disusulkan oleh Bieniawski pada tahun 1984. Dalam menggunakan klasifikasi geomekanika, massa batuan dibagi menjadi beberapa kelompok daerah yang didasarkan kesamaan sifat dan karakteristik. Meskipun massa batuan bersifat diskontinuitas secara alamiah, namun pada setiap kelompok daerah yang telah dibagi akan memiliki kesamaan, seperti misalnya tipe batuan yang sama atau jarak spasi antar bidang diskontinuitas yang relatif sama. Setelah kelompok daerah ditentukan maka selanjutnya dicari parameter-parameter klasifikasi pada setiap kelompok daerah dengan melakukan pengukuran lapangan.

Didalam klasifikasi ini, lima parameter dasar diukur atau diestimasi secara langsung di lapangan, meliputi:

- Kuat tekan uniaksial material batuan (*intact rock*)
- RQD (*rock quality designation*)
- Spasi diskontinuitas
- Kondisi diskontinuitas
- Kondisi keairan/airtanah

Setelah parameter-parameter klasifikasi diperoleh, kemudian dihitung rating dari massa batuan dengan menggunakan rock mass rating system. Hasil akhir penilaian RMR kemudian dapat digunakan untuk mendeterminasi kemampuan lereng akan stabil tanpa diberi perkuatan dan memilih jenis perkuatan yang dibutuhkan.

2.2.2. Klasifikasi Slope Mass Rating (SMR)

Romana (1985) telah memodifikasi sistem klasifikasi RMR untuk menentukan kestabilan lereng dengan sistem klasifikasi SMR, Romana menambahkan faktor penyesuaian seperti orientasi bidang diskontinuitas dan metoda eskavasi lereng. Faktor penyesuaian untuk orientasi bidang diskontinuitas lebih memberikan gambaran yang lebih spesifik tentang bagaimana

menentukan sifat menguntungkan atau tidaknya orientasi bidang diskontinuitas terhadap orientasi lereng, pendekatan ini sangat cocok untuk penilaian awal kestabilan lereng batuan, termasuk batuan lunak ataupun massa batuan yang sangat terkekarkan.

Nilai SMR, diperoleh dari perhitungan bobot menurut klasifikasi RMR dan faktor-faktor penyesuaian F1, F2, F3, dan F4.

$$SMR = RMR + (F1 \cdot F2 \cdot F3) + F4$$

Dimana :

- F1 bergantung pada perbedaan besar sudut antara jurus bidang diskontinuitas dengan jurus dari permukaan lereng,
- F2 merupakan harga tangensial sudut kemiringan bidang diskontinuitas,
- F3 mencerminkan hubungan antara permukaan lereng dan kemiringan bidang diskontinuitas,
- F4 merupakan faktor penyesuaian yang berkaitan dengan metode eskavasi.

Setelah nilai SMR diperoleh maka nilai tersebut akan berada dalam salah satu kelas dengan nilai bobot tertentu.

2.3. Analisis Kinematika Untuk Evaluasi Kestabilan Lereng Batuan

Berbagai jenis longsoran lereng (slope failure) berhubungan dengan struktur-struktur geologi yang mengakibatkan adanya suatu diskontinuitas pada suatu massa batuan. Salah satu metode yang seringkali digunakan untuk melakukan identifikasi dan karakteristik bidang diskontinuitas pada singkapan lereng batuan yaitu scan line (Hudson dan Harrison 1997).

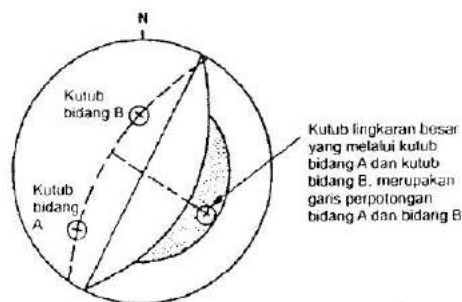
Dalam kaitannya dengan usaha pemetaan diskontinuitas batuan, scan line sampling harus dilakukan secara sistematis pada seluruh singkapan batuan yang ada, parameter yang diukur di lapangan adalah panjang lintasan scan line (L), jumlah diskontinuitas (N) dalam lintasan pengukuran, dan kedudukan bidang-bidang diskontinuitas. Dengan demikian maka frekuensi diskontinuitas dapat dinyatakan sebagai:

$$\lambda = \frac{N}{L}$$

dan rata-rata spasi diskontinuitas adalah

$$\bar{x} = \frac{L}{N}$$

Dalam memperhitungkan stabilitas lereng batuan, data kedudukan bidang-bidang diskontinuitas hasil pengukuran *scan line sampling* digunakan di dalam stereoplot. Pada umumnya, jika data struktur geologi telah diplot beberapa konsentrasi kutub yang



signifikan dapat hadir dalam stereoplot (Gambar 3.)

Gambar 3. Penggambaran kutub bidang-bidang struktur pada umumnya memperlihatkan konsentrasi kutub, misalnya kutub A dan B

Adalah sangat berguna untuk dapat memilih antara bidang-bidang yang berpotensi mengalami keruntuhan, dengan bidang-bidang yang kemungkinan tidak akan terlibat di dalam longsoran

Faktor kinematik lereng dikatakan memenuhi syarat untuk menyebabkan kestabilan lereng apabila pada lereng terdapat ruang bagi blok massa batuan untuk bergerak pada bidang gelincirnya menuju ruang tersebut (Hoek dan Bray, 1981)

2.3.1. Analisis Kinematika Dari Keruntuhan Geser Planar (Plane Failure)

Longsoran bidang (plane failure) adalah bentuk longsoran yang paling mudah untuk diidentifikasi dan dianalisis. Longsoran bidang dapat terjadi dengan bidang gelincir tunggal ataupun set bidang gelincir. Kondisi-kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan tipe ini adalah:

- Kemiringan lereng lebih besar daripada kemiringan bidang gelincir,

- Jejak bagian bawah bidang diskontinuitas yang menjadi bidang gelincir muncul dimana lereng,
- Bidang gelincir memiliki jurus yang sejajar atau hampir sejajar (maksimal 20°) dengan jurus permukaan lereng,
- Kemiringan bidang gelincir lebih besar daripada sudut geser dalamnya.

- Sudut kemiringan bidang diskontinuitas harus sama besar dengan kemiringan permukaan lereng,
- Plunge dari bidang gelincir harus lebih kecil dari kemiringan permukaan lereng dikurangi sudut geser dalam dari bidang gelincir tersebut.

2.3.2. Analisis Kinematika Dari Keruntuhan Geser Baji (Wedge Failure)

Keruntuhan geser baji akan terjadi bila ada dua bidang diskontinuitas atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng, Pernyataan lain yang harus terpenuhi antara lain adalah:

1. Arah garis perpotongan kedua bidang diskontinuitas harus mendekati arah kemiringan muka lereng,
2. Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang diskontinuitas,
3. Garis perpotongan dua bidang diskontinuitas harus menembus permukaan lereng,
4. Plunge dari garis perpotongan kedua bidang diskontinuitas lebih besar daripada sudut geser dalamnya,

2.3.3. Analisis Kinematika Dari Keruntuhan Jungkiran (Toppling Failure)

Keruntuhan jungkiran umumnya terjadi pada massa batuan yang kemiringan bidang-bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng. Bidang-bidang diskontinuitas tersebut membentuk kolom-kolom yang akan mengguling bila bidang diskontinuitas yang menghubungkan antar kolom menggelincir.

Analisis keruntuhan jungkiran lebih rumit bila dibandingkan dengan bentuk keruntuhan planar dan baji. Karena interaksi antar kolom yang mengguling secara simultan serta gaya-gaya geser yang terjadi antar kolom harus diperhatikan. Beberapa kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan tipe jungkiran adalah:

- Jurus dari bidang diskontinuitas harus paralel atau mendekati paralel dengan jurus permukaan lereng (perbedaan arah maksimal 20°),

3. KONDISI UMUM

3.1. Iklim dan Curah Hujan

Kawasan Cigudeg merupakan daerah beriklim tipe A dengan curah hujan antara 2500-4500 mm/tahun (Tabel 1). Suhu rata-rata kawasan ini adalah $28-29^\circ \text{C}$ dengan suhu minimal 23°C dan suhu maksimal adalah 33°C .

Tabel 1. Tabel curah hujan daerah Cigudeg dan sekitarnya

**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI DARMAGA BOGOR**

Stasiun : DARMAGA BOGOR Lokasi : 06.33' LS 106.45' BT
Elevasi : 207 m Data : Curah Hujan

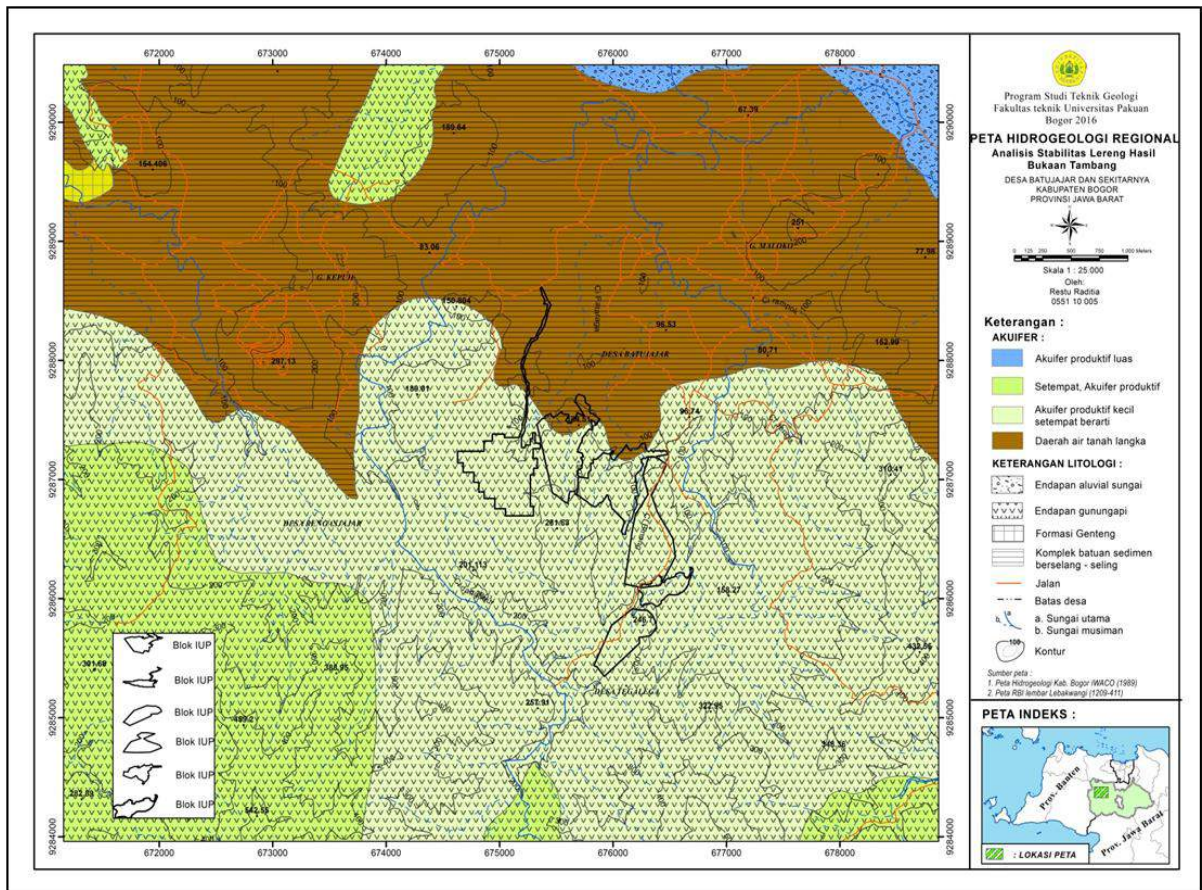
TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
2002	628	475	414	578	247	345	312	128	118	298	416	385
2003	212	638	471	308	501	180	25	91	270	552	328	398
2004	404	327	432	640	374	169	209	186	382	277	401	432
2005	537	680	588	388	428	682	216	163	320	351	423	252
2006	640	434	138	184	324	173	31	191	28	152	355	363
2007	373	438	276	473	198	274	134	248	206	236	444	476
2008	251	385	613	527	277	172	172	196	343	311	599	255
2009	381	395	281	250	371	338	131	33	157	416	407	288
2010	252	481	415	43	331	303	270	478	601	436	284	177
2011	203	77	140	278	362	275	202	142	106	257	458	345
2012	272	549	136	390	195	94	119	79	271	540	652	359

3.2. Hidrogeologi

Berdasarkan peta hidrogeologi regional kabupaten Bogor IWACO dan WASECO (1990), sistem akifer daerah penelitian terbagi menjadi 2, (Gambar 4). Pada bagian utara daerah penelitian termasuk dalam sistem Akifer produktifitas kecil, dimana batuan dasar di daerah penyelidikan berasal dari endapan gunung api muda yaitu breksi laharik, lava dan tuf. Sistem aliran air tanah pada lapisan akifer, umumnya melalui ruang antar butir dan rekahan, debit aliran air tanah kurang dari 5 liter/detik untuk daerah produktifitas kecil. Di bagian utara daerah penyelidikan termasuk dalam sistem akifer daerah air tanah langka, sistem ini tersusun atas batuan sedimen berselang-seling berupa batulempung, batugamping dan perselingan tipis batupasir. Berdasarkan hasil pengukuran di wilayah studi, kedalaman muka air yaitu kurang dari 1-10 m dengan debit umumnya kurang dari 0.000403-0.258000 m³/detik (Tabel 2).

Tabel 2. Tabel Pengukuran Debit Sesaat Di Daerah Penelitian

No	Kode Sungai	Nama Sungai	X	Y	Z	Debit sesaat (m ³ /det)
1	Sng01	Sungai Cirahong	675564	9285287	100	0.0064
2	Sng02	Sungai Cimanceuri	676619	9286965	111	0.0224
3	Sng03	Sungai Cimanceuri	673550	9287437	125	0.026
4	Sng04	Alur	676900	9286695	115	0.0045
5	Sng05	S. Cimanceuri, Kp. Jatinunggal	677209	9288305	98	0.101
6	Sng06	Alur di PT. GTM	676028	9287470	100	0.0042
7	Sng07	Alur di PT. PQN	676253	9287206	79	0.0081
8	Sng08	Alur	676478	9286048	90	0.0217
9	Sng09	Alur	676677	9286412	82	0.00092
10	Sng11	Alur di PT. MBS	674427	9288778	98	0.2589
11	SNGED_01	Sungai Cidangdeur	675583	9285006	191	0.62
12	SNGED_03	Sungai Leuwipanjang	675705	9288471	91	0
13	SNGED_04	Alur	676290	9288311	85	0.119
14	SNGSN_01	Sungai Cirampok	677617	9286996	134	0.0077
15	SNGRT_01	Sungai Cirampok	677728	9288227	98	0.09



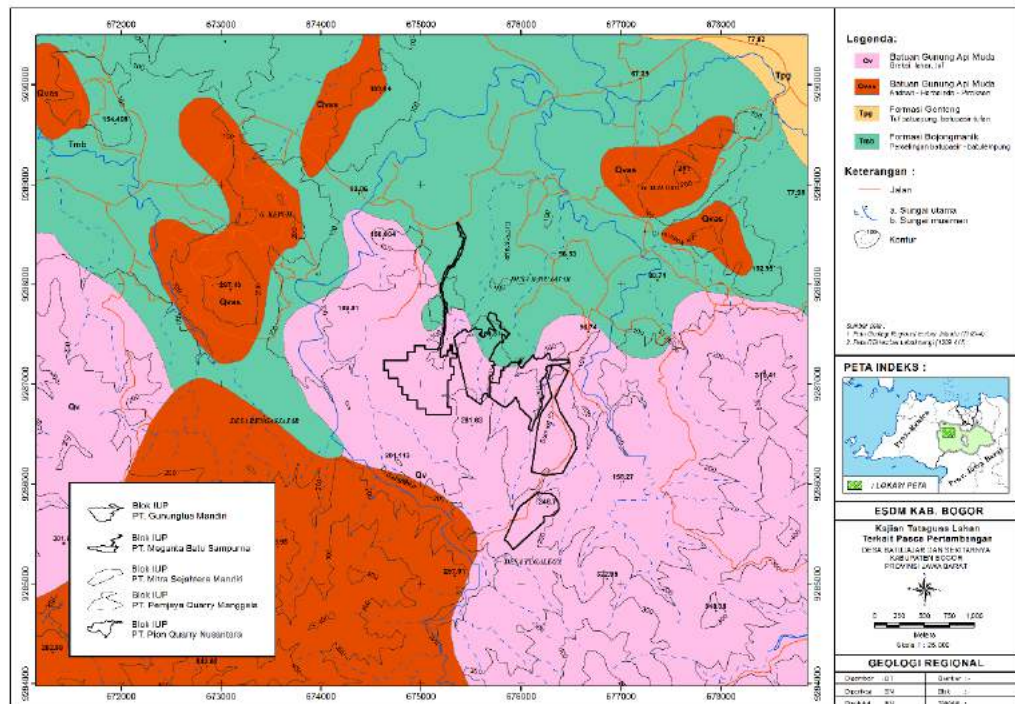
Gambar 4. Peta Geohidrologi Regional Daerah Penelitian

3.3. Geologi

Berdasarkan tatanan geologi daerah Jabodetabek termasuk ke dalam 2 zona fisiografi, yakni zona Bogor, menempati wilayah Bogor yang dicirikan oleh adanya antiklinorium dengan arah barat-timur dan wilayah Bogor merupakan kelanjutan dari zona Bandung yang dicirikan oleh adanya tinggian yang terdiri dari sedimen tua menyembul di antara endapan vulkanik. Batas kedua zona tersebut di lapangan tidak terlalu jelas karena tertutup oleh endapan gunung api Kuartar.

Batuan tertua menempati inti antiklin yang secara berurutan ditutupi oleh batuan yang lebih muda yang tersingkap pada bagian sayap antiklin di bagian utara dan selatan. Berdasarkan peta geologi lembar Bogor oleh A.C. Effendi, (1986) yang dikorelasikan dengan peta geologi lembar Jakarta oleh T. Turkandi, (1992) dapat dikelompokkan secara sederhana menjadi 3 satuan batuan (Gambar 5.), yaitu:

- Batuan sedimen tersier,
- Batuan endapan permukaan,
- Batuan vulkanik dan terobosan.



Gambar 5. Peta Geologi

a. Aluvium (Qa)

Terdiri dari lempung-pasir, kerikil, kerakal dan bongkahan. Endapan ini meliputi endapan pantai sekarang, endapan sungai dan rawa. Sebaran satuan ini terlampar di sepanjang pantai Utara dan di sepanjang lembah sungai besar. Endapan ini menyebar luas ke arah Timur pada lembar Karawang yang terdiri dari endapan sungai muda (Qa), endapan dataran banjir (Qaf) dan endapan batu dangkal (Qac).

b. Formasi Bojongmanik (Tmb)

Terdiri dari perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping. Tebal formasi ini diperkirakan mencapai 1.000 m. Berdasarkan kesamaan batuan dan

umur nisbinya, formasi ini dapat dikorelasikan dengan formasi Bojongmanik bagian bawah (Sudjatmiko, dkk. 1989). Pada lembar Bogor, Formasi Bojongmanik (Tmb) ini tertindih oleh tuf dan breksi (Tmtb), sedangkan pada lembar Jakarta tuf dan breksi merupakan bagian dari Formasi Bojongmanik (Tmb).

c. Formasi Genteng (Tpg)

Terdiri dari tufa batupung, batupasir, breksi andesit dan konglomerat dengan sisipan batulempung. Nama satuan ini didasarkan persamaan litologi dan penyebarannya di lembar Serang, dengan lokasi tipe di Desa Genteng, sebelah selatan Rangkasbitung, Banten. Nama lain adalah "Genteng Lagen"

(Anonymous, 1938) atau "Genteng Bed" (Van Bemmelen, 1949).

d. Endapan Gunung Api Muda (Qv)

Breksi, lahar, lava bantal, dan tuf breksi berselingan dengan tuf pasir atau tuf halus. Batuan gunung api ini diduga berumur Plistosen dan diendapkan dalam lingkungan darat, diperkirakan dari sumber Gunung Sudamanik. Di lembar Bogor (Effendi, 1986), satuan ini disebut sebagai Vulkanik Tua Tak Terurai (Qvu). Tebal lapisan beberapa puluh sampai ratusan meter. Sebarannya di sekitar Sungai Cipangaur dan Sungai Cimanceuri. Adanya lava berstruktur bantal menunjukkan bahwa lava ini tidak jauh dari sumbernya dan diendapkan dalam lingkungan air. Endapan Gunung Api Muda ini menyebar ke Lembar Bogor sebagai Aliran Lava (Qv) dan Batuan Gunung Api Tua Tak Dipisahkan (Qvu).

e. Andesit Sudamanik (Qvas)

Terdiri dari andesit. Andesit kelabu kehitaman, padat, porfiritik dengan piroksen, hornblenda dan plagioklas sebagai fenokris dan bermassa dasar felspar. Di beberapa tempat berstruktur meniang atau "sheeting". Batuan ini membentuk kerucut tumpul di Gunung Sudamanik dan kerucut kecil-kecil di sekitarnya. Diduga bahwa kerucut ini merupakan sumbat gunung api ("volcanic neck") atau "parasitic cone" dari Gunung Sudamanik. Umur batuan ini diduga sama dengan atau lebih muda dari endapan gunung api (Qv), yaitu Plistosen. Geologi Regional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kinematik

Pada prinsipnya terdapat dua proses untuk melakukan evaluasi kestabilan lereng batuan. Langkah yang pertama adalah menganalisis pola-pola atau orientasi diskontinuitas yang dapat menyebabkan kestabilan lereng batuan. Proses ini pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode stereografi dan analisis kinematik.

4.1.1. Data Diskontinuitas

Pengamatan dan pencatatan terhadap orientasi diskontinuitas dilakukan dengan cara sistematis dengan menggunakan metode scanline sampling. Dengan panjang bentangan yang digunakan secara umum rata-rata 50 meter. Lokasi bentangan dipilih pada daerah singkapan yang secara keselamatan kerja dapat dilakukan pengukuran.

Pengukuran scanline sampling dilakukan sebanyak 5 buah lintasan. Lokasi pengukuran ini dilakukan di daerah penambangan aktif dari tiap lokasi tambang. Pengukuran ini untuk mendapatkan arah umum dari struktur yang ada di sekitar tambang. Aturan arah bidang yang dipakai adalah DIPDIRECTION/DIP. menunjukkan hasil pengukuran di lapangan beserta lokasi pengukuran.

4.1.2. Interpretasi Set Diskontinuitas Utama

Pemilihan didasarkan atas orientasi diskontinuitas, meliputi jurus dan arah kemiringan bidang diskontinuitas, diskontinuitas-diskontinuitas yang sejenis dan memiliki orientasi yang relatif sama dikelompokkan menjadi satu set diskontinuitas tertentu.

Dari proses pengelompokan tersebut dengan menggunakan bantuan dari perangkat lunak stereonet dan dips. Didapat ada dua set diskontinuitas untuk segmen 1 dilokasi pengamatan 1 menunjukkan adanya potensi longsorang baji dua set diskontinuitas di segmen 2 dilokasi pengamatan 2 menunjukkan adanya potensi longsorang jungkiran dua set diskontinuitas pada segmen 3 dilokasi pengamatan 3 menunjukkan adanya potensi longsorang baji dua set diskontinuitas pada segmen 4 dilokasi pengamatan 4 menunjukkan adanya potensi longsorang baji dan 4 set diskontinuitas pada segmen 5 dilokasi pengamatan 5 menunjukkan adanya potensi longsorang baji (Tabel 3)

Tabel 3. Tabel Set Orientasi Umum Yang Hadir Disetiap Segmen

No	Lokasi Pengamatan	Set Diskontinuitas Dip Direction/dip	Tipe Longsorang
1	Segmen 1	N 43° E/ 61°, N 122° E/ 89°.	Longsorang Baji
2	Segmen 2	N 36° E/ 75°, N 69° E/74°.	Longsorang Jungkiran
3	Segmen 3	N 87° E/ 79°, N 11° E/ 80°.	Longsorang Baji
4	Segmen 4	N 271° E/ 40°, N 261° E/ 85°.	Longsorang Baji
5	Segmen 5	N 118° E/ 76°, N 79° E/86°, N 59° E/ 85°, N 297° E/ 76°.	Longsorang Baji

4.2. Data Laboratorium

Sifat fisik dan mekanik batuan di daerah penelitian meliputi nilai massa jenis, kadar air, derajat kejenuhan, porositas, dan void ratio, kuat tekan (Tabel 4).

Tabel 4. Tabel Sifat Fisik dan Mekanika Batuan

No.	SAMPLE	INDEX PROPERTIES													UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH	
		Natural	Natural	Saturat	Absorpt	Dry	Deg. Of	Porosity	Ap	TRUE	Void	Natural				
		Density	Water	Density	ST. Water	Density	Saturated		Spec.	Spec.	Ratio					
ID	ρ	Content	s	%	d	S	n	Gravity	Gravity	e	q _c	E (Ksat)				
	g/cm ³	%	g/cm ³	%	g/cm ³	%	%	%	%	%	kg/cm ²	kg/cm ²				
1	GTM GT 02	2.355	3.04	2.433	6.49	2.285	46.84	14.82	2.2852	2.6828	0.174	248.576	47190.60			
2	MSM GT 02	2.636	0.58	2.645	1.38	2.610	71.43	3.59	2.6103	2.7074	0.037	497.152	73110.60			
3	MBS GT 05	2.510	3.67	2.530	4.82	2.422	76.12	11.67	2.4216	2.7416	0.132	361.150	51470.07			
4	PQM GT 01	2.559	2.25	2.581	3.14	2.583	71.74	7.86	2.5826	2.7161	0.085	497.152	48825.73			
5	PQM GT 01	2.581	1.53	2.599	2.36	2.579	69.23	5.99	2.5792	2.7010	0.054	916.018	59482.22			

Dengan nilai RQD berada pada kisaran 82-85%, kekuatan batuan utuh 248,58-986,02 Kg/cm² (0.85-3.42 Mpa) , kekuatan indeks lapangan 50-100 MPa, nilai kohesi dan sudut geser dalam 0,2-0,275 Mpa, sudut geser dalam 26,5o-31o.

4.3. Analisis Kestabilan Lereng Batuan

Untuk menganalisis penulis menggunakan klasifikasi massa batuan berupa rock mass rating (Bienawski,1984) yang kemudian diaplikasikan untuk analisis kestabilan lereng batuan dengan menggunakan klasifikasi slope mass rating (Romana, 1985)

4.3.1. Kalsifikasi Massa Batuan dengan Sistem Rock Mass Rating (RMR)

Dalam sistem RMR, terdapat lima parameter dasar yang digunakan untuk mengklasifikasikan massa dasar batuan dalam suatu kelas tertentu. Kelima parameter ini yaitu:

Kuat Tekan Uniaksial Andesit, dalam kaitannya untuk mencari parameter kekuatan batuan, penulis menggunakan metode point load. Tujuan metode ini adalah untuk mendapatkan indeks kekuatan batuan dengan beban titik terhadap andesit. Dari hasil uji kekuatan batuan sebesar 0.85-3.42 Mpa.

Rock quality designation pertama kali dipopulerkan oleh Deere dkk (1967). RQD adalah presentase yang menunjukkan perbandingan antara inti batuan utuh yang memiliki panjang lebih dari 10 cm terhadap panjang total keseluruhan inti batuan. Dari hasil pengamatan dapat dikatakan bahwa massa batuan pada keseluruhan segmen memiliki presentase RQD berkisar antara 82%-85%. Spasi Diskontinuitas atau rekahan adalah jarak antara dua rekahan terdekat yang saling sejajar pada arah normal atau tegak lurus bidang rekahan (Priest dan Hudson, 1976). Oleh karena itu pengukuran spasi rekahan dilakukan pada rekahan-

rekahan dalam set yang sama. Pengambilan jarak spasi rekahan ini dilakukan langsung di lapangan dengan jarak berupa 60 mm-200mm.

Kondisi diskontinuitas merupakan salah satu parameter kompleks dalam klasifikasi RMR, terdiri dari beberapa sub-parameter yaitu roughness (kekerasan), separation (bukaaan), filling (material pengisi, persistence (kemenerusan), dan weathering (pelapukan). Dari parameter diatas maka bidang diskontinuitas terdapat pada kondisi slighly rough surface, separation<1mm, slighly wearhered wall.

Dalam klasifikasi RMR, kondisi airtanah dapat diperkirakan dengan tiga cara yaitu mengjitung kecepatan aliran air dalam terowongan, menghitung rasio tekanan pori, dan memberikan gambaran umum kondisi airtanah. Namun apabila klasifikasi RMR diaplikasikan pasda lereng batuan, informasi mengenai kondisi airtanah secara umum didasarkan sudah mencukupi (Romana 1985). Pengamatan airtanah secara umum dapat dilakukan pada kondisi hidrologi daerah penelitian yang membagi menjadi dua jenis akuifer yaitu akifer daerah air tanah langka dan akifer produktifitas kecil serta pengamatan langsung dari kondisi lereng dengan kondisi air mengalir lewat celah-celah rekahan bidang diskontinuitas.

Setelah lima parameter ini dibahas, massa batuan pada setiap segmen lereng penelitian dapat dikatagorikan berdasarkan kalsifikasi RMR tersebut. Perhitungan klasifikasi RMR diberikan pada tabel 5. Dari hasil perhitungan, didapatkan kisaran nilai RMR pada keseluruhan segmen adalah 54-55. Dari hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan massa batuan penyusun lereng masuk dalam kelas III (fair rock). dengan deskripsi rata-rata pergerakan dalam 1 minggu 5 m. kohesi massa batuan sebesar 200-300 kPa, dan arah pergeseran massa batuan sebesar 25-35°.

Tabel 5. Hasil Rekafitulasi Perhitungan RMR

ID	UCS	RQD	SD	Roughness	GW	RMR
LP-01	1	17	8	25	4	55
LP-02	0	17	8	25	4	54
LP-03	1	17	8	25	4	55
LP-04	1	17	8	25	4	55
LP-05	1	17	8	25	4	55

4.3.2. Analisis Kesetabilan Lereng Berdasarkan Slope Mass Rating (SMR)

Hasil analisis kinematik dan klasifikasi RMR yang telah dilakukan dijadikan suatu parameter masukan dalam SMR. Jika dilihat pada tabel 6.5 dan tabel 6.6 dari setiap faktor-faktor yang berpengaruh yang dimasukkan kepada rumus SMR maka didapat nilai hasil SMR (Tabel 6.) untuk lereng tunggal nilainya yaitu 50,8-55 sedangkan pada lereng keseluruhan 50,25-55 yang keseluruhannya termasuk kedalam kelas III.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai SMR Untuk Setiap Lereng Berupa Lereng Tunggal dan Lereng Keseluruhan.

	Lereng									
	Segmen 1		Segmen 2		Segmen 3		Segmen 4		Segmen 5	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
RMR	55		54		55		55		55	
F1	0,7	0,7	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,7	0,7
F2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F3	0	-6	-25	-25	-6	-6	0	0	-6	0
F4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SMR	55	50,8	50,25	50,25	54,1	54,1	55	55	50,8	55
Kelas	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

1. Lereng Tunggal 2. Lereng Keseluruhan

Dari hasil nilai SMR dari setiap lereng memiliki deskripsi kondisi lereng berupa secara umum model lereng di lokasi penelitian berupa normal baik pada lereng keseluruhan maupun lereng tunggal dalam kondisi yang hampir stabil, namun dalam kondisi yang hampir stabil masih ada potensi terjadinya longsor. Potensi yang terjadi dapat berupa blok dan melalui joint atau beberapa bidang baji.

4.3.3. Kajian Awal Desain Perkuatan Lereng Batuan

Banyak cara yang dapat digunakan untuk menanggulangi terjadinya longsor pada suatu lereng batuan. Penulis menggunakan klasifikasi SMR dalam memilih jenis perkuatan yang dibutuhkan secara optimum dan efektif. Pada umumnya jenis perkuatan yang dapat digunakan untuk usaha stabilitasi lereng batuan dibagi menjadi enam kelas yang berbeda.

Pemilihan jenis perkuatan yang sesuai harus didaraskan atas dua hal utama, yaitu tipe runtuh utama yang terjadi dan frekuensi dari diskontinuitas yang ada. Berdasarkan hal tersebut, Romana (1985) memberikan panduan untuk memilih jenis perkuatan yang

dibutuhkan berdasarkan nilai SMR yang didapatkan.

Berdasarkan tabel 6.18, dengan nilai SMR berupa 50.25-55, maka untuk jenis kelas perkuatannya termasuk pada kelas IIIa dengan jenis perkuatan pembuatan paritan pada kaki lereng dikombinasikan dengan jala kawat, pemasangan baut pada batuan secara sistematis, dan beton semprot pada beberapa bagian lereng.

4.3.4. Analisis Potensi Longsor Baji

Hasil analisis stereografis tampak adanya potensi longsor baji untuk segmen 1, 3, 4, dan 5. Untuk mengetahui faktor keamanan terhadap jenis longsor ini maka dilakukan analisis menggunakan program Swedge yang menggunakan faktor keamanan, yaitu perbandingan anatar gaya penahan dan gaya penggerak yang diperhitungkan pada bidang gelincirnya.. Sedangkan penampang 2 tidak dianalisis karena tidak menunjukkan adanya bidang lemah yang berpengaruh.

Analisis faktor keamanan potensi longsor baji diolah menggunakan Swedge. Asumsi perhitungan faktor keamanan dilakukan dengan beberapa kondisi, yaitu kondisi kering, kondisi jenuh, kondisi kering dengan nilai gempa, kondisi jenuh dengan nilai gempa, dan kondisi jenuh dengan tension crack. Kondisi kering diasumsikan lereng dalam keadaan kering tanpa adanya pengaruh air sama sekali. Kondisi dengan adanya faktor gempa diasumsikan sebesar 0,1 g. Kondisi jenuh diasumsikan lereng dalam keadaan jenuh terisi air 100 %. kondisi jenuh dengan asumsi terdapat tension crack berjarak 2,5 meter dari ujung crest.

Berdasarkan nilai faktor keamanan yang berdasarkan klasifikasi nilai faktor keamanan menurut sastrodarsono menunjukkan bahwa kondisi lereng tunggal di lokasi penelitian secara umum dalam keadaan kurang stabil, yang ditunjukkan dengan nilai faktor kemannya kurang dari 1 kemantapannya tidak mantap, yaitu pada Segmen 1 dan Segmen 3 dalam semua kondisi dan pada Segmen 5 hanya pada kondisi jenuh+gempa dan kondisi jenuh+crack tensions.

Dengan data curah hujan yang tinggi pada bulan Oktober-Februari dengan kondisi

demikian dikhawatirkan potensi longsoran meningkat karena massa batuan yang bertambah berat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Di daerah penelitian didapat dilokasi pengamatan 1, 3, 4 dan 5 menunjukkan adanya potensi longsoran baji, potensi longsorang jungkiran Lokasi 2. Nilai RQD berada pada kisaran 82-85%, kekuatan batuan utuh 248,58-986,02 Kg/cm² (0.85-3.42 Mpa), kekuatan indeks lapangan 50-100 MPa, nilai kohesi dan sudut geser dalam 0,2-0,275 Mpa, sudut geser dalam 26,5°-31°. Bidang diskontinuitas terdapat pada kondisi slightly rough surface, separation < 1mm, slightly wearhered wall, dengan nilai RMR 54-55, nilai massa batuan penyusun lereng masuk dalam kelas III (*fair rock*) dengan deskripsi rata-rata pergerakan dalam 1 minggu 5 m. kohesi massa batuan sebesar 200-300 kPa, dan arah pergeseran massa batuan sebesar 25-35°. Sementara nilai SMR yaitu untuk lereng tunggal nilainya yaitu 50,8-55, secara umum model lereng di lokasi penelitian berupa normal baik pada lereng keseluruhan maupun lereng tunggal dalam kondisi yang hampir stabil, namun masih ada potensi terjadinya longsoran potensi berupa blok dan melalui joint atau beberapa bidang baji 50,25-55 yang keseluruhannya termasuk kedalam kelas III.

5.2. SARAN

Kondisi lereng tunggal di lokasi penelitian secara umum dalam keadaan kurang stabil, yang ditunjukkan dengan nilai faktor kemantapannya kurang dari 1 kemantapannya tidak mantap, yaitu pada Segmen 1 dan Segmen 3 dalam semua kondisi dan pada Segmen 5 hanya pada kondisi jenuh+gempa dan kondisi jenuh+crak tensions, potensi longsoran akan meningkat terutama pada bulan Oktober s.d. Februari, saat curah hujan tinggi. Jenis kelas perkuatannya termasuk pada klas IIIa dengan jenis perkuatan pembuatan paritan pada kaki lereng dikombinasikan dengan jala kawat, pemasangan baut pada batuan secara sistematis, dan beton semprot pada beberapa bagian lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bienawski, Z. T. (1989). “*Engineering Rock Mass Classifications*”. (A Complete Manual for Engineering and Geologist in Mining, Civil and Petroleum Engineering), Jhon Willey & Sons – Interscience Publication, Canada.
- [2]. Bouwer, H. (1978), “*Ground Water Hydrology*”. Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd.
- [3]. C. Venkatramaiah (1993) ‘*Geotechnical Engineering*’, New Delhi, India
- [4]. Chapman, R. E. (1981), “*Geology and Water*”, *Introduction to Fluid Mechanics for Geologist*.
- [5]. Davis, S. N. and de Wiest. (1996), “*Hydrogeology*”, Jhon Willey and Sons, New York.
- [6]. David Keith Todd (1980), “*Groundwater hydrology*”, new York chichester Brisbane Toronto, USA
- [7]. Fetter, C. W. (1989), “*Applied Hydrogeology*”.
- [8]. Hoek, E. and Bray, J. W. (1981). “*Rock Slope Engineering*”. *The Institute of Mining and Metallurgy* (imm), London.
- [9]. SK Men ESDM No. 7 (2014). “Kepmen Rencana Reklamasi dan Pasca Tambang”.
- [10]. Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Tata Ruang, dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 06/PRT/M/2007 tentang Pedoman Umum Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan.
- [11]. Peta RBI Lembar LEBAKWANGI (1209-411)
- [12]. Turkandi, dkk. (1992), “Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

PENULIS :

1. **Ir. Solihin, MT.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.
2. **Restu Raditia, ST.** Alumni Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.