

Kajian Pengembangan dan Kelayakan Laboratorium Geomekanika di Balai Pengujian Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Barat

Study on Development and Feasibility of Geomechanics Laboratory at Testing Center of Energy and Mineral Resources Office West Java province

¹Try Yudha Zulfikar, ²Zaenal, ³Maryanto

^{1,2}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email:¹yudha.zulfikar@yahoo.com, ²zaenal_mq@yahoo.com, ³maryanto_geo@yahoo.com

Abstract.Laboratory of Rock Geomechanics Equipment at Testing Center of ESDM Service of West Java Province can be said not feasible, because of 7 mechanical rock testing equipment, only available 5 test equipments. The condition of the available testing tools is not available and there are some tools that have been damaged so that repairs and re-calibration are required, and the completeness of the test equipment (dial gauge, slider, ruler, and other equipment) is not available on any test equipment. Costs required for the repair and procurement of rock geomechanics equipment to be said worth Rp 131.225.000. The condition of the room of Geomechanics Laboratory of Batuan at ESDM Testing Center of West Java Province can be said not feasible, it is because the test room only has an area of 11.46 m², the area has no decent space / dimension calculated from the circumstances and has no safe space (Space) When calculated the room requires a room area of 118.12 m². Human Resources is important to support the continuity of a laboratory to be able to perform basic tasks in the laboratory starting from sample preparation, tools. Human Resources at the Testing Centers The ESDM Service is not feasible for the absence of human beings, therefore it takes occasionally 5 people (consisting of operators and data analysts) to be able to say worthy. The target prospects / targets of geomechanical laboratory tests are as many as 153 Mining Permits (IUP) in 2017 which consists of testing the physical properties of rocks (strength of air and weight of contents), compressive strength test (UCS) and residual shear strength test. The target target for the year is Rp 642,600,000. In 2018 the target of geomechanics laboratory test target is 149 Licenses. SNI 03-7012-1994 Procedures undertaken. And the compressive strength test of residual, triaxial and load point. The target target for the year is Rp 794,666,667. While in 2019 the target of geomechanics laboratory test target is 120 IUP. With the testing level. And shear, residual, triaxial and point load shear, tensile and ultrasonic strength test. The target target for the year is Rp 720,000,000.

Keywords: Eligibility, laboratory, rock geomechanics, testing, ESDM Service.

Abstrak.Ketersediaan peralatan pengujian Laboratorium Geomekanika Batuan di Balai Pengujian Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat dapat dikatakan tidak layak, karena dari 7 peralatan pengujian mekanika batuan, hanya tersedia 5 peralatan pengujian. Kondisi alat pengujian yang tersedia pun sudah lama tidak digunakan dan terdapat beberapa alat yang mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan perbaikan serta kalibrasi ulang, dan kelengkapan instrument alat pengujian (dial gauge, jangka sorong, penggaris, dan peralatan lainnya) pun tidak tersedia pada setiap peralatan pengujianya. Sehingga dibutuhkan biaya untuk perbaikan dan pengadaan peralatan pengujian geomekanika batuan agar dapat dikatakan layak uji sebesar Rp 131.225.000. Kondisi ruangan Laboratorium Geomekanika Batuan di Balai Pengujian ESDM Provinsi Jawa Barat dapat dikatakan tidak layak, hal tersebut karena ruangan pengujian hanya memiliki luas sebesar 11,46 m², luasan tersebut tidak memiliki space/dimensi yang layak dihitung dari keadaan ketika peralatan beroperasi dan tidak memiliki ruang aman (*safety space*). Apabila dikalkulasikan ruangan tersebut membutuhkan luas ruangan seluas 118,12 m². Ketersediaan Sumber Daya Manusia merupakan hal yang penting guna menunjang keberlangsungan suatu laboratorium untuk dapat menjalankan tugas-tugas pokok di laboratorium mulai dari preparasi sampel, pengoperasian alat, serta analisis data. Sumber Daya Manusia di Balai Pengujian Dinas ESDM tidak layak dikarenakan tidak adanya ketersediaan manusia, oleh karena itu dibutuhkan ketersediaan 5 orang (terdiri dari operator dan analis data) agar dapat dikatakan layak. Prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika adalah sebanyak 153 Izin Usaha Pertambangan (IUP) pada tahun 2017 yang terdiri dari pengujian sifat fisik batuan (kadar air dan berat isi), uji kuat tekan (UCS) dan uji kuat geser residu. Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 642.600.000. Pada tahun 2018 prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika sebanyak 149 Izin. Adapun

pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisik batuan (kadar air dan berat isi), uji kuat tekan (UCS) dan uji kuat geser residu, triaxial dan point load. Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 794.666.667. Sedangkan pada tahun 2019 prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika sebanyak 120 IUP. Dengan rincian pengujian meliputi pengujian sifat fisik batuan (kadar air dan berat isi), uji kuat tekan (UCS) dan uji kuat geser residu, triaxial dan point load, kuat tarik dan ultrasonic. Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 720.000.000.

Kata Kunci:Kelayakan, laboratorium, geomekanika batuan, pengujian, Dinas ESDM.

A. Pendahuluan

Undang-Undang No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintah Daerah, telah mengamanatkan kewenangan Pemerintah Provinsi di bidang Energi dan Sumber Daya Mineral antara lain pemberian rekomendasi teknis dalam rangka penerbitan IUP (Izin Usaha Pertambangan) Eksplorasi dan Operasi Produksi untuk mineral logam, non logam dan batuan pada wilayah provinsi termasuk wilayah laut sampai dengan 12 mil laut serta penetapan harga patokan mineral bukan logam dan batuan. Penyediaan pelayanan pengujian geomekanika merupakan salah satu upaya yang dapat mendukung pelaksanaan kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Barat khususnya dalam pengelolaan perusahaan sumberdaya mineral.

Hasil pengujian berupa data teknis kualitas mineral dan batuan sebagaimana tersebut diatas memiliki berbagai manfaat antara lain sebagai pelengkap bahan rekomendasi teknis persyaratan penerbitan dan perizinan (IUP), untuk menentukan harga berbagai jenis material batuan / mineral di sektor hilir (pengguna). Selain itu juga hasil pengujian berupa retribusi jasa pelayanan pengujian laboratorium dapat berkontribusi langsung kepada pendapatan asli daerah.

Namun, sebelum dapat memberikan pelayanan pengujian geomekanika dibutuhkan persiapan khusus meliputi kesiapan peralatan pengujian, ruang pengujian serta Sumber Daya Manusia (operator dan analis data). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian pengembangan dan kelayakan di laboratorium geomekanika di Balai Pengujian Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Barat.

B. Landasan Teori

Geomekanika merupakan suatu cabang ilmu dari geoteknik yang mempelajari kondisi material alami terhadap gejala deformasi akibat pengaruh dari gaya atau tekanan pada sebuah bidang yang berhubungan dengan kondisi batuan/tanah.

Mekanika batuan adalah ilmu yang mempelajari sifat dan perilaku batuan apabila dikenakan gaya atau tekanan, mekanika batuan ini biasanya dilakukan pengujian sehingga didapatkanlah sifat mekanis dari batuan hasil pengujian tersebut.

Untuk memahami tentang mekanika batuan terlebih dahulu harus dipahami mengenai prinsip-prinsip dasar mengenai mekanika batuan, adapun prinsip-prinsip dasar tersebut adalah:

i. Gaya (*Force*)

Gaya merupakan suatu vektor yang dapat merubah gerak dan arah pergerakan suatu benda. Satu gaya dapat diurai menjadi 2 komponen gaya yang bekerja dengan arah tertentu, dimana diagonalnya mewakili jumlah gaya tersebut. Gaya yang bekerja diatas permukaan dapat dibagi menjadi 2 komponen yaitu: satu tegak lurus dengan bidang permukaan dan satu lagi searah dengan permukaan.

ii. Tegangan (*Stress Force*)

Tegangan adalah gaya yang bekerja pada suatu luasan permukaan dari suatu benda. Tegangan juga dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi yang terjadi pada batuan sebagai respon dari gaya-gaya yang berasal dari luar. Kekuatan suatu batuan sangat tergantung pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk

menghasilkan retakan/rekahan.

iii. Gaya Tarikan (*Tension Force*)

Gaya tarikan merupakan gaya yang dihasilkan oleh tegangan, dan melibatkan perubahan panjang, bentuk (*distortion*) atau dilatasi (*dilation*) atau ketiganya. Bila terdapat perubahan tekanan litostatik, suatu benda (homogen) akan berubah volumenya (dilatasi) tetapi bukan bentuknya. Perubahan bentuk biasanya terjadi pada saat gaya terpusat pada suatu benda. Bila suatu benda dikenai gaya, maka biasanya akan dilampaui ketiga fasa, yaitu fasa elastisitas, fasa plastisitas, dan fasa pecah. Setiap batuan mempunyai kekuatan yang berbeda-beda, walaupun terdiri dari jenis yang sama. Hal ini dikarenakan kondisi pembentukannya juga berbeda-beda.

Pengujian mekanika batuan sendiri terdiri beberapa pengujian, diantaranya adalah:

i. Pengujian Sifat Fisik.

Pada dasarnya batuan memiliki sifat fisik tersendiri dan menjadi pembeda antara batuan yang satu dengan batuan lainnya. Dalam ilmu geomekanika, sifat fisik batuan terdiri dari: Kadar Air, Densitas, Bobot Isi, Berat Jenis, Porositas, Angka Poridan Derajat Kejenuhan.

ii. Pengujian Sifat Mekanik.

Pengujian sifat mekanik terdiri dari beberapa pengujian, diantaranya adalah: Kuat Tekan Uniaksial, Kuat Geser Batuan, Triaxial Batuan, *Point Load Test*, Kuat Tarik.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tingkat Kelayakan Berdasarkan Peralatan Preparasi dan Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian di laboratorium, contoh batuan haruslah dipreparasi terlebih dahulu, dengan tujuan agar sesuai dengan syarat-syarat dalam pengujian. Peralatan preparasi memiliki standar baku menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) maupun ASTM (*American Society for Testing Material*).

Bentuk dan ukuran sampel yang sesuai dengan standar SNI dan ASTM diharapkan akan menghasilkan pengujian yang representative dan memudahkan dalam analisis hasil pengujian. Berikut terdapat beberapa alat preparasi pengujian yang ada di Balai Pengujian Dinas EDM Provinsi Jawa Barat, yaitu:

Tabel 1. Analisa Peralatan Preparasi Laboratorium Geomekanika Balai Pengujian Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat

No	Alat Preparasi	Ketersediaan	Quantity	Kondisi dan Biaya yang Harus Dikeluarkan		Keterangan	Sumber
				Baik	Biaya (Rp)		
1	Cutting Machine	✓	1	✓	400.000	Perlu ditambahkan penjepit batuan pada bagian sisi <i>cutting machine</i>	CV Sarana Jaya Mineral
2	Mesin Perata	✓	1	✓		-	
3	Alat Pengukur kerataan	X	0	-	400.000	Tidak ada	Indotest Multi Laboratama
4	Coring Machine	✓	1	✓	7.000.000	Mata bit coring aus	CV Sarana Jaya Mineral

5	Alat ukur (Jangka Sorong)	x	x		1.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
6	Lapping Machine/Mesin Gerinda	✓	1	✓	-	-	

Sumber: Data Hasil Kegiatan Tugas Akhir, 2017

Tabel 2. Analisa Peralatan Sifat Fisik Batuan

Alat Bantu Sifat Fisik	Ketersediaan	Quantity	Kondisi dan Biaya yang Harus Dikeluarkan		Keterangan	Sumber
			Baik	Biaya (Rp)		
a. Desicator	x	x	-	6.000.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
b. Container (wadah sampel), 1 set	x	x	-	2.000.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
c. Jangka Sorong/Penggaris	x	x	-	1.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
d. Penggaris	x	x	-	125.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
e. Vakum pump	x	x	-	13.000.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
f. Oven	✓	1	✓		-	
g. Timbangan (ketelitian 0,1 gr)	x	x	-	7.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral

Sumber: Data Hasil Kegiatan Tugas Akhir, 2017

Tabel 3. Analisa Peralatan Uji Mekanik Batuan

Pengujian	Ketersediaan	Quantity	Kondisi dan Biaya yang Harus Dikeluarkan		Keterangan	Sumber
			Baik	Biaya (Rp)		
Peralatan Uji Mekanik Batuan						
1. Kuat Tekan (UCS)	✓	1	-	4.500.000	Perbaikan dan Kalibrasi Manometer, cek tuas pengunci beban	CV Sarana Jaya Mineral
a. Dial Gauge	x	x	-	650.000	Unit Dial Gauge pada Alat UCS belum ada dan diperlukan minimal 3 unit Dial Gauge	CV Sarana Jaya Mineral

b. Stopwatch	x	x	-	150.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
c. Jangka Sorong	x	x	-	1.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
2. Kuat Tarik Tidak Langsung (Brazilian)	✓	1	-	4.500.000	Perbaikan dan Kalibrasi Manometer, cek tuas pengunci beban	CV Sarana Jaya Mineral
3. Alat Triaxial	✓	1	-	4.500.000	Perbaikan dan Kalibrasi ulang manometer	CV Sarana Jaya Mineral
a.Pompa Hidrolik	✓	1	-	1.500.000	Manometer pada Pompa Hidrolik Perlu Perbaikan dan Penambahan Oli	CV Sarana Jaya Mineral
b.Rubber Jacket	x	x	-	1.300.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
c.Triaxial Cell	x	x	-	3.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
d. Dial Gauge	x	x	-	650.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
e. Bearing Plate	x	x	-	1.750.000	Pada Alat Uji Triaxial dibutuhkan 2 buah Bearing Plate	CV Sarana Jaya Mineral
f. Jangka Sorong	x	x	-	1.500.000	Unit alat tidak ada	CV Sarana Jaya Mineral
4. Kuat Geser Residu	✓	1	-	2.500.000	Perbaikan dan Kalibrasi ulang	CV Sarana Jaya Mineral
a. Upper Shear Box	✓	1	-	1.250.000	Perbaikan alat pendorong hidrolik	CV Sarana Jaya Mineral
b. Lower Shear Box	✓	1	-	1.250.000	Perbaikan alat pendorong hidrolik	CV Sarana Jaya Mineral
c. Hydraulic Hand Pump	✓	2	-	2.500.000	Perbaikan dan kalibrasi ulang manometer	CV Sarana Jaya Mineral
d. Dial Gauge (50 dan 60 Kg/cm ²)	x	x	-	3.000.000	Unit alat tidak ada /perlu 2 unit dial untuk uji kuat geser residu	CV Sarana Jaya Mineral
5. Point load	✓	1	-	2.500.000	Konus tidak berfungsi, kalibrasi ulang pembacaan manometer dan cek tuas pengunci beban	CV Sarana Jaya Mineral
a. Pompa Hidrolik	✓	1	-	750.000	Perlu perbaikan	CV Sarana Jaya Mineral
b. Loading Dial	✓	2	-	1.500.000	Kalibrasi pembacaan beban	CV Sarana Jaya Mineral
c. Mistar pembaca konus	✓	1	-	500.000	Perlu diganti karena skala pembacaan sudah tidakjelas	CV Sarana Jaya Mineral
6. Ultrasonic	x	x	-	55.000.000	Unit alat tidak ada	Indotest Multi Laboratama

Sumber: Data Hasil Kegiatan Tugas Akhir, 2017

Sehingga apabila biaya tersebut diakumulasikan dibutuhkan biaya untuk perbaikan serta pengadaan alat baru untuk laboratorium geomekanika batuan sebesar Rp 131.225.000.

Tingkat Kelayakan Laboratorium Ditinjau dari Ruang Laboratorium

Jika ditinjau dari panjang, lebar dan luas denah Laboratorium Geomekanika Balai Pengujian Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat hanya memiliki panjang dan lebar 9 x 8 dengan luas 72 m², hal tersebut dikatakan kurang memadai dari segi ketersediaan ruang apabila disesuaikan dengan dimensi alat pengujian (lihat Tabel 5.4). Untuk luas peralatan laboratorium Mekanika Batuan seluas 11,46 m², luasan tersebut masih belum dapat memenuhi kebutuhan luas ruangan yang layak untuk pengujian.

Ruangan tersebut dapat dikatakan memadai apabila telah ditambahkan dengan luasan pertimbangan alat pada saat beroperasi, serta membutuhkan ruang keselamatan (space safety). Apabila dikalkulasikan, ruangan Laboratorium Mekanika Batuan membutuhkan luas ruangan seluas 118,12 m². Maka dari itu diperlukan adanya pengembangan ruangan di Laboratorium Geomekanika.

Tingkat Kelayakan Laboratorium Ditinjau dari Sumber Daya Manusia

Suatu laboratorium dapat menjalankan kegiatan operasional pengujian tentunya membutuhkan ketersediaan tenaga kerja dalam menjalankan seluruh kegiatan operasional laboratorium. Tenagakerja yang dibutuhkan haruslah orang yang memiliki keahlian pada bidangnya (untuk operator haruslah praktisi min D2, sedangkan analisis data haruslah akademisi min S1) agar dapat menjalankan tugas-tugas pokok di laboratorium mulai dari preparasi sampel, pengoperasian alat, pengambilan data dan analisis data. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam menjalankan kegiatan operasional minimal dikerjakan oleh 5 orang, yang terdiri dari 3 operator dan 2 analisis data.

Tingkat Kelayakan Laboratorium Ditinjau dari Prospek Pasar Pengujian

Prospek pasar pengujian merupakan target dari pelayanan jasa pengujian oleh Balai Pengujian Laboratorium Geomekanika Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat yang hanya difokuskan kepada para pemegang izin usaha pertambangan quarry serta mineral yang sedang melakukan tahapan izin eksplorasi maupun izin perpanjangan IUP. Untuk tahun 2017, balai pengujian ESDM Provinsi Jawa Barat menargetkan pemasukan sebesar Rp 642.600.000 yang didapat dari target prospek sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika dari 153 Izin Usaha Pertambangan. Untuk tahun 2018, balai pengujian ESDM Provinsi Jawa Barat menargetkan pemasukan sebesar Rp 794.666.667 yang didapat dari target prospek sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika dari 149 Izin Usaha Pertambangan. Sedangkan pada tahun 2019, balai pengujian ESDM Provinsi Jawa Barat menargetkan pemasukan sebesar Rp 720.000.000 yang didapat dari target prospek sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika dari 120 Izin Usaha Pertambangan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kegiatan pengamatan dan penyelidikan Laboratorium Geomekanika di Balai Pengujian Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketersediaan peralatan pengujian Laboratorium Geomekanika Batuan di Balai Pengujian Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat dapat dikatakan tidak layak, karena dari 7 peralatan pengujian mekanika batuan, hanya tersedia 5 peralatan pengujian. Kondisi alat pengujian yang tersedia pun sudah lama tidak digunakan dan terdapat beberapa alat yang mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan perbaikan serta kalibrasi ulang, kelengkapan instrumen alat pengujian (dial gauge, jangka sorong, penggaris, dan peralatan lainnya) pun tidak tersedia pada setiap peralatan

pengujiannya. Sehingga dibutuhkan biaya untuk perbaikan dan pengadaan peralatan pengujian geomekanika batuan agar dapat dikatakan layak uji sebesar Rp 131.225.000.

2. Kondisi ruangan Laboratorium Geomekanika Batuan di Balai Pengujian ESDM Provinsi Jawa Barat dapat dikatakan tidak layak, hal tersebut karena ruangan pengujian hanya memiliki luas sebesar 11,46 m², luasan tersebut tidak memiliki space/dimensi yang layak dihitung dari keadaan ketika peralatan beroperasi dan tidak memiliki ruang aman (safety space). Apabila dikalkulasikan ruangan tersebut membutuhkan luas ruangan seluas 118,12 m² untuk dapat dikatakan layak. Hal lain yang harus diperhatikan adalah jumlah daya listrik dan tata letak terminal listrik haruslah disesuaikan dengan spesifikasi alat, serta pada beberapa peralatan pengujian dibutuhkan saluran air langsung/kran lengkap dengan saluran pembuangannya seperti peralatan coring machine, cutting machine dan alat perata.
3. Ketersediaan Sumber Daya Manusia merupakan hal yang penting guna menunjang keberlangsungan suatu laboratorium karena Sumber Daya Manusia yang kompeten dapat menjalankan tugas-tugas pokok di laboratorium mulai dari preparasi sampel, pengoperasian alat, serta analisis data. Sumber Daya Manusia di Balai Pengujian Dinas ESDM tidak layak dikarenakan tidak adanya ketersediaan manusia, oleh karena itu dibutuhkan ketersediaan 5 orang (terdiri dari operator dan analis data) agar dapat dikatakan layak.
4. Hasil analisis data lapangan dan sekunder terhadap perusahaan tambang di Kab/Kota di Provinsi Jawa Barat, yang akan menjadi prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika adalah sebanyak 153 Izin Usaha Pertambangan (IUP). Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 642.600.000. Pada tahun 2018 prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika sebanyak 149 Izin Usaha Pertambangan. Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 794.666.667. Sedangkan pada tahun 2019 prospek target/sasaran pengujian uji laboratorium geomekanika sebanyak 120 IUP. Sehingga target pendapatan pada tahun tersebut sebesar Rp 720.000.000.

E. Saran

1. Berdasarkan hasil penyelidikan dan observasi lapangan, ada beberapa saran yang diberikan antara lain:
2. Perlunya dilakukan perawatan seluruh peralatan pengujian secara berkala sehingga umur dan keoptimalan peralatan pengujian selalu terjaga dengan baik.
3. Beberapa peralatan jumlahnya terbatas dan masih kurang hendaknya memperoleh prioritas dalam pengadaan, pengembangan maupun perbaikan peralatan pengujian maupun instrumen peralatan pengujian untuk masa yang akan datang.
4. Perlunya penambahan luas ruangan laboratorium geomekanika yang telah disesuaikan sehingga standar rasio luas minimal per peralatan pengujian serta aman pada saat melakukan pengoperasian alat.
5. Diperlukan penambahan sumberdaya manusia yang memiliki keahlian dan kompetensi pada bidangnya agar dapat menjalankan tugas-tugas pokok di laboratorium mulai dari preparasi sampel, pengoperasian peralatan, pengambilan data serta analisis data.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials. 1983. "ASTM D 653-67". Standard Definition of Terms and Symbol. ASTM. West Conchohocken, PA.
- Goodman, Richard E. "Introduction to Rock Mechanics". Second Edition. Canada.
- Prof. Dr. H. R. Febri Hirnawan. "Catatan Kuliah Rekayasa Geoteknik". Universitas Islam Bandung.
- Rai, Made Astawa, dkk. 2013. "Mekanika Batuan". Penerbit Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung.
- Republik Indonesia. 2010. "Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara". Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2010 No. 29. Sekretariat Negara RI. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2012. "Peraturan Pemerintah No. 9 Tahun 2012 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral". Lembaran Negara Republik Indonesia 2012 No. 16. Sekretariat Negara RI. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2013. "Undang-undang No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah. Lembaran Negara Republik Indonesia 2014 No. 244". Sekretariat Negara RI. Jakarta.
- SNI 03-2437. "Cara Uji Laboratorium Untuk Menentukan Parameter Sifat Fisik Pada Contoh Batu".
- SNI 03-2824. "Cara Uji Geser Langsung Batu".
- SNI 03-2825. "Cara Uji Kuat Tekan Uniaxial Batu".