

STUDI PENGARUH KADAR AIR TERHADAP DRILABILITAS TUF DI DUSUN GUNUNGSARI, DESA SAMBIREJO, KECAMATAN PRAMBANAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Kristian Zahli, Handika Nugraha, Putri Nova

Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
kristianzahli07@gmail.com

Abstrak

Pengeboran dalam kegiatan penambangan digunakan antara lain untuk pembuatan lubang ledak. Dalam kegiatan peledakan, pengeboran merupakan kegiatan pertama kali yang harus dilakukan untuk penyediaan lubang ledak yang nantinya akan diisi bahan peledak untuk diledakkan. Kecepatan pengeboran dipengaruhi oleh sifat fisik batuan, yang mana kadar air yang berbeda akan mempengaruhi drilabilitas tuf. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian di laboratorium untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air terhadap drilabilitas tuf.

Dalam penelitian pengaruh kadar air terhadap drilabilitas ini, batuan yang digunakan adalah tuf, dimana lokasi pengambilan sampel dilakukan pada formasi Semilir, di Dusun Gunungsari, Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian yang dilakukan di laboratorium antara lain adalah uji sifat fisik, uji ultrasonik batuan, uji sifat mekanik batuan, serta *brittleness test* dan *drill test*. Pengujian *brittleness S₂₀* dan *drill test* sesuai dengan yang dilakukan Jukka Napuri (1988), akan dilakukan dengan kondisi kadar air yang berbeda. Data yang diperoleh akan dikorelasikan dan dikaji dengan parameter *drilling rate index* untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air terhadap drilabilitas tuf.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, tuf dengan kadar air 27,72%, 29,56%, 31,37%, 32,15%, dan 35,10% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 37,18, 41,16, 47,27, 47,49, dan 53,81. Berdasarkan hasil analisa data, diketahui bahwa semakin tinggi kadar air dari tuf, maka semakin tinggi pula nilai dari *drilling rate index* dengan persamaan $DRI=1,460w$. Dengan kata lain, semakin tinggi kadar air tuf, semakin mudah pula tuf ditembus penetrasi mata bor.

Kata Kunci: drilabilitas, brittleness test, drill test, drilling rate index, penetrasi.

1. Pendahuluan

Pengeboran dalam kegiatan penambangan digunakan antara lain untuk pembuatan lubang ledak. Dalam kegiatan peledakan, pengeboran merupakan kegiatan pertama kali yang harus dilakukan untuk penyediaan lubang ledak yang nantinya akan diisi bahan peledak untuk diledakkan. Sementara itu, cepat lambatnya penyediaan lubang ledak dipengaruhi oleh kecepatan alat bor untuk menembus batuan. Kecepatan pengeboran dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi pengeboran adalah faktor drilabilitas batuan yang dipengaruhi oleh sifat batuan. Sementara itu, faktor eksternal antara lain geometri pengeboran, umur dan kondisi mesin bor, serta keterampilan operator mesin bor. Sifat batuan yang berpengaruh terhadap laju penetrasi pengeboran batuan meliputi bidang diskontinu, sifat fisik dan sifat mekanik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian di laboratorium untuk mengetahui

seberapa besar pengaruh sifat batuan tersebut terhadap kecepatan pengeboran. Pada penelitian ini topik yang diambil yaitu pengaruh air terhadap drilabilitas yang dilakukan dengan cara tidak langsung.

Dalam penelitian pengaruh air terhadap drilabilitas ini, batuan yang digunakan adalah tuf. Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada formasi Semilir, di Dusun Gunungsari, Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian kecepatan pengeboran secara tidak langsung yaitu dengan cara mengorelasikan *Brittleness S₂₀* dengan *Siewer J Value* sesuai dengan yang dilakukan oleh Jukka Napuri (1988).

Penelitian pengaruh air terhadap drilabilitas ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kadar air terhadap drilabilitas tuf secara tidak langsung.

2. Metode

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif ini menguji, membuktikan, dan mengkorelasikan data hasil pengujian berdasar teori – teori yang ada.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode langsung dan tidak langsung. Metode langsung dilakukan dengan melakukan pengukuran-pengukuran secara langsung di tempat pengambilan sampel batuan maupun dengan melakukan pengujian di laboratorium. Sedangkan metode tidak langsung diperoleh dari literatur-literatur dan laporan-laporan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2.2 Metode Analisis Data

Hasil pengujian laboratorium dianalisis dengan menggunakan metode sebagai berikut :

- Mengukur parameter sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat dinamik sampel tuf dan melakukan generalisasi terhadap hasil pengukuran tersebut pada massa batuan.
- Melakukan pengujian *drill test* dan *brittleness test* pada sampel tuf untuk menentukan *Brittleness S₂₀* dan *SJ Value*.
- Membuat grafik hubungan hasil pengujian *Brittleness S₂₀* dengan *SJ Value* sampel tuf dengan kadar air yang berbeda untuk mendapatkan *Drilling Rate Index*.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian Studi Pengaruh Kadar Air terhadap drilabilitas tuf dilakukan di Laboratorium Geomekanika Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta. Pengujian dilakukan antara lain adalah pengujian sifat fisik, sifat mekanik, sifat dinamik, *brittleness test*, dan *drill test*.

Tabel 1
Hasil Pengujian Sifat Fisik

Batuan	Tuf 1	Tuf 2	Tuf 3	Tuf 4	Tuf 5
Sifat Fisik					
Berat Asli (gr)	36,50	88,00	97,30	86,30	76,60
Berat Jenuh (gr)	41,40	96,00	107,60	93,30	81,40
Berat Tergantung (gr)	18,30	44,00	48,30	42,30	33,40
Berat Kering (gr)	30,50	71,90	79,80	70,00	54,70
Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	1,58	1,69	1,64	1,69	1,60
Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	1,79	1,85	1,81	1,83	1,70
Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	1,32	1,38	1,35	1,37	1,14
Apparent SG	1,32	1,38	1,35	1,37	1,14
True SG	2,50	2,58	2,53	2,53	2,57
Kadar Air Asli (%)	19,67	22,39	21,93	23,29	40,04
Kadar Air Jenuh (%)	35,74	33,52	34,84	33,29	48,81
Derajat Kejenuhan (%)	55,05	66,80	62,95	69,96	82,02
Porositas (%)	47,19	46,35	46,88	45,69	55,63
Void Ratio	0,89	0,86	0,88	0,84	1,25

Tabel 2
Hasil Pengujian Cepat Rambat Gelombang

Kode Sampel	Diameter (mm)	Tinggi	Waktu	Nilai Pembacaan Uji Vp (m/s)
		L (mm)	Tp (s)	
UCS 1	45,56	93,50	38,20	2447,64
UCS 2	45,53	93,33	32,80	2845,43
UCS 3	45,26	101,00	32,30	3126,93

Tabel 3
Hasil Pengujian UCS

No.	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Young (MPa)	Nisbah Poison	Batas Elastik (MPa)
1	Tuf 1	3,68	1600,00	0,33	3,38
2	Tuf 2	3,69	1025,00	0,26	3,38
3	Tuf 3	4,04	1409,09	0,29	3,73

Tabel 4
Hasil Pengujian Kuat Tarik

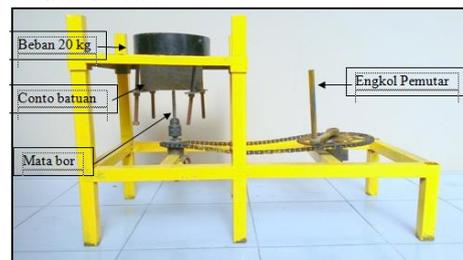
Kode Sample	Diameter (mm)	Jari-Jari (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Kuat Tarik (Mpa)
BZ 1	45,10	22,55	22,10	500	0,32
BZ 2	45,10	22,55	20,10	500	0,35
BZ 3	45,00	22,50	22,30	750	0,48

Tabel 5
Hasil Pengujian Beban Titik

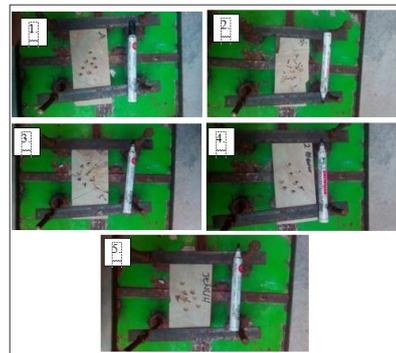
Sampel	Tipe	Diameter (mm)	Beban (N)	Koreksi F	D (mm)	PLI (Is) MPa
PLI 1	Diametrikal	45,20	1500,00	0,956	42,20	0,80
PLI 2	Diametrikal	45,60	1750,00	0,959	42,60	0,93
PLI 3	Diametrikal	45,70	1900,00	0,961	41,70	1,05

Drill Test (SJ Value)

Tujuan dari pengujian *drill test* untuk mendapatkan kedalaman pengeboran secara manual dengan pembebanan pada sampel 20 kilogram dengan menggunakan alat pengeboran miniatur (Gambar 1). Pembebanan tersebut diiringi dengan diputarnya batang bor miniatur dengan asumsi 1/10 mm setelah 200 putaran. Kemudian kedalaman penetrasi dari batang bor diukur kedalamannya (Gambar 2). Dari hasil *drill test* diperoleh parameter *SJ Value* dalam satuan milimeter. Hasil *drill test* akan dikorelasikan dengan pengujian *brittleness* dengan grafik untuk mendapatkan nilai *drilling rate index* batuan.



Gambar 1
Miniatur Alat Pengeboran



Gambar 2
Hasil Penetrasi Batang Bor pada *Drill Test*

Tabel 6
Hasil Drill Test (SJ Value)

No	Kadar Air tuf	Kedalaman (mm)	SJ Value	SJ Value rata-rata
1	27,72%	8,80	0,88	0,81
		7,40	0,74	
		8,20	0,82	
		7,00	0,70	
		10,20	1,02	
		7,60	0,76	
		8,00	0,80	
2	29,56%	7,80	0,78	1,21
		12,00	1,20	
		13,60	1,36	
		11,20	1,12	
		12,00	1,20	
		12,20	1,22	
		11,80	1,18	
3	31,37%	12,00	1,20	1,24
		12,40	1,24	
		12,20	1,22	
		12,60	1,26	
		12,40	1,24	
		13,00	1,30	
		11,80	1,18	
4	32,15%	12,20	1,22	1,27
		13,20	1,32	
		13,60	1,36	
		13,00	1,30	
		13,20	1,32	
		12,20	1,22	
		12,80	1,28	
5	35,10%	14,00	1,40	1,34
		12,50	1,25	
		13,20	1,32	
		13,80	1,38	
		13,80	1,38	
		13,40	1,34	
		13,60	1,36	
		13,00	1,30	

Brittleness Test

Tujuan dari *brittleness test* adalah untuk mengetahui karakteristik pecahan pada batuan saat dilakukan peremukan (Jukka Napuri,1988). Contoh yang digunakan berukuran 11,2-16,0 mm. Untuk memperoleh ukuran contoh tersebut dilakukan reduksi sampel di laboratorium dengan menggunakan *Jaw crusher* (Gambar 3), kemudian dilakukan pengayakan dan hasil ayakan tersebut yang digunakan sebagai contoh yang diuji.



Gambar 3

Reduksi ukuran sampel menggunakan *Jaw Crusher* dan Ayakan Gantung

Setelah didapatkan contoh yang sesuai dengan kriteria pengujian, kemudian dilakukan *brittleness test* dengan cara contoh ditumbuk dengan beban seberat 14 kg, dijatuhkan dari ketinggian 25 cm dan dilakukan berulang-ulang sebanyak 20 kali (Gambar 4)



Gambar 4
Brittleness Test

Selanjutnya dilakukan pengayakan lagi terhadap contoh yang telah ditumbuk dengan menggunakan ayakan ukuran 11,2 mm untuk mengetahui hasil *brittleness test*. Hasil *brittleness test* ini adalah berat sampel yang lolos ayakan 11,2 mm dalam persen (%) (Gambar 5). Hasil dari *brittleness test* dalam persen lolos ini nantinya akan di hubungkan dengan *SJ Value* hasil *drill test* sehingga diperoleh *drilling rate index* batuan.



Gambar 5

Hasil ayakan sampel menggunakan ayakan gantung

Tabel 7
Hasil *Brittleness Test* (*Brittleness S₂₀*)

No	Kadar air tuf	Ukuran	Berat Asli (gr)	Persen Kehilangan (%)	Persentase (%)	<i>Brittleness S₂₀</i>
1	27,72%	(-11,2)	159,40	0,65	51,50	51,50
		(+11,2)	148,10		47,85	
2	29,56%	(-11,2)	160,40	1,29	51,83	51,83
		(+11,2)	145,10		46,88	
3	31,37%	(-11,2)	179,10	0,29	57,86	57,86
		(+11,2)	129,50		41,85	
4	32,15%	(-11,2)	179,20	1,71	57,89	57,89
		(+11,2)	125,00		40,40	
5	35,10%	(-11,2)	198,30	0,38	64,07	64,07
		(+11,2)	110,00		35,55	

Hubungan *Brittleness S₂₀* dan Siewer J Value (Drill Test) untuk menentukan *Drilling Rate Index Brittleness S₂₀* adalah kemampuan atau ketahanan batuan dalam menerima tumbukan secara berulang-ulang. Semakin besar persentase *brittleness test* maka semakin rendah ketahanan batuan tersebut. Dalam penelitian ini densitas tuf yang digunakan adalah 1,64 ton/m³. Berat

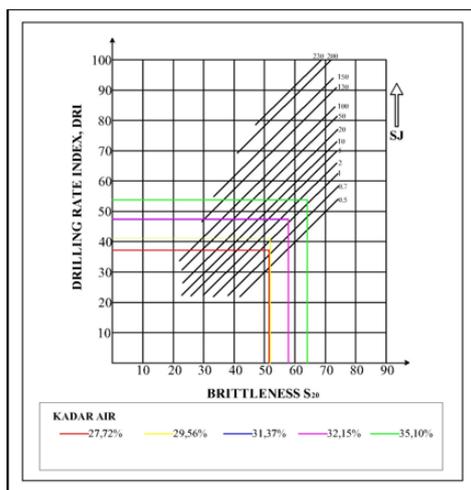
sampel yang digunakan seberat 309,5 gram (lihat Lampiran H). Ayakan yang digunakan untuk mendapatkan hasil *brittleness test* adalah ayakan dengan ukuran 11,2 mm, seperti yang digunakan oleh Jukka Nappuri (1988). Sedangkan *Sewer J value (drill test)* dapat diartikan kemampuan batuan dalam menerima penetrasi mata bor. Semakin dalam kedalaman lubang bor maka batuan tersebut semakin mudah batuan tersebut ditembus mata bor. Dalam pengujian ini digunakan mata bor dengan diameter 8,5 mm dan terbuat dari baja yang telah dihardening sehingga mata bor menjadi lebih kuat. *Brittleness S₂₀* dan *Sewer J value (drill test)* merupakan parameter dalam penentuan nilai *Drilling Rate Index*.

Drilling Rate Index adalah bukan suatu penunjuk atau penanda langsung dari kecepatan pengeboran di lapangan, tetapi merupakan alternatif untuk mengetahui kecepatan pengeboran. Nilai *Drilling Rate Index* dihasilkan dengan melakukan korelasi hasil *Brittleness Test* dan *SJ Value* ke dalam grafik *Drilling Rate Index*. Semakin besar *Drilling Rate Index* maka batuan tersebut semakin mudah dilakukan penetrasi pengeboran (Jukka Nappuri, 1988). Klasifikasi *Drilling Rate Index* dapat dilihat pada Tabel 8 serta klasifikasi *Drilling Rate Index* hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8
Klasifikasi *Drilling Rate Index*

DRI	Keterangan
0 – 21	<i>Extremely Low</i>
22 – 28	<i>Very Low</i>
29 – 37	<i>Low</i>
38 – 49	<i>Medium</i>
50 – 65	<i>High</i>
66 – 86	<i>Very High</i>
87 – 114	<i>Extremely High</i>

Hubungan *Brittleness S₂₀* dan *Sewer J Value (Drill Test)* untuk menentukan *drilling rate index* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6

Grafik hubungan antara *Brittleness S₂₀* dan *Sewer J Value*

Dari Gambar 6, didapatkan hasil klasifikasi *drilling rate index* yang dapat dilihat pada Tabel 9.

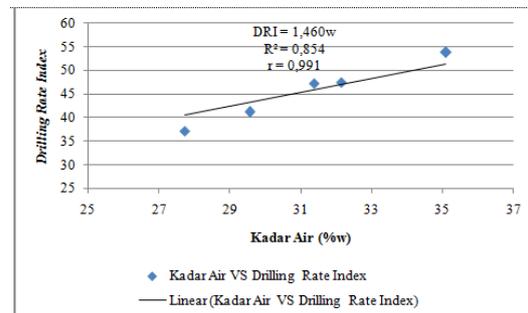
Tabel 9
Drilling Rate Index tuf Hasil Pengujian

No.	Kadar Air Tuf	<i>SJ Value</i>	<i>Brittleness S₂₀</i>	DRI	Keterangan
1.	27,72%	0,81	51,50	37,18	<i>Medium</i>
2.	29,56%	1,21	51,83	41,16	<i>Medium</i>
3.	31,37%	1,24	57,86	47,27	<i>Medium</i>
4.	32,15%	1,27	57,89	47,49	<i>Medium</i>
5.	35,10%	1,34	64,07	53,81	<i>High</i>

Dari tabel 9, diketahui bahwa semakin tinggi kadar air, semakin besar pula nilai *Drilling Rate Index*. Semakin besar nilai *drilling rate index*, maka batuan tersebut akan semakin mudah ditembus penetrasi mata bor.

Pengaruh kadar air terhadap *Drilling Rate Index* tuf

Sifat fisik batuan sangat penting karena untuk menentukan karakteristik batuan tersebut. Setiap batuan mempunyai karakteristik ataupun sifat fisik yang berbeda-beda. Salah satu sifat fisik batuan yang mempengaruhi besarnya nilai *drilling rate index* adalah kadar air. Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa kadar air cukup berpengaruh pada besarnya *drilling rate index* tuf. Grafik hubungan kadar air terhadap *drilling rate index* dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 7).



Gambar 7

Grafik hubungan kadar air dan *Drilling Rate Index*

Dari Tabel 9 dan Gambar 7, dapat dilihat bahwa kadar air yang berbeda menghasilkan nilai *drilling rate index* yang berbeda pula. Dilihat dari kadar air hasil pengujian yang dilakukan dapat dijelaskan bahwa semakin besar kadar air tuf, semakin besar pula *drilling rate index*.

Pengaruh kadar air terhadap *drilling rate index* mempunyai persamaan garis $DRI = 1,460w$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,854. Hal tersebut menandakan bahwa kadar air mempunyai pengaruh yang kuat terhadap *drilling rate index* karena nilai dari koefisien determinasi (R^2) hampir mendekati 1. Selain kadar air, terdapat juga faktor lain yang mempengaruhi nilai *drilling rate index*. Faktor – faktor tersebut merupakan faktor yang tidak diteliti pada penelitian ini, antara lain kekerasan, kekuatan,

ukuran butir, elastisitas, keberadaan bidang diskontinu, dan kondisi dari mata bor.

Tamrock (1999) menjelaskan bahwa tuf memiliki nilai DRI antara 30 sampai 80. Namun dalam penelitian tersebut tidak disebutkan kadar air yang terkandung dalam batuan yang diteliti. Menurut Suseno Kramadibrata (2012), kandungan air yang terkandung pada batuan akan menentukan kekuatan batuan tersebut. Semakin jenuh batuan tersebut, semakin lemah pula kekuatannya. Hal ini karena ikatan antar partikel pada batuan akan melemah seiring dengan meningkatnya kadar air yang terkandung pada batuan tersebut. Suseno Kramadibrata juga mengatakan bahwa batuan lunak yang memiliki nilai kuat tekan uniaksial dibawah 25 MPa (ISRM 1979), sifat mineral penyusunnya yang reaktif atau mudah mengikat air. Terikatnya air oleh mineral batuan lunak dapat menyebabkan terganggunya butiran penyusun batuan tersebut. Kekuatan batuan sendiri merupakan sifat mineral yang sangat berpengaruh dalam penetrasi mata bor dan pemilihan metode pengeboran (Jimeno, 1995).

Berdasarkan acuan dari Tamrock (1999), Suseno Kramadibrata (2012), dan Jimeno (1995) dapat disimpulkan bahwa kadar air dapat mempengaruhi kekuatan dari batuan. Semakin tinggi kadar air dari suatu batuan, terutama untuk batuan lunak (<25MPa – ISRM 1979), maka semakin lemah pula kekuatan dari batuan tersebut. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 9, semakin tinggi kadar air dari tuf yang diuji dalam penelitian ini, maka semakin mudah pula mata bor melakukan penetrasi ke dalam tuf tersebut. Dengan kata lain, kadar air yang semakin tinggi pada tuf, akan mengurangi kekuatan tuf tersebut. Hal ini akan menyebabkan penetrasi mata bor semakin mudah menembus tuf.

4. Kesimpulan

Dari penelitian studi pengaruh kadar air terhadap drilabilitas tuf, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kadar air mempunyai pengaruh yang kuat terhadap *drilling rate index* tuf. Semakin besar kadar air tuf, maka semakin besar pula *drilling rate index*. Dengan kata lain, semakin besar kadar air tuf, semakin mudah pula ditembus mata bor.
2. Tuf dengan kadar air 27,72% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 37,18 dengan klasifikasi *medium* atau tidak terlalu susah (sedang) ditembus penetrasi mata bor. Tuf dengan kadar air 29,56% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 41,16 dengan klasifikasi *medium* atau tidak terlalu susah (sedang) ditembus penetrasi mata bor. Tuf dengan kadar air 31,37% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 47,27 dengan klasifikasi *medium* atau tidak terlalu susah

(sedang) ditembus penetrasi mata bor. Tuf dengan kadar air 32,15% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 47,49 dengan klasifikasi *medium* atau tidak terlalu susah (sedang) ditembus penetrasi mata bor. Tuf dengan kadar air 35,10% menghasilkan *drilling rate index* sebesar 53,81 dengan klasifikasi *high* atau mudah ditembus penetrasi mata bor.

Ucapan Terima Kasih

1. Dr. Ir. Singgih Saptono, MT. selaku Dosen Pembimbing saat penelitian.
2. Ir. Peter Eka Rosadi, MT. selaku Dosen Pembimbing saat penelitian.
3. Ir. Priyo Widodo, MT. Selaku Kepala Laboratorium Geomekanika Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Teman-teman Research Team Singgih Saptono.

Daftar Pustaka

- Atlas Copco, 2012, *Blasthole Drilling In Open Pit Mining*.
- Barton, Nick, 2007, *Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy*, London.
- Badgley, Peter C, 1965, *Structural and Tectonic Principles*, Harper & Row, New York.
- Bemmelen, V, 1949, *The Geology Of Indonesia vol. 1A*, Government Printing Office, The Hauge, Netherlands.
- Hamilton, W.B, 1979, *Tectonics of The Indonesian Region*, U.S. Govt. Off, Washington.
- Jimeno C.L, Jimena E.L., Carcedo F.J.A., 1995, *Drilling And Blasting of Rock*, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield.
- Jumikis, 1983 *Rock Mechanics*, Trans. Tech Publication.
- Koesnaryo, 2011. Teknik Peledakan Batuan. Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN Veteran Yogyakarta.
- Tamrock, 1988, *Surface Drilling and Blasting*, Finland.
- Tamrock, 1999, *Rock Excavation Handbook*, Finland.
- Rai, Made Astawa, Suseno Kramadibrata, 2012, *Mekanika Batuan*, Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Yarali O, Soyer E, 2011, *The Effect Of Mechanical Rock Properties and Brittleness on Drillability*, Paper, Zonguldak Karaelmas University, Turkey.