

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK PADA RENCANA PEMBUATAN TUNNEL TAMBANG BAWAH TANAH

Oleh :
Rifki Sholeh Pribadi¹ dan Sundek Hariyadi²

Abstrak

Geological engineering study aimed at knowing the Physical and Mechanical Properties of the rock. In the implementation of research activities in the field have been conducted Taking a sample which is then tested in the laboratory, which is selected based on the representation of the drill hole. Tests performed included moisture content test, test the specific gravity, Comprasion Unixial test, shear strength test, Pull strength test. Laboratory testing of samples taken from the Geotek 3 drill holes carried out in the Laboratory of Geomechanics and mining equipment Faculty of Mining and Petroleum Engineering ITB Bandung. Be Based results hereafter devised Design Study Geotechnical Hole Aperture As the main entrance (main roadway) with Dimensions (width 5 m; height 2.5 m) by using software Phase2. Dimensional aperture hole is adjusted to the specifications of the tool unit (road header). Dimensions of openings are made as efficient as possible, the larger dimensions of openings, the greater the deformation of rocks that occur and the smaller the safety factor The whole dimensional aperture hole 4 Level include Level 1, Level 2, Level 3, Level 4, each level is 30m by using rigid steel arch support. Estimates of rock debris at the openings will be calculated to determine the model and the value of FK openings.

Keywords : *Geomekanika, main roadway, rigid steel arch, Tunnel.*

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

² Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

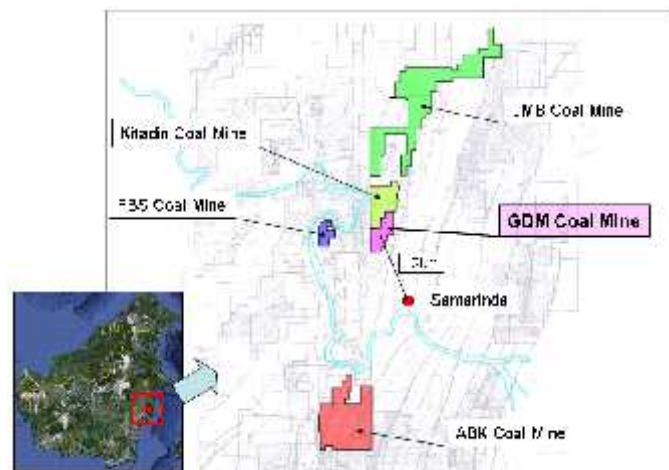
I. PENDAHULUAN

Potensi ketidakstabilan yang terjadi pada batuan di sekitar area lubang bukaan tambang bawah tanah biasanya akan selalu membutuhkan penanganan khusus terutama atas dua hal, yaitu keselamatan pekerja dan keselamatan peralatan yang terdapat didalam tambang. Disamping itu, akibat dari kondisi yang lemah pada batuan samping dan atas (*roof*) berpotensi jatuh, dapat mengakibatkan keuntungan dari operasi penambangan mungkin akan berkurang jika terjadi *failure* pada batuan di sekitar stope pada saat proses penambangan. Untuk Mengatasi hal – hal di atas, maka perlu dilakukan pengkajian model perancangan lubang bukaan dengan mengacu pada kondisi stratigrafi batuan di daerah penelitian serta mengetahui Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan utuh sebagai parameter untuk Kajian Kestabilan Pada lubang bukaan Tambang Bawah Tanah.

I. LOKASI DAN GEOLOGI

1.1. Lokasi

Secara administratif, lokasi penelitian pada PT. GERBANG DAYA MANDIRI terletak di daerah Desa Karang Tunggal dan Desa Manunggal Jaya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Hal ini telah disahkan berdasarkan Ijin Kuasa Pertambangan (KP) Eksploitasi No. 540/26/KP-Ep/DPE-IV/IX/2005 dengan luas wilayah IUP seluas 1.758 Ha.



Gambar 2.1 Lokasi Wilayah Penelitian

1.2. Geologi

Statigrafi daerah Penelitian terdiri dari perulangan batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, batulanau, batulempung karbonan, serpih dan batubara dimana pada daerah penelitian dijumpai variasi batupasir yang berkisar dari struktur masif – lepas lepas sampai struktur laminasi - berlapis yang cukup keras serta lapisan batulempung – batulanau dengan sisipan oksida besi, *sideritic marl*, sedikit gampingan – terumbu. Berdasarkan variasi dan ciri litologi yang ada dan

dikompilasikan dengan peta geologi regional maka daerah penyelidikan dalam bagian Cekungan Kutai Tengah dengan Formasi Balikpapan (*Tmbp*).

Berdasarkan pengukuran arah perlapisan (*strike*) dan kemiringan lapisan (*dip*) yang diukur dari data hasil survey permukaan dan data korelasi batuan – batubara hasil pemboran, maka diperoleh bentukan *monoklin* (miring satu arah) dimana pada daerah telitian tersebut - struktur tersebut merupakan bagian sayap dari Sinklin Separi – Sisi barat dari Antiklinorium Samarinda.

Adapun Arah kedudukan perlapisan batuan pada lokasi penelitian dengan arah *strike* N 5°E dan *dip* 10°.

II. TAHAPAN PENELITIAN

2.1. Tahap Studi Pustaka - Tahap Pra Lapangan

Tahap studi pustaka meliputi pengumpulan data-data sekunder serta pengkajian literatur yang berhubungan dengan geologi daerah penelitian dan kajian pustaka yang mendukung penelitian ini. Literatur yang digunakan adalah buku-buku yang berhubungan dengan geologi, geoteknik, Mekanika Batuan, Jurnal mengenai sifat fisik dan mekanik dan *browsing* internet.

2.2. Tahap Pelaksanaan – Tahap Lapangan

1. Tahap Pengambilan Data dan Uji Laboratorium

Tahap Pengambilan Data – data Primer melalui sejumlah Kegiatan Penyelidikan di lapangan secara langsung pada lokasi penelitian meliputi data pengeboran Geoteknik, Sampling Batuan Hasil Pemboran Coring, dan Diskripsi Lithologi.

Pada tahap ini juga dilakukan Uji laboratorium terhadap sampel hasil pemboran. Tujuan dilakukan pengujian di laboratorium adalah untuk mengetahui Nilai Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan utuh yang digunakan sebagai parameter Geoteknik Rencana Pembuatan Lubang bukaan Tambang Bawah Tanah.

2. Tahap Analisis Data

Analisis dan Pengolahan data dilaksanakan berdasarkan data – data yang diperlukan. Analisis data dilakukan menggunakan *software phase2*. Metode yang dipakai dalam *software* ini adalah Kriteria runtuh dari *Mour coulomb*. *Output* yang dihasilkan dari analisis dengan menggunakan *software Phase2* adalah :

- a. Dimensi Lubang bukaan dengan bentuk pillarnya
- b. Kondisi Kuat Tekan dan Kuat Tarik pada area Lubang Bukaan
- c. *Strenght factor*

2.3. Tahap Penyelesaian

Integrasi antara hasil pengolahan data, penyelidikan lapangan, uji laboratorium serta data-data sekunder dan kajian pustaka, kemudian dilakukan simulasi untuk mencapai nilai faktor keamanan (*FK*) untuk mengetahui kestabilan pada masing – masing Lubang bukaan yang telah di pasang penyanggaan.

III. MATERIAL PROPERTIES BATUAN UTUH (*INTAN ROCK*)

Pada Pelaksanaan Kegiatan Penelitian di Lapangan Telah dilakukan pengambilan Sejumlah Sample yang kemudian di uji di di Laboratorium Geomekanika dan peralatan Tambang Fakultas Teknik Pertambangan dan perminyakan ITB Bandung. Sampel yang dipilih berdasarkan keterwakilan lithologi dalam masing – masing lubang bor. Pengujian di Laboratorium yang di lakukan meliputi Uji Sifat Fisik , Uji Kuat Tekan , Uji Kuat Tarik dan Uji Kuat Geser. Hasil Pengujian terhadap Uji sifat Fisik dan Uji sifat Mekanik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Properties Material*

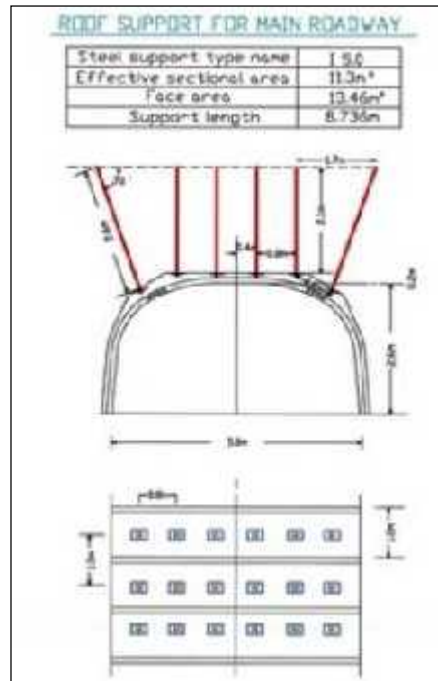
Lithology	Water Content (%)	b (gram/cm ³)	d (gram/cm ³)	SG	UCS (MPa)	Tensile Strength (MPa)	(°)	C (MPa)	Modulus Young's (MPa)	Poisson Ratio
Clayston	2,44	2,0	1,9	2,61	0	0,15	3,36	0,64	12,8	0,3
Clayston	2,0	2,2	2,2	2,61	1	0,42	9,67	1,94	75,5	0,3
Clayston	2,1	2,1	2,0	2,52	2	0,12	23,2	4,83	450,4	0,3
Clayston	1,8	2,0	2,1	2,60	2	0,75	18,3	3,64	175,9	0,3
Clayston	2,17	2,1	2,0	2,42	1	0,83	9,76	2,01	113,8	0,3
Clayston	2,77	2,1	1,9	2,60	1	0,39	15,6	3,07	82,4	0,3
Siltston	12,7	2,2	2,0	2,59	1	0,27	20,0	3,94	20,4	0,2
Siltston	9,1	2,2	2,0	2,64	3	0,55	24,5	5,01	158,1	0,2
Siltston	8,6	2,3	2,1	2,61	3	0,98	17,5	3,52	500,0	0,2
Siltston	7,24	2,1	2,0	2,57	2	0,32	28,1	5,78	241,1	0,2
Siltston	8,8	2,2	2,0	2,57	2	0,64	20,6	4,16	295,3	0,2
Sandston	9,9	2,1	1,4	2,65	1	0,25	15,7	3,06	40,4	0,2
Sandston	13,5	2,1	1,4	2,61	0	0,07	28,1	4,25	80,0	0,2
Coal	3,3	1,7	0,9	1,82	31,	0,40	38,0	0,19	492,20	0,2

Berdasarkan Hasil Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan di Laboratorium tabel 4.1 Selanjutnya Hasil akhir dari data tersebut digunakan sebagai Asumsi Rancangan *Tunnel* Lubang bukaan jalan utama (*main roadway*) Tambang Bawah Tanah (*underground*).

IV. KAJIAN GEOLOGI TEKNIK RENCANA TUNNEL

Berdasarkan dengan Kajian Geoteknik maka dibuat rancangan lubang bukaan pada jalan utama *main roadway* bentuk tapal kuda dengan dimensi (lebar 5 m; tinggi 2,5 m) menggunakan penyangga jenis *rigid steel arch*.

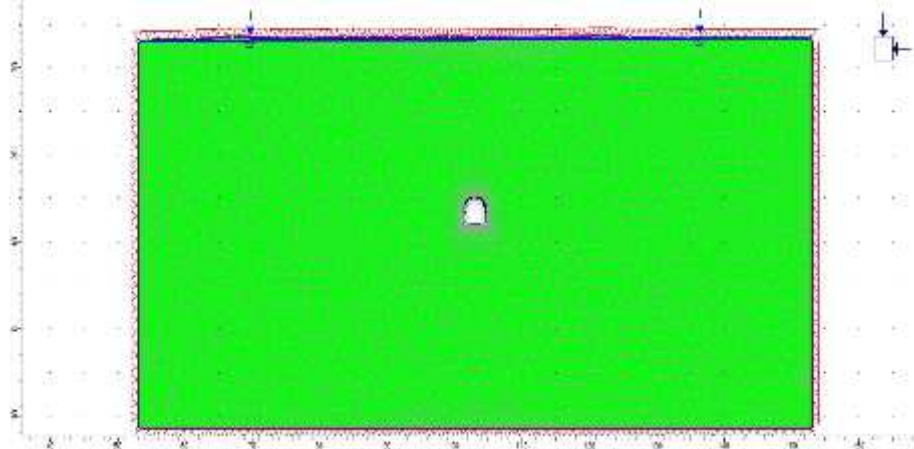
Penyanggaan *main roadway* menggunakan steel support yang direkomendasikan per 1 m, dikombinasikan dengan baut batuan per 1 m dengan spasi 0,8 m (total 6 baut batuan untuk lebar bukaan 5 m; lihat Gambar 5.1).



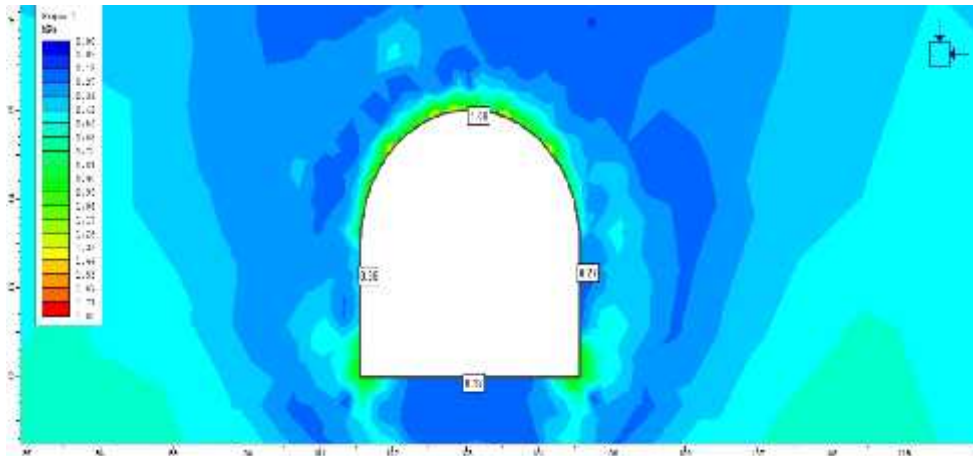
Gambar 5.1.Rekomendasi system penyanggaan untuk lubang bukaan pada main roadway

4.1. DIMENSI LUBANG BUKAAN

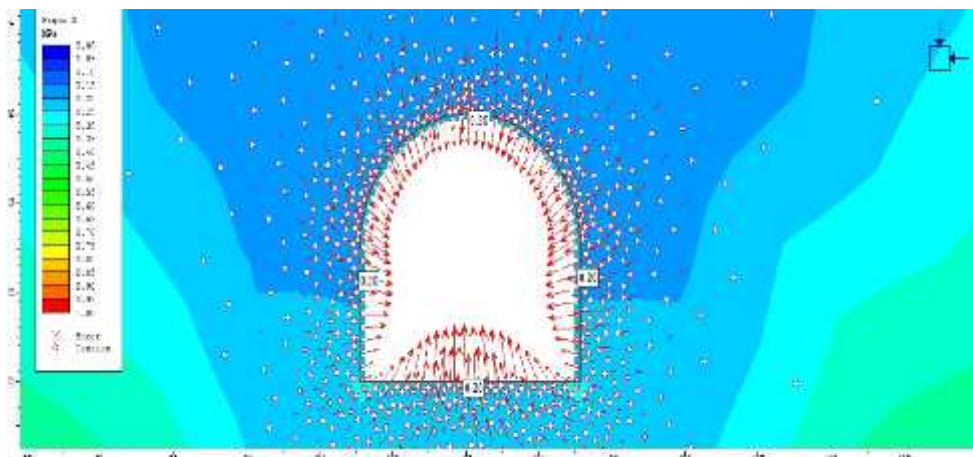
Dalam Pembuatan Dimensi Lubang Bukaan ini di bantu dengan Menggunakan *Software Phase2 versi 8.0* dengan kriteria runtuh *Mour Coulomb 1779*. Analisis Untuk Mengetahui arah Tegangan dan regangan di sekitar area lubang bukaan dengan simulasi dari *Sigma 1*, *Sigma 3* dan *Strenght Factor*. Analisis pada lubang utama diwakili oleh *Main Roadway*. Nilai sigma 1 dan 3 didapat dari hasil analisis metode finite elemen (FEM). Posisi lubang bukaan yang dianalisis pada bagian atap (*roof*), dinding kanan (*right wall*), dinding kiri (*left wall*), dan lantai (*floor*).



Gambar 5.
Model Geometri dan Penampang bukaan MR



Gambar 6. Hasil Analisis Tegangan Sigma 1 Pada MR



Gambar 7. Hasil Analisis Tegangan Sigma 3 Pada MR

Berdasarkan Analisis lubang bukaan dengan program *software phase2* Geometri Lebar 5m x Tinggi 2,5m berada pada lapisan Lempung pada kedalaman 30m di bawah permukaan untuk Nilai *Strenght factor* Sebelum Penyanggaan bagian atas (roof) sebesar 1.58 dan setelah penguatan sebesar 6.00. Adapun bagian dinding kanan dan dinding kiri tidak mengalami perubahan baik sebelum penyanggaan dan setelah penyanggaan yaitu sebesar 6.00. Sedangkan pada bagian lantai Nilai tergolong kecil dikarenakan posisi MR berada pada kondisi batuan yang lunak. Maka untuk Hasil analisis terhadap kestabilan MR dikategorikan aman. Hasil Perhitungan *phase2* untuk *Main Roadway* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Analisis *Phase2 MR*

Position	sigma1 (mpa)	sigma3 (mpa)	Strenght factor	
			Excavation (MPa)	After (Mpa)
Roof	1.02	20	1.58	6

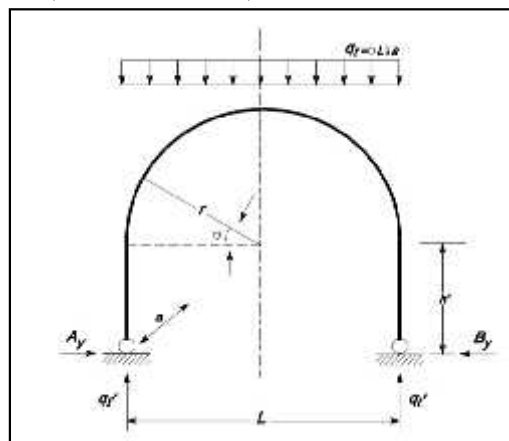
Position	sigma1 (mpa)	sigma3 (mpa)	Strenght factor	
			Excavatio n (MPa)	After (Mpa)
left wall	0.26	20	6	6
right wall	0.17	20	6	6
floor	0.18	20	0.95	0.95

V. SISTEM PENYANGGA

5.1. Sistem Penyangga Baja Lengkung (*Rigid Steel arch*)

Penyangga *Rigid Steel Arches* berfungsi untuk menyangga *main roadway*, Penentuan DIN *profile* untuk *rigid arch* dengan spasi 0,5 m intervals, dibawah kondisi normal stress. ($\gamma = 0,5$, $\rho = 2,20 \text{ t/m}^3$). Perhitungan teknis penyangga *Rigid Steel Arches* adalah sebagai berikut :

- $L = 3 \text{ m}$ (Lebar penyangga)
- $R = 1,5 \text{ m}$ (Jari-jari busur)
- $h' = 1,8 \text{ m}$ (Jarak vertikal busur)
- $a = 0,5 \text{ m}$ (spasi *arches*)
- $\gamma = 0,5$ (kondisi normal)



Gambar 8. Static Model Idealized Rigid Steel Arch

$M = 0,5 qtr^2 \sin^2 \theta - Ay (h' + r \sin \theta)$ untuk $0 < \theta < 90^\circ$ $M = 0,5 \times 1,523 (1,675)^2 \sin^2 \theta - 0,74 (1,2 + 1,675 \sin \theta)$ • Gaya normal pada profil, $N = -qt r \cos^2 \theta - Ay \sin \theta$ $N = -1,523 \times 1,675 \cos^2 \theta - 0,74 \sin \theta$
 Untuk menentukan nilai maksimum, Nilai M and N di plot pada koordinat θ dari sudut 0° dan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Moment dan Gaya Normal pada *Rigid Steel Arch*

Angle Degree	0	15	30	45	60	75	90
Moment (t)	-1.79	-2.0	-1.44	-0.36	0.38	1.77	2.11
Normal Load (t)	1.64	-1.52	-6.48	-4.87	3.20	-1.95	1.49

Dari hasil plot pada Tabel 6. didapat spesifikasi penyangga baja **GI 70 profile I-beams DIN 21541** yang akan digunakan. GI 70 memiliki *section* modulus 34,7 cm³.

Tabel 6.
Karakteristik *I-beams* DIN 21541

Sym	h	b	t	t	r	r	In	Sect	Unit	x			y		
										I	W	i	I	W	i
GI	7	6	7	0	1	2	3	16	1	122	24	2	2	10	1.4
GI	9	7	8	11	1			22	17	281	62	62	62	16	1.6
GI	100	8	0	12	1	4		26	20	103	80	80	80	20	1.7
GI	110	8	1	1	1	5		31	24	570	103	103	103	24	1.8
GI	120	0	1	15	1	6		37	20	816	136	150	150	32	2
GI	130	100		1	1	7		44	3	113	175	211	211	42	2.1
GI	140	110	1	1	1	8		5	41	158	227	315	315	57	2.4

VI. PERHITUNGAN FAKTOR KEAMANAN (FK)

Untuk mengetahui factor keamanan dari rancangan terowongan menurut *Obert and Duvall (1967)* maka dihitung dengan rumus :

$$FK = S_2 / \dagger_a$$

Dimana :

S₂: Kekuatan pillar dengan memperhitungkan bentuk dari pillarnya

†_a : Tegangan Rata – Rata Pillar

$$\text{Dimana : } FK = S_2 / \dagger_a$$

Dalam perhitungan FK pada rencana bukaan lubang bawah tanah di asumsikan menggunakan penyangga *steel arch* dengan nilai kekuatan 1220220 Mpa. Dapat disimpulkan berdasarkan Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan (FK)

No	Section	S2	a	FK	keterangan
1	Level 1	1220220	1.45	8.4	aman
2	Level 2	1220220	1.68	7.2	aman
3	Level 3	1220220	1.7	7.1	aman
4	Level 4	1220220	3.5	3.4	aman

Berdasarkan tabel di atas Dapat diketahui dari perhitungan FK level I sampai dengan level IV nilai hasil dari perhitungan FK dikatakan dalam dikategorikan dalam kondisi aman untuk lubang bukaan dimana mengacu pada nilai teoritis FK

untuk *Underground Mining* sebesar 1,3-2 (Hoek, E, et al, 1995), dengan asumsi bahwa dari analisis beban material di atas merupakan beban mati (total).

VII. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyelidikan Geologi Teknik yang telah dilakukan dari Lokasi penelitian, maka dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemboran Full coring telah dilakukan sebagai keperluan Geoteknik
2. Data Uji Sifat Fisik dan Uji Sifat Mekanik Batuan Utuh digunakan Sebagai Properties Material
3. Hasil Analisis Kestabilan main roadway MR secara keseluruhan dikategorikan aman ($FK > 1,5$)
4. Hasil Kajian terhadap kestabilan lubang bukaan dapat disimpulkan bahwa :
 - Hasil Kajian Pemodelan Lubang bukaan dengan menggunakan program *Phase2* maka diperoleh strenght factor (*SF*) untuk section I (6.00 dan FK 8.4) section 2 (1.89 dan FK 7.2) section 3 (3.16 dan FK 7.1) section 4 (4.42 dan FK 3.4), berdasarkan ketentuan ini maka dimensi lubang bukaan dinyatakan Aman untuk digunakan sebagai aktifitas pekerjaan *Underground Mining*.

DAFTAR PUSTAKA

- Made Astawa Rai. S.Kramadibrata. R.K.Wattimena.2010. *Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung : Bandung
- Nurkhamim, (2012), , Rancangan Geometri lubang bukaan Vertikal (*vertikal shaft Opening*) Pada Pekerjaan *Underground Mine development* Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Hoek, E.andBrown, E.T., 1980, “*Underground Excavation In Rock*”, -The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Bieniawski, Z.T., (1984). *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, Rotterdam: A. A. Balkema.
- Singgih Saptono, dkk. (2015), *Perancangan Lubang Bukaan dan Dimensi Pillar Penambangan batubara bawah tanah Metode Shortwall Mining*, UPN: Yogyakarta.
- Hoek, E, Kaiser, P.K, and Bawden,W.F., 1993,“ *Support of Underground Excavation in Hard Rock* ”, Ministry of Colleges and Universities of Ontario, Canada.
- Richards, R.L., (1998), *Shaft Engineering*, The Institute Mining and Metallurgy (IMM), London
- Allirote, D. and Boeler, J.P., 1970. *Evaluation of Mechanical Properties of a stratified rock under confining pressure*. Proceedings of the Fourth Congress on. I.S.R.M., London.