

# Squeezing Pada Massa Batuan Sekitar Terowongan di Daerah Tambang Cikoneng, Banten

*By Bayurohman Pangacella Putra*

## SQUEEZING PADA MASSA BATUAN SEKITAR TEROWONGAN DI DAERAH TAMBANG CIKONENG, BANTEN

Bayurohman Pangacella PUTRA<sup>1,a</sup>, Budi SULISTIANTO<sup>2</sup>,  
Ganda M. SIMANGUNSONG<sup>2</sup>, Nuhindro P. WIDODO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Institut Teknologi Bandung

<sup>a</sup>Bayurohmanpp@gmail.com

### Abstrak

*Kegiatan Pertambangan bawah tanah akan selalu dihadapkan pada masalah deformasi dan ketidakstabilan massa batuan di sekitar lubang bawah tanah. Sebuah deformasi besar dilaporkan terjadi pada terowongan decline Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya (PT. CSD). Sebelum peristiwa ini terjadi, masalah yang sama pernah terjadi pada terowongan tersebut. Dinding terowongan yang rusak karena peristiwa sebelumnya itu telah diperbarui ke dalam bentuk awalnya. Hal ini menandakan bahwa zona batuan sudah mengalami deformasi yang sangat besar, termasuk mengalami squeezing, dan sistem penyanggaan yang sama tidak bisa menahan beban yang sudah meningkat. Oleh karena itu, pemantauan deformasi terowongan harus terus dilakukan. Prediksi potensi squeezing massa batuan dapat ditentukan pada daerah dimana titik-titik pemantauan menggunakan convergencmeter dipasang. Dengan memanfaatkan deformasi massa batuan dan karakteristik penyangga yang dipasang, didapatkan bahwa dinding, atap, dan area di antaranya mengalami squeezing pada titik-titik pemantauan.*

**Kata kunci:** Terowongan, squeezing, deformasi, sistem penyanggaan

1

### Abstract

*Underground Mining activity will always face deformation and instability of the rock mass around the underground openings. A large deformation was reported to occur on decline tunnel of PT. Cibaliung Sumberdaya (PT. CSD). Prior to this event, the same problem occurred at the same tunnel, which the tunnel wall had been refurbished into the proposed original shape. This implies that the rock mass around the tunnel may be subjected to squeezing and the same support system couldn't resist the increasing load. Therefore, as observation method must still be carried out, tunnel squeezing problem can be predicted at spots where the convergencmeters are located. Using rock mass deformation and support systems that have been installed at monitoring points, it is obtained that tunnel squeezing happened at walls, roof, and the area between them.*

**Keywords:** tunnel, squeezing, deformation, support systems

### 1. Pendahuluan

Aktivitas penambangan dengan sistem penambangan bawah tanah akan selalu dihadapkan pada masalah deformasi dan ketidakstabilan massa batuan disekitar bukaan bawah tanah. Demikian pula halnya pada aktivitas penambangan bawah tanah bijih Cikoneng yang akan dilakukan oleh PT. Cibaliung Sumberdaya (PT. CSD). Dalam kegiatan penambangan saat ini, PT. CSD bermaksud untuk melakukan analisis terhadap kestabilan terowongan decline sebagai akses utama penambangan bijih Cikoneng dikarenakan terjadi deformasi yang cukup besar pada titik pantau DCKN 01 – 25. Telah terpasanganya sejumlah penyangga tidak mencegah terjadinya deformasi massa batuan yang telah terjadi. Dengan melihat besar deformasi terowongan yang terjadi, potensi *squeezing* dapat ditentukan.

### 2. Metode Penelitian

Mengingat daerah pengamatan di sekitar decline Cikoneng memiliki bentuk terowongan yang bukan lingkaran, berdekatan dengan terowongan lain, dan massa batuan tidak homogen, maka penggunaan metode analitik sangat terbatas dalam kasus ini. Oleh karena itu diperlukan metode pemantauan untuk dapat menganalisis keadaan massa batuan di sekitar terowongan. Data-data yang didapatkan dari kegiatan

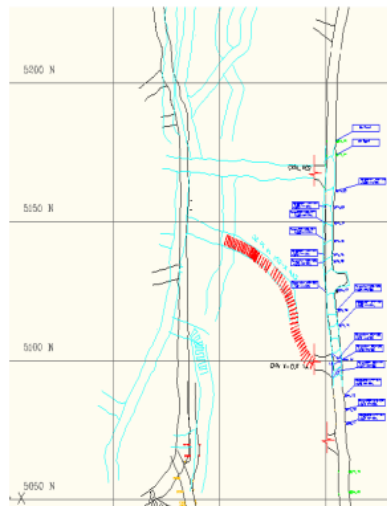
13

*Received December 19, 2016; Revised May 15, 2017; Accepted May 15, 2017*

lapangan, dokumen PT. CSD, uji lab, literatur, dan penelitian sebelumnya yang mendukung dikolaborasi dalam analisis numerik sehingga mendapatkan hasil yang baik mengenai deformasi dan batas zona plastis. Dengan melakukan analisis reaksi penyanggaan batuan setelahnya, maka dapat ditentukan jenis penyanggaan yang tepat agar zona plastis tidak berkembang lagi dan terowongan *decline* Cikoneng stabil



Gambar 1 Peta lokasi tambang emas Cibaliung (Sumber: dokumen PT. Cibaliung Sumberdaya)



Gambar 2 Letak garis penampang yang dianalisis

Tabel 1 RMR massa batuan di sekitar decline Cikoneng

No	TITIK PANTAU	RMR	No	TITIK PANTAU	RMR
1	DCKN O1	43	14	DCKN O14	38
2	DCKN O2	30	15	DCKN O15	30
3	DCKN O3	30	16	DCKN O16	43
4	DCKN O4	43	17	DCKN O17	35
5	DCKN O5	43	18	DCKN O18	39
6	DCKN O6	45	19	DCKN O19	38
7	DCKN O7	44	20	DCKN O20	41
8	DCKN O8	50	21	DCKN O21	45
9	DCKN O9	55	22	DCKN O22	43
10	DCKN O10	46	23	DCKN O23	43
11	DCKN O11	44	24	DCKN O24	46
12	DCKN O12	41	25	DCKN O25	37
13	DCKN O13	38			

2.1. RMR Massa Batuan

9. Data RMR massa batuan di sekitar *decline* Cikoneng dapat dilihat pada Tabel 1.

2.2. Sifat Fisik dan Mekanik Massa Batuan

Data sifat fisik dan mekanik massa batuan di sekitar *decline* Cikoneng dapat dilihat pada Tabel 2.

2.3. Karakteristik Penyangga

Data karakteristik penyangga yang digunakan pada terowongan *decline* Cikoneng dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Sifat fisik dan mekanik massa batuan di sekitar declie Cikoneng

Jenis Batuan	Unit Weight (MN/m <sup>3</sup> )	Modulus Young (MPa)	Poisson Ratio	Intact Comp. Strength (MPa)	mb	s	Sudut Gesek Dalam (°)	Kohesi (MPa)
Ore <sup>[10]</sup>	0,0231	10703	0,06	61,32	1,03	0,0006	-	-
Polymictic Breccia <sup>[9]</sup>	0,0271	985,6	0,14	51,07	0,374	4,54E-05	-	-
Andesitic Breccia <sup>[6]</sup>	0,027	1100	0,25	75	0,89185	8,84E-05	-	-
Andesite <sup>[9]</sup>	0,027	1257	0,25	75	0,554	0,0001	-	-
Breccia Chlorite <sup>[10]</sup>	0,0228	5392	0,11	-	-	-	28,3	1,142
Soil <sup>[12]</sup>	0,027	500	0,3	-	-	-	4,5	0,033

Tabel 3. Karakteristik penyangga yang digunakan pada terowongan decline cikoneng

Jenis Penyangga	Bolt <sup>[3]</sup>	Shotcrete <sup>[5], [3]</sup>	Reinforcement Beam <sup>[12]</sup>
Thickness (m)	-	0,2	-
Spacing (m)	1	-	1
12. of-plane Spacing (m)	1	-	-
Young's Modulus (Mpa)	200000	7780,3	200000
Poisson Ratio	0,25	0,25	0,265
Compressive Strength (Mpa)	-	28,5	400
Tensile Strength (MPa)	-	2,85	400
Section Depth (m)	-	-	0,25
Area (m <sup>2</sup> )	-	-	0,009143
Moment of Inertia (m <sup>4</sup> )	-	-	1,07e-004
Length (m)	2,4	-	-
11. eter (mm)	25	-	-
Tensile Capacity (MN)	0,1	-	-
Residual Tensile Capacity (MN)	0,05	-	-

3. Hasil dan Analisis

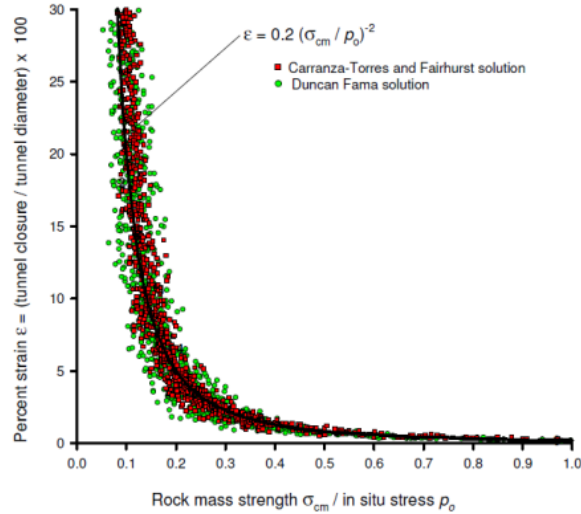
Hoek (1999) mempublikasikan detail analisis yang menunjukkan rasio nilai UCS massa batuan  $\sigma_{cm}$  terhadap tegangan *in situ*  $p_0$  yang dapat digunakan sebagai indikator potensi masalah *squeezing* massa batuan di sekitar terowongan<sup>[1]</sup>. Mengikuti Sakurai (1983) analisis dilakukan untuk menentukan hubungan antara  $\sigma_{cm}/p_0$  dengan persen *strain* terowongan. Persen *strain* didefinisikan sebagai 100 x rasio penutupan terowongan dengan diameter terowongan.

Untuk menganalisis potensi *squeezing* pada massa batuan yang disangga, maka digunakan persamaan:

*Squeezing Pada Massa Batuan Sekitar Terowongan Di Daerah Tambang Cikoneng, Banten (Bayurahman Pangancella)*

$$\frac{\delta_i}{d_0} = \left( 0,002 - 0,0025 \frac{p_i}{p_0} \right) \frac{\sigma_{cm}}{p_0} \left( 2,4 \frac{p_i}{p_0} - 2 \right) \quad (1)$$

dimana  $\delta_i$  = pergerakan terowongan  
 $d_0$  = diameter terowongan



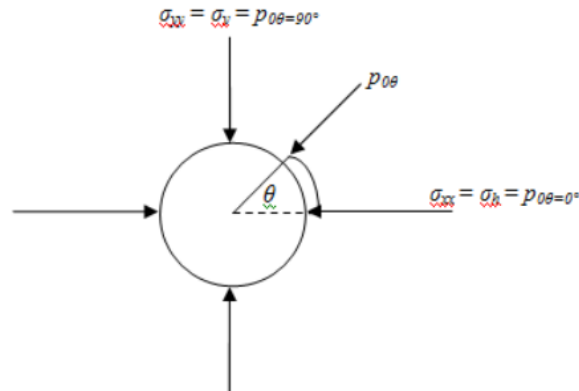
Gambar 3. Plot % strain terowongan terhadap rasio  $\sigma_{cm}/p_0$  untuk terowongan yang tidak disangga

Kuat tekan uniaxial  $\sigma_{cm}$  dapat ditentukan dengan menggunakan nilai  $\sigma_{ci}$ ,  $m_i$ , dan GSI, nilai  $\sigma_{cm}$  dapat diestimasi menggunakan persamaan 3.22.

$$\sigma_{cm} = (0.0034m_i^{0.8})\sigma_{ci}(1,029 + 0,025e^{(-0,1m_i)})^{GSI} \quad (2)$$

Penggunaan persamaan ini perlu diperhatikan lagi untuk terowongan yang dikenai tegangan yang tidak bersifat hidrostatis. Nilai tegangan  $p_0$  pada masalah ini perlu ditentukan untuk masing-masing titik pada batas terowongan (Gambar 4). Pada bagian dinding ( $\theta = 0^\circ$ ), tegangan  $p_0$  merupakan nilai tegangan horizontal  $\sigma_h$  pada titik tersebut, sedangkan pada bagian atap tengah ( $\theta = 90^\circ$ ),  $p_0$  merupakan tegangan vertikal  $\sigma_v$  pada titik tersebut. Untuk mengetahui besar  $p_0$  yang bekerja pada titik lain, maka diperlukan penguraian tegangan menggunakan matriks transformasi koordinat

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx'} \\ \sigma_{yy'} \\ \sigma_{x'y'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2(\theta) & \sin^2(\theta) & \sin 2(\theta) \\ \sin^2(\theta) & \cos^2(\theta) & -\sin 2(\theta) \\ -1/2 \sin 2(\theta) & 1/2 \sin 2(\theta) & \cos^2(\theta) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} \quad (3)$$



Gambar 4 Tegangan  $p_0$  yang digunakan untuk perkiraan squeezing massa batuan

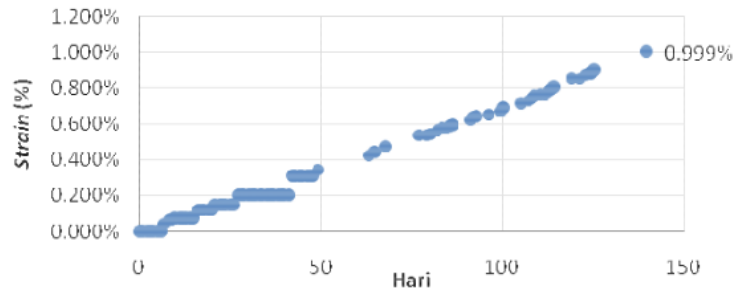
Arah  $\sigma_{yy}$  searah dengan sumbu vertikal ( $\sigma_{yy} = \sigma_v$ ) dan arah  $\sigma_{xx}$  searah dengan sumbu horizontal ( $\sigma_{xx} = \sigma_h$ ).  $\sigma_{xy}$  merupakan tegangan geser pada bidang tempat  $\sigma_{xx}$  dan  $\sigma_{yy}$  bekerja yang bisa juga ditulis  $\tau_{xy}$  atau  $\tau_{hv}$ . Jika  $p_{0\theta}$  merupakan nilai  $p_0$  pada arah  $\theta$  dari garis horizontal, maka tegangan  $p_{0\theta}$  adalah

$$p_{0\theta} = \cos^2(\theta)\sigma_h + \sin^2(\theta)\sigma_v + \sin 2(\theta)\tau_{hv} \quad (4)$$

Perhitungan prediksi *squeezing* pada massa batuan di sekitar terowongan *decline* Cikoneng seperti yang dilakukan Hoek dan Marinos<sup>[1],[4]</sup> dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan membandingkan hasil ini dengan hasil pemantauan pada Gambar 6, dapat dikatakan bahwa massa batuan pada terowongan *decline* mengalami *squeezing*.

<i>Depth</i>	80 m	<i>D</i>	5,39 m
<i>Unit weight</i>	0,0271 MN/m <sup>3</sup>	<i>s</i>	1 m
<i>mi</i>	19		
<i>sigci</i>	51,36 MPa	rockbolt	Konstanta 0,354 <sup>[4],[6]</sup>
GSI	34	<i>pi</i>	0,354 Mpa
<i>sigcm</i>	4,92 MPa	shotcrete	konstanta 10,6 <sup>[4],[6]</sup>
<i>k</i>	1,2	<i>pi</i>	2,069 MPa
<i>sigv</i>	2,17 MPa		
<i>sig h</i>	2,6 MPa	total	<i>pi</i> 2,423 MPa
<i>sig 45°</i>	2,38 MPa		
		atap	0,001387 0,139%
		dinding	0,000381 0,038%
		45° dari	
		dinding	0,00741 0,041%

Gambar 5 Spread Sheet perhitungan kriteria % strain pada terowongan Cikoneng untuk mengalami *squeezing*



Gambar 6 Persentasi regangan (% strain) pada titik pemantauan DCKN 14 menggunakan *convergencymeter*

#### 4. Kesimpulan

Dengan mempertimbangkan deformasi massa batuan yang telah terjadi dan jenis penyangga yang telah dipasang, dan dengan menggunakan analisis yang sama seperti yang pernah dilakukan oleh Hoek-Marinos, massa batuan di sekitar *decline* Cikoneng mengalami *squeezing* pada daerah atap, dinding, maupun daerah diantara keduanya.

Potensi *squeezing* ini perlu diperhatikan dalam pemantauan kestabilan terowongan karena diindikasikan dengan % *strain* yang tinggi di sekeliling terowongan. Hal ini menandakan bahwa sistem penyanggaan yang telah dipasang sudah tidak efektif menahan beban yang terus bertambah. Penambahan sistem penyanggaan yang baru dapat mencegah deformasi dan pengembangan zona plastik pada massa batuan di sekitar terowongan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Hoek, E. & Marinos, P. *Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogenous rock*. Tunnels and Tunneling International. 2000.
- [2] Widodo, N.P., *Evaluation of Rock Mass Condition at Cikoneng Bypass Ch 36.5 – 39 m*. PT LAPI ITB. 2008
- [3] Zrman, F., Sjoberg, J. *Numerical Analysis of Shotcrete Reinforcement*. 2007
- [4] Hoek, E., *Tunnel Support in Weak Rock*. Symposium of Sedimentary Rock Engineering. Taipei, Taiwan. 1966
- [5] Putra, B.P. *Plastic Zone Prediction Using Finite Element Method on Cikoneng Decline Tunnel at PT. Cibaliung Sumberdaya*. Asian Rock Mechanics Symposium. Bali, Indonesia. 2016.
- [6] Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F. *Support of Underground Excavation in hard Rock*.
- [7] Brady, B.H.G dan Brown, E.T., *Rock Mechanics for Underground Minings*. George Allen & Unwin, London, hal 151-164, 464, (1985).
- [8] Putra, B.P., *Prediksi Zona Plastik Menggunakan Metode Finite Element pada Terowongan Decline Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya*. Tesis Magister Program Studi Rekayasa Pertambangan Bidang Khusus Geomekanika ITB. 2015
- [9] Hakim, R. N., *Studi Kestabilan Stope Menggunakan Data Monitoring dengan Total Station*. Tesis Magister Program Studi Rekayasa Pertambangan Bidang Khusus Geomekanika ITB. 2014
- [10] Winarno, P.P.A., *Studi Monitoring Deformasi Lubang Bukaan Menggunakan Total Station X-Cut 4 Access dan Decline Cikoneng Tambang Emas PT Cinaliung Sumberdaya*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan ITB. 2015
- [11] Sipayung, H. *Prediction of Tectonic Stress Based on Fault Slip at PT Cibaliung Sumberdaya*. International Symposium of Earth Science and Technology . 2014
- [12] SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Bangunan Gedung.



# Squeezing Pada Massa Batuan Sekitar Terowongan di Daerah Tambang Cikoneng, Banten

---

ORIGINALITY REPORT

---

# 15%

SIMILARITY INDEX

---

PRIMARY SOURCES

---

1	R Anggara, B Dwinagara. "Determination of temporary support for squeezing zone underground mine PT. Cibaliung Sumberdaya", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018 Crossref	89 words — 5%
2	<a href="http://www.jiraeg.ir">www.jiraeg.ir</a> Internet	29 words — 2%
3	<a href="http://www.ftm.itb.ac.id">www.ftm.itb.ac.id</a> Internet	22 words — 1%
4	<a href="http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp">hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp</a> Internet	18 words — 1%
5	<a href="http://tuse.shahroodut.ac.ir">tuse.shahroodut.ac.ir</a> Internet	16 words — 1%
6	<a href="http://fac.ksu.edu.sa">fac.ksu.edu.sa</a> Internet	15 words — 1%
7	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet	11 words — 1%
8	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Internet	11 words — 1%



9	<a href="http://ar.scribd.com">ar.scribd.com</a> Internet	10 words — 1%
10	<a href="http://bqcivilacademic.blogspot.com">bqcivilacademic.blogspot.com</a> Internet	10 words — 1%
11	<a href="http://www.scirp.org">www.scirp.org</a> Internet	10 words — 1%
12	<p>√únal, E, and R Osgoui. "Rock reinforcement design for unstable tunnels originally excavated in very poor rock mass", Underground Space Use Analysis of the Past and Lessons for the Future Proceedings of the International World Tunnel Congress and the 31st ITA General Assembly Istanbul Turkey 7-12 May 2005, 2005.</p> <p>Crossref</p>	10 words — 1%
13	<a href="http://www.online-rpd.org">www.online-rpd.org</a> Internet	8 words — < 1%
14	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet	8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON