

# **ESTIMASI *GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) SYSTEM* PADA LAPISAN BATUGAMPING BERONGGA DI TAMBANG KUARI BLOK SAWIR TUBAN JAWA TIMUR**

R. Andy Erwin Wijaya<sup>1</sup>, Dwikorita Karnawati<sup>2</sup>, Srijono<sup>2</sup>, Wahyu Wilopo<sup>2</sup>, Dianto Isnawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional  
Email: andy\_sttnas@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*The limestone mine activity needs a good mine plan design with the result that saved for the environment. Mine design is determined by rock mass quality. The rock mass quality in each mine location is different and that is influenced by the geological conditions. Research area is located in limestone quarry Sawir Block of Kerek District, Tuban Regency, East Java Province. In limestone quarry area, there is cavity zone which consists cavity limestone layer at the wall of quarry bench. This cavity layer in limestone quarry has occurred by solution process. The cavity layer zone has more potential as weak zone which caused failure of bench in limestone quarry area. To analyze of the research of rock mass quality in cavity limestone layer using Geological Strength Index (GSI) system. Final result of the research is rock mass characterization specifically for cavity limestone layer.*

**Keywords:** *Geological strength index, limestone, cavity layer*

## **PENDAHULUAN**

Tambang batugamping di Daerah Blok Sawir, Kabupaten Tuban, Propinsi Jawa Timur, menggunakan menggunakan metode *quarry*. Metode ini merupakan metode yang mudah untuk dikerjakan, dimana dapat dikerjakan dengan menggunakan teknologi dan peralatan yang relatif sederhana. Untuk menerapkan metode ini harus membuat desain penambangan berupa jenjang-jenjang (*bench*) pada lereng dengan kemiringan tertentu yang aman (Hustrulid dan Kuchta, 1995). Dalam

pembuatan jenjang-jenjang tersebut harus memperhatikan kualitas massa batuan yang akan digali, sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu dasar perencanaan desain tambang kuari yang optimal dan aman bagi keselamatan operator, peralatan dan lingkungan sekitarnya. Terdapat beberapa system untuk mengetahui kualitas massa batuan, salah satunya yaitu menggunakan *Geological Strength Index (GSI) system*. Sistem ini dapat digunakan untuk menentukan kualitas massa batuan yang terdapat di permukaan, seperti pada zona *cavity layer* yang merupakan lapisan

batugamping berongga. Zona *cavity* tersebut sangat berpotensi sebagai zona lemah dalam tambang kuari batugamping.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Geologi Regional**

Zona Tuban termasuk dalam Cekungan Jawa Timur Utara. Zona Tuban meliputi pantai utara Pulau Jawa yang membentang dari Tuban ke arah timur melalui Lamongan, Gresik, dan hampir keseluruhan Pulau Madura. Daerah ini merupakan dataran yang berundulasi dengan jajaran perbukitan yang berarah barat-timur dan berselingan dengan dataran aluvial. Pada Zona Tuban terdapat banyak perbukitan dan pegunungan lipatan Antiklinorium yang memanjang ke arah Barat – Timur, dari Kota Purwodadi melalui Blora, Jatirogo, Tuban sampai Pulau Madura. Morfologi di Jalur Tuban dapat dibagi menjadi 3 satuan, yaitu Satuan Morfologi dataran rendah, perbukitan bergelombang dan Satuan Morfologi perbukitan terjal, dengan punggung perbukitan tersebut umumnya memanjang berarah Barat – Timur (searah dengan sumbu lipatan). Daerah penelitian menurut Pringgoprawiro (1983) dan Situmorang, dkk. (1992) terbentuk oleh batuan karbonat anggota Formasi Paciran. Penamaan formasi ini diambil dari kota Paciran dan dipakai untuk penamaan satuan batugamping yang banyak tersingkap di daerah tinggian Tuban, Jatirogo dan Sawir, Tuban. Formasi ini tersusun oleh batugamping pejal dan batugamping dolomitan. Berdasarkan peta geologi lembar Jatirogo (Gambar 1), seluruh daerah penelitian termasuk ke dalam

Formasi Paciran (Situmorang dkk, 1992). Struktur di zona Tuban yang dapat teramati dengan jelas adalah berupa struktur lipatan yang berupa sinklin dan antiklin. Zona Tuban ini tersusun oleh batuan hasil pengendapan sedimen laut yang telah mengalami perlipatan dan pensesaran secara intensif.

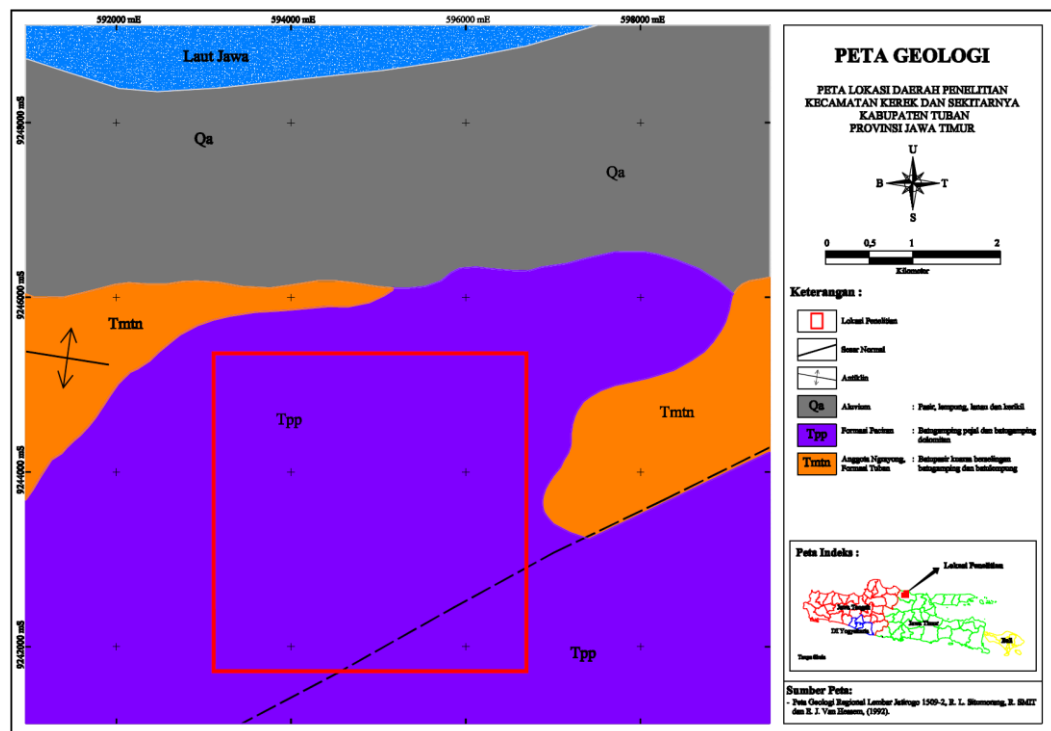
### ***Geological Strength Index (GSI) system***

Identifikasi karakteristik massa batuan bertujuan untuk mengetahui kualitas batuan. Setiap klasifikasi massa batuan mempunyai parameter-parameter tertentu yang berbeda untuk menentukan kualitas massa batuan. Klasifikasi massa batuan pada penelitian ini menggunakan system *Geological Strength Index (GSI)*. Pengklasifikasian kualitas massa batuan berdasarkan metode *Geological Strength Index (GSI)* Hoek (1994), mengkombinasikan 2 (dua) parameter utama, yaitu struktur dari sifat blok atau *Structure Rating (SR)*, dan kondisi permukaan atau *Surface Condition Rating (SCR)* yang memiliki sub parameter berupa tingkat kekasaran, derajat pelapukan atau alterasi, dan pengisi diskontinuitas. Chart standar batuan terkekarkan yang dibuat oleh Hoek & Marinos (2005), digunakan dalam mengestimasi kualitas massa batuan secara kualitatif, untuk mendapatkan nilai GSI dari setiap stasiun pengamatan lapangan.

GSI mencirikan massa batuan berdasarkan pengamatan struktur (ukuran blok dan bentuk) dan kondisi permukaan diskontinuitas (pelapukan, derajat kekasaran dan alterasi). Ukuran blok dan bentuk menunjukkan

geometri massa batuan keseluruhan dan proporsi volume batuan yang ditempati oleh diskontinuitas. Nilai GSI berkisar dari 0 hingga 100,

dimana nilai GSI 100 adalah setara dengan massa batuan utuh (Hoek & Marinos, 2005).



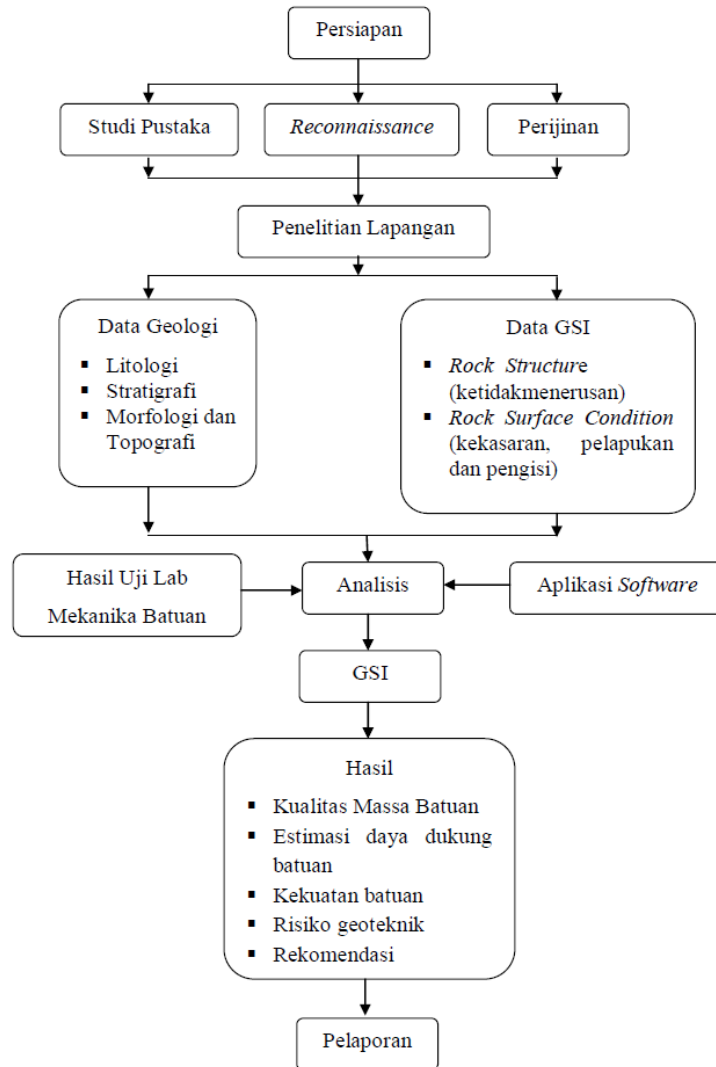
Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan induktif. Penelitian ini dilakukan melalui empat tahap. Tahap pertama adalah melakukan observasi lapangan mengenai jenis, geometri jenjang dan ketebalan pada lapisan batugamping berongga di lokasi tambang kuari batugamping, yang kemudian dilakukan pengamatan detail dan pengambilan data mengenai struktur dari sifat blok atau *structure rating* (SR), dan kondisi permukaan atau *surface condition rating* (SCR) yang memiliki sub parameter berupa tingkat kekasaran, derajat pelapukan, dan pengisi diskontinuitas serta

estimasi kekuatan batuan di lapangan dengan menggunakan *schmidt hammer*. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel batuan. Sifat fisik dan sifat mekanik batuan sampel akan diuji di laboratorium mekanika batuan serta analisis distribusi ukuran butiran batuan pada zona *cavity layer*.

Berdasarkan analisis data hasil uji laboratorium dapat ditentukan kekuatan massa batuan. Analisis data pada studi kasus ini menggunakan kaidah *Hoek-Brown Criterion 2002*. Hasil akhir penelitian ini adalah estimasi kekuatan massa batugamping berongga pada tambang kuari batugamping beserta risiko geotekniknya. Tahapan penelitian ini secara rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

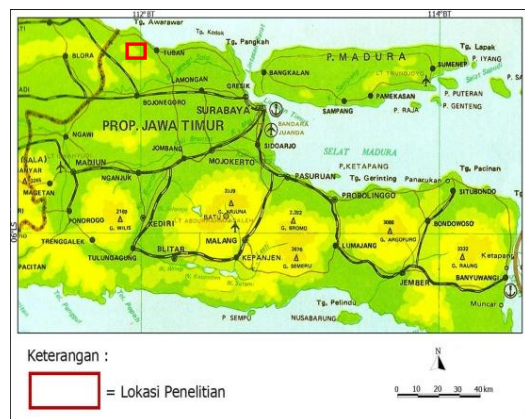


Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administrasi terletak di Desa Sawir, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Propinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak pada koordinat : 593111 mE – 596688 mE dan 9241729 mN – 9245352 mN. (Gambar 3).



Gambar 3. Lokasi Daerah Penelitian

## Kondisi Lapisan Batugamping Berongga

*Cavity layer* di lokasi penelitian terletak di dalam tambang kuari batugamping, di Desa Tahunan, Kecamatan Sawir, Kabupaten Tuban. Keadaan topografi di sekitar daerah penelitian merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian antara 25 m – 110 m di atas permukaan air laut (dpl). *Cavity layer* ini mempunyai ketebalan antara (30 – 300) cm dengan kondisi perlapisan tidak rata dan tidak beraturan, terkadang menipis atau menebal. Terdapatnya *cavity layer* ini disebabkan proses pelarutan oleh air.

*Cavity layer* pada tambang kuari batugamping terdapat pada dinding lereng penambangan yang merupakan suatu lapisan batugamping yang banyak terdapat rongga – rongga dan mempunyai kemiringan lereng sekitar  $80^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  (Gambar 4). Pengambilan foto dan sampel batugamping berongga dilakukan sebanyak 6 (enam) titik di sepanjang *cavity limestone layer*. Koordinat pengamatan batugamping berongga pada zona *cavity layer* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.



Gambar 4. Kondisi *Layer Cavity* pada Tambang Kuari Batugamping Tuban

Tabel 1. Koordinat Pengamatan Sampel Batugamping Berongga

Kode Sampel	mE	mN
A1	558358	9240927
B1	558383	9240925
C1	558404	9240928
D1	558419	9240931
E1	558433	9240936
F1	558444	9240942

## Estimasi GSI pada Lapisan Batugamping Berongga

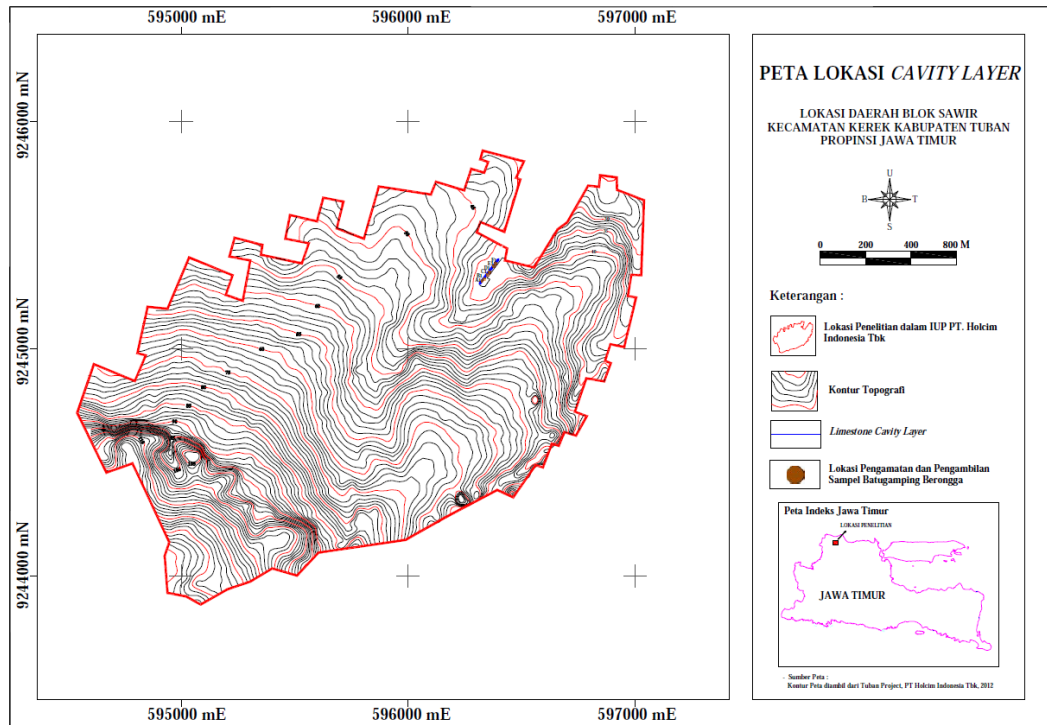
Analisis estimasi *Geological Strength Index* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Sonmez dan Ulusay 1999. *Geological Strength Index* (GSI) merupakan modifikasi *chart* dari *Geological Strength Index* (Hoek, 1994) yang dapat mengestimasi *volumetric joint count* secara lebih detail pada *structure rating* (SR) untuk jenis batuan yang terdisintegrasi seperti pada lapisan batugamping berongga.

Hasil pengamatan di lapangan diperoleh struktur massa batuan (batugamping) berbentuk blok-blok yang rapat, permukaan kasar dan terjadi pelapukan sedang. Secara rinci hasil estimasi *Geological Strength Index* (Sonmez dan Ulusay 1999) di daerah penelitian Blok Sawir, Tuban dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6.

Berdasarkan nilai *Geological Strength Index* (GSI) yang diperoleh melalui perhitungan berbagai parameter yang meliputi peringkat struktur (SR) dan kondisi permukaan diskontinuitas (SCR) untuk batugamping berongga di daerah penelitian Blok Sawir, Tuban tersebut diperoleh nilai GSI sekitar 32 – 37. Berdasarkan klasifikasi kualitas massa

batuan (Bieniawski, 1989), maka nilai tersebut menunjukkan bahwa massa batuan pada lapisan batugamping berongga pada lereng tambang batugamping di blok Sawir, Tuban mempunyai nilai kekuatan massa

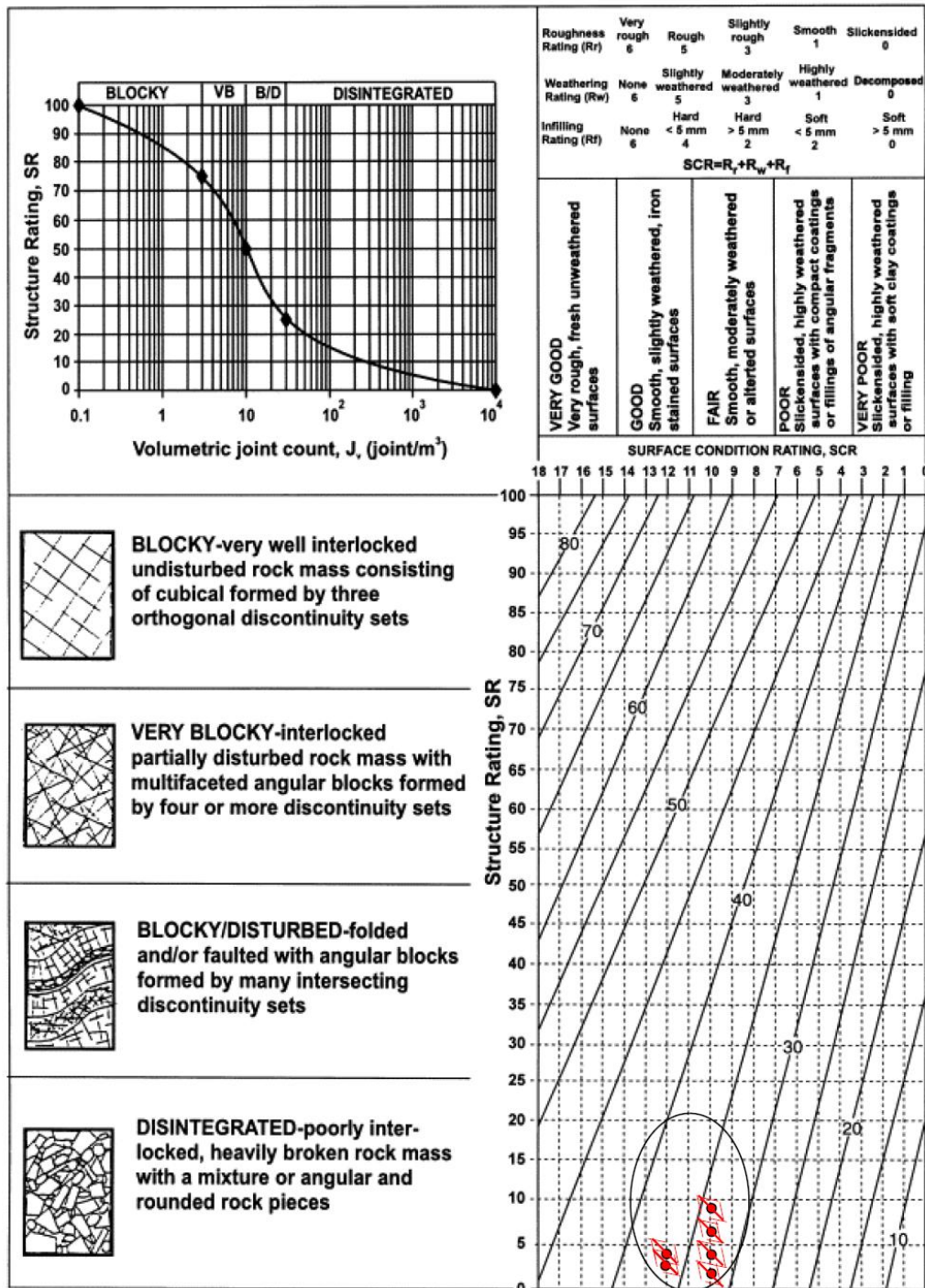
batuan yang buruk-sedang, dengan didominasi nilai yang buruk, sehingga massa batuan tersebut termasuk mempunyai kualitas massa batuan yang buruk/rapuh.



Gambar 5. Peta Lokasi *Limestone Cavity Layer*

Tabel 2. Estimasi GSI Untuk Kualitas Massa Batuan pada Lapisan Batugamping Berongga Blok Sawir Tuban

Kode Sampel	Spasi Diskontinu	Jv ( <i>Joint/m<sup>3</sup></i> )	SR	Kekasaran	Pelapukan	Isian	SCR	GSI
A1	0,0017	588,2352941	8	5	3	2	12	34
B1	0,0031	322,5806452	9	5	5	2	10	37
C1	0,0014	714,2857143	7	5	3	2	10	34
D1	0,0027	370,3703704	9	5	5	2	10	37
E1	0,0003	3333,333333	3	5	3	2	10	32
F1	0,0008	1250	4	5	3	2	10	33



Gambar 6. Chart Estimasi GSI Batugamping Berongga di Blok Sawir Tuban

Penilaian potensi risiko terhadap adanya bahaya keruntuhan dan kelongsoran di lokasi tambang batugamping ditentukan oleh kekuatan batuan utuh, struktur batuan, jumlah kandungan air, tinggi dan

kemiringan lereng serta faktor eksternal/gangguan seperti kegiatan penggalian dan peledakan batuan yang dapat mengakibatkan getaran yang besar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas GSI massa batugamping berongga. Berdasarkan nilai *Geological Strength Index* (GSI) yang diperoleh melalui perhitungan berbagai parameter yang meliputi peringkat struktur (SR) dan kondisi permukaan diskontinuitas (SCR) untuk batugamping berongga di daerah penelitian Blok Sawir, Tuban tersebut diperoleh nilai GSI sekitar 32 – 37, sehingga termasuk mempunyai kualitas massa batuan yang buruk.

Beberapa rekomendasi geoteknik pada jenjang kerja lereng tambang kuari batugamping adalah menghindari pembuatan lereng yang tinggi dan curam, mengurangi beban lereng akibat kandungan air terutama pada saat musim hujan dengan cara membuat sistem penyaliran tambang dan membuat saluran pipa – pipa yang menghubungkan bagian dalam lereng ke dinding lereng untuk membantu mengalirkan air keluar dari lereng. Dan tidak melakukan penggalian yang searah dengan kemiringan perlapisan batuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hoek, E. 1994. *Strength of Rock and Rock Masses*. News J ISRM 2 (2) : p. 4–16.
- Hoek, E., Torres, C.,C., and Corkum, B., 2002, *Hoek-Brown Failure Criterion*, Rockscience Inc., Toronto, Canada.
- Hustrulid, W., M. Kuchta, 1995, *Open Pit Mine Planning and Design*, Volume 1 Fundamental, A.A. Balkema Roterдам Brookfield.
- Marinos, V., Marinos, P. and Hoek, E. 2005. *The Geological Strength Index : Applications and Limitations*. Bull. Eng. Geol. Env., Vol. 64, p. 55-65.
- Pringgoprawiro, 1983, *Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara*. Suatu Pendekatan Baru, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- Sonmez, H. and Ulusay, R. 1999. *Modifications to Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to stability of Slopes*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 36, p. 743-760.
- Situmorang, R. L., Smit, R., dan Van Vesseem, E. J., 1992, *Peta Geologi Lembar Jatirogo*, Jawa, 1509 – 2, Skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.