

# ANALISIS STABILITAS LERENG BATUAN GALIAN MENGGUNAKAN *MATERIAL MODEL HOEK BROWN* PADA PLAXIS 2D

DIANRA MALIKA YASMINE<sup>1</sup>, INDRA NOER HAMDHAN<sup>2</sup>,

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

Email : [dianramalika@gmail.com](mailto:dianramalika@gmail.com)

## ABSTRAK

*Stabilitas lereng batuan galian merupakan faktor penting dalam perencanaan infrastruktur, terutama di wilayah dengan kondisi geologi kompleks. Salah satu metode analisis numerik yang banyak digunakan adalah metode elemen hingga (Finite Element Method) dengan perangkat lunak PLAXIS 2D. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng batuan galian dengan menggunakan Soil Model Hoek-Brown. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari proyek Tol Probolinggo–Banyuwangi, dengan parameter utama berupa kuat tekan uniaksial (UCS) batuan siltstone sebesar 27 MPa. Pemodelan dilakukan dengan geometri lereng kedalaman galian 36 meter dan menggunakan metode shear strength reduction untuk mendapatkan nilai faktor keamanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan lereng batuan yang diperoleh dari Soil Model Hoek-Brown berada di atas 1,5 sehingga memenuhi kriteria stabilitas menurut SNI 8460:2017. Pola bidang gelincir yang terbentuk cenderung berbentuk melengkung (circular failure), sesuai dengan karakteristik massa batuan yang dimodelkan secara homogen. Penelitian ini menegaskan bahwa Soil Model Hoek-Brown dapat digunakan secara efektif dalam menganalisis kestabilan lereng batuan galian.*

**Kata kunci:** Stabilitas lereng, Hoek-Brown, PLAXIS 2D, safety factor

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kondisi geologi yang kompleks dan topografi curam, sehingga rawan terhadap bencana longsor. Lereng batuan galian sering dijumpai pada proyek infrastruktur, seperti pembangunan jalan tol, bendungan, dan terowongan. Oleh karena itu, diperlukan analisis stabilitas lereng untuk memastikan keamanan konstruksi. Metode numerik berbasis elemen hingga, seperti PLAXIS 2D, memungkinkan analisis yang lebih detail mengenai distribusi tegangan dan deformasi pada massa batuan. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah *Soil Model Hoek-Brown* yang dikembangkan berdasarkan kriteria keruntuhan empiris untuk batuan. Penelitian ini difokuskan pada analisis stabilitas lereng batuan galian dengan menggunakan *Soil Model Hoek-Brown* sebagai pendekatan utama.

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan dalam studi ini berfokus pada analisis stabilitas lereng batuan galian tanpa mempertimbangkan keberadaan sesar dengan menggunakan *Soil Model Hoek-Brown* pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut: Melakukan identifikasi masalah dan perumusan topik penelitian terkait potensi ketidakstabilan lereng batuan galian serta pentingnya evaluasi faktor keamanan lereng. Melakukan studi

literatur yang relevan mengenai teori kestabilan lereng, kriteria keruntuhan *Hoek-Brown*, serta standar keamanan lereng batuan berdasarkan SNI 8460:2017, yang dijadikan dasar teori dan acuan metode penelitian. Mengumpulkan data sekunder berupa parameter geoteknik dari proyek Tol Probolinggo–Banyuwangi, meliputi kuat tekan uniaksial (UCS) batuan *Siltstone* sebesar 27 MPa, nilai *Geological Strength Index* (GSI), konstanta material  $m_i$ , serta faktor gangguan (D). Melakukan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D dengan *Soil Model Hoek-Brown*. Geometri lereng dimodelkan dengan enam galian sedalam 36 meter, dengan asumsi massa batuan homogen. Analisis stabilitas dilakukan menggunakan metode *Shear Strength Reduction* (SSR) untuk memperoleh nilai faktor keamanan. Melakukan interpretasi hasil simulasi berupa nilai faktor keamanan (FK) dan pola bidang gelincir yang terbentuk, kemudian membandingkannya dengan kriteria stabilitas menurut SNI 8460:2017. Hasil evaluasi ini digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kondisi kestabilan lereng batuan galian.

### 3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Parameter Batuan

Berikut pada **Tabel 1**, dapat dilihat secara rinci parameter-parameter batuan yang akan digunakan sebagai dasar dalam penerapan *Soil Model Hoek-Brown*, dimana tabel tersebut memuat data penting seperti kekuatan batuan utuh, konstanta material, indeks kualitas massa batuan (GSI), serta faktor kerusakan massa batuan (D) yang keseluruhannya berperan penting dalam menggambarkan kondisi nyata massa batuan dan menjadi acuan utama dalam proses analisis maupun perhitungan geoteknik.

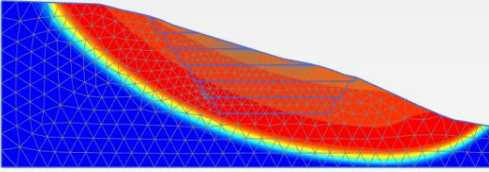
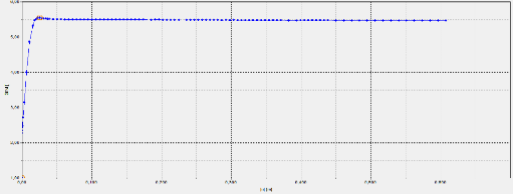
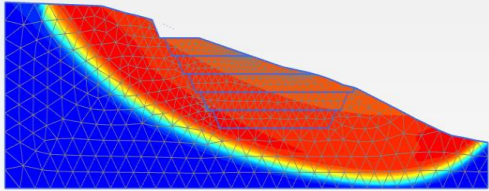
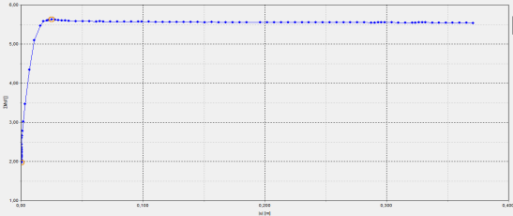
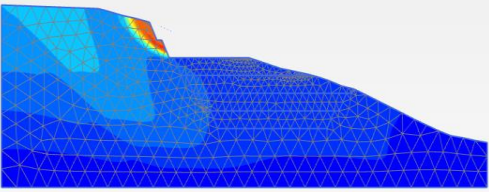
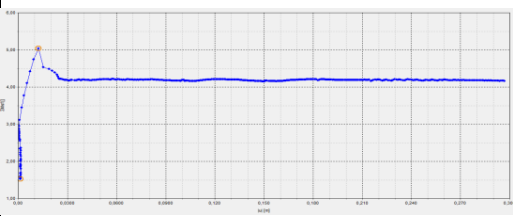
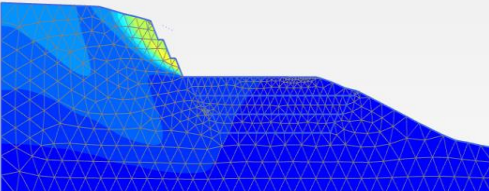
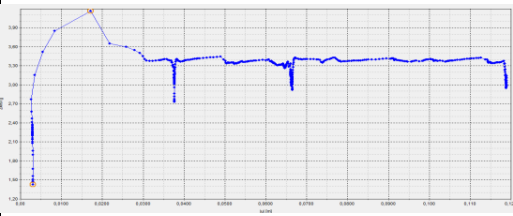
**Tabel 1. Parameter *Hoek-Brown***

| HOEK BROWN       |                   |         |
|------------------|-------------------|---------|
| Parameter        | Satuan            | Nilai   |
| $\gamma_{sat}$   | kN/m <sup>3</sup> | 24      |
| $\gamma_{unsat}$ | kN/m <sup>3</sup> | 24      |
| $E_{rm}$         | kN/m <sup>2</sup> | 1541996 |
| $\nu$            | -                 | 0,25    |
| $\sigma_{ci}$    | kN/m <sup>2</sup> | 27050   |
| $m_i$            | -                 | 10      |
| GSI              | -                 | 45      |
| D                | -                 | 0,5     |

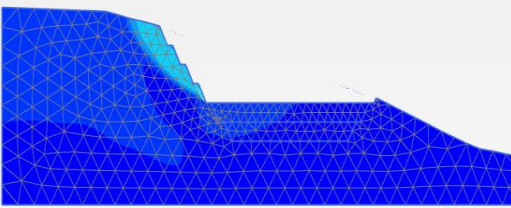
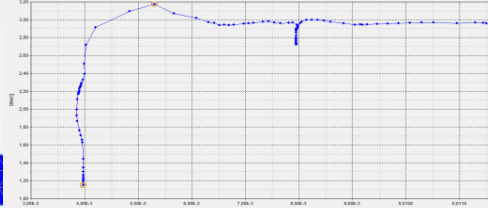
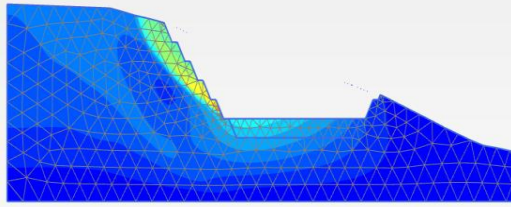
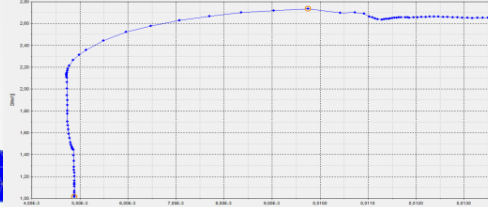
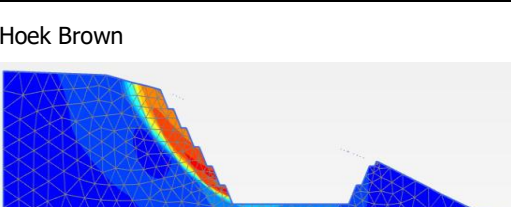
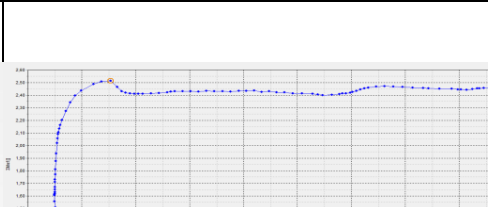
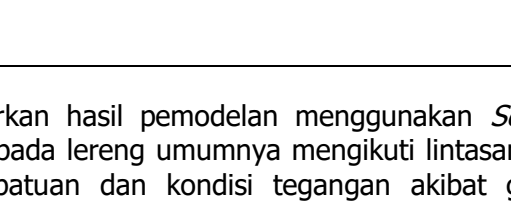
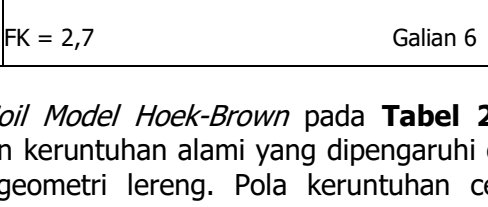
#### 3.2 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Batuan Galian

Hasil analisis stabilitas lereng batuan galian diperoleh melalui pemodelan numerik dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D serta penerapan *Soil Model Hoek-Brown*. Pemodelan ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng berdasarkan parameter-parameter batuan yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai Faktor Keamanan (FK) yang dihasilkan dari simulasi tersebut menjadi acuan utama dalam menilai kondisi stabilitas lereng, dan secara rinci hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Soil Model Hoek-Brown***

|                                                                                     |           |                                                                                      |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Hoek Brown                                                                          |           | Hoek Brown                                                                           |           |
|    |           |    |           |
| FK = 5,5                                                                            | eksisting | FK = 5,5                                                                             | eksisting |
| Hoek Brown                                                                          |           | Hoek Brown                                                                           |           |
|    |           |    |           |
| FK = 5,5                                                                            | Galian 1  | FK = 5,5                                                                             | Galian 1  |
| Hoek Brown                                                                          |           | Hoek Brown                                                                           |           |
|  |           |  |           |
| FK = 4,2                                                                            | Galian 2  | FK = 4,2                                                                             | Galian 2  |
| Hoek Brown                                                                          |           | Hoek Brown                                                                           |           |
|  |           |  |           |
| FK = 2,9                                                                            | Galian 3  | FK = 2,9                                                                             | Galian 3  |

**Tabel 2. (Lanjutan)**

|                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,9</p>   | <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,9</p>   |
| <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,9</p>  | <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,9</p>  |
| <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,7</p> | <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,7</p> |
| <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,5</p> | <p>Hoek Brown</p>  <p>FK = 2,7</p> |

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan *Soil Model Hoek-Brown* pada **Tabel 2**, bidang gelincir pada lereng umumnya mengikuti lintasan keruntuhan alami yang dipengaruhi oleh sifat massa batuan dan kondisi tegangan akibat geometri lereng. Pola keruntuhan cenderung berbentuk melengkung (*circular failure*) atau kombinasi melengkung-translasi, bergantung pada homogenitas material dan karakteristik diskontinuitas. Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan berada di atas 1,5 sehingga memenuhi kriteria stabilitas menurut SNI 8460:2017. Namun, semakin dalam galian yang dilakukan, nilai faktor keamanan cenderung menurun karena peningkatan tinggi lereng menyebabkan bertambahnya tegangan geser yang bekerja

pada bidang gelincir, sementara tahanan geser massa batuan relatif tetap sehingga kestabilan lereng berkurang.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis stabilitas lereng batuan galian menggunakan *Soil Model Hoek-Brown* pada PLAXIS 2D menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (FK) berada di atas 1,5, sehingga kondisi lereng dapat dikategorikan aman sesuai dengan standar SNI 8460:2017. Seiring dengan bertambahnya kedalaman galian, nilai faktor keamanan cenderung menurun karena peningkatan tinggi lereng menyebabkan tegangan geser pada bidang potensi gelincir semakin besar, sementara kuat geser massa batuan (kohesi dan sudut geser dalam) relatif tetap. Kondisi ini membuat gaya pendorong lebih dominan dibandingkan gaya penahan sehingga kestabilan lereng berkurang. Pola bidang gelincir yang terbentuk dari hasil pemodelan cenderung berbentuk melengkung (*circular failure*), yang merupakan ciri khas massa batuan homogen. Dengan demikian, *Soil Model Hoek-Brown* dapat dijadikan sebagai pendekatan yang efektif untuk analisis awal kestabilan lereng batuan galian.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *National Geotechnic Center*, Institut Teknologi Nasional Bandung, yang telah memberikan dukungan berupa akses lisensi akademik perangkat lunak PLAXIS sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hoek, E., & Brown, E.T. (2002). *Practical estimates of rock mass strength*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.
- Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering*. Rocscience.
- Brinkgreve, R.B.J., Kumarswamy, S., Swolfs, W.M., et al. (2016). *PLAXIS 2D Manual*. Delft University of Technology & Plaxis bv.
- SNI 8460:2017. *Persyaratan Perencanaan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional.
- Wyllie, D.C., & Mah, C.W. (2004). *Rock Slope Engineering*. CRC Press.