# Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Tanah Liat Mliwang Timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur

Alfian Maulana[1], Yudho Dwi Galih Cahyono[2], Avellyn Shintya Sari[3] dan Ratih Hardini Kusuma Putri[4]

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1234]
*e-mail: alfianmaulana12@gmail.com*

***ABSTRACT***

*The research location is located in Tuban Regency, precisely at the East Mliwang clay mine, PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, at the research location using the open pit mining method so that it cannot be separated from the geotechnical problem of slope stability. The slopes found in the eastern mliwang mine, especially at the research site, have slope geometry that is not in accordance with what was planned at the beginning of the conditions which are too gentle, so the authors make an analysis of safe and effective slope geometry recommendations, the slope safety factor is calculated using the Bishop Simplified method and Morgenstern-Price, with the Mohr Coulomb failure criteria, all slope calculations are assumed to be in a saturated state with the calculation of the safety factor values applied to the Rockscience slide v 6.0 software. From the results of the study, it was found that the existing slope conditions were in the safe category, with the value of the safety factor in a saturated state using the simplified Bishop method 1989 and having the same safety factor value using the Morgenstern-Price method. For the recommended overall slope, with an angle of 45 degrees per length, 28 degrees of overall slope, 10 meters high, 19,050 meters wide, 3 meters wide for each bench, 4 levels of overall slope, the value of the safety factor using the simplified Bishop method is 1.429 and the value of the safety factor using the Morgenstern-Price method is 1.424.*

***Kata kunci:*** *Slope stability, clay, mining, safety factor, slope geometry*

**ABSTRAK**

Lokasi penelitian terletak di kabupeten tuban tepatnya pada tambang tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, pada lokasi penelitan menggunakan metode penambangan tambang terbuka dengan begitu tidak lepas dengan permasalahan geoteknik kestabilan lereng. Lereng yang terdapat pada tambang mliwang timur terutama pada lokasi penelitian memiliki geometri lereng yang kurang sesuai dengan apa yang direncanakan di awal kondisi yang terlalu landai dengan begitu penulis membuat analisis rekomendasi geometri lereng yang aman dan efektif, faktor keamanan lereng dihitung dengan menggunakan metode Bishop Simplified dan Morgenstern-Price, dengan keriteria keruntuhan mohr coulomb, semua perhitungan lereng diasumsikan pada keadaan jenuh dengan perhitungan nilai faktor keamanan diaplikasikan ke dalam software rockscience slide v 6.0. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi lereng eksisting dalam kategori aman, dengan nilai faktor keamanan dalam keadaan jenuh dengan metode *Bishop simplified* 1.989 dan memiliki nilai faktor keamanan yang sama menggunakan metode *Morgenstern-Price*. Untuk lereng rekomendasi overall slope, dengan sudut tiap janjang 45 derajat, sudut overall slope 28 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 19.050 meter, lebar tiap bench 3 meter, lereng overall slope 4 jenjang, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.429 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.424.

**Kata kunci:** Kestabilan lereng, tanah liat, pertambangan, Faktor keamanan, geometri lereng.

## PENDAHULUAN

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk berlokasi di Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan khususnya penambangan tanah liat (clay) dan batu gamping. penambangan pada PT. Semen Indonesia

(Persero) Tbk menggunakan sistem tambang terbuka terbuka dengan membuat jenjang-jenjang dalam kegiatan penambangannya yang akan selalu mengahadapi permasalahan khususnya geoteknik, dari permasalahan geoteknik akan berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi ketidakmantapan pada lereng yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yaitu kohesi, sudut gesek dalam, bobot isi batuan dan kekuatan batuan. Sedangkan untuk faktor eksternal yaitu struktur geologi, muka air tanah, iklim, pelapukan, gempa, rencana penambangan dan geometri lereng. Perencanaan desain lereng ada berberapa yang harus perperhatikan antara lain lebar berm, tinggi *bench*, sudut antar jenjang baik *single slope* ataupun *Overall Slope*. Nilai faktor keamanan suatu lereng semakin kecil jika lereng tersebut semakin tinggi dan terjal, nilai faktor keamanan suatu lereng semakin besar bila lereng tersebut semakin rendah dan landai Rancangan geometri lereng yang aman dan stabil sangat diperlukan karena kondisi lereng yang aman menentukan keberhasilan dalam proses penambangan. Tingkat kestabilan lereng tambang dapat diketahui setelah adanya penyelidikan geoteknik yang meliputi pengambilan sample, pengujian sifat fisik, sifat mekanik batuan dan analisis geoteknik. Lereng dinyatakan stabil apabila memenuhi kriteria lereng dengan nilai FK > 1 berada pada kondisi aman atau stabil. Dalam penyelidikan lapangan yang telah dilakukan diarea penambangan tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk yang rekomendasikan terdapat kondisi lereng *eksisting* yang memiliki kemiringan yang landai dan terdapat ketidaksamaan antara perencanaan lereng dengan kondisi lereng yang sebenarnya dilapangan baik lebar berm, tinggi *bench*, sudut antar jenjang baik *single slope* ataupun *Overall Slope*, dengan begitu berpengaruh disektor produktivitas yang seharusnya bisa optimal akan tetapi karena terdapat berberapa permasalahan maka hasil produksi tanah liat mliwang timur kurang optimal, oleh karena itu dilakukanlah penelitian analisis kestabilan lereng tambang tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk untuk memberikan rekomendasi geometri lereng yang aman dan efisien.

## TINJAUAN PUSTAKA

Mencari informasi awal dan melakukan studi litelatur yang berkaitan dengan kestabilan lereng secara luas, kestabilan lereng yang merujuk khusus sesuai dengan bahan galian dalam penelitian, lokasi penelitian secara luas maupun merujuk khusus sesuai dengan lokasi daerah penelitian. Yang didapat pada jurnal penelitian terdahulu, buku, maupun pada sumber sumber terpercaya lainnya.

Penelitian dengan judul Rancangan Kestabilan Lereng Tanah Liat Di Kuari Mliwang Timur PT Semen Indonesia Kabupaten Tuban Jawa Timur yang disusun oleh Ario Bagus Bramantya dalam penelitian tersebut bertujuan menentukan geometri lereng tunggal dan overall yang aman dengan faktor keamanan atau FK > 1,5 dengan menggunakan metode Bishop simplified dengan menggunakan bantuan Software Rocsience Slide V.5.0 dari penelitian tersebut mendapatakan hasil sebagai berikut : geometri lereng tunggal yaitu tinggi lereng 2 meter, lebar bench 2 meter, kemiringan 35o sedangkan untuk geometri lereng overall yaitu tinggi lereng 30 meter, lebar tiap bench 2 meter, kemiringan overall 23$^{o}$.

Penelitian dengan judul Analisis Kestabilan Lereng Akhir Penambangan Pada Kuari Tanah Liat Blok Mliwang Timur PT Semen Indonesia Kabupaten Tuban Jawa Timur yang disusun oleh Hemdrawan Ari Sudrajat dalam penelitian tersebut bertujuan menentukan geometri lereng tunggal dan overall yang aman dengan faktor keamanan atau FK > 1,3 dengan menggunakan metode Bishop simplified dengan menggunakan bantuan Software GeoStudio 2012 Slope/W dari penelitian tersebut mendapatakan hasil sebagai berikut : geometri lereng tunggal yaitu tinggi lereng 1 meter, lebar bench 1 meter, kemiringan 15$^{o}$ sedangkan untuk geometri lereng overall yaitu tinggi lereng 20 meter, lebar tiap bench 1 meter, kemiringan overall 12$^{o}$.

Penelitian dengan judul Optimasi Produksi Penambangan Dari Aspek Perencanaan Geometri Lereng Kuari Tanah Liat Mliwang Barat PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Kabupaten Tuban Jawa Timur yang disusun oleh Ahmad Syahal Syaifuddin dalam penelitian tersebut bertujuan menentukan geometri lereng overall yang aman dengan faktor keamanan atau FK > 1 dengan menggunakan metode Morgenstern-Price dengan menggunakan bantuan Software Rocsience Slide V.6.0 dari penelitian tersebut mendapatkan hasil sebagai berikut : geometri lereng overall yaitu tinggi lereng 16 meter, lebar tiap bench 2 meter, tinggi tiap lereng 2 meter, kemiringan lereng tunggal 30$^o$

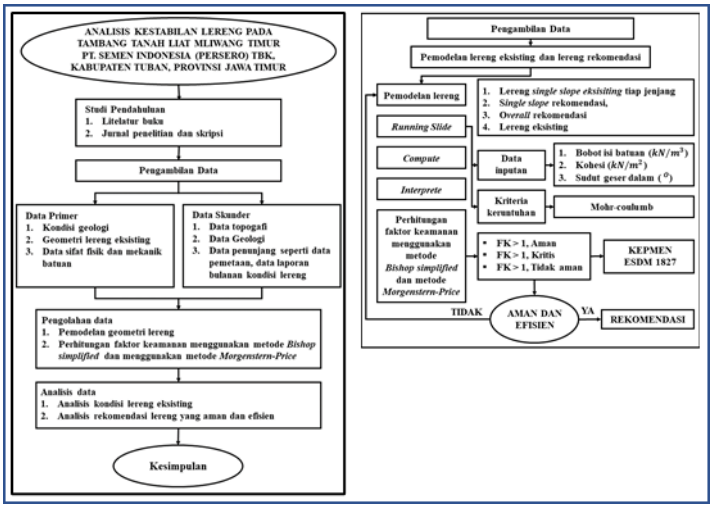
## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada permasalahan ini menggabungkan antara metode kualitatif dan metode kuantitatif, dimana metode kuantitatif akan berupa angka grafik dan tabel, sementara metode kualitatif akan berupa analisis data.

### Variable Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukazn pada bulan April 2022 dengan mengambil data primer dan data skunder, untuk data primer yaitu kondisi geologi, sifat fisik dan mekanik batuan, geometri lereng eksisting yang berada pada blok O-1 tambang tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Sedangkan untuk data skunder yaitu berupa data topografi, geologi regional dan data penunjang lainnya.




Gambar 1. Diagram alir penelitian dan pengolahan data.

### Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir pada gambar diatas diawali dengan tahap persiapan sampai penarikan kesimpulan

### Tahap Persiapan

Tahap persiapan yaitu studi pendahuluan dengan tujuan mencari informasi awal berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan baik dari buku, jurnal atau yang lain.

### Tahap Penelitian

Tahap penelitian untuk melakukan observasi secara langsung Pada Tambang Tanah Liat Mliwang Timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

**Tahap Pengolahan Data**

Tahap pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software*, pengolahan data dibagi menadi pemodelan geometri lereng yang di buat dengan *Software AutoCAD 2007* baik pemodelan geometri lereng eksisting, *single slope eksisiting* tiap jenjang, *single slope* rekomendasi dan *overall* rekomendasi, selanjutnya perhitungan faktor keamanan yang membutuhkan geometri yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya yang akan di proses di *Software Rockscience Slide V 6.0* yang membutuhkan data inputan Dari data hasil labolatorium dilakukan konversi satuan sesuai dengan *Software Rocsience Slide V.6.0* baik data bobot isi batuan, kohesi dan sudut geser dalam. Ketika data sudah siap maka dilanjutkan melakukan perhitungan faktor keamanan lereng *single slope eksisiting* tiap jenjang, *single slope* rekomendasi, *overall* rekomendasi dan lereng eksisting menggunakan bantuan *Software Rockscience Slide V 6.0.* Untuk keriteria keruntuhan menggunakan mohr-coulomb, untuk faktor keamanan lereng menggunakan metode *Bishop simplified* dan *Morgenstern-Price.* Pada perhitungan lereng diasumsikan dalam kondisi hujan atau keadaan jenuh termasuk kondisi 5 pada teori yang diusulkan Hoek and Bray pada tahun 1981

**Analisis Data**

Analisis ini dibagi menjadi 2, untuk analisis kondisi lereng eksisting mengamati pada bagian jenjang yang berpotensi rawan longsor karena terlalu tegak atau pada bagian jenjang yang mana yang aman tetapi tidak efisien karena terlalu landai. Selanjutnya analisis rekomendasi lereng dengan menganalisis pada geometri lereng rekomendasi apakah aman dan menjadi yang paling efektif dengan membandingan antar geometri lereng rekomendasi terutama pada *overall slope* apakah dengan 4 jenjang yang memiliki lebar bench 2 meter atau 3 meter dan juga dengan pilian sudut jenjang yang dimulai dari 25 derajat sampai 50 derajat dengan kelipatan 5 derajat.

**Kesimpulan**

Setelah analisis data dilakukan selanjutnya dibuatlah kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian yang telah dilakukan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Hasil Uji Labolatorium**

Dari sample yang telah diuji sifat fisik dan mekaniknya di labolatorium akan diaplikasikan kedalam *Software Rocscience Slide 6.0* untuk perhitungan faktor keamanan lereng. Untuk hasil labolatorium yang lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Sifat Fisik Material

| No. | *Soil Speciment* (Parameter Contoh) | UDS-10 | UDS-11 | UDS-12 |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Jenis contoh | UDS (Asli) | UDS (Asli) | UDS (Asli) |
| **2** | Litologi | Silty Clay | Silty Clay | Silty Clay |
| **3** | Warna | Brownish Black GREY | Brownish Black GREY | Brownish Black GREY |
| **4** | Kadar Air | 38.76 % | 39.86 % | 44.55 % |
| **5** | Berat Jenis (Gs) | 2.5964 | 2.5947 | 2.5809 |
| **6** | Berat Isi (gn) | 1.687 gr/cm$^3$ | 1.738 gr/cm$^3$ | 1.705 gr/cm$^3$ |
| | | 16.544 kN/m$^3$ | 17.044 kN/m$^3$ | 16.720 kN/m$^3$ |
| **7** | Berat Isi Kering (γd) | 1.214 gr/cm$^3$ | 1.242 gr/cm$^3$ | 1.179 gr/cm$^3$ |
| **8** | Derajat Kejenuhan | 88.35 % | 95.00 % | 96.64 % |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (Sr) | | | |
| **9** | Berat Awal ($W_o$) | 145.17 gr | 149.75 gr | 146.85 gr |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

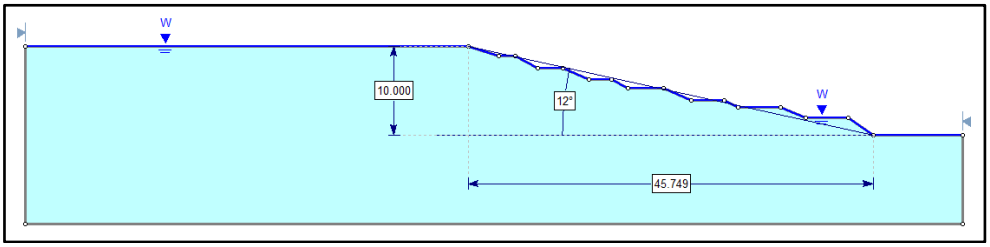
Tabel 2. Sifat Mekanik Material

| **No.** | **Measurement (Pengukuran)** | **UDS-10** | **UDS-11** | **UDS-12** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Tinggi (H) | 2 cm | 2 cm | cm |
| 2 | Diameter (ϕ) | 6 cm | 6 cm | cm |
| 3 | Luas (A) | 28.26 $cm^2$ | 28.26 $cm^2$ | 28.26 $cm^2$ |
| 4 | Volume isi (V) | 56.52 $cm^3$ | 56.52 $cm^3$ | 56.52 $cm^3$ |
| 5 | Faktor Kalibrasi | 0.159 kg/div | 0.159 kg/div | 0.159 kg/div |
| 6 | Berat contoh | 95.34 gr | 98.25 gr | 96.35 gr |
| 7 | Berat contoh 1 | 95.21 gr | 98.12 gr | 96.24 gr |
| 8 | Berat contoh 2 | 95.36 gr | 98.25 gr | 96.37 gr |
| 9 | Berat contoh 3 | 95.45 gr | 98.37 gr | 96.45 gr |
| 10 | Kohesi (C) | 0.2950 kg/$cm^2$ | 0.283 kg/$cm^2$ | 0.224 kg/$cm^2$ |
| | | 28.93 kN/$m^2$ | 27.753 kN/$m^2$ | 21.967 kN/$m^2$ |
| 11 | Sudut geser dalam (Phi) | 11.45º | 15.173º | 18.344º |
| 12 | Kuat Tekan | 1.943 kg/$cm^2$ | 2.691 kg/$cm^2$ | 3.501 kg/$cm^2$ |
| | | 0.191 Mpa | 0.264 Mpa | 0.343 Mpa |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

**Hasil Geometri Lereng Eksisting**

Pada lokasi penelitian kondisi lereng eksisting di tambang tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk memiliki tinggi *overall* eksisting yaitu 10 meter sedangkan untuk kemiringan total yaitu 12 derajat lereng tersebut terdiri atas 8 jenjang yang terdiri atas lapisan Silty Clay dan seluruhnya layak untuk ditambang dikarenakan memenuhi standar yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk bahan baku pembuatan semen. Dari geometri lereng eksisting yang terdapat pada lokasi penelitian dapat divisualisasikan dalam bentuk gambar sebagai berikut :




*Sumber : Data Penelitian, 2022*

Gambar 2. Pemodelan Lereng Eksisting Overall Slope

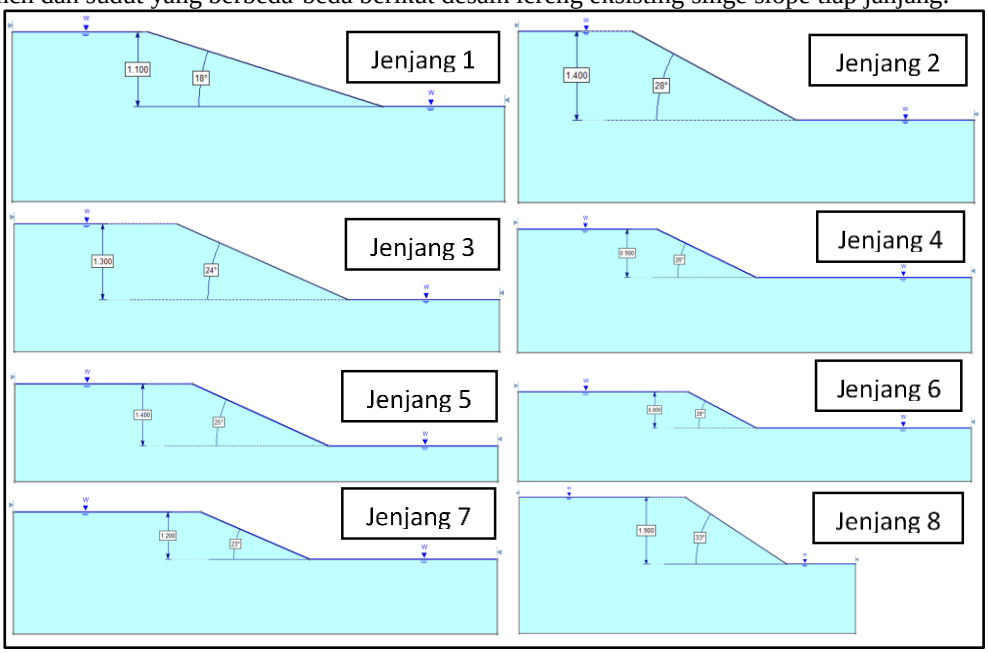
Adapun hasil perhitungan faktor keamanan yang telah dilakukan terhadap lereng eksisting *Overall Slope* adalah sebagai berikut

Tabel 3 Geometri Lereng Eksisting Overall Slope

| Lereng | Geometri Lereng | | Kondisi | Faktor Keamanan | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Tinggi (m)** | **Sudut (º)** | | ***Bishop simplified*** | ***Morgenstern-Price*** |
| Eksisting *Overall* | 10 | 12 | Jenuh | 1.989 | 1.989 |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

Dari lereng eksisting terdapat 8 jenjang yang masing-masing terdiri atas tinggi lebar bench dan sudut yang berbeda-beda berikut desain lereng eksisting singe slope tiap janjang.




*Sumber : Data Penelitian, 2022*

Gambar 3. Pemodelan Lereng Eksisting *Single Slope* Tiap Janjang

Adapun hasil perhitungan faktor keamanan yang telah dilakukan terhadap lereng eksisting Singe Slope tiap janjang dalam kondisi jenuh adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Geometri Lereng *Eksisting Single slope*

| **Lereng** | ***Bench*** | | **Geometri Lereng** | | **Kondisi** | **Faktor Keamanan** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Atas (m) | Bawah (m) | Tinggi (m) | Sudut (º) | | *Bishop Simplified* | *Morgenstern-Price* |
| Jenjang 1 | 2 | 1.8 | 1.1 | 18 | Jenuh | 9.509 | 9.507 |
| Jenjang 2 | 1.8 | 2.8 | 1.4 | 28 | | 7.205 | 7.200 |
| Jenjang 3 | 2.8 | 2.6 | 1.3 | 24 | | 8.007 | 8.005 |
| Jenjang 4 | 2.6 | 4 | 0.9 | 26 | | 10.825 | 10.823 |
| Jenjang 5 | 4 | 3.8 | 1.4 | 25 | | 7.524 | 7.517 |
| Jenjang 6 | 3.8 | 4.8 | 0.8 | 28 | | 12.019 | 12.017 |
| Jenjang 7 | 4.8 | 4.8 | 1.2 | 23 | | 8.398 | 8.396 |
| Jenjang 8 | 4.8 | 2 | 1.9 | 33 | | 5.301 | 5.300 |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

**Hasil Lereng Rekomendasi**

Berdasarkan kondisi lereng eksisting baik dalam single slope tiap jenjang maupun *Overall Slope* yang memiliki nilai faktor keamanan yang aman tetapi tidak efisien dikarenakan terlalu landai untuk kemiringan lerengnya maka dari itu dilakukan analisis lereng dengan melakukan desain lereng rekomendasi untuk tinggi lereng *overall* tetap yaitu 10 meter, dengan membuat desain 2 jenjang lereng menjadi 1 lereng untuk tinggi lerengnya menyesuaikan dengan gabungan antara tinggi kedua jenjang tersebut dengan begitu pada jenjang eksisting 8 jenjang menjadi 4 jenjang, untuk lebar *bench* dibuat rekomendasi 2 meter dan 3 meter sedangkan untuk kemiringan sudut tiap jenjang digunakan mulai dari 25$^o$ sampai 50$^o$ dengan kelipatan 5$^o$ untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng rekomendasi menggunakan cara yang sama dengan mendapatkan nilai faktor keamanan lereng eksisting. Dari hasil perhitungan nilai faktor keamanan pada lereng rekomendasi *Overall Slope* dengan lebar *bench* 2 meter dan lebar *bench* 3 meter yang telah dilakukan adalah sebagai berikut

Tabel 5 Faktor Keamanan Lereng Rekomendasi Overall Slope Lebar Bench 2 Meter

| **Lereng *Overall*** | **Geometri Lereng** | | | | **Faktor Keamanan** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Sudut *Overall* (m)** | **Tinggi Lereng (m)** | **Lebar Lereng (m)** | **Lebar Tiap *Bench* (m)** | ***Bishop Simplified*** | ***Morgenstern-Price*** |
| Rekomendasi 25$^o$ | 20 | 10 | 27.788 | 2 | 1.594 | 1.589 |
| Rekomendasi 30$^o$ | 23 | 10 | 23.289 | 2 | 1.504 | 1.499 |
| Rekomendasi 35$^o$ | 27 | 10 | 20.047 | 2 | 1.426 | 1.422 |
| Rekomendasi 40$^o$ | 29 | 10 | 17.819 | 2 | 1.374 | 1.371 |
| Rekomendasi 45$^o$ | 32 | 10 | 16.050 | 2 | 1.333 | 1.331 |
| Rekomendasi 50$^o$ | 35 | 10 | 14.395 | 2 | 1.295 | 1.293 |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

Tabel 6 Faktor Keamanan Lereng Rekomendasi Overall Slope Lebar Bench 3 Meter

| **Lereng *Overall*** | **Geometri Lereng** | | | | **Faktor Keamanan** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Sudut *Overall* (m)** | **Tinggi Lereng (m)** | **Lebar Lereng (m)** | **Lebar Tiap *Bench* (m)** | ***Bishop simplified*** | ***Morgenstern-Price*** |
| Rekomendasi 25$^o$ | 18 | 10 | 30.788 | 3 | 1.664 | 1.662 |
| Rekomendasi 30$^o$ | 21 | 10 | 26.289 | 3 | 1.582 | 1.579 |
| Rekomendasi 35$^o$ | 23 | 10 | 23.047 | 3 | 1.522 | 1.519 |
| Rekomendasi 40$^o$ | 26 | 10 | 20.819 | 3 | 1.473 | 1.468 |
| Rekomendasi 45$^o$ | 28 | 10 | 19.050 | 3 | 1.429 | 1.424 |
| Rekomendasi 50$^o$ | 30 | 10 | 17.396 | 3 | 1.39 | 1.385 |

*Sumber : Data Penelitian, 2022*

**Pembahasan Geometri Lereng Eksisting**

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai faktor keamanan lereng eksisting overall slope dalam keadaan aman dengan tinggi lereng 10 meter, sudut lereng overall 12 derajat dan terdapat 8 jenjang dengan diasumsikan lereng dalam keadaan hujan atau dalam keadaan jenuh memiliki nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.989 dan

memiliki nilai faktor keamanan yang sama ketika di lakukan pengaplikasian menggunakan metode *Morgenstern-Price.* Berdasarkan kondisi dilapangan yang terdiri dari 8 jenjang penulis melakukan pengamatan dengan mengolah tiap jenjang paa lereng eksisting untuk mengetahui nilai faktor keamanan di tiap jenjangnya.

Jenjang 1 lebar bench atas 2 meter, lebar bench bawah 1.8 meter, tinggi 1.1 meter, sudut 18 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified 9.509* dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 9.507 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 2 lebar bench atas 1.8 meter, lebar bench bawah 2.8 meter, tinggi 1.4 meter, sudut 28 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 7.205 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 7.200 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 3 lebar bench atas 2.8 meter, lebar bench bawah 2.6 meter, tinggi 1.3 meter, sudut 24 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 8.007 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 8.005 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 4 lebar bench atas 2.6 meter, lebar bench bawah 4 meter, tinggi 0.9 meter, sudut 26 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 10.825 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 10.823 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 5 lebar bench atas 4 meter, lebar bench bawah 3.8 meter, tinggi 1.4 meter, sudut 25 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 7.524 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 7.517 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 6 lebar bench atas 3.8 meter, lebar bench bawah 4.8 meter, tinggi 0.8 meter, sudut 28 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 12.019 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 12.017 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 7 lebar bench atas 4.8 meter, lebar bench bawah 4.8 meter, tinggi 1.2 meter, sudut 23 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 8.398 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 8.396 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

Jenjang 8 lebar bench atas 4.8 meter, lebar bench bawah 2 meter, tinggi 1.9 meter, sudut 33 derajat, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 5.301 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 5.300 artinya termasuk dalam kondisi aman tetapi jenjang tersebut terlalu landai.

**Pembahasan Geometri Lereng Rekomendasi Overall Slope Lebar *Bench* 2 Meter**

Dari hasil pengolahan data pada geometri lereng overall slope yang telah dilakukan penulis melakukan 2 rekomendasi lebar bench yaitu geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 2 meter dan geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 3 meter. berikut adalah pembahasan geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 2 meter dengan total 4 jenjang tinggi lereng 10 meter untuk tinggi jenjangnya menyesuaikan dengan gabungan antara tinggi kedua jenjang eksisting.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 25 derajat, sudut overall slope 20 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 27.788 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified 1.594* dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.589 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 30 derajat, sudut overall slope 23 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 23.289 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.504 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.499 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 35 derajat, sudut overall slope 27 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 20.047 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.426 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.422 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 40 derajat, sudut overall slope 29 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 17.819 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.374 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.371 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 45 derajat, sudut overall slope 32 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 16.050 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.333 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.331 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 50 derajat, sudut overall slope 35 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 14.395 meter, lebar tiap bench 2 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.295 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.293 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

**Pembahasan Geometri Lereng Rekomendasi Overall Slope Lebar *Bench* 3 Meter**

Dari hasil pengolahan data pada geometri lereng overall slope yang telah dilakukan penulis melakukan 2 rekomendasi lebar bench yaitu geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 2 meter dan geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 3 meter. berikut adalah pembahasan geometri lereng rekomendasi overall slope lebar *bench* 3 meter dengan total 4 jenjang tinggi lereng 10 meter untuk tinggi jenjangnya menyesuaikan dengan gabungan antara tinggi kedua jenjang eksisting.

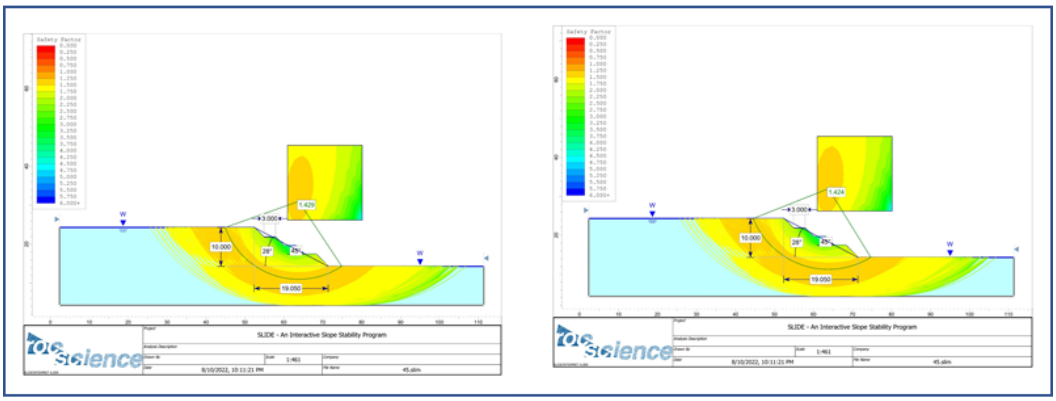
Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 25 derajat, sudut overall slope 18 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 30.788 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.664 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.662 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 30 derajat, sudut overall slope 21 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 26.289 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.582 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.579 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 35 derajat, sudut overall slope 23 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 23.047 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.522 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.519 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 40 derajat, sudut overall slope 26 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 20.819 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.473 dan nilai faktor keamanan dengan

metode *Morgenstern-Price* 1.468 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.




*Sumber : Data Penelitian, 2022*

Gambar 4. (a) Lereng Rekomendasi Overall Slope, sudut tiap janjang 45º, sudut overall slope 28º

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 45 derajat, sudut overall slope 28 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 19.050 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.429 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.424 artinya lereng dalam kondisi aman dan efisien.

Lereng Rekomendasi Overall Slope, dengan sudut tiap janjang 50 derajat, sudut overall slope 30 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 17.396 meter, lebar tiap bench 3 meter, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.39 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.385 artinya lereng dalam kondisi aman tetapi lereng tersebut kurang efisien.

## KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelituan ini bahwa kondisi lereng eksisiting di tambang tanah liat mliwang timur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dalam kategori aman, dengan nilai faktor keamanan dalam keadaan jenuh dengan metode *Bishop simplified* 1.989 dan memiliki nilai faktor keamanan yang sama menggunakan metode *Morgenstern-Price*. Untuk lereng rekomendasi overall slope, dengan sudut tiap janjang 45 derajat, sudut overall slope 28 derajat, tinggi lereng 10 meter, lebar lereng 19.050 meter, lebar tiap bench 3 meter, lereng overall slope 4 jenjang, nilai faktor keamanan dengan metode *Bishop simplified* 1.429 dan nilai faktor keamanan dengan metode *Morgenstern-Price* 1.424.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada keluarga besar penulis yang berada di kota Lamongan dan Kota gresik, bapak ibu dosen Teknik Pertambangan ITATS, bapak ibu di *Unit Section Of Mine Planning & Monitoring* PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Unit Tuban, teman-teman Teknik Pertambangan 2018, teman-teman harambe, The Raid Surabaya, Hayya Alal Falah, Dan Bumilawas Sidoyo Minerlog.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. D. G. Cahyono, “Analisis Kestabilan Lereng Tambang Batu Gamping Menggunakan Teori Keruntuhan Hoek And Brown,” in Katalog Buku Karya Dosen ITATS, 2021, pp. 147–156.

[2] Y. D. G. Cahyono and A. Khanifa, "The Influence of Structural Structures on Slope Stability at PT. Energi Batubara Lestari, South Kalimantan," Promine, vol. 7, no. 1, pp. 34–40, 2019, doi: 10.33019/promine.v7i1.1407.
[3] Y. D. G. Cahyono, "Analisis Kestabilan Lereng Highwall Berdasarkan Tingkat Kejenuhan Dengan Metode Probabilitas Pada Tambang Batubara PT X Kalimantan Timur," vol. 9, no. September, pp. 229–238, 2021..
[4] A Salim, "Analisis Balik Kestabilan Lereng Di Area Quarry Tambang Blok Mliwang Timur PT. Smen Indonesia (Persero) Tbk. Tuban, Jawa Timur", Universitas Narotama Surabaya 2019
[5] LAPI ITB. 2013. Dokumen Re-desain Tambang Tanah Liat Daerah Mliwang. PT. LAPI ITB. Bandung.
[6] Ade Elian Andana, Jusfarida Jusfarida "Geologi Dan Studi Kestabilan Lereng Pada Kuari Batugamping Blok Z-19 PT. Semen Indonesia (Persero) Unit Tuban – Jawa Timur"
[7] Afdol Firdausyanto, Yudho Dwi Galih Cahyono "Analisis Pengaruh Faktor Kerusakan Akibat Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Desa Sumberarum, Kec. Kerek, Kab. Tuban, Jawa Timur".
[7] Syaifuddin, A. S. (2019) " Optimasi Produksi Penambangan Dari Aspek Perencanaan Geometri Lereng Kuari Tanah Liat Mliwang Barat PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Kabupaten Tuban Jawa Timur ". *Other* Thesis, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
[8] Bramantya, B. A. 2015 " judul Rancangan Kestabilan Lereng Tanah Liat Di Kuari Mliwang Timur PT Semen Indonesia Kabupaten Tuban Jawa Timur"
[9] Sudrajat, A. H. 2017 " Analisis Kestabilan Lereng Akhir Penambangan Pada Kuari Tanah Liat Blok Mliwang Timur PT Semen Indonesia Kabupaten Tuban Jawa Timur" UPN Veteran Yogyakarta
[10] Romano Aulia Rahman, Jusfarida Jusfarida "Analisis Kestabilan Lereng Dan Rekomendasi Lereng Final Di Blok Tuban Penambangan Batugamping Bagian Utara PT.Semen Indonesia (Persero) Tbk".