

# JURNAL Teknologi Pertambangan

ISSN 2442-4234

Volume 4 Nomor 2 Periode: September 2018 - Februari 2019

1. Evaluasi Kinerja Unit Peremuk Batubara dalam Pencapaian Target Produksi Batubara di Pt. Gorby Putra Utama Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan, **Untung Sukamto, Bambang Wicaksono, Lathif Gani Wibowo**
2. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Penambangan Batu Granit di PT Riau Alam Anugrah Indonesia Provinsi Kepulauan Riau, **Inmarlinianto, Dyah Probowati, Angga Nugraha**
3. Analisis Efektivitas Alat Angkut antara Dump Truck Komatsu HD785CC dengan Scania P410 untuk Memenuhi Sasaran Produksi Batubara Seam Minor di Boundary A2 Pit South Tutupan PT Adaro Indonesia Kalimantan Selatan, **Indah Setyowati, Peter Eka Rosadi, Arviga Zunurain**
4. Fitoremediasi Tanaman Vetiver Terhadap Logam Berat Cu dan Zn Terlarut di Lubang Bekas Tambang Gosowong Cut Back Pt Nusa Halmahera Minerals Provinsi Maluku Utara, **Muhammad Qadafi M.Ali, Waterman SB, Nur Anggit Tri Rohmadi**
5. Analisis Stabilitas Lereng Penggalian Kuari Batugamping Pt. Caldorill Indonesia Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul D.I.Y, **S. Koesmaryo, Indun Titisariwati, Gavaria Venzio Setyorini**
6. Kajian Teknis Reklamasi Program Pascatambang pada Penambangan Bijih Bauksit PT Sanmas Mekar Abadi di Kecamatan Lingga Utara, Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau, **Wawong Dwi Ratminah, Peter Eka Rosadi, Aldio Kresna Pambayu**
7. Rencana Reklamasi Pascatambang pada Penambangan Batu Andesit CV Jati Kencana, Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah, **Gunawan Nusanto, Eddy Winarno, Dwianto**
8. Estimasi Sumberdaya Tanah Urug menggunakan Metode Kontur di IUP Tanah Urug Ngadimin, Desa Hargomulyo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DIY, **Abdul Rauf, Hananto Dwi Kurniawan**
9. Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Penambangan Batu Andesit di CV Gunung Mulia Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo Jawa Tengah, **Suyono, Budi Purwoko, Venma M. H.**
10. Analisa Kepadatan Lahu Lintas Jalan Tambang terhadap Produktivitas Haul Truck CAT 789C pada Jalur West 2 di Pit North West PT Saptaindra Sejati Jobsite Admo, **Kresno, Hasywir Thalib Siri, Randi Azda**
11. Kajian Teknis Kinerja Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Batubara Di Pt. Gorby Putra Utama Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan, **Wildan Septian Adam, Wawong Dwi Ratminah, Bambang Wisaksono**
12. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Tanah Penutup Tambang Batubara PT Pampersadamasantara Distrik Loa Janan Kalimantan Timur, **Dwi Poetranto, Junaldi, Kismo Zuhdi Sutowo**
13. Kajian Teknis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batugamping Kuari D PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup, Bogor, Jawa Barat **R. Hariyanto, Mardiah, Hizma Putri Masitha**
14. Kajian Efektivitas dan Keberhasilan High Pressure Grouting sebagai Ground Consolidation Studi Kasus Tambang Bawah Tanah Papua, **Bagus Wiyono, Winda, David Nathanael Marpaung**
15. Analisis Balik Kestabilan Lereng Di Kuari Tanah Liat Area Musim Hujan Mliwang Pt. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban Kecamatan Mliwang Tuban Jawa Timur, **Barlian Dwi Nagara, Peter Eka Rosadi, Dita Irwanti Pratiwi**
16. Kajian Teknis Sistem Penyaliran pada Tambang Batubara Pit B PT Cakra Bumi Pertiwi Kecamatan Ulok Kupai Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu, **Hariono, Sudaryanto, Wendha Sapta Giri**
17. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara di PT Mandiri Intiparkasa, Kalimantan Utara, **Eddy Winarno, Inmarlinianto, Aldi Suretno**
18. Estimasi Sumberdaya Granit menggunakan Data Resistivitas 2D pada IUP PT Karbon Kartanegara Kecamatan Sekatak Buji, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara, **Winda, Falz Pangageng Risarputro, Indun Titisariwati**
19. Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pembongkaran Lapisan Penutup Penambangan Batubara PT Nisanara Berau Coal Kalimantan Timur, **Anton Sudyanto, Kresno, Fiqcha Nanda F. A.**
20. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Lapisan Penutup Tambang Batubara di PT Pampersada Nusanara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan, **Ketut Gunawan, Andra Orahmin, Rika Ernawati**
21. Analisis Produksi Pada Kemajuan Tambang Menggunakan Metode Fotogrametri UAV (Unmanned Aerial Vehicle) di Kuari Batu Gamping PT Semen Indonesia (Persero) Pabrik Tuban Jawa Timur **Edy Nursanto, Faishal Insanul Jamal, Nur Ali Anur**
22. Rancangan Teknis Penambangan Batubara pada Pit Kusan Bawah Blok Selatan PT Saptaindra Sejati Jobsite Boro Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, **Priyo Widodo, Edy Nursanto, I Gede Sathya Vidyana**
23. Analisis Pemukiman Kapasitas Timbunan Hasil Perkuatan Tanah Lunak Pada Penerapan Metode Deep Soil Mixing dan Geocell Area Timbunan Lagunita Utara PT Kalum Prima Coal Tbk. Sangatta, Kalimantan Timur, **Vega Vergiagara & Singih Sapitno**
24. Lokalisasi Daerah Prospek Emas dan Logam Dasar (Cu-Pb-Zn) Menggunakan Pendekatan Fungsi-Fungsi Regresi Polinomial **Nurhamim**



**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN  
FTM-UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur Yogyakarta, Telp. 0274-486701 Fax 486702

# JURNAL

## Teknologi Pertambangan

### DAFTAR ISI

1. Evaluasi Kinerja Unit Peremuk Batubara dalam Pencapaian Target Produksi Batubara di Pt. Gorby Putra Utama Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan, **Untung Sukamto, Bambang Wicaksono, Lathif Gani Wibowo**.....(1-9)
2. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Penambangan Batu Granit di PT Riau Alam Anugrah Indonesia Provinsi Kepulauan Riau, **Inmarlinianto, Dyah Probowati, Angga Nugraha**.....(10-18)
3. Analisis Efektivitas Alat Angkut antara Dump Truck Komatsu HD785CC dengan Scania P410 untuk Memenuhi Sasaran Produksi Batubara Seam Minor di Boundary A2 Pit South Tutupan PT Adaro Indonesia Kalimantan Selatan, **Indah Setyowati, Peter Eka Rosadi, Arviga Zunurain**.....(19-32)
4. Fitoremediasi Tanaman Vetiver Terhadap Logam Berat Cu dan Zn Terlarut di Lubang Bekas Tambang Gosowong Cut Back Pt Nusa Halmahera Minerals Provinsi Maluku Utara, **Muhammad Qadafi M.Ali, Waterman SB, Nur Anggit Tri Rohmadi**.....(33-36)
5. Analisis Stabilitas Lereng Penggalian Kuari Batugamping Pt. Caldomill Indonesia Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul D.I.Y, **S. Koesnaryo, Indun Titisariwati, Gavaria Venzio Setyorini**.....(37-44)
6. Kajian Teknis Reklamasi Program Pascatambang pada Penambangan Bijih Bauksit PT Sanmas Mekar Abadi di Kecamatan Lingga Utara, Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau, **Wawong Dwi Ratminah, Peter Eka Rosadi, Aldio Kresna Pambayu**.....(45-52)
7. Rencana Reklamasi Pascatambang pada Penambangan Batu Andesit CV Jati Kencana, Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah, **Gunawan Nusanto, Eddy Winarno, Dwianto**.....(53-59)
8. Estimasi Sumberdaya Tanah Urug menggunakan Metode Kontur di IUP Tanah Urug Ngadimin, Desa Hargomulyo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DIY, **Abdul Rauf, Hananto Dwi Kurniawan**.....(60-68)
9. Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Penambangan Batu Andesit di CV Gunung Mulia Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo Jawa Tengah, **Suyono, Budi Purwoko, Venna M. H.** .....(69-78)
10. Analisa Kepadatan Lalu Lintas Jalan Tambang terhadap Produktivitas Haul Truck CAT 789C pada Jalur West 2 di Pit North West PT Saptaindra Sejati Jobsite Admo, **Kresno, Hasywir Thaib Siri, Randi Azda**.....(79-90)
11. Kajian Teknis Kinerja Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Batubara Di Pt. Gorby Putra Utama Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan, **Wildan Septian Adam, Wawong Dwi Ratminah, Bambang Wisaksono**.....(91-98)
12. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Tanah Penutup Tambang Batubara PT Pamapersadanasantara Distrik Loa Janan Kalimantan Timur, **Dwi Poetranto, Junaidi, Kismo Zuhdi Sutowo** .....(99-109)
13. Kajian Teknis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batugamping Kuari D PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup, Bogor, Jawa Barat **R. Hariyanto, Mardiah, Hizma Putri Masitha**..... (110-115)
14. Kajian Efektivitas dan Keberhasilan High Pressure Grouting sebagai Ground Consolidation Studi Kasus Tambang Bawah Tanah Papua, **Bagus Wiyono, Winda, David Nathanael Marpaung** .....(116-127)

15. Analisis Balik Kestabilan Lereng Di Kuari Tanah Liat Area Musim Hujan Mliwang Pt. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban Kecamatan Mliwang Tuban Jawa Timur, **Barlian Dwi Nagara, Peter Eka Rosadi, Dita Irwanti Pratiwi**.....(128-137)
16. Kajian Teknis Sistem Penyaliran pada Tambang Batubara Pit B PT Cakra Bumi Pertiwi Kecamatan Ulok Kupai Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu, **Hartono, Sudaryanto, Wendha Sapta Giri**.....(138-143)
17. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara di PT Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara, **Eddy Winarno, Inmarlinianto, Aldi Suretno**.....(144-153)
18. Estimasi Sumberdaya Granit menggunakan Data Resistivitas 2D pada IUP PT Karbon Kartanegara Kecamatan Sekatak Buji, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara, **Winda, Faiz Pangageng Risarputro, Indun Titisariwati** .....(154-161)
19. Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pembongkaran Lapisan Penutup Penambangan Batubara PT Nusantara Berau Coal Kalimantan Timur, **Anton Sudiyanto, Kresno, Fiqcha Nanda F. A.** .....(162-172)
20. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Lapisan Penutup Tambang Batubara di PT Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan, **Ketut Gunawan, Andra Orahmin, Rika Ernawati** .....(173-186)
21. Analisis Produksi Pada Kemajuan Tambang Menggunakan Metode Fotogrametri UAV (Unmanned Aerial Vehicle) di Kuari Batu Gamping PT Semen Indonesia (Persero) Pabrik Tuban Jawa Timur **Edy Nursanto, Faishal Insanul Jamal, Nur Ali Amri** .....(187-195)
22. Rancangan Teknis Penambangan Batubara pada Pit Kusan Bawah Blok Selatan PT Saptaindra Sejati Jobsite Boro Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, **Priyo Widodo, Edy Nursanto, I Gede Sathya Vidyana** .....(196-205)
23. Analisis Peningkatan Kapasitas Timbunan Hasil Perkuatan Tanah Lunak Pada Penerapan Metode Deep Soil Mixing dan Geocell Area Timbunan Lignite Utara PT Kaltim Prima Coal Tbk, Sangatta, Kalimantan Timur, **Vega Vergiagara & Singgih Saptono** .....(206-215)
24. Lokalisasi Daerah Prospek Emas dan Logam Dasar (Cu-Pb-Zn) Menggunakan Pendekatan Fungsi-Fungsi Regresi Polinomial **Nurkhamim** .....(216-221)

**Analisis Balik Kestabilan Lereng Di Kuari Tanah Liat  
Area Musim Hujan Mliwang Pt. Holcim Indonesia  
Tbk Plant Tuban Kecamatan Mliwang  
Tuban Jawa Timur**

Barlian Dwi Nagara, Dita Irwanti Pratiwi, Peter Eka Rosadi.

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia  
Email: ditapратиwi.di@gmail.com

**ABSTRACT**

*PT. Holcim Indonesia Tbk Tuban Plant is a company engaged in the cement industry with an open-pit mining system with a quarry mining method since 2015. Clay mining activities in the western rainy quarry area of the West uses a single slope geometry still in the initial stages of actual mining of an altitude of 4 m and a slope of 50°. Based on the FK analysis of the actual slope  $FK > 1.1$  results are included in the safe category. However, the actual single slope field experienced failure. Then it is necessary to do a back analysis on the slope to determine the effect of cohesion on slope stability. Back analysis is done by assuming  $FK = 1$  to look for cohesion values during failure. The cohesion value before the failure occurred was 72.80 kN/m<sup>2</sup> after a reverse analysis had decreased which was 11.90 kN/m<sup>2</sup>. Slope stability analysis is done using the Bishop simplified method.*

*Repair of single slope geometry needs to be done to avoid the occurrence of failure again. Determination of minimum safety factors uses the reference threshold for FK KepMen Energy and Mineral Resources No. 1827 K / 30 / MEM, namely  $FK > 1.1$ . The single slope recommendations made pay attention to the groundwater level using a simulation of groundwater level which refers to the Hoek & Bray chart with five conditions and parameters of slope constituents during failure. The recommended recommendation for slope geometry is the height of a single slope of 3 m and the slope angle of 60°.*

*The results of the analysis concluded that cohesion values decreased from cohesion values prior to the avalanche. This proves that the cohesion value affects the level of slope stability. The smaller the cohesion, the smaller the shear strength, so that the stability of the slope decreases. While activities to maintain slope stability in the research area are handling surface water by making waterways to reduce the occurrence of failure.*

*Keywords: Back analysis, slope stability, quarry*

**ABSTRAK**

PT. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban merupakan perusahaan yang bergerak pada industri semen dengan sistem tambang terbuka dengan metode penambangan kuari sejak tahun 2015. Kegiatan penambangan tanah liat di kuari Area Tambang Musim Hujan sebelah barat menggunakan geometri lereng tunggal masih dalam tahap awal penambangan ketinggian aktual sebesar 4 m dan kemiringan sebesar 50°. Berdasarkan analisis FK terhadap lereng aktual didapatkan hasil  $FK > 1,1$  yang termasuk dalam kategori aman. Namun pada aktual di lapangan lereng tunggal tersebut mengalami longsoran. Maka perlu dilakukan analisis balik pada lereng tersebut untuk mengetahui pengaruh kohesi pada kestabilan lereng. Analisis balik dilakukan dengan mengasumsikan  $FK = 1$  untuk mencari nilai kohesi pada saat longsor. Nilai kohesi sebelum terjadi longsor adalah 72,8 kN/m<sup>2</sup> setelah dilakukan analisis balik mengalami penurunan yaitu 11,9 kN/m<sup>2</sup>. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode *Bishop simplified*.

Perbaikan geometri lereng tunggal perlu dilakukan untuk menghindari terjadinya longsor kembali. Penentuan faktor keamanan minimum menggunakan acuan ambang batas FK KepMen Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM yaitu  $FK > 1,1$ . Rekomendasi lereng tunggal yang dibuat memperhatikan tinggi muka air tanah menggunakan simulasi tinggi muka air tanah yang mengacu pada *chart* Hoek & Bray dengan lima kondisi dan parameter penyusun lereng pada saat longsor. Rekomendasi yang disarankan untuk geometri lereng adalah tinggi lereng tunggal 3 m dan sudut lereng 60°.

Hasil analisis menyimpulkan bahwa nilai kohesi mengalami penurunan dari nilai kohesi sebelum terjadinya longsoran. Hal ini membuktikan bahwa nilai kohesi berpengaruh terhadap tingkat kestabilan lereng. Semakin kecil kohesi maka kuat gesernya semakin kecil sehingga kestabilan lereng menjadi berkurang. Sedangkan kegiatan untuk menjaga kestabilan lereng pada pada daerah penelitian adalah penanganan air permukaan dengan membuat saluran air supaya mengurangi terjadinya longsoran.

Kata kunci: Analisis balik, stabilitas lereng, kuari

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PT. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban merupakan perusahaan yang bergerak pada industri semen dengan sistem tambang terbuka dengan metode penambangan kuari. Penelitian ini dilakukan pada kuari Area Tambang Musim Hujan sebelah barat. Berdasarkan kajian geoteknik yang telah dilakukan oleh perusahaan, direkomendasikan desain geometri lereng tunggal dengan kemiringan  $45^\circ$  dan tinggi 3 m pada area tersebut. Namun aktual di lapangan geometri lereng tunggal memiliki kemiringan  $50^\circ$  dan tinggi lereng 4 m sehingga terjadi perbedaan antara perencanaan dan aktualisasi yang mengakibatkan terjadinya longsor.

Seperti yang terjadi pada longsor lereng di kawasan barat kuari Area Tambang Musim Hujan, kelongsoran ini diakibatkan karena faktor kekuatan massa tanah yang lemah. Untuk merancang kembali lereng yang lebih stabil sebagai perbaikan, maka harus diketahui parameter kekuatan geser tanah pada saat longsor. Parameter kekuatan geser massa tanah dan tinggi muka air tanah pada saat longsor dapat diketahui dengan melakukan kembali kajian geoteknik yaitu menganalisis balik terhadap parameter kekuatan geser massa tanah dan tinggi muka air tanah. Hasil analisis balik tersebut nantinya dipergunakan sebagai parameter masukan untuk merancang kembali lereng yang longsor sebagai perbaikan.

Namun perlu dipahami bahwa PT. Holcim Indonesia baru melakukan penambangan pada tahun 2015 sehingga masih dalam tahap awal penambangan.

### 1.2. Rumusan Masalah

Kuari Area Tambang Musim Hujan pada PT. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban yang berpotensi longsor ini, dari melihat latar belakang permasalahan, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Belum adanya analisis nilai kohesi yang sesuai terhadap kestabilan lereng.
- 2) Tinggi muka air tanah dapat mempengaruhi ketidakstabilan pada lereng.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menganalisis balik pengaruh kohesi pada kestabilan lereng.
- 2) Merekomendasikan geometri lereng yang dinyatakan stabil dengan menggunakan parameter kekuatan geser massa tanah dengan memperhatikan keadaan muka air tanah.

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- 1) 1 Analisa dilakukan dengan metode kesetimbangan batas, metode Bishop Simplified.

- 2) Perhitungan analisa balik hanya mencari parameter kohesi pada saat longsor dengan menggunakan parameter sudut geser dalam yang telah ada.
- 3) Analisa pengaruh tinggi muka air tanah menggunakan chart Hoek & Bray.
- 4) Analisa dilakukan dengan memasukkan data kegunaan daerah Tuban yaitu 0,1 g berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia (SNI 1726-2002).

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan masukan untuk menentukan kebijakan perusahaan dalam melakukan perancangan geometri lereng yang aman.

## II. TINJAUAN UMUM

### 2.1. Lokasi Dan Kesempaan Daerah

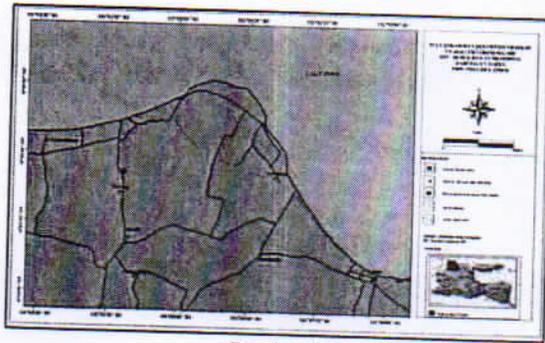
Lokasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Holcim Indonesia Tbk. Plant Tuban terletak di Provinsi Jawa Timur yang berada di Desa Merkawang, Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban. Penambangan Tanah Liat terletak di wilayah Desa Mliwang, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban. Lokasi penambangan berada di sebelah selatan Pabrik PT Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban. Lokasi tambang PT. Holcim Indonesia Tbk. Plant Tuban berjarak 26 km dari Tuban melewati jalan Provinsi ke arah Kabupaten Rembang atau dapat ditempuh selama 2 – 3 jam melalui jalan Kabupaten dari Bojonegoro ke arah Bancar dan terakhir ke arah Kecamatan Kerek. Rute perjalanan dapat ditempuh juga melalui Kota Yogyakarta menuju PT. Holcim Indonesia Tbk Plant Tuban dengan jalan darat sejauh 205 km melalui Kabupaten Bojonegoro. PT. Holcim Indonesia Tbk. Plant Tuban memiliki IUP untuk penambangan tanah liat sebesar 69 Ha dan luas tapak proyek 1075 Ha.

Daerah operasional PT. Holcim Indonesia Tbk. Plant Tuban secara astronomis (lihat Gambar 2.1.) berada pada:

- a.  $111^\circ 53' 28''$  sampai dengan  $111^\circ 55' 08''$  Bujur Timur.
- b.  $6^\circ 48' 42''$  sampai dengan  $6^\circ 50' 29''$  Lintang Selatan.
- c. Lokasi penambangan berjarak 26 km ke arah Barat Laut Kota Tuban.

Batas-batas administrasi wilayah PT Holcim Indonesia Tbk. Plant Tuban adalah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara : Laut Jawa.
- b. Sebelah Selatan : Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban.
- c. Sebelah Barat : Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban.
- d. Sebelah Timur : Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban.



Gambar 1  
Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah

### III. HASIL PENELITIAN

Lereng yang longsor merupakan hal yang sering terjadi dalam kegiatan penambangan maupun konstruksi sipil. Apabila hal tersebut terjadi maka seringkali dilakukan analisis balik untuk memperkirakan kuat geser material (tanah liat) pada saat terjadinya longsor. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian kuat geser di laboratorium untuk mendapatkan parameter kuat geser yang dapat dipercaya untuk perhitungan analisis kestabilan lereng selanjutnya.

#### 3.1. Penyelidikan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di lereng penambangan kuari tanah liat Area Tambang Musim Hujan Mliwang pada koordinat  $6^{\circ} 50' 20,22'' - 6^{\circ} 50' 21,51''$  LS dan  $111^{\circ} 53' 0,69'' - 111^{\circ} 53' 0,90''$  BT pada elevasi  $\pm 47$  m di atas permukaan laut dengan jenjang setinggi 4 m.



Gambar 2  
Peta Lokasi Penelitian

##### 3.1.1. Material Pembentuk Lereng

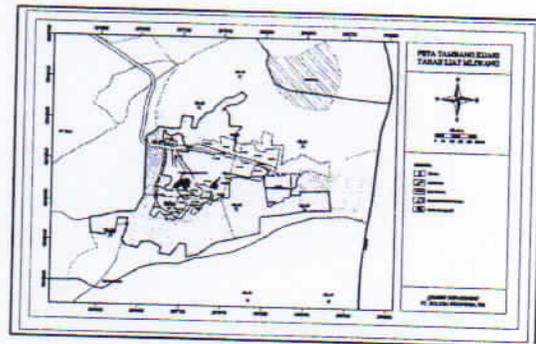
Material tanah memiliki karakteristik yang berbeda antara satu dengan lainnya. Cara yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik material di suatu daerah tertentu dilakukan dengan pengamatan secara langsung terhadap material tanah yang ada di daerah tersebut sehingga dapat diketahui karakter dari material tanah tersebut.

Profil material tanah pada daerah penelitian dilihat dengan cara melakukan pengeboran pada titik yang telah ditentukan. Melalui pengeboran yang dilakukan dapat diketahui jenis material pada daerah penelitian. Profil material tiap lubang bor tertera Tabel 1.

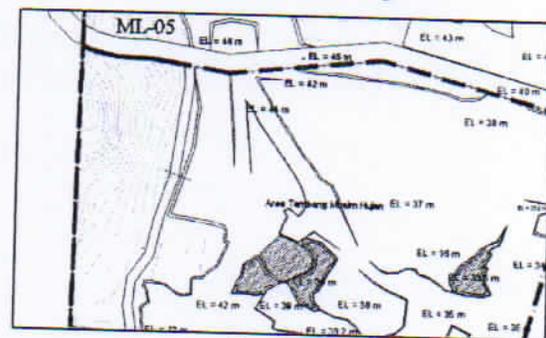
Tabel 1  
Material Tiap Lubang Bor

Kode	KOORDINAT		Kedalaman (m)	Material
ML-01	$6^{\circ} 50' 1,76''$ LS	$111^{\circ} 53' 15,18''$ BT	44	Tanah Liat
ML-02	$6^{\circ} 50' 8,26''$ LS	$111^{\circ} 53' 07,41''$ BT	11,8	Tanah Liat
ML-03	$6^{\circ} 50' 14,69''$ LS	$111^{\circ} 53' 14,56''$ BT	33	Tanah Liat
ML-04	$6^{\circ} 50' 14,89''$ LS	$111^{\circ} 53' 28,11''$ BT	6,8	Tanah Liat
ML-05	$6^{\circ} 50' 15,85''$ LS	$111^{\circ} 53' 01,62''$ BT	18,7	Tanah Liat
ML-06	$6^{\circ} 50' 33,85''$ LS	$111^{\circ} 52' 50,38''$ BT	25	Tanah Liat
ML-07	$6^{\circ} 50' 28,19''$ LS	$111^{\circ} 52' 01,81''$ BT	20,33	Tanah Liat
ML-08	$6^{\circ} 50' 28,07''$ LS	$111^{\circ} 53' 15,13''$ BT	38,4	Tanah Liat
ML-09	$6^{\circ} 50' 27,85''$ LS	$111^{\circ} 53' 28,52''$ BT	12,8	Tanah Liat
ML-10	$6^{\circ} 50' 46,01''$ LS	$111^{\circ} 53' 33,74''$ BT	18,4	Gamping Dolomit
ML-11	$6^{\circ} 50' 46,20''$ LS	$111^{\circ} 53' 17,77''$ BT	50	Gamping Dolomit

Berdasar hasil pengeboran yang telah dilakukan, diketahui material berupa tanah liat dan gamping dolomit. Lubang bor dengan kode ML - 01 hingga ML - 09 berada didalam lokasi penambangan dengan material tanah liat. Sedangkan lubang bor dengan kode ML - 10 hingga ML - 11 berada diluar lokasi penambangan dengan material gamping dolomit. Hal ini menunjukkan daerah penelitian memiliki material berupa tanah liat tanpa ada sisipan material yang lain. Lihat Gambar 3.



Gambar 3  
Peta Lokasi Titik Lubang Bor

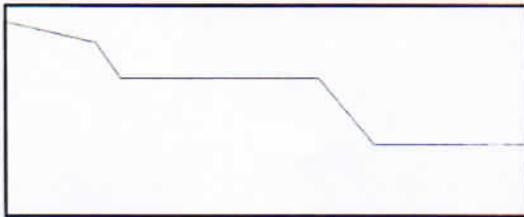


Gambar 4  
Sayatan Lokasi Penelitian

##### 3.1.2. Pengukuran Geometri Lereng

Pengukuran geometri lereng pada lokasi penelitian dilakukan dengan cara pengukuran arah dan kemiringan lereng. Berdasarkan sayatan yang dilakukan maka diperoleh geometri lereng (Gambar 4) yaitu:

- Tinggi lereng tunggal : 4 m
- Sudut kemiringan lereng tunggal :  $50^{\circ}$



Gambar 5  
Geometri Lereng

3.1.3. Keadaan Air Permukaan

Pada saat setelah hujan, kondisi lereng daerah penelitian mengalami erosi akibat adanya air limpasan yang bergerak dari daerah tinggi ke daerah rendah, kemudian menuju lokasi penambangan. Pada saat cuaca cerah permukaan lereng terlihat kering namun ada bagian – bagian tanah liat yang terasa lunak.

3.1.4. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Liat

Tanah mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika tanah dan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar yaitu sifat fisik dan sifat mekanik.

Pengujian sifat fisik tanah ini merupakan pengujian yang tidak merusak sample atau conto tanah (*undistructive test*). Pengujian ini memperoleh parameter sifat fisik tanah diantaranya kadar air, bobot isi kering (*dry density*) dan bobot isi jenuh (*wet density*). Pengujian sifat mekanik tanah merupakan pengujian yang merusak sample atau conto tanah (*distructive test*). Sifat mekanik tanah menunjukkan perilaku tanah tersebut ketika mendapatkan suatu gaya, sehingga dapat diketahui pengaruhnya pada stabilitas lereng. Pada pengujian sifat mekanik tanah bertujuan mendapatkan nilai dari kohesi (*c*) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Data sifat fisik dan mekanik dari tanah liat tersebut menggunakan data sekunder. Pengujian sample atau conto tanah dilakukan oleh PT LAPI ITB. Hasil pengujian tertera pada Tabel 2. berikut ini:

Tabel 2  
Sifat Fisik dan Mekanik Material (PT.LAPI ITB)

Kadar air, (%)	23,11
Bobot isi basah. (kN/m <sup>3</sup> )	18,50
Bobot isi kering. (kN/m <sup>3</sup> )	15,10
Kohesi. (kN/m <sup>2</sup> )	72,80
Sudut geser dalam. (°)	24,80

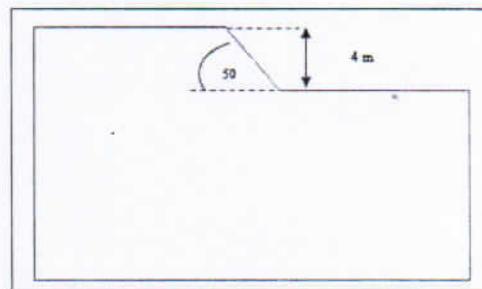
3.2. Faktor Keamanan Lereng

Pada lereng kuari tanah liat Area Tambang Musim Hujan perhitungan dilakukan berdasarkan rumus yang dikembangkan dari metode kesetimbangan batas. Secara prinsip gaya geser yang diperlukan untuk mempertahankan kestabilan lereng akan dibandingkan dengan gaya yang menyebabkan kelongsoran.

Perbandingan kedua gaya ini akan didapatkan nilai faktor keamanan (FK), apabila gaya untuk mempertahankan kemantapan lebih besar dari gaya yang menyebabkan kelongsoran, maka nilai FK > 1, lereng dikategorikan aman dan tidak terjadi longsor, dan apabila gaya yang menyebabkan kelongsoran lebih besar dari gaya untuk mempertahankan kemantapan maka nilai FK < 1, sehingga lereng di kategorikan tidak aman dan berpotensi longsor.

Geometri lereng yang akan dihitung pada penelitian ini adalah lereng tunggal aktual dengan ketinggian 4 m dan sudut lereng 50° (lihat gambar 4.4). Kekuatan geser pada lereng tanah liat tersebut  $\gamma$  : 18,5 kN/m<sup>3</sup> ;  $\phi$  : 24,8 ° ; *c* : 72,8 kPa .

Cara penyelesaian FK dengan metode Bishop akan dijelaskan seperti dibawah ini.



Gambar 6  
Model Lereng Aktual

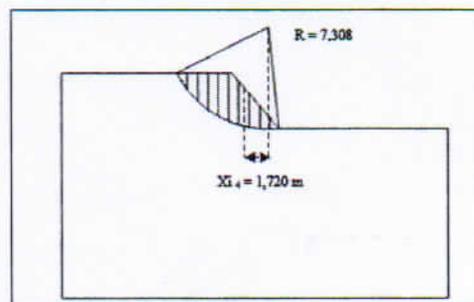
Langkah pertama untuk menentukan kestabilan lereng dengan metode kesetimbangan batas adalah menentukan terlebih dahulu geometri bidang longsor dan banyak jumlah irisan yang digunakan pada bidang longsor (lihat gambar 3.5). Data irisan pada gambar diatas dapat dilihat pada tabel 3.3, dan variabel geometri tiap irisan dapat dilihat pada gambar 3.6. Tabulasi data irisan tetap digunakan untuk menghitung FK Bishop.

Rumusan yang digunakan:

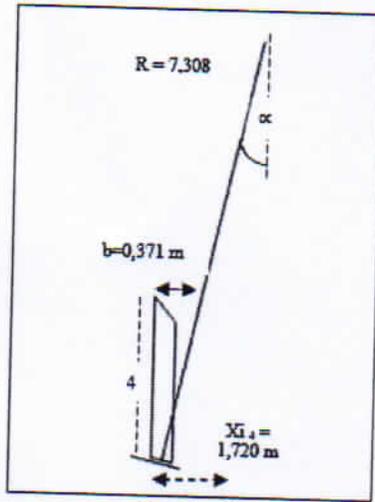
$$F = \frac{\sum [c.b + (W - u.b) \tan \phi'] \left( \frac{1}{\cos \alpha (1 + \tan \phi \tan \alpha / F)} \right)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$M_i = \cos \alpha (1 + \tan \phi \tan \alpha / F)$$

$$F = \frac{\sum [c.b + (W - u.b) \tan \phi'] \left( \frac{1}{M_i} \right)}{\sum W \sin \alpha}$$



Gambar 7  
Model Lereng dengan Irisan



Gambar 8 Model Irisan 4

Tabel 3 Data-data Tiap Irisan

Irisan	b (m)	R	xi	h (m)	$\alpha$ (°)
1	0,371	7,308	0,509	0,487	3,994
2	0,371	7,308	0,236	1,386	1,851
3	0,371	7,308	0,978	2,208	7,691
4	0,371	7,308	1,720	2,952	13,613
5	0,371	7,308	2,462	3,626	19,688
6	0,371	7,308	3,204	3,313	26,003
7	0,371	7,308	3,946	2,896	32,681
8	0,371	7,308	4,689	2,351	39,913
9	0,371	7,308	5,430	1,636	47,989
10	0,371	7,308	6,172	0,658	57,624

Tabel 4. Tabulasi Perhitungan Mi

F Awal	1					
Irisan	$\phi$	$\alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	$\tan \phi$	$M_i$
1	24,8	3,994	0,998	0,069	0,462	1,029
2	24,8	1,851	0,999	0,032	0,462	1,014
3	24,8	7,691	0,991	0,135	0,462	1,053
4	24,8	13,613	0,972	0,242	0,462	1,081
5	24,8	19,688	0,942	0,359	0,462	1,098
6	24,8	26,003	0,899	0,488	0,462	1,101
7	24,8	32,681	0,842	0,642	0,462	1,092
8	24,8	39,913	0,767	0,837	0,462	1,064
9	24,8	47,989	0,669	1,110	0,462	1,012
10	24,8	57,624	0,535	1,577	0,462	0,925

Tabel 5. Tabulasi Perhitungan Faktor Keamanan dengan Metode Bishop

Irisan	b (m)	R	xi	h (m)	$\alpha$ (°)	$\sin \alpha$	$\tan \phi$	W (kN)
1	0,371	7,308	0,509	0,487	3,994	0,069	0,462	3,343
2	0,371	7,308	0,236	1,386	1,851	0,032	0,462	9,513
3	0,371	7,308	0,978	2,208	7,691	0,134	0,462	15,155
4	0,371	7,308	1,720	2,952	13,613	0,235	0,462	20,261
5	0,371	7,308	2,462	3,626	19,688	0,337	0,462	24,887
6	0,371	7,308	3,204	3,313	26,003	0,438	0,462	22,739
7	0,371	7,308	3,946	2,896	32,681	0,540	0,462	19,877
8	0,371	7,308	4,689	2,351	39,913	0,642	0,462	16,136
9	0,371	7,308	5,430	1,636	47,989	0,743	0,462	11,229
10	0,371	7,308	6,172	0,658	57,624	0,845	0,462	4,516
$\sum W$ (kN)								27,748
$\sum W \sin \alpha$								0,231
$\sum c$ (kN)								30,969
$\sum W \cos \alpha$								2,031
$\sum W \tan \alpha$								4,761
$\sum W \sin^2 \alpha$								8,367
$\sum W \cos^2 \alpha$								9,959
$\sum W \tan^2 \alpha$								10,734
$\sum W \sin^3 \alpha$								10,159
$\sum W \cos^3 \alpha$								8,343
$\sum W \tan^3 \alpha$								3,816
Jumlah								322,597
F Baru								5,48

Tabel 6. Hasil Analisis Nilai Faktor Keamanan Lereng Tunggal Aktual dengan menggunakan perangkat lunak Galena v5.0

Tinggi (m)	Sudut (°)	Nilai Faktor Keamanan pada Tunggal muka air tanah mengikuti Chart Hoek & Bray				
		Chart No. 1	Chart No. 2	Chart No. 3	Chart No. 4	Chart No. 5
4	50	5,61	5,30	5,19	5,02	4,98

Hasil analisis perhitungan manual dan hasil analisis tidak mempunyai perbedaan yang terlalu jauh, selisih perbedaan  $\pm 2\%$  didapatkan faktor keamanan yang aman. Namun pada aktual di lapangan lereng tunggal tersebut mengalami longsor. Maka perlu dilakukan analisis balik pada lereng tersebut dan penyesuaian terhadap geometri lereng.

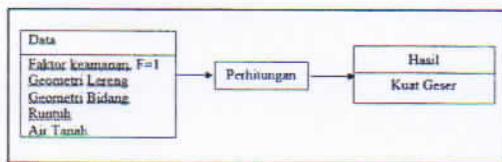
### 3.2.1. Analisis Balik pada Longsor

Analisis balik dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter geser massa tanah pada saat lereng mengalami longsor. Karena lereng telah mengalami longsor, dapat diasumsikan bahwa lereng tersebut memiliki FK mendekati 1. Setelah itu dilakukan upaya peningkatan nilai FK, yaitu dengan mencari pengaruh geometri lereng sebagai perbaikan dalam merancang kembali lereng yang longsor. Nilai FK yang digunakan sebagai perbaikan menggunakan acuan ambang batas FK KepMen Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM yaitu  $FK > 1,1$ .

Analisis dihitung berdasarkan rumus yang dikembangkan dari metode keseimbangan batas, dengan cara menganalisis elemen yang terbentuk agar didapatkan nilai FK mendekati 1. Apabila nilai FK yang didapatkan  $> 1$ , maka nilai masukan yang akan dirubah yaitu nilai parameter geser massa tanah (c

dan  $\phi$ ) sampai didapatkan nilai FK mendekati 1. Nilai  $c$  dan  $\phi$  yang didapatkan diasumsikan mewakili nilai parameter geser massa tanah yang sebenarnya di lapangan. Dimana menurut persamaan kuat geser Mohr Coulomb hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan :  $\tau = c + \sigma \tan \phi$ . Sehingga semakin besar nilai kohesi dan sudut geser dalam suatu material, maka semakin besar kekuatan geser material tersebut untuk menahan longsoran. Sebaliknya semakin kecil nilai kohesi dan sudut geser dalam suatu material, maka semakin kecil pula kuat geser material tersebut untuk menahan longsoran.

Dalam melakukan analisis tersebut dibantu dengan perangkat lunak Galena v5.0 dengan lisensi UPN "Veteran" Yogyakarta Jurusan Teknik Tambang nomor 1610471.



Gambar 9.  
Alur Analisis Balik

Parameter yang dimasukkan dalam perangkat lunak Galena yaitu bobot isi ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ), dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Selain itu, pengukuran geometri lereng disimulasikan dalam perangkat lunak Galena untuk menambah keakuratan hasil interpretasi permodelan.

Dilakukan analisis balik (*back analysis*) untuk memperoleh parameter kekuatan geser massa tanah pada saat lereng mengalami kelongsoran. Dengan bantuan perangkat lunak Galena, ambang batas untuk sifat mekanik tanah tersebut direduksi sehingga diperoleh hasil berupa nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang juga ikut tereduksi. Nilai – nilai ini diasumsikan sebagai kekuatan tanah pada saat longsor. Dari hasil analisis yang dilakukan dalam keadaan jenuh untuk mendapatkan faktor keamanan yang diinginkan yaitu 1,00 didapatkan nilai kohesi 11,9 kN/m<sup>2</sup> berdasarkan perhitungan galena. Simulasi dilakukan dengan tinggi lereng tunggal 4 m, kemiringan lereng 50° dalam keadaan muka air tanah jenuh dan data masukan galena menggunakan data yang telah ada yaitu bobot isi basah 18,50 kN/m<sup>3</sup> dan sudut geser dalam 24,8°.

**3.3. Rancangan Perbaikan Geometri Lereng Penambangan**

Menyangkut dengan kestabilan lereng, kebijakan dan pedoman pengaturan kestabilan lereng penambangan di Indonesia mengacu pada Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik menyatakan bahwa “setiap kejadian longsor pada lereng penambangan dilakukan pemeriksaan dan melakukan analisis ulang (*back analysis*) geoteknik”.

Permodelan perbaikan lereng tunggal dilakukan dengan simulasi tinggi lereng tunggal 2 m, 3 m, 4 m, dan 5 m serta variasi sudut kemiringan lereng 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, dan 65°.

**3.3.1. Perhitungan Nilai FK Lereng Tunggal Perbaikan**

Perhitungan nilai FK lereng tunggal perbaikan pada kuari tanah liat Area Musim Hujan PT. Holcim Indonesia dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Analisis Perhitungan nilai FK dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Galena v5.0.
2. Parameter masukan diambil dari data masukan hasil analisis balik yang telah dilakukan dengan nilai kohesi 11,9 kN/m<sup>2</sup>, bobot isi 18,50 kN/m<sup>3</sup> dan sudut geser dalam 24,8°.
3. Tinggi muka air tanah (MAT) disimulasikan mengikuti chart Hoek & Bray. Berdasarkan pengamatan di lapangan lereng memiliki kondisi jenuh. Untuk mengantisipasi adanya perubahan kondisi muka air tanah, maka dilakukan simulasi muka air tanah menggunakan chart Hoek & Bray yang terdiri dari chart 1 = kondisi kering, chart 2 = air permukaan 8x tinggi lereng toe, chart 3 = air permukaan 4x tinggi lereng toe, chart 4 = air permukaan 2x tinggi lereng toe dan chart 5 = kondisi jenuh. Sehingga kita perlu melakukan analisis lereng tersebut dengan perbedaan muka air tanah untuk mengetahui perubahan nilai faktor keamanan. Lihat Gambar 3.9.
4. Faktor seismik diberikan terhadap lereng tunggal sebesar 0,1 g berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia (SNI 1726-2002). Lihat Gambar 3.11.
5. Lereng tunggal dianggap stabil jika memiliki FK > 1,1 sesuai KepMen Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM.

Hasil perhitungan nilai FK lereng tunggal perbaikan dapat dilihat pada Tabel 3.7. berikut ini:

Tabel 7.  
Hasil Perhitungan Nilai FK Lereng Tunggal Perbaikan berdasarkan chart Hoek & Bray

Tinggi Lereng Tunggal (m)	Sudut Lereng Tunggal (°)	FK				
		Chart No.1	Chart No.2	Chart No.3	Chart No.4	Chart No.5
2	40	2,64	2,44	2,31	2,14	2,02
	45	2,43	2,37	2,27	2,03	1,90
	50	2,39	2,31	2,22	1,98	1,83
	55	2,29	2,23	2,14	1,92	1,74
	60	2,24	2,18	2,10	1,90	1,69
	65	2,10	2,04	1,96	1,73	1,52
3	40	2,01	1,54	1,83	1,56	1,43
	45	1,90	1,83	1,73	1,51	1,35
	50	1,82	1,76	1,68	1,47	1,28
	55	1,73	1,70	1,63	1,40	1,21

3	60	1,54	1,60	1,51	1,51	1,11
	65	1,57	1,56	1,48	1,27	1,04
4	40	1,72	1,62	1,50	1,28	1,14
	45	1,63	1,56	1,46	1,25	1,09
	50	1,59	1,49	1,39	1,20	1,03
	55	1,41	1,37	1,29	1,09	0,97
	60	1,33	1,29	1,20	1,00	0,88
5	65	1,29	1,27	1,19	1,00	0,88
	40	1,54	1,41	1,31	1,14	0,98
	45	1,42	1,34	1,24	1,07	0,93
	50	1,35	1,24	1,15	1,00	0,83
	55	1,29	1,22	1,14	0,94	0,78
	60	1,16	1,13	1,04	0,85	0,70
	65	1,09	1,06	0,99	0,81	0,67

Keterangan :

FK ≥ 1,1 Stabil   
 0,8 < FK < 1,0 Tidak Stabil   
 1,0 ≤ FK < 1,1 Kritis

#### IV. PEMBAHASAN

Kestabilan lereng selalu menjadi pertimbangan teknis pada tambang terbuka, hal ini mengingat ketidakstabilan pada suatu lereng pada tambang akan mengakibatkan berbagai masalah dan dapat mempengaruhi kegiatan produksi dalam tambang. Parameter yang digunakan untuk mengukur suatu lereng stabil atau tidak stabil adalah nilai dari faktor keamanannya. Berdasarkan analisis balik kestabilan lereng pada Kuari Area Musim Hujan Mliwang terdapat beberapa hal yang akan dibahas pada bab ini antara lain : analisis balik pengaruh kohesi pada kestabilan lereng dengan memperhatikan keadaan muka air tanah beserta rekomendasi perubahan geometri lereng yang dinyatakan stabil.

##### 4.1. Pengaruh Kohesi Terhadap Kestabilan Lereng

Kohesi adalah kuat tarik menarik antar butiran tanah atau batuan yang dinyatakan dalam satuan kilo Pascal (kPa) atau dapat dikonversi menjadi kN/m<sup>2</sup>. Bila kuat gesernya semakin besar maka semakin besar pula harga kohesi dari tanah tersebut (Gambar 2.7). Harga kohesi didapat dari analisis laboratorium, yaitu dengan uji geser langsung.

Pada daerah penelitian, data lapangan menunjukkan nilai kohesi pada Kuari Area Musim Hujan Mliwang adalah 72,8 kN/m<sup>2</sup>. Kondisi tersebut menunjukkan nilai kohesi yang cukup tinggi. Selain nilai kohesi, daerah penelitian memiliki nilai sudut geser dalam 24,8° dan bobot isi tanah 18,5 kN/m<sup>3</sup>. Dari data tersebut dihitung nilai faktor keamanan lereng tunggal aktual, hasil analisis nilai faktor keamanan dinyatakan aman karena FK > 1,1 (Tabel 3.6). Namun pada aktual di Lapangan lereng tunggal tersebut mengalami longsoran. Maka perlu dilakukan analisis balik pada lereng tersebut dan penyesuaian terhadap geometri lereng. Analisis balik dilakukan agar mengetahui nilai parameter geser massa tanah pada saat longsor khususnya nilai kohesi pada lereng longsor tersebut.

Parameter yang dicari dari analisis balik yaitu nilai kohesi (c) pada saat tanah tersebut dalam kondisi longsor. Parameter penyusun lereng pada saat longsor didapatkan dengan melakukan analisis penentuan ambang batas untuk sifat mekanik tanah tersebut dengan menggunakan metode simulasi pengurangan nilai dari kohesi. Nilai kohesi dipilih karena diantara ketiga parameter penyusun tanah (bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam) nilai kohesi memiliki pengaruh yang paling besar dalam penentuan nilai faktor keamanan. Agar memudahkan dalam menganalisis balik lereng tersebut, maka penentuan ambang batas untuk nilai kohesi tersebut diturunkan setiap satu satuan supaya menghasilkan FK yang mendekati 1,0. Lereng pada saat longsor diasumsikan mempunyai nilai FK 1,0.

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam keadaan jenuh, didapatkan nilai faktor keamanan yang diinginkan yaitu 1,0 dengan konsi parameter tanah sebagai berikut:

Tabel 8

Parameter Kekuatan Geser Tanah

No	Parameter	Sebelum Longsor	Longsor
1.	Sudut geser dalam (φ)	24,8°	24,8°
2.	Kohesi (c)	72,8 kN/m <sup>2</sup>	11,9 kN/m <sup>2</sup>

Dengan memasukan nilai bobot isi tanah 18,5 kN/m<sup>3</sup> dan sudut geser dalam (φ) 24,8° dengan bantuan perangkat lunak Galena maka diperoleh nilai kohesi (c) 11,9 kN/m<sup>2</sup> pada saat longsor (Tabel 5.1). Nilai-nilai ini merupakan pendekatan yang diprediksikan sebagai ukuran kekuatan massa tanah penyusun lereng pada saat longsor. Data hasil dari perangkat lunak Galena dijadikan sebagai data masukan permodelan lereng dan digunakan untuk perancangan kembali geometri lereng yang aman.

Memvalidasi hasil dari analisis balik tersebut, maka parameter kekuatan geser tanah pada saat longsor dapat dibandingkan dengan saat sebelum longsor. Seperti yang terdapat pada Tabel 4.1., nilai parameter kekuatan geser tanah pada saat longsor lebih kecil daripada saat sebelum longsor. Hal ini membuktikan bahwa kohesi berpengaruh terhadap tingkat kestabilan lereng. Semakin kecil kohesi maka kuat gesernya semakin kecil sehingga kestabilan lereng menjadi berkurang.

##### 4.2. Perbaikan Stabilitas Lereng dengan Mengubah Geometri Lereng

###### 4.2.1. Geometri Lereng

Menyangkut dengan kestabilan lereng, kebijakan dan pedoman pengaturan kestabilan lereng penambangan di Indonesia mengacu pada Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik menyatakan bahwa "setiap kejadian longsor pada lereng penambangan dilakukan pemeriksaan dan melakukan analisis ulang (back analysis) geoteknik".

Geometri lereng tunggal aktual di Lapangan adalah tinggi lereng tunggal 4m dan sudut lereng tunggal 50°. Lereng tunggal tersebut mengalami longsor, oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan geometri lereng. Tinggi lereng dan sudut lereng mempengaruhi nilai faktor keamanan yang didapatkan. Semakin besar tinggi lereng maka semakin kecil nilai faktor keamanan yang didapatkan begitu pula sebaliknya, semakin kecil tinggi lereng maka semakin besar nilai faktor keamanan. Begitupun terhadap sudut lereng, semakin besar sudut lereng yang terbentuk maka semakin kecil nilai faktor keamanan yang didapatkan dan begitu pula sebaliknya. Agar mendapatkan geometri lereng perbaikan yang sesuai maka dilakukan dengan cara kombinasi tinggi lereng dan sudut lereng.

Perbaikan geometri lereng pada penelitian ini menggunakan tinggi lereng tunggal (H) adalah 2, 3, 4, dan 5 meter dengan sudut lereng tunggal ( $\alpha$ ) yang digunakan adalah 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, dan 65° serta nilai koefisien seismik sebesar 0,1. Setiap tinggi lereng dibuat menjadi 6 variasi sebagai contoh ketika menggunakan tinggi lereng tunggal 2 m maka sudut lereng yang digunakan yaitu sudut 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, dan 65°. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana perbedaan hasil analisis yang didapatkan ketika menggunakan tinggi lereng tunggal yang sama namun sudut lereng yang berbeda. Selain itu analisis dilakukan dengan simulasi tinggi muka air tanah yang mengacu pada chart Hoek & Bray (Gambar 3.9). Chart Hoek & Bray yang digunakan adalah lima kondisi tinggi muka air tanah. Sehingga terdapat 24 nilai faktor keamanan yang dianalisis dengan simulasi tinggi muka air tanah yang mengacu pada chart Hoek & Bray (Tabel 7).

Hal ini dilakukan untuk perbaikan geometri lereng yang telah longsor agar lereng tidak longsor kembali dikemudian hari. Ambang batas nilai FK yang digunakan yaitu  $FK \geq 1,1$ . Dapat dilihat pada Tabel 4.7 pengaruh perbedaan tinggi lereng tunggal terhadap nilai faktor keamanan yang dianalisis. Pada tinggi lereng tunggal 2 m menunjukkan hasil faktor keamanan paling stabil dan termasuk dalam kategori stabil semua. Tinggi lereng tunggal 3 m memiliki nilai faktor keamanan berada pada kategori stabil namun ada satu variasi tinggi lereng dan sudut lereng yang berada dalam kategori faktor keamanan kritis. Tinggi lereng tunggal 4 m dan 5 m memiliki nilai faktor keamanan berada pada kategori stabil, kritis dan tidak stabil. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil tinggi lereng maka nilai faktor keamanan semakin besar.

#### 4.2.2. Air Tanah

Air tanah dapat didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan lereng. Air tanah ini dapat mempengaruhi kekuatan tanah, hal ini terjadi karena keberadaan air yang mengisi pori-pori tanah menyebabkan bobot isi dari tanah bertambah. Tinggi

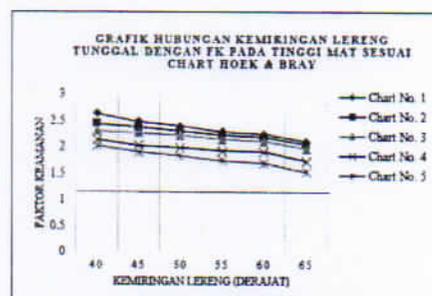
rendahnya muka air tanah sangat menentukan dalam analisis kestabilan lereng.

Pada penelitian ini tidak memiliki data air tanah sehingga air tanah pada perbaikan geometri lereng menggunakan simulasi tinggi muka air tanah yang mengacu pada chart Hoek & Bray (Gambar 2.9), terdapat lima kondisi tinggi muka air tanah pada analisis kestabilan lereng ini antara lain:

1. Chart no. 1 kondisi kering, diasumsikan lereng dalam kondisi benar-benar kering dan batas muka-air tanah berada dibawah elevasi kaki lereng.
2. Chart no. 2, diasumsikan air permukaan 8x tinggi lereng toe.
3. Chart no. 3, diasumsikan air permukaan 4x tinggi lereng toe.
4. Chart no. 4, diasumsikan air permukaan 2x tinggi lereng toe.
5. Chart no. 5 kondisi jenuh, diasumsikan lereng benar-benar jenuh sehingga tinggi air tanah mengikuti permukaan lereng.

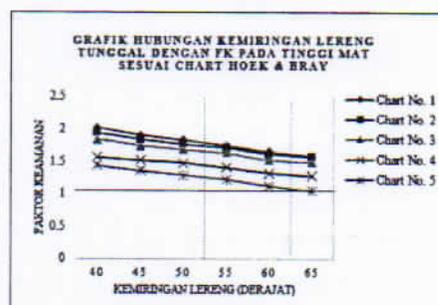
Hal ini dikarenakan dalam membuat perancangan harus mempertimbangkan nilai yang optimis pada saat kondisi kering dan nilai yang pesimis pada saat kondisi jenuh. Pada bagian ini akan dibahas bagaimana pengaruh tinggi muka air tanah terhadap nilai faktor keamanan.

Hubungan antara kemiringan lereng keseluruhan dan tinggi muka air tanah dengan nilai faktor keamanan dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 13 berikut ini :



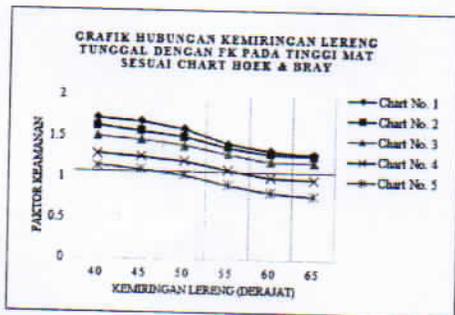
Gambar 10

Grafik Hubungan Kemiringan Lereng Tunggal dengan FK pada Tinggi Lereng Tunggal 2 m dan Tinggi Muka Air Tanah Sesuai Chart Hoek & Bray

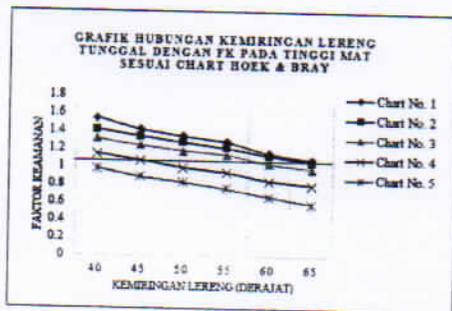


Gambar 11

Grafik Hubungan Kemiringan Lereng Tunggal dengan FK pada Tinggi Lereng Tunggal 3 m dan Tinggi Muka Air Tanah Sesuai Chart Hoek & Bray



Gambar 12  
Grafik Hubungan Kemiringan Lereng Tunggal dengan FK pada Tinggi Lereng Tunggal 4 m dan Tinggi Muka Air Tanah Sesuai Chart Hoek & Bray



Gambar 13  
Grafik Hubungan Kemiringan Lereng Tunggal dengan FK pada Tinggi Lereng Tunggal 5 m dan Tinggi Muka Air Tanah Sesuai Chart Hoek & Bray

Berdasarkan hasil perhitungan nilai FK lereng tunggal yang terdapat pada Tabel 3.7 serta Gambar 4.1 sampai Gambar 4.4 dapat dilihat pengaruh tinggi muka air tanah terhadap nilai FK. Dilihat pada Gambar 4.1 tinggi lereng tunggal 2 m nilai faktor keamanan berada pada kategori stabil semua dengan ditunjukkan garis merah ambang batas FK berada dibawah grafik tersebut. Gambar 4.2 dengan tinggi lereng tunggal 3 m memiliki nilai faktor keamanan berada pada kategori stabil namun ada satu variasi tinggi lereng dan sudut lereng yang berada dalam kategori faktor keamanan kritis, dapat dilihat dari garis merah tersebut dimana terdapat grafik yang berada dibawahnya. Gambar 4.3 dengan tinggi lereng tunggal 4 m memiliki nilai faktor keamanan berada pada kategori kritis dan tidak stabil, dapat dilihat dari garis merah tersebut dimana terdapat grafik yang berada dibawahnya. Gambar 4.4 dengan tinggi lereng tunggal 5 m memiliki nilai faktor keamanan berada pada kategori stabil, kritis dan tidak stabil, dapat dilihat dari garis merah tersebut dimana terdapat grafik yang berada dibawahnya. Semakin tinggi muka air tanah maka akan semakin kecil pula nilai FK yang dihasilkan, begitupula sebaliknya apabila tinggi muka air tanah semakin kecil maka nilai FK yang dihasilkan akan semakin besar. Tinggi muka air tanah di lapangan perlu diukur untuk melihat seberapa besar pengaruh air tanah tersebut terhadap kestabilan lereng, sehingga analisis yang dilakukan dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

4.2.3. Analisis Kestabilan Lereng Hasil Rekomendasi Berdasarkan hasil perhitungan FK (Tabel 7), maka geometri lereng tunggal yang dapat diterapkan pada lereng penambangan PT. Holcim Indonesia Tbk dapat ditentukan. Keadaan lereng dengan nilai koefisien seismik sebesar 0,1 dan kondisi air tanah pada chart Hoek & Bray No. 1 hingga No. 5, menunjukkan tinggi lereng tunggal 2 m berada pada kategori stabil semua, tinggi lereng tunggal 3 m ada satu nilai faktor keamanan yang berada pada kategori kritis, sedangkan tinggi lereng tunggal 4 dan 5 m terdapat beberapa nilai faktor keamanan yang berada dikategori kritis dan tidak stabil.

Geometri lereng tunggal dengan tinggi lereng 3 meter dan sudut lereng tunggal  $60^{\circ}$  dapat diterapkan karena masih stabil dengan nilai  $FK \geq 1,1$ . Pada Tabel 3.7 menunjukkan tinggi lereng 3 meter dan sudut lereng tunggal  $60^{\circ}$  masuk dalam kategori stabil. Dari berbagai pertimbangan dipilih mengubah lereng dengan berdasarkan parameter tanah penyusun pada saat longsor dengan alasan antara lain: faktor yang dihasilkan pesimis karena menggunakan parameter tanah penyusun pada saat longsor, dan tinggi lereng optimum. Dipilihnya tinggi lereng yang optimum agar jumlah cadangan yang terambil lebih banyak karena lereng tidak terlalu landai.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan hasil analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian penambangan tanah liat Area Tambang Musim Hujan PT. Holcim Indonesia Tbk dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil perhitungan analisis balik pada lereng yang mengalami longsor didapatkan nilai kohesi  $11,9 \text{ kN/m}^2$ . Nilai kohesi ini mengalami penurunan dari nilai kohesi sebelum terjadinya longsor. Hal ini membuktikan bahwa nilai kohesi berpengaruh terhadap tingkat kestabilan lereng. Semakin kecil kohesi maka kuat gesernya semakin kecil sehingga kestabilan lereng menjadi berkurang.
2. Rekomendasi yang disarankan untuk geometri perbaikan lereng adalah tinggi lereng tunggal 3 m dan sudut lereng tunggal  $60^{\circ}$ .

### 5.2 Saran

1. Melakukan penanganan air permukaan dengan membuat saluran air supaya mengurangi terjadinya longsor.
2. Merubah geometri lereng dengan tinggi jenjang tunggal 3 m, dan besar sudut jenjang tunggal  $60^{\circ}$ .

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering rock mass classifications, Professor of Mineral Engineering and Director Mining and Resources Research Institute The Pennsylvania State University.

- Bieniawski, Z.T., 1984, Engineering Rock Mass Classification, Professor of Mineral Engineering and Direktor Mining and Resources Research Institute The Pennsylvania State University.
- Bishop, A.W., 1955, The Use of The Slip Circle in The Stability Analysis of Earth Slopes. *Geotechnique*, Vol.5, 7-17
- Fakhri, T. A., 2018, Analisis Kestabilan Lereng *High Wall* Di Blok 03 PT. Bharinto Ekutama, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur, Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran", Yogyakarta.
- Hoek, Ever and Bray, J.W, 1981, "Rock Slope Engineering", Revised Third Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Kliche, C.A., 1999, *Rock Slope Stability*, Society for Mining, Metallurgy, and Eksplorasi, Inc., USA.
- Kramer, SL., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Kusumaningsih, D. A., 2011, Perancangan Kembali Lereng Menggunakan Metode Analisis Balik Pada Pit Tutupan Di PT. Adaro Indonesia, Kalimantan Selatan, Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran". Yogyakarta.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral., 2018., Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Peçoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik . 370 hal.
- Wyllie, C.D and Mah, C.W., 2004, *Rock Slope Engineering: Civil and Mining 4th Ed.*, Taylor and Francis Group, New York.
- \_\_\_\_\_, 2007, Laporan RKAB (Rencana Kerja dan Anggaran Biaya) Tahun 2007 PT. Semen Dwima Agung Tuban – Jawa Timur.
- \_\_\_\_\_, 2008, Diktat Kuliah Geoteknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, 2015, Draft Report PT. Holcim Indonesia Tbk (Studi Geoteknik Penambangan Lempung PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban).