

# STUDI KELONGSORAN PADA LERENG TERBEBANI SILO DENGAN SSR-FEM PADA LOKASI SINAR MAS AGRO RESOURCE - SUNGAI BUAYA MILL LAMPUNG

Hanggoro Tri Cahyo A\*

## ABSTRACT

*There have been twice (2) land movement on bevel loaded with silo at Sinar Mas Agro Resources – Buaya Mill River, Lampung, in the rainy season 2005 and 2006 without significant bevel strengthening. The bevel condition after landslide was analysed using shear strength reduction technic-finite element method (SSR-FEM). The information of landslide area zone prediction, landslide direction and land deformation after landslide as a result from analysis using SSR-FEM is useful as a guidance in the decision making to choose the method of bevel strengthening. A significant safe factor reduction (SF) of bevel stability at unloaded condition and silo loaded condition indicated that silo planning on the bevel requires a further study to find the type of appropriate foundation system in order to minimize the risk of failed-silo structure on the bevel.*

**Key words :** kesetabilan lereng, kelongsoran, metode elemen hingga

## PENDAHULUAN

Lereng pada Sinar Mas Agro Resource – Sungai Buaya Mill Lampung merupakan lereng dengan kemiringan  $27^\circ$  yang bagian atasnya dibebani oleh silo penampungan CPO seberat 2500 ton/unit. Pergerakan tanah pada lereng seperti pada Gambar 1, telah terjadi pada 2 (dua) kali musim penghujan yakni pada tahun 2005 dan 2006. Berdasarkan hasil pengamatan visual, kondisi lereng semakin parah walaupun telah diupayakan perbaikan sementara dengan pemasangan terucuk-terucuk bambu. Masalah mendasar yang ditemukan dari hasil survey lapangan adalah :

1. Belum tersedianya sistem drainase yang dapat menjaga besarnya nilai faktor aman (SF) stabilitas lereng pada saat terjadinya hujan pemicu longsoran.
2. Struktur pondasi silo merupakan pondasi dangkal yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng. Beban merata silo pada bagian atas lereng sebesar 2500 ton atau  $q = 25000 / (1/4 \cdot \pi \cdot 18^2) = 98,3 \text{ kN/m}^2$ , yang berjarak hanya 8 m dari tepi lereng akan sangat berpengaruh pada turunnya stabilitas lereng dari kondisi aslinya tanpa adanya silo.
3. Tidak adanya perkuatan lereng pasca kelongsoran pertama tahun 2005, hanya perbaikan sementara dengan terucuk bambu.
4. *Progressive failure* yang terjadi telah mengindikasikan peningkatan resiko terjadinya kelongsoran secara menyeluruh.

Perlu pengkajian yang komprehensif dari data penyelidikan tanah, pengamatan visual dan analisis

kondisi kestabilan lereng agar nantinya diperoleh solusi yang aman dan ekonomis.

## PENAMPANG PROFIL TANAH

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Tarumanegara Bumiayasa Jakarta (2005), dapat diinterpretasikan penampang profil tanahnya berdasarkan data Trend nilai  $q_c$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) sondir manual 2,5 ton yang berjumlah 3 titik dan Nilai N-SPT untuk boring log untuk 3 titik pengeboran mesin.

Mengingat titik penyelidikan tanah di sekitar longsoran hanya 3 sondir dan 3 bor mesin untuk elevasi di atas dan di bawah lereng, maka penampang profil tanah hanyalah pendekatan seperti pada Gambar 2. Kedalaman muka air tanah (m.a.t) yang diperhitungkan dalam stabilitas lereng adalah kondisi pada saat musim penghujan tahun 2005. Adapun data parameter tanah yang digunakan untuk input perhitungan stabilitas lereng disajikan pada Tabel 1.

## HUJAN PEMICU LONGSORAN

Hujan pemicu longsoran adalah hujan yang mempunyai curah tertentu, sehingga air hujan mampu meresap ke dalam lereng dan mendorong tanah untuk longsor. Secara umum terdapat dua tipe hujan pemicu longsoran di Indonesia, yaitu tipe hujan deras dan tipe hujan normal tapi berlangsung lama. Tipe hujan deras misalnya adalah hujan yang dapat mencapai 70 mm per jam atau lebih dari 100 mm per hari. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsoran pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air (Karnawati 1996, 1997), seperti misalnya pada

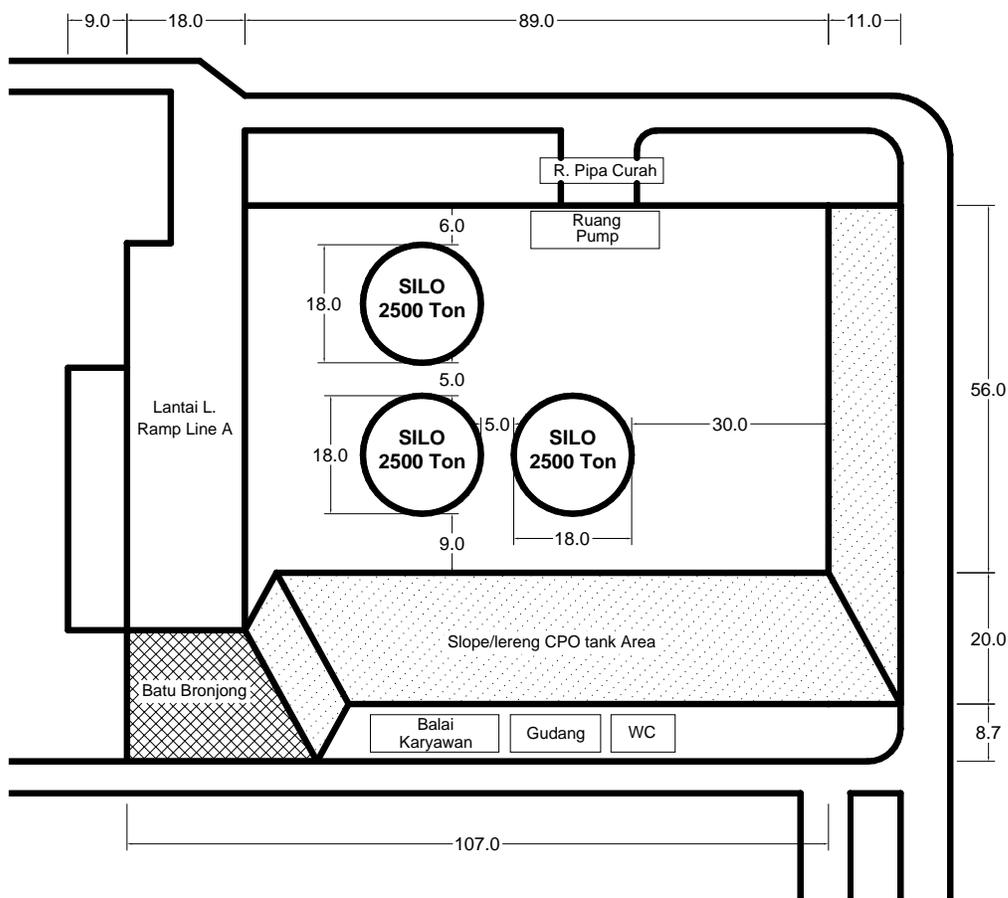
\* Hanggoro Tri Cahyo A, staf pengajar jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Semarang, Lab. Mektan Gedung E4, Sekaran – Gunungpati, Semarang. E-mail : hanggs.geotek@yahoo.com



(a)

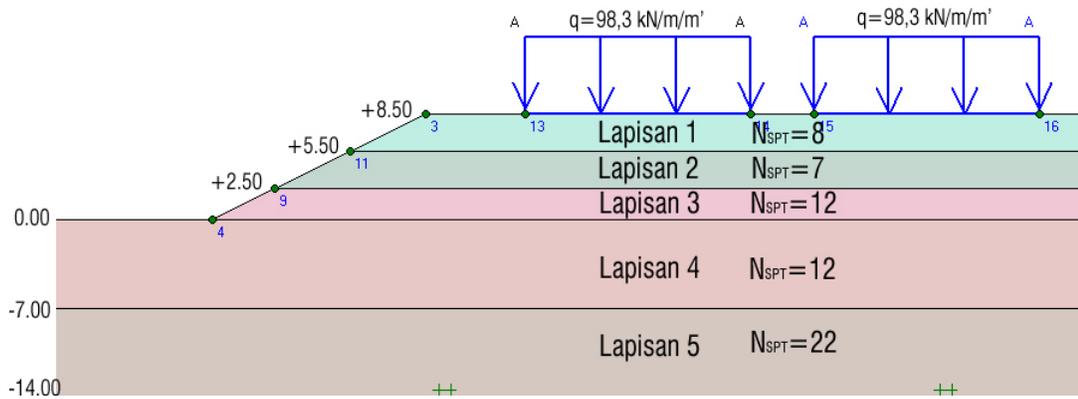


(b)



(c)

**Gambar 1.** (a) Kelongsoran lereng bulan April 2005 (b) Kelongsoran lanjutan pada bulan Februari 2006 dan (c) Lokasi kelongsoran (diarsir) pada lereng terbebani silo CPO.



**Gambar 2.** Prediksi penampang profil tanah hasil interpertrasi dengan batas *standartd fixities (boundary condition)* adalah tanah keras  $N_{SPT} > 30$ .

**Tabel 1.** Parameter tanah dari hasil pengujian laboratorium dan korelasi.

Lapisan	Jenis Tanah	Model	$\gamma_{wet}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{drv}$ kN/m <sup>3</sup>	$\nu$	$\phi$	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	N-SPT	E kN/m <sup>2</sup>
1	Lanau-Lempung	MC	18,1	13,28	0.3	0 °	14,5	8	7800
2	Lanau-Lempung	MC	16,5	10,75	0.3	0 °	81	7	7200
3	Lanau-Lempung	MC	18,0	13,16	0.3	6,36 °	99	12	10200
4	Pasir - Lanau	MC	18,4	14,45	0.3	10,96 °	2	12	14500
5	Pasir - Lanau	MC	17,6	13,55	0.3	5,16 °	29	22	18500

**Korelasi N-SPT dengan nilai E (young's modulus) :**

**Untuk Sand :**  $E_s \approx 0,5 (N+15)$  [MPa]

**Untuk Clay :**  $E_s \approx 0,6 (N+5)$  [MPa]

tanah lempung pasir dan tanah pasir. Pada lereng demikian longsoran dapat terjadi pada bulan-bulan awal musim hujan, misalnya pada akhir Oktober atau awal Nopember. Tipe hujan normal contohnya adalah hujan yang kurang dari 20 mm per hari. Hujan tipe ini apabila berlangsung selama beberapa minggu hingga beberapa bulan dapat efektif memicu longsoran pada lereng yang tersusun oleh tanah yang lebih kedap air, misalnya lereng dengan tanah lempung (Karnawati, 2000). Pada lereng ini longsoran umumnya terjadi mulai pada pertengahan musim hujan, misalnya pada bulan Desember hingga Maret.

Penurunan kekuatan geser tanah akibat air dalam tanah tidak segera meresap ke lapisan tanah yang lebih dalam atau menjadi peningkatan kandungan air dapat dijelaskan dengan teori Mohr-Coulomb (1776) :

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan\phi \quad (1)$$

dengan,

$\tau$  = tegangan geser tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = tegangan normal (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi$  = sudut gesek internal tanah (°)

Pada kondisi jenuh air, tegangan normal ( $\sigma$ ) berubah menjadi tegangan efektif ( $\sigma'$ ).

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2)$$

dengan,

$u$  = tegangan pori tanah (kN/m<sup>2</sup>)

Sehingga persamaan tegangan geser tanah ( $\tau$ ) menjadi :

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan\phi \quad (3)$$

**ANALISIS STABILITAS LERENG**

Metode Analisis stabilitas lereng yang digunakan pada studi ini adalah teknik reduksi kekuatan geser metode elemen hingga (SSR-FEM). Kelebihan menggunakan metode ini menurut Griffiths et al (1999) adalah :

1. Asumsi dalam penentuan posisi bidang longsor tidak dibutuhkan, bidang ini akan terbentuk secara alamiah pada zona dimana kekuatan

- geser tanah tidak mampu menahan tegangan geser yang terjadi.
2. Metode ini mampu memantau perkembangan *progressive failure* termasuk *overall shear failure*.

Berdasarkan persamaan tegangan geser tanah ( $\tau$ ) Mohr-Coulomb (1776), kekuatan geser tanah yang tersedia atau yang dapat dikerahkan oleh tanah adalah :

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan \phi$$

Dalam metode ini, parameter kekuatan geser tanah yang tersedia berturut-turut direduksi secara otomatis hingga kelongsoran terjadi. Sehingga faktor aman (SF) stabilitas lereng menjadi :

$$\Sigma M_{sf} = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduksi}} = \frac{c_{input}}{c_{reduksi}}$$

$$SF = \frac{\text{Kekuatan geser yang tersedia}}{\text{Kekuatan geser saat longsor}} = \text{Nilai } \Sigma M_{sf} \text{ pada saat kelongsoran.}$$

dengan,

$c_{input}$  = kohesi tanah

$\phi_{input}$  = sudut geser dalam tanah

$c_{reduksi}$  = kohesi tanah tereduksi

$\phi_{reduksi}$  = sudut geser dalam tereduksi

Adapun kriteria keamanan nilai faktor aman (SF) stabilitas lereng untuk lereng galian-timbunan (*cut and fill*) menurut Sowers (1979) dalam Cheng Liu (1981) adalah :

$SF < 1$  – Tidak Aman

$1 \leq SF \leq 1,2$  – Stabilitas lereng meragukan

$SF > 1,2$  – Aman

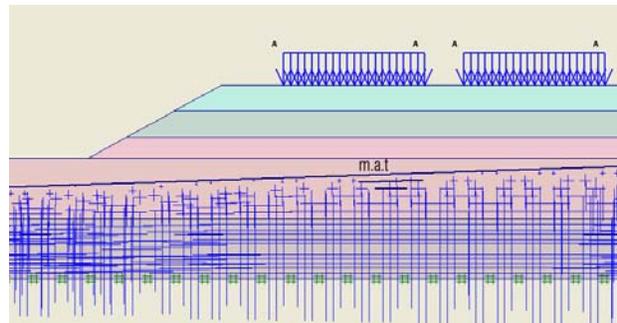
## CARA ANALISIS

Analisis stabilitas lereng dengan metode SSR-FEM dalam studi ini menggunakan software Plaxis 8.0. Langkah permodelan dimulai dari penggambaran model *plane strain 2D* seperti pada Gambar 2, pemasangan input parameter tanah dengan model tanah Mohr-Coulomb. Langkah kemudian dilanjutkan dengan menyusun elemen mesh segitiga, perhitungan tegangan pori dengan m.a.t seperti pada Gambar 3 dan tegangan overburden. Tahap selanjutnya adalah perhitungan analisis stabilitas lereng dengan metode *phi/c reduction* setelah beban merata silo diaplikasikan pada lereng.

## HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis yang didapat memberikan gambaran kondisi lereng pasca kelongsoran pada bulan April 2005 sebagai berikut :

1. Beban silo yang bekerja relatif dekat dengan tepi lereng telah menyebabkan arah pergerakan tanah pada Gambar 4, bergerak dari dasar pondasi langsung menuju ke lereng bagian bawah. Sehingga deformasi tanah untuk daerah bawah lereng relatif lebih besar dibanding dengan daerah atas lereng seperti pada Gambar 5. Hal ini sesuai dengan hasil survey yang memperlihatkan kecenderungan yang sama.
2. Bidang longsor yang terbentuk untuk lereng terbebani silo tergolong dalam (*deep seated failure*) hingga 15 meter dari bagian atas lereng (Gambar 6). Sehingga pemasangan perkuatan stabilitas lereng dengan terucuk bambu tidak efektif.
3. Beban silo yang bekerja pada tepi lereng memberikan tambahan beban gravitasi yang telah menyebabkan turunnya kestabilan lereng. Hasil perbandingan untuk kondisi lereng tidak terbebani dan terbebani silo menunjukkan kondisi perubahan dari aman ( $SF=1,35$ ) menjadi kurang aman ( $SF=1,177$ ) seperti pada Gambar 7.

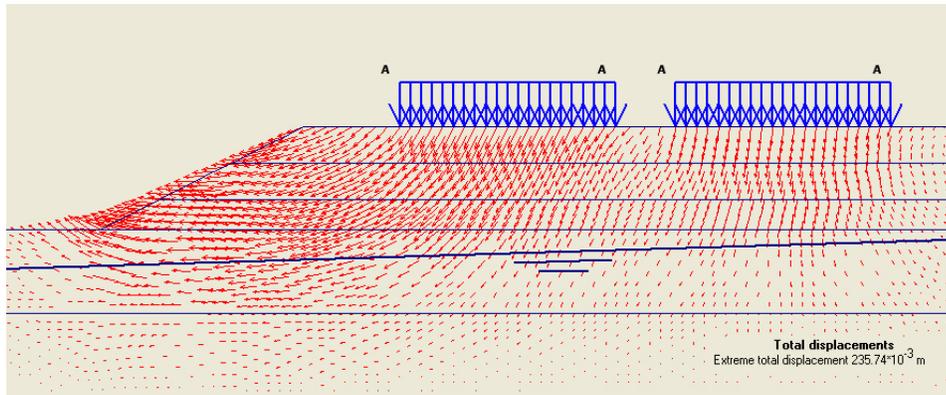


**Gambar 3.** Kedalaman muka air tanah (m.a.t) hasil penyelidikan tanah.

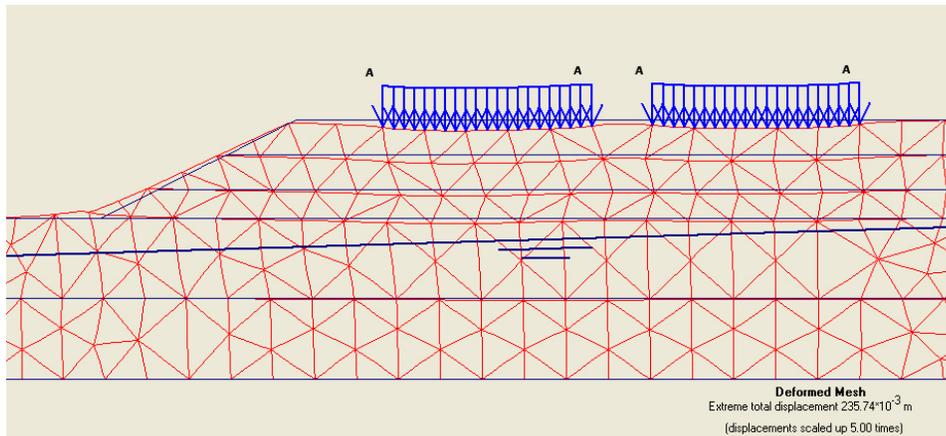
## REKOMENDASI PERKUATAN LERENG

Upaya perkuatan lereng yang dapat disarankan berdasarkan studi ini adalah :

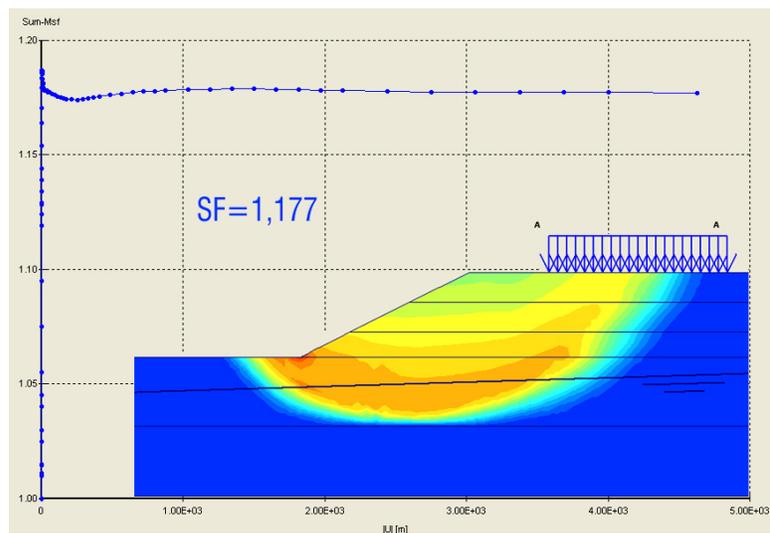
1. Pembangunan sistem drainase baik pada permukaan maupun di bawah permukaan harus dilakukan sebelum musim penghujan.
2. Perkuatan hendaknya menghindari pekerjaan *cut and fill* dan getaran yang berlebihan pada lereng pada bagian atas, hal ini mengingat lereng telah pada kondisi rawan longsor.
3. Pemasangan tiang bor mini berjajar dikombinasikan dengan *counter berm* pada lereng bagian bawah dapat direkomendasikan untuk perkuatan lereng. Kedalaman bor mini harus melebihi bidang longsonya.



**Gambar 4.** Arah pergerakan tanah dan besarnya deformasi tanah.



**Gambar 5.** Deformasi tanah yang terjadi pasca kelongsoran april 2005.



**Gambar 6.** Besarnya faktor aman dan bidang longsor yang terjadi



**Gambar 7.** Perbandingan faktor aman (SF) untuk kondisi lereng terbebani dan tidak terbebani silo.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi kelongsoran pada lereng terbebani silo adalah :

1. Hasil perbandingan untuk kondisi stabilitas lereng tidak terbebani dan terbebani silo menunjukkan kondisi perubahan dari aman (SF=1,35) menjadi kurang aman (SF=1,177). Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan silo di atas lereng perlu pengkajian dalam pemilihan sistem pondasi agar resiko kelongsoran lereng dan kegagalan struktur silo dapat diminimalkan.
2. Metode teknik reduksi kekuatan geser metode elemen hingga (SSR-FEM) sangat membantu dalam memberikan informasi prediksi zona bidang longsor dan deformasi tanah pasca kelongsoran April 2005.

3. Pengambilan keputusan perkuatan lereng dapat dilakukan lebih terarah dengan menggunakan metode SSR-FEM.
4. Diperlukan penyelidikan tanah koprehensif, pengukuran m.a.t yang akurat dan interpretasi penampang profil tanah yang mendekati kondisi lereng untuk mendapatkan hasil analisis yang baik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Roby Kuncoro – *Civil Engineer* PT. MBS Skyhook *Earth Ancor System* atas penyediaan laporan hasil penyelidikan tanah dan survey lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Liu C., Evett B.J, 1981, *Soil and Foundations*, Printice Hall, New Jersey.
- Griffiths D.V, Lane P.A, 1999, *Slope Stability Analysis by Finite Elements*, Geotechnique, Vol 49 No.3.
- Karnawati , D. 1996, *Rain-induced Landslide Problems in West Java*, Media Teknik No.3 Tahun XVIII / November, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Karnawati , D. 1997, *Prediction of Rain-Induced Landsliding by Using Slope Hydrodynamic Numerical Model*, Forum Teknik, Vol 20 / No.1, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Karnawati, D. 2000, *The Importance of Low Intensity Rainfall on Landslide Occurrence*, Forum Teknik, Vol 24 / No.1, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tarumanegara Bumiayasa Jakarta, 2005, Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Perbaikan Lereng Sungai Buaya Mill Lampung, Jakarta.