

## ANALISIS KESTABILAN MODEL LERENG TANAH PASIR KELEMPUNGAN TERHADAP GETARAN

Andre Yongsin Haryanto<sup>1</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>2</sup>, Daniel Tjandra<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Petra

<sup>2,3</sup> Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra

<sup>1</sup> [b11190116@john.petra.ac.id](mailto:b11190116@john.petra.ac.id), <sup>2</sup> [paravita@petra.ac.id](mailto:paravita@petra.ac.id), <sup>3\*</sup> [danielti@petra.ac.id](mailto:danielti@petra.ac.id)

**ABSTRAK:** Kondisi lereng dengan kemiringan yang curam serta adanya pengaruh getaran dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh getaran terhadap kestabilan lereng tanah pasir kelempungan dengan variasi campuran pasir dan tanah lempung sebesar 70%:30%, 60%:40%, dan 50%:50% serta dengan sudut kemiringan lereng 45° dan 60°. Penelitian ini diawali dengan membentuk model lereng dengan kepadatan yang sesuai dengan pengujian Proctor. Selanjutnya, dilakukan simulasi getaran menggunakan mesin vibrator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kandungan tanah lempung dan sudut lereng mempengaruhi pola kelongsoran yang terjadi saat lereng terkena getaran. Semakin tinggi kandungan pasir maka semakin besar potensi terjadinya kelongsoran akibat berkurangnya stabilitas tanah saat mengalami getaran. Selain itu, semakin terjal lereng maka potensi longsor juga makin besar.

Kata kunci: kestabilan lereng, tanah pasir kelempungan, getaran, *proctor test*

**ABSTRACT:** *Steep slope conditions combined with the influence of vibrations can lead to landslides. This study aims to analyze the effect of vibrations on the stability of sandy clay slopes with varying sand and clay compositions of 70%:30%, 60%:40%, and 50%:50%, as well as slope angles of 45° and 60°. The research began with soil characterization tests and a Proctor test. Subsequently, vibration simulations were conducted using a vibrator machine. The results showed that variations in clay content and slope angle influence the landslide patterns that occur when the slope is subjected to vibrations. The higher the sand content, the greater the potential for landslides due to decreased soil stability under vibration. In addition, the steeper the slope, the higher the risk of landslides.*

Keywords: *slope stability, sandy clay soil, vibration, proctor test*

### 1. PENDAHULUAN

Stabilitas lereng merupakan salah satu hal penting bagi wilayah yang berada di dataran tinggi khususnya di wilayah dengan kontur berbukit dan rentan terhadap getaran seperti akibat gempa bumi maupun aktivitas manusia. Ketidakstabilan lereng dapat menyebabkan bencana longsor yang berisiko menimbulkan kerusakan struktural, kerugian material, hingga korban jiwa. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng sangat penting dalam meminimalisir resiko

potensi lereng tersebut mengalami longsor. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah jenis dan karakteristik tanah penyusunnya.

Pasir adalah material alam yang juga cukup banyak di Indonesia. Sifat pasir cenderung sama sekali tidak memiliki ikatan antarbutiran atau nonkohesif. Pasir memiliki sifat drainase yang baik, tetapi kohesinya rendah, yang artinya berbanding terbalik dengan tanah lempung (Lusmeilia, 2016). Tanah lempung (*Clay*) adalah suatu tanah yang berbutir halus, yang memiliki sifat kohesif dan plastis (Bangun, 2017). Konsistensi tanah berlempung kurang mendukung keamanan bangunan yang ditopangnya (Andri, 2018). Permasalahan daya dukung sering muncul saat struktur dibangun di atas tanah lempung. Kombinasi antara kedua material, yaitu pasir dan tanah lempung, membentuk tanah berjenis pasir-kelempungan (*sandy clay*) yang memiliki karakteristik mekanik kompleks dan dapat berubah tergantung proporsinya.

Salah satu faktor penyebab penurunan kestabilan lereng adalah getaran. Untuk mensimulasikan getaran kegempaan, alat *shaking table* adalah salah satu alat yang sering digunakan dalam penelitian di dunia geoteknik (Lindung, 2017). Konsep dari alat *shaking table* adalah menganalogikan gerakan gelombang geser (*shear wave*) (Lindung, 2017). Paparan getaran dapat menyebabkan deformasi struktur tanah, sehingga mempercepat potensi terjadinya longsor. Selain jenis tanah, sudut kemiringan lereng juga memegang peran penting. Lereng dengan sudut yang lebih curam cenderung memiliki risiko ketidakstabilan yang lebih tinggi, terutama bila dikombinasikan dengan getaran.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan tanah lempung terhadap kestabilan lereng yang mengalami getaran. Tujuan lain dari penelitian ini juga untuk mengetahui pengaruh kemiringan lereng terhadap kestabilan lereng tanah pasir kelempungan yang mengalami getaran serta menganalisis bagaimana pengaruh kandungan tanah lempung terhadap bentuk kelongsoran lereng.

## **2. LANDASAN TEORI**

### **2.1. Tanah Lempung**

Jenis tanah lempung memiliki karakteristik yang berbeda dengan tanah lainnya. Tanah lempung (*Clay*) adalah suatu tanah yang berbutir halus, yang memiliki sifat kohesif dan plastis (Bangun, 2017). Mineral lempung sangat kecil dengan ukuran partikel butirannya 10 koloid (<0,002 mm), sehingga hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop (Robby, 2021). Tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Citraland, Surabaya dimana tanah lempung di daerah ini tergolong sebagai tanah lempung yang memiliki sifat kembang susut yang besar (lempung ekspansif).

### **2.2. Pasir**

Pasir adalah material alam yang juga cukup banyak di Indonesia. Sifat pasir yang lepas (*loose sand*) cenderung sama sekali tidak memiliki ikatan antarbutiran atau nonkohesif. Sifat tanah pasir yang non-kohesif dapat diperbaiki dengan melakukan penambahan jenis tanah lain yang berbeda sedemikian rupa sehingga campuran tersebut merupakan suatu kesatuan yang menimbulkan peningkatan terhadap nilai kuat gesernya. Salah satunya yaitu dengan menambahkan tanah lempung yang merupakan tanah berbutir halus dan berkohesi (Putri, 2014).

### 2.3. Kestabilan Lereng

Permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia (Violetta, 2014).

### 2.4. Getaran

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi (Rizki, 2013).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Material Penelitian

Material yang digunakan untuk membuat lereng dalam penelitian adalah tanah lempung dan pasir dengan komposisi tertentu.

### 3.2. Detail dan Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dari pengujian karakteristik tanah seperti *Liquid Limid*, *Plastic Limit* dan *Spesific Gravity*. Untuk pasir dilakukan pengayakan untuk memisahkan pasir dari bebatuan dengan menggunakan saringan ayakan nomor 40. Kemudian persiapan campuran tanah lempung dengan pasir dengan komposisi yang sudah di tentukan yaitu campuran tanah lempung dan pasir 30% : 70%, 40% : 60% dan 50% : 50%. Selanjutnya dilakukan pengujian proctor test untuk mendapatkan berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ) maksimum dan kadair air optimum sampel tanah pasir kelempungan. Setelah itu, pada sebuah kotak berukuran panjang 55,5 cm, lebar 15 cm dan tinggi 40 cm yang bagian depan kotak tersebut merupakan kaca mika yang digambar garis titik koordinat dengan jarak antar garis 2 cm untuk memudahkan dalam menggambar sudut lereng dan menganalisa kelongsoran lereng.

Sesudah itu dilakukan pembuatan simulasi lereng tanah pasir kelempungan dengan campuran yang sudah ditentukan serta dengan sudut 45° dan 60° kedalam kotak. Selanjutnya dilakukan pengujian getar lereng tanah menggunakan alat vibrator. Setelah lereng digetar hingga mengalami longsor, dilakukan analisis dengan mencatat waktu getaran lereng hingga mengalami longsor serta mengamati bentuk kelongsoran yang terjadi. Bentuk kelongsoran bisa berbeda – beda karena kandungan tanah lempung yang mempengaruhi kepadatan lereng tersebut serta sudut kemiringan lereng yang semakin curam semakin memperparah kelongsoran. Waktu yang di perlukan sampai lereng mengalami longsor di ukur menggunakan *stopwatch* serta percepatan getaran di ukur menggunakan aplikasi *accelerometer* yang percepatan nya secara konstan sebesar 77,542 m/s<sup>2</sup>.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian Atterberg

Pengujian batas-batas Atterberg mengukur kandungan air kritis tanah halus untuk memperkirakan plastisitas dan perilaku mekaniknya. Batas Cair (LL) adalah kadar air saat

tanah beralih dari plastis ke cair, Batas Plastik (PL) adalah saat tanah mulai retak saat digulung, selisih LL–PL disebut *Plasticity Index* (PI), yang menunjukkan rentang plastisitas dan menentukan klasifikasi tanah. Nilai batas cair, batas plastik dan *specific gravity* pada tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Lempung

No.	Pengujian	Hasil
1	Liquid Limit	78,84%
2	Plastic Limit	29,1%
3	Specific Gravity	2,637

Menurut klasifikasi USCS, Nilai LL sebesar 78,84% menunjukkan bahwa tanah ini memiliki kadar air yang sangat tinggi pada saat mulai bersifat cair. Sedangkan nilai PL sebesar 29,10% berarti jika kadar air lebih rendah dari ini, tanah cenderung rapuh atau mudah pecah. Nilai PI yang sangat tinggi (49,74%) menandakan tanah ini sangat plastis, cenderung ekspansif, dan memiliki daya kembang-susut besar jika kadar air berubah.

#### 4.2. Pengujian Proctor

*Proctor test* digunakan untuk mencari nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Proctor

Sampel Lempung: Pasir	Water Content (%)	$\gamma_{dry}$ max (gr/cm <sup>3</sup> )
30% Lempung : 70% pasir	16,09%	1,58
40% Lempung : 60% pasir	15,13%	1,50
50% Lempung : 50% pasir	17,27%	1,48

Semakin tinggi kandungan pasir, maka berat volume kering meningkat sehingga tanah lebih mudah dipadatkan dan menghasilkan kepadatan lebih besar. Kemudian semakin tinggi kandungan lempung, maka *water content* meningkat tetapi  $\gamma_{dry}$  maksimum menurun sehingga tanah membutuhkan lebih banyak air, tetapi tidak bisa dipadatkan sepadat tanah yang memiliki kandungan pasir lebih tinggi.

#### 4.3. Pengujian Getar Hingga Longsor

Pengujian getar lereng pasir kelempungan dilakukan hingga lereng mengalami longsor dan waktu hingga mengalami longsor dicatat. Data berikut menunjukkan bahwa untuk sudut lereng yang lebih curam yaitu 60° waktu untuk lereng mengalami longsor lebih cepat dibandingkan dengan lereng dengan sudut 45°. Kemudian lereng dengan kandungan lempung lebih banyak juga menyebabkan lereng mengalami longsor lebih lama dibandingkan dengan lereng dengan kandungan pasir lebih banyak seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Catatan Waktu Getaran Lereng 60° hingga Longsor

Sampel	Waktu Longsor (Menit)
30% Lempung : 70% pasir	10.52
40% Lempung : 60% pasir	14.28
50% Lempung : 50% pasir	22.17

Tabel 4. Hasil Catatan Waktu Getaran Lereng 45° hingga Longsor

Sampel	Waktu Longsor (Menit)
30% Lempung : 70% pasir	11.41
40% Lempung : 60% pasir	17.15
50% Lempung : 50% pasir	24.20

Pada Gambar 1 dan Gambar 2, garis berwarna coklat merupakan sketsa kemiringan sudut lereng sebelum terjadi longsor. Artinya, garis berwarna coklat menunjukkan bentuk lereng sebelum digetar. Kemudian garis berwarna merah adalah sketsa bentuk kemiringan lereng saat sesudah digetar dan mengalami longsor. Gambar 1 merupakan gambar model lereng dengan sudut 60° dan Gambar 2 merupakan gambar model lereng dengan sudut kemiringan 45°. Kandungan pasir pada campuran ini adalah yang paling tinggi yaitu campuran pasir 70% dan lempung 30%. Untuk lereng dengan kemiringan sudut lebih terjal yaitu 60°, perubahan kemiringan sudut longsor nya lebih besar bila dibandingkan lereng dengan sudut 45°. Saat lereng dengan sudut 60° digetar lalu longsor, sudut kemiringan lereng menjadi 47°. Sedangkan lereng dengan sudut 45° saat terjadi longsor menjadi 37°.



Gambar 1. Lereng 70%:30%, 60°



Gambar 2. Lereng 70%:30%, 45°

Gambar 3. dan Gambar 4 merupakan lereng tanah saat longsor dengan campuran tanah pasir 60% dan lempung 40%. Gambar 3 merupakan lereng dengan sudut kemiringan 60° dan Gambar 4 lereng dengan sudut 45°. Untuk sudut 60°, kemiringan sudut kelongsoran menjadi 48°, sedangkan untuk lereng 45° kemiringan sudut kelongsorannya menjadi 42°. Lereng dengan campuran pasir 60% dan lempung 40% bentuk kelongsoran tanahnya tidak separah bila dibandingkan dengan lereng campuran 70% : 30% karena kandungan lempung yang lebih tinggi dan lereng memiliki tingkat kepadatan lebih tinggi.



Gambar 3. Lereng 60%:40%, 60°



Gambar 4. Lereng 60%:40%, 45°

Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan lereng tanah saat longsor dengan campuran tanah lempung 50% dan pasir 50%. Gambar 5 merupakan lereng dengan sudut kemiringan  $60^\circ$  dan Gambar 6 lereng dengan sudut  $45^\circ$ . Lereng dengan campuran 50% dan 50% untuk sudut kemiringan  $60^\circ$ , kemiringan sudut kelongsorannya menjadi  $50^\circ$ . Sedangkan lereng dengan sudut  $45^\circ$ , kemiringan sudut kelongsorannya menjadi  $43^\circ$ . Bentuk kelongsoran lereng dengan campuran tanah lempung 50% dan pasir 50% yang paling tidak parah bila dibandingkan dengan semua lereng campuran tanah, karena kandungan lempung nya paling banyak dan kandungan pasirnya paling sedikit sehingga tanah memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi. Gambar 6 merupakan lereng dengan kandungan lempung paling banyak dan lereng dengan kemiringan  $45^\circ$  adalah lereng yang paling stabil. Artinya jika terjadi kelongsoran pada lereng tersebut, kerugian yang terjadi akan lebih kecil.



Gambar 5. Lereng 50%:50%  $60^\circ$



Gambar 6. Lereng 50%:50%  $45^\circ$

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Semakin tinggi kandungan pasir dalam campuran tanah pada lereng, maka potensi lereng mengalami kelongsoran meningkat, karena pasir tidak mampu mempertahankan kestabilan saat mendapat getaran. Sebaliknya, kandungan lempung yang lebih tinggi (50%) mampu meningkatkan kepadatan pada lereng, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai kegagalan saat diuji dengan getaran.
2. Semakin besar sudut kemiringan lereng, waktu yang dibutuhkan hingga terjadi longsor menjadi lebih cepat. Lereng dengan sudut kemiringan  $60^\circ$  mengalami kegagalan lebih cepat dibandingkan dengan lereng dengan sudut kemiringan  $45^\circ$  saat mengalami getaran. Hal ini menunjukkan bahwa lereng curam lebih rentan terhadap longsor.
3. Bentuk kelongsoran juga dipengaruhi oleh kombinasi sudut kemiringan dan kadar lempung, di mana lereng 50% lempung dan sudut kemiringan lereng sebesar  $45^\circ$  menunjukkan kestabilan terbaik dengan kerusakan paling minimal.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Andri, D. C., Candra, A. I., Anam, S., & Mahardana, Z. B. (2018). Studi kasus stabilitas struktur tanah lempung pada jalan Totok Kerot Kediri menggunakan limbah kertas, 88–90.
- Bangun, P., & Jupriyah, S. (2017). Pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit guna meningkatkan stabilitas tanah lempung. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 55–56.
- Lindung, Z. M., Fathani, T. F., & Adi, A. D. (2017). Pengaruh frekuensi getaran terhadap potensi likuifaksi. *Teknosia*, 3(2), 16–17.

- Lusmeilia, A., & Juansyah, Y. (2016). Pengaruh fraksi pasir dalam campuran tanah lempung terhadap nilai CBR dan indeks plastisitas untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. *Jurnal Rekayasa*, 20(1), 1–24.
- Putri, S. S. S. (2014). Studi pengaruh penambahan tanah lempung A-7 terhadap kuat geser tanah pasir sungai. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(2), 231–232.
- Rizky, M., Djayus, & Lepong, P. (2019). Analisis kestabilan lereng terhadap getaran tanah (ground vibration) akibat aktivitas blasting di Pit 10 PT. Alamjaya Bara Pratama Desa Jembayan. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 3(2).
- Robby, Z. A., Yusuf, A., & Agus, S. (2021). Peningkatan daya dukung tanah lempung pada perkerasan jalan tanah menggunakan Difa Soil Stabilizer dan abu sekam padi. *TAPAK: Teknologi Aplikasi Konstruksi*, 10(2), 139–147.
- Violetta, G. M.P., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius (Studi kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46.