

INTISARI

Semburan lumpur Sidoarjo merupakan salah satu fenomena geologi yang terjadi pada tanggal 29 Mei 2006, yang masih berlangsung setelah 16 tahun. Hal ini salah satunya disebabkan oleh *overpressured* pada formasi Kujung yang hampir mencapai kondisi litostatik, sehingga tekanan yang besar dibawah permukaan tanah mampu mencapai permukaan. Kondisi tersebut memberikan dampak terhadap kontribusi peningkatan tegangan air pori dan menyebabkan berkurangnya kekuatan tanah dasar tanggul. Indeks kerentanan tanah menunjukkan bahwa daerah lumpur Sidoarjo (LUSI) berada pada zona lemah yang rentan atau memiliki resiko tinggi terhadap pengaruh gempa bumi dan potensi likuefaksi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap stabilitas tanggul lumpur Sidoarjo yang dipengaruhi oleh tegangan air pori tinggi akibat tekanan bawah permukaan dan potensi likuefaksi akibat gempa bumi serta perencanaan perbaikan badan tanggul dan metode mitigasi likuefaksi yang dapat diterapkan di lapangan.

Analisis stabilitas tanggul lumpur Sidoarjo dilakukan dengan menggunakan program PLAXIS pada kondisi *plane strain*. Analisis tegangan air pori tinggi akibat tekanan bawah permukaan dilakukan berdasarkan penyelidikan tanah CPTu (*Cone Penetration Test With Pore Water Pressure Measurement*). Evaluasi potensi likuefaksi dilakukan secara kualitatif berdasarkan kondisi geologi, kedalaman muka air tanah, dan potensi seismik, sedangkan untuk mengetahui potensi likuefaksi dihitung berdasarkan *simplified procedure* dan *Liquefaction Potential Index (LPI)*.

Hasil simulasi numerik menggunakan program PLAXIS menunjukkan bahwa terdapat kontribusi tekanan bawah permukaan terhadap peningkatan tegangan air pori yaitu sebesar $-267,66 \text{ kN/m}^2$ dan mereduksi faktor keamanan tanggul sebesar 30% dari kondisi ideal. Faktor keamanan tanggul lumpur Sidoarjo pada kondisi statik dan gempa masih kurang dari faktor keamanan minimum. Optimasi bentuk geometri tanggul lumpur Sidoarjo dilakukan sebagai upaya perbaikan badan tanggul untuk meningkatkan faktor keamanan. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap potensi likuefaksi dapat diketahui bahwa terdapat lapisan pasir pada kedalaman $-3,5 \text{ m}$ sampai $-9,5 \text{ m}$ yang berpotensi sangat tinggi terhadap likuefaksi. Kondisi tanah yang terlikuefaksi tersebut menyebabkan longsor pada sisi hilir tanggul, sehingga tanggul mengalami keruntuhan bahkan setelah perbaikan terhadap geometri badan tanggul dilakukan. Untuk mengurangi dampak likuefaksi terhadap stabilitas tanggul lumpur Sidoarjo, maka perbaikan tanah dasar dilakukan sebagai upaya mitigasi terhadap likuefaksi dengan menggunakan *Deep Soil Mixing*. Metode mitigasi ini mampu mereduksi deformasi vertikal dan horizontal sebesar 63% serta efektif memotong bidang longsor akibat likuefaksi. Reduksi terhadap deformasi ini mampu meningkatkan stabilitas tanggul lumpur Sidoarjo pada kondisi likuefaksi. Faktor keamanan setelah perbaikan tanah dasar menggunakan *Deep Soil Mixing* memenuhi syarat minimum yaitu sebesar 1,1478.

Kata kunci: Stabilitas, semburan lumpur Sidoarjo, tanggul, *simplified procedure*, *liquefaction potential index*, *deep soil mixing*.

ABSTRACT

Sidoarjo mud volcano is one of the geological phenomena that occurred on 29 May 2006, which still erupting after 16 years. This is partly due to the high overpressure that is produced below the Upper Kalibeng Formation and nearly reached the lithostatic level in which the large energy from the deep formation reach the surface. Furthermore, it has an impact on the contribution of increasing pore water pressure and causing the soil strength in subgrade decreases. The soil vulnerability index shows that the Sidoarjo mud volcano area (LUSI) is in a weak zone that is vulnerable or has a high risk of the effects of earthquakes and liquefaction potential. This study aims to evaluate the stability of the Sidoarjo mud volcano embankment which is affected by high pore water pressure due to subsurface pressure and liquefaction potential due to earthquakes. Also, it aims for planning the embankment improvement and liquefaction mitigation methods that can be applied in the field.

Stability analysis of the Sidoarjo mud embankment was carried out using the PLAXIS program under plane strain conditions. Analysis of high pore water pressure due to subsurface pressure was carried out based on soil investigation data of CPTu (Cone Penetration Test With Pore Water Pressure Measurement). Evaluation of liquefaction potential is carried out qualitatively based on geological conditions, groundwater level, and seismic potential. Whereas the liquefaction potential is calculated based on a simplified procedure and Liquefaction Potential Index (LPI).

The numerical simulation results using the PLAXIS program show that there is a subsurface pressure contribution to the increase in pore water pressure of $-267,66 \text{ kN/m}^2$ and reduces the safety factor of the embankment by around 30% from ideal conditions. The safety factor of the Sidoarjo mud volcano embankment in static and dynamic conditions is still less than the minimum safety factor. Optimization of the geometry of the Sidoarjo mud volcano embankment was carried out as an effort to improve the body of the embankment to increase the safety factor. Based on the evaluation of the liquefaction potential result, it shows that there is sand soil at a depth of -3.5 m to -9.5 m which has a very high potential for liquefaction. Thus, the liquefied soil causes landslides on the downstream side of the embankment, so the embankment collapses even after improvement to the geometry of the embankment body that has been carried out. To reduce the impact of liquefaction on the stability of the Sidoarjo mud volcano embankment, the subgrade improvement is carried out as a remedial measure against liquefaction by using Deep Soil Mixing. This method is able to reduce vertical and horizontal deformation by around 63% and effectively cut the slip surface of the landslide due to liquefaction. The reduction of deformation is able to increase the stability of the Sidoarjo mud volcano embankment under liquefaction conditions. The factor of safety after improving the subgrade using Deep Soil Mixing exceeds the minimum requirements of 1.1478.

Keywords: Stability, Sidoarjo mud volcano, embankment, simplified procedure, liquefaction potential index, deep soil mixing.