

## Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar

**Abdul Hakam**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang.

E-mail: ahakam@ft.unand.ac.id

**Helmy Darjanto**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Narotama, Jl. Arif Rahman Hakim No 51, Surabaya

E-mail: hdarjanto@yahoo.com

### Abstrak

*Gempa Padang 30 September 2009 telah mengakibatkan terjadinya likuifaksi pada beberapa lokasi di kota Padang. Daerah-daerah yang terlikuifaksi berada di sekitar aliran sungai atau dekat tepi pantai. Untuk mendapatkan gambaran mengenai gradasi butiran tanah terlikuifaksi, telah dilakukan analisis saringan terhadap sampel tanah terlikuifaksi. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dan data pengeboran, dilakukan penelusuran kembali potensi likuifaksi untuk lapisan tanah disekitar Pantai Padang. Penyelidikan tanah dengan menggunakan mesin bor dan pengujian penetrasi standar hingga kedalaman tanah keras telah dilakukan pada lokasi tersebut. Selanjutnya gradasi butiran tanah pada kedalaman-kedalaman tertentu dianalisis dengan cara membandingkan kurva gradasi butiran tanah dengan kurva potensi likuifaksi. Hasil penelusuran potensi likuifaksi untuk daerah Pantai Padang menghasilkan bahwa gradasi butiran tanah dilokasi tersebut memiliki potensi likuifaksi. Hasil tersebut dikompilasikan dengan analisis potensi likuifaksi berdasarkan nilai pukulan penetrasi standar. Kedalaman tanah yang berpotensi terlikuifaksi untuk Pantai Padang berada pada lapisan dengan kedalaman kurang dari 10m.*

**Kata-kata Kunci:** *Gempa, likuifaksi, gradasi butiran.*

### Abstract

*Padang 30 September 2009 earthquake had caused liquefaction at several locations in the city of Padang. Generally, liquefied areas were around the rivers or near the beach. In order to get the gradation of the liquefied soil, sieve analysis was conducted on soil samples. Based on those test result and drilling data, the assessment of liquefaction potential for soil layer around the coast of Padang is done. Soil investigation using deep drilling and standard penetration test to the hard layer has been done on the site. Furthermore, the soil gradations at certain depths were analyzed by comparing the gradation curve of the liquefied soil. Liquefaction potential assessment based on the soil gradation shows that the Padang Beach area has the liquefaction potential. The results are then compiled with the analysis of the liquefaction potential based on the standard penetration test. The depth of the soil layer that potentially to liquefy in Padang Beach is on the depth of less than 10m.*

**Keywords:** *Earthquake, liquefaction, soil gradation.*

### 1. Pendahuluan

Analisis potensi likuifaksi dapat dilakukan didasarkan pada parameter tanah dari laboratorium seperti kepadatan relatif, tekanan saat pengujian serta uji lapangan seperti penetrasi standar dan tahanan konus. Sejumlah studi untuk mengevaluasi potensi likuifaksi dalam deposit tanah telah dilakukan di masa lalu. Kebanyakan dari mereka melakukan studi potensi likuifaksi tanah dengan didasarkan pada hasil pengujian lapangan. Seed dan Idriss (1982) telah melakukan studi komprehensif tentang likuifaksi tanah berdasarkan sejumlah kejadian sebelumnya berdasarkan uji penetra-

si standar. Kemudian Shibata dan Teparaksa (1988) mengusulkan metode untuk evaluasi likuifaksi potensial berdasarkan uji sondir. Aplikasi metode analisis likuifaksi dengan sondir telah diterapkan untuk menyelidiki potensi likuifaksi deposit tanah pasir berlumpur (Hakam dan Oscar, 2007).

Peristiwa likuifaksi adalah perilaku tanah di bawah beban siklik yang terjadi hanya dalam beberapa saat. Akibat beban siklik yang singkat tersebut, massa tanah dalam waktu yang singkat mengalami transisi dari keadaan padat menjadi keadaan cair atau memiliki konsistensi utama seperti cairan. Peristiwa likuifaksi

saat gempa dapat ditandai dengan adanya pergerakan tanah dalam arah horizontal, rembesan air keluar dari rekahan tanah, bergesernya bangunan miring atau turun, penurunan muka tanah, longsornya tanggul dan lereng. Pada bangunan yang berada pada daerah terlikuifaksi dapat berakibat terjadinya amblas, miring atau bergerak ke samping atau bahkan mengakibatkan keruntuhan bangunan tersebut .

Dari sejumlah catatan kejadian yang telah lalu, diketahui bahwa peristiwa likuifaksi lebih berpotensi terjadi pada konsistensi tanah granular jenuh yang lepas dengan sifat drainase didalam tanah yang buruk. Deposit tanah yang berpotensi terlikuifaksi pada saat terjadinya gempa adalah pasir halus, pasir berlumpur dan pasir biasa. Apabila beban siklik terjadi seperti saat gempa bumi, pasir lepas cenderung mengalami penurunan volume, hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan tekanan air pori dan penurunan kekuatan geser efektif tanah. Pada saat itu pula tegangan total dalam elemen tanah meningkat. Untuk waktu yang singkat, peningkatan tegangan total dalam tanah tersebut diakibatkan meningkatnya tekanan air pori. Untuk lapisan berpasir yang sangat permeabel peningkatan tegangan sesaat ini langsung ditransfer menjadi tegangan efektif antara partikel. Namun untuk tanah berpasir yang semi-permeable, seperti pasir berlumpur dan pasir halus, waktu terjadinya peningkatan tekanan pori sangat pendek dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer tekanan itu kedalam bentuk tegangan efektif antar partikel tanah. Jika peningkatan tekanan pori lebih besar dibandingkan tegangan vertikal pada tanah, maka tanah akan berperilaku sebagai mana cairan.

Dalam bentuk persamaan matematika, likuifaksi pada deposit tanah dapat dituliskan sebagai:

$$\sigma' = \sigma - u - \Delta u \leq 0.0 \quad (1)$$

Dimana  $\sigma$  dan  $\sigma'$  masing-masing adalah tegangan vertikal dan efektif di dalam tanah,  $u$  adalah tekanan pori awal dalam elemen tanah dan  $\Delta u$  adalah peningkatan tegangan pori akibat getaran.

Berdasarkan sejumlah penelitian di masa lalu (Das, 1983) menyimpulkan bahwa potensi likuifaksi tanah tergantung pada beberapa faktor:

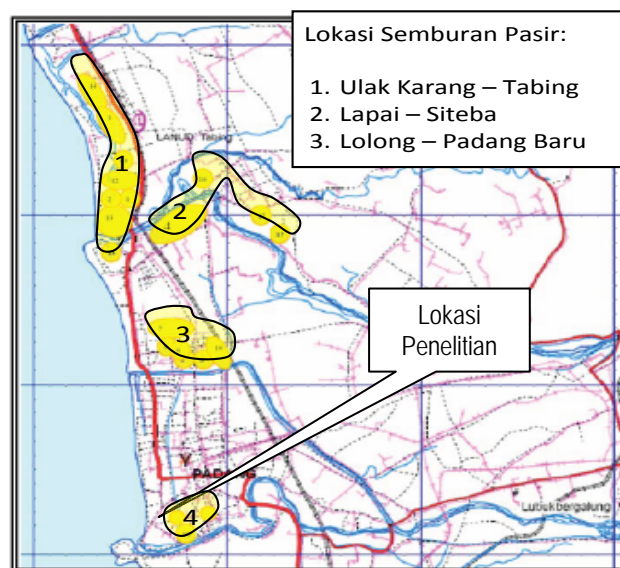
- a. Kepadatan relatif,  $D_r$
- b. Tegangan awal tanah,  $\sigma_i$
- c. Rata-rata ukuran butir tanah,  $D_{50}$
- d. Tingkat tegangan maksimum,  $\sigma_d$  atau  $\tau_{max}$
- e. Lamanya waktu getar,  $t$
- f. Rasio tingkat konsolidasi tanah, OCR
- g. Tekanan pori awal,  $u_i$

## 2. Likuifaksi Akibat Gempa Padang

Pada saat terjadi gempa 30 September 2009 di kota Padang dan sekitarnya, telah terjadi peristiwa likuifaksi di beberapa titik di kota Padang. Kejadian likuifaksi tersebut dapat diamati dengan adanya rembesan air keluar dari rekahan tanah pada saat gempa. Selain itu terjadinya likuifaksi juga dapat ditandai dengan tenggelam dan miringnya beberapa bangunan serta pergerakan horizontal dalam skala yang besar. Sesaat setelah terjadi gempa, dilakukan observasi di penjuru kota Padang dan didapati bukti-bukti terjadinya likuifaksi berupa bekas-bekas semburan pasir di permukaan tanah (lihat **Gambar 1**). Lokasi-lokasi dengan semburan pasir tersebut selanjutnya diplotkan pada peta kota Padang seperti pada **Gambar 2** (Hakam, 2010).



Gambar 1. Semburan pasir dipermukaan tanah

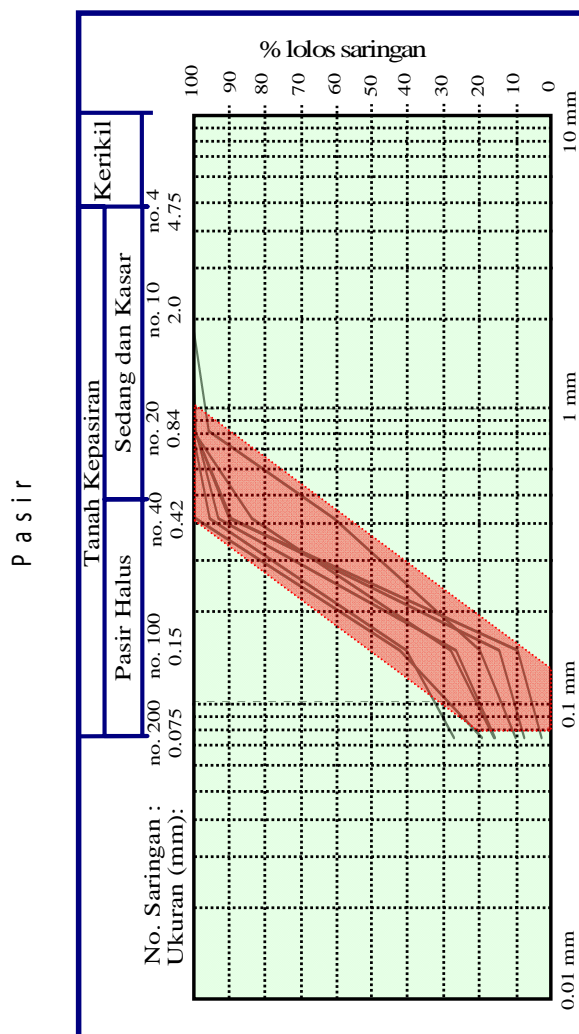


Gambar 2. Kejadian likuifaksi di Kota Padang

Daerah yang teridentifikasi adanya kejadian likuifaksi di kota Padang umumnya berada di dekat aliran sungai ataupun di tepi laut. Hal yang sangat tidak menguntungkan adalah bahwa daerah yang terlikuifaksi tersebut umumnya merupakan daerah terbangun yang relatif padat. Meskipun kerusakan yang diakibatkan oleh kejadian likuifaksi 30 September 2009 tersebut tidak terlalu fenomenal, akan tetapi hal ini harus mendapat cukup perhatian. Diharapkan nantinya pembangunan di daerah tersebut mendapat penanganan khusus untuk mengurangi kerugian akibat peristiwa likuifaksi.

### 3. Kurva Butiran Terlikuifaksi

Untuk mendapatkan gambaran tentang distribusi butiran tanah yang terlikuifaksi pada saat gempa Padang, telah dilakukan pengambilan sampel tanah yang keluar dari permukaan tanah saat likuifaksi terjadi. Pengambilan sampel dilakukan keesokan hari setelah terjadi gempa dan dipastikan belum terjadi gangguan terhadap sampel tersebut akibat hujan ataupun tercampur dengan material lainnya.



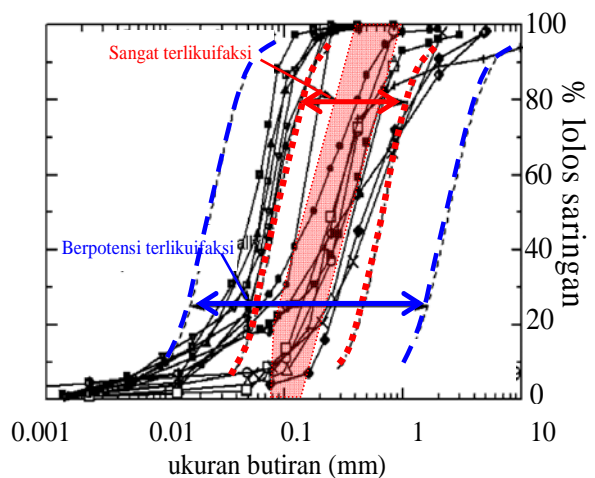
Gambar 3. Distribusi butiran tanah terlikuifaksi

Selanjutnya di laboratorium dilakukan analisis saringan terhadap sampel pasir tersebut. Hasilnya analisis distribusi sejumlah sampel tanah kemudian diplotkan bersamaan dalam satu grafik seperti pada **Gambar 3**. Pada gambar tersebut juga dibuatkan garis-garis batas kurva dengan arsiran di dalamnya untuk menunjukkan distribusi tanah yang terlikuifaksi.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa distribusi butiran tanah terlikuifaksi umumnya mengandung pasir halus lebih dari 60%. Kandungan tanah halus yang lolos saringan 200 adalah tidak lebih dari 20%. Sedangkan diameter butiran rata-rata  $D_{50}$  dari batas grafik tersebut berada pada kisaran 0.15mm sampai dengan 0.35mm.

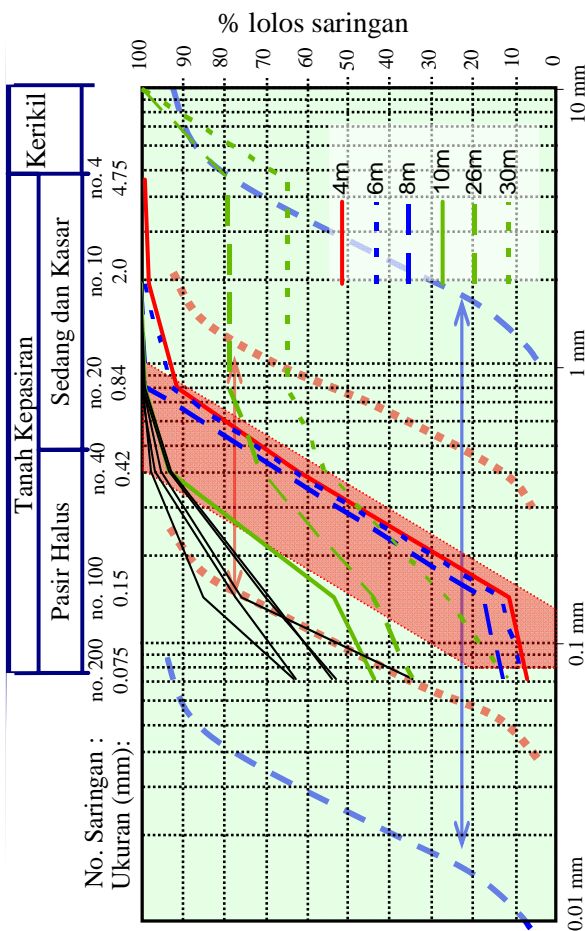
Penelitian yang dilakukan Aydan dan rekan (2008) telah menghasilkan grafik distribusi butiran tanah yang diambil dari sejumlah tanah terlikuifaksi akibat gempa Kocaeli di Turkey pada tahun 1999 (**Gambar 4**). Pada gambar tersebut Aydan dan rekan juga telah membuat grafik batasan dari gradasi butiran tanah yang sangat mudah dan berpotensi terlikuifaksi. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukannya oleh Aydan dan rekan tersebut, maka batasan arsiran gradasi butiran tanah terlikuifaksi di Padang berada tepat di tengah-tengah dari sejumlah grafik yang ada. Keselarasan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gradasi butiran tanah dapat digunakan sebagai salah satu acuan untuk memperkirakan potensi likuifaksi pada suatu lokasi.

Cara memprediksi potensi likuifaksi deposit tanah dengan menggunakan gradasi butiran tanah merupakan salah satu metoda prediksi yang paling sederhana dan mudah dilakukan. Dalam penelitian ini, batasan gradasi butiran tanah terlikuifaksi dari kota Padang dipergunakan sebagai salah satu kriteria dalam menentukan potensi likuifaksi pada lapisan tanah di daerah Pantai Padang.

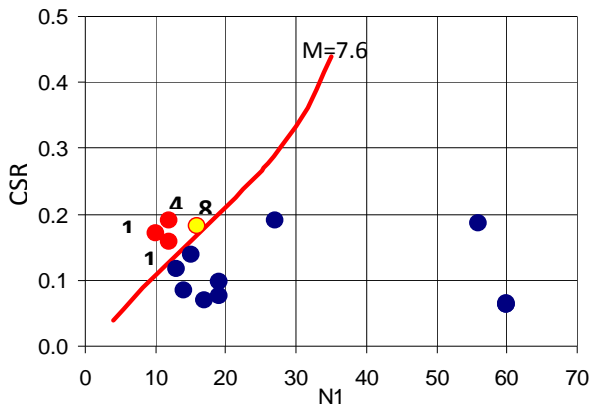


Gambar 4. Kurva batasan butiran tanah terlikuifaksi dari Aydan dan rekan (2008)





Gambar 5. Distribusi ukuran butiran tanah pada lokasi pengujian untuk kedalaman tertentu



Gambar 6. Rasio tegangan - tahanan penetrasi

Tabel 1. Potensi likuifaksi berdasarkan gradasi

Potensi	Kriteria
Tinggi	Kurva gradasi berada dalam garis merah (> 80%)
Sedang	Kurva gradasi memotong garis batas merah dan masih berada dalam batasan garis biru
Tidak (Rendah)	Kurva gradasi memotong garis batas biru

Dengan menggabungkan kedua cara tersebut maka dapat ditarik kesimpulan terhadap tingkat potensi likuifaksi dari lapisan tanah. Huruf-huruf pada gambar tersebut menunjukkan tingkatan potensi likuifaksi berdasarkan dua cara pendugaan, yaitu:

- SP : sangat berpotensi
- P : berpotensi
- K : kurang berpotensi
- T : Tidak berpotensi

Dari hasil gabungan analisis terhadap lokasi Pantai Padang, maka dapat dilihat bahwa lapisan tanah pada kedalaman 4m dan 8m sangat potensi terlikuifaksi. Untuk lapisan tanah pada kedalaman 10m berpotensi, sedangkan lapisan tanah pada kedalaman 6m dan 12m kurang berpotensi.

Tinggi	K [ 6 ]	SP [ 4, 8 ]
	Sedang	P [ 10 ]
	Tidak [ lainnya ]	K [ 12 ]
Potensi Likuifaksi	Tidak	Ya
<b>Penetrasi</b>		

Gambar 7. Potensi likuifaksi ganda

### 5. Kesimpulan

- Dua cara pendugaan berdasarkan gradasi butiran lapisan tanah dan rasio tegangan-tahanan siklis, maka deposit tanah di Pantai Padang menunjukkan bahwa potensi untuk terlikuifaksi akibat gempa bumi besar. Potensi terlikuifaksi tanah umumnya berada pada lapisan tanah pasir di kedalaman 4m hingga 12m. Potensi likuifaksi yang sangat besar terdapat pada lapisan tanah dengan kedalaman 4m dan 8m.
- Metoda pendugaan potensi likuifaksi dengan menggunakan perbandingan kurva gradasi butiran, merupakan metoda yang sederhana tetapi memberikan hasil yang cukup akurat karena tidak menggunakan pendekatan-pendekatan. Pendugaan potensi likuifaksi dengan menggunakan kedua cara seperti yang dijelaskan dalam tulisan ini, memberikan hasil yang lebih meyakinkan dibandingkan dengan menggunakan satu metoda saja.

## Daftar Pustaka

- Aydan, O., Ulusay, R. dan Atak, VO., 2008, *Evaluation of Ground Deformations Induced by The 1999 Kocaeli Earthquake (Turkey) at Selected Sites on Shorelines*, Environ Geol 54:165–182
- BMKG/USGS, 2009, *September 30 2009 Strong Ground Motion Record from Padang*, Recorded by BMKG (<http://www.bmg.go.id/depan.bmkg>) and processed by the USGS.
- Das, BM., 1983, *Fundamental of Soil Dynamics*, New York: Elsevier Pub.
- Hakam, A., 2010, Padang Liquefaction Potential, Yogyakarta: *Proceeding PIT – HATTI*.
- Hakam A and Oscar F Nur, 2007, Liquefaction Analysis of Silty Sand Deposit Due to West Sumatra Earthquake on 6th March 2007, Padang: *Proceeding of International Symposium on Disaster in Indonesia*.
- Seed, H. Bolton dan Idriss I.M., 1982, *Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquake*, Berkeley: Earthquake Engineering Research Institute.
- Shibata, T. and Teeparaksa, W., 1988, *Evaluation of Liquefaction Potential of Soils Using Cone Penetration Tests*, Soils and Foundations, Vol. 28., NO. 2: 49-60