

# SERTIFIKAT

Penghargaan kepada:

**Dr. Abdul Hakam**

*Sebagai Keynote Speaker*

*Atas presentasi Makalah Ilmiah dengan judul "Likuifaksi yang Mudah dan Handal" pada Seminar Nasional 3<sup>rd</sup> Andalas Civil Engineering Conference  
Di Padang, Indonesia*

Ketua Jurusan

Teknik Sipil, Universitas Andalas



Taufika Ophiyandri, PhD



Padang, 22 Oktober 2016  
Ketua Panitia



Dr. Eng Junaidi

**3<sup>rd</sup> ACE**  
CONFERENCE

UNIVERSITAS ANDALAS, PADANG  
22-23 OKTOBER 2016

ISBN 978-602-9081-16-9

**PROSIDING**

**3<sup>rd</sup> ANDALAS CIVIL ENGINEERING  
NATIONAL CONFERENCE**

Tema: "Ketahanan Terhadap Bencana dan Penanggulangannya"



Penyelenggara:  
Fakultas Teknik  
Universitas Andalas  
<http://ft.unand.ac.id>

PROSIDING

# ACE

ANDALAS CIVIL ENGINEERING  
NATIONAL CONFERENCE 2016

TEMA:

**“KETAHANAN TERHADAP BENCANA DAN  
PENANGGULANGANNYA”**

**EDITOR:**

Nurhamidah  
Benny Hidayat

**PENYELENGGARA:**

Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
[Http://ft.unand.ac.id](http://ft.unand.ac.id)

**PENERBIT:**

Fakultas Teknik Universitas Andalas

Hak Cipta @2016 pada Fakultas Teknik  
Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.  
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini  
dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk  
memfotokopi, merekam, atau teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari  
penulis.

Diterbitkan oleh:  
Fakultas Teknik Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis Padang  
Indonesia 25163

ISBN:978-602-9081-16-9

## SUSUNAN PANITIA ACE – 3

---

### **Pembina**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Andalas

### **Pengarah**

Ketua/Sekretaris Jurusan Teknik Sipil:

Taufika Ophyandri, PhD/ Sabril Haris, PhD

Ka. Prodi Teknik Sipil

Yosritzal, PhD

### **Penanggungjawab**

Ka. Prodi Pasca Sarjana Teknik Sipil:

Prof. Dr. Zaidir

### **Ketua Pelaksana**

Junaidi, Dr.Eng

### **Sekretaris**

Nurhamidah, MT, MEngSc

### **Bendahara**

Nidiasari, MT

### **Anggota**

Mas Mera, PhD

Benny Hidayat, PhD

Purnawan, PhD

Yervi Hesna, MT

Bayu Martanto Adji, PhD

Ahmad Junaidi, MT, MEngSc

Masrilayanti, PhD

Sabila Qisthi Yenas

Riri Sartivana

Ulfa Mahmuda

Zakiya Ulfah

Nadia Saputri

Sigit Laberta Jhonz

Afdhal Amri

Gregorius Felan

Kenefi Rahman

Praba Esa Ridho Justin

Putri Anniversary Eldes

Irham Siddiqi

Lingga Dea Fathonah R.

Muhammad Syafiq

Aqil Seprian Ginata

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur Kami panjatkan kepada Allah SWT atas terselenggaranya Seminar Nasional ke 3 Andalas Civil Engineering (ACE-3) dengan tema : **"Ketahanan Terhadap Bencana dan Penanggulangannya"**.

Prosiding ini berisi 70 makalah yang diterima oleh Panitia Seminar Nasional ACE 3. Pelaksanaan Seminar ACE bertepatan dengan kegiatan Lustrum 60 Universitas Andalas. Seminar ini diadakan pada tanggal 22-23 Oktober 2016, berlokasi di Gedung Pascasarjana, Kampus Limau Manis, Universitas Andalas, Padang.

Dalam pelaksanaannya, seminar ACE diselenggarakan dalam 2 sesi yakni : sesi panel dan sesi Paralel. Sesi Panel menghadirkan pemakalah kunci yang berasal dari India, Malaysia dan Indonesia. Sedangkan sesi Paralel terbagi menjadi 5 paralel session berdasarkan pengelompokan bidang keahlian berkaitan dengan Kebencanaan yakni terkait bidang Struktur, Transportasi, Geoteknik dan Keairan.

Selanjutnya pada kesempatan ini, izinkan kami menyampaikan penghargaan dan rasa terimakasih kami kepada:

1. Rektor Universitas Andalas, Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Sipil atas dukungan moril dan sponsorshipnya.
2. Pembicara Kunci (*keynote speakers*) atas kehadiran dan penyampaian materinya.
  - Prof. Dr. H. Ismail Abustan, dari Universiti Sains Malaysia
  - Dr. Raju Aedla, dari International Journal Cafet – Innova, Technical Society Hyderabad, Telangana, India
  - **Dr. Abdul Hakam, dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang**
3. PT. Semen Padang dan PT. Blue Bird atas sponsor pendamping.
4. Para panitia, pemakalah, tamu undangan dan hadirin yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga prosiding ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

Billahittaufig walhidayah,  
Wassalaamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuhu.  
Padang, Oktober 2016  
TTD

**Dr. Eng. Junaidi**  
Ketua Panitia

## Keynote-II Analisis Likuifaksi yang Mudah dan Handal

Abdul Hakam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
ahakam2008@yahoo.com

### Intisari

Analisis potensi likuifaksi merupakan langkah yang utama dan paling penting dalam menentukan tingkat bahaya likuifaksi untuk suatu daerah tertentu. Metode yang ada dan banyak digunakan saat ini, yang dikenal sebagai 'Metode yang disederhanakan'. Metoda yang telah berumur setengah abad ini terus dikembangkan hingga mempertinggi tingkat kerumitan dan ketidak-pastiannya. Sehingga metode ini menjadi rumit dan tidak sesederhana seperti namanya. Sejumlah parameter yang diperlukan untuk analisis likuifaksi dalam metode tersebut yang belum diperkenalkan dalam teori dasar mekanika tanah. Bahkan, dalam perkembangannya masih terdapat keraguan untuk menentukan nilai dari beberapa parameternya. Dari data likuifaksi dalam beberapa dekade, diketahui bahwa likuifaksi terjadi pada massa tanah dengan ukuran dan gradasi tertentu. Selain itu kepadatan relatif dari tanah juga diketahui merupakan faktor penting yang mempengaruhi likuifaksi. Berdasarkan pengalaman dari analisis likuifaksi yang telah dilakukan di lapangan dan hasil eksperimen di laboratorium, dikembangkan metode baru untuk menganalisis likuifaksi dan ditampilkan dalam artikel ini. Metode ini menggunakan parameter dari hasil analisis saringan dan kepadatan relatif yang telah diperkenalkan dalam teori dasar mekanika tanah. Penggunaan metoda baru untuk keperluan praktis dilapangan juga menunjukkan kemudahan dan kehandalan metoda ini.

Kata Kunci : likuifaksi, gempabumi, kerapatan relariv, tahanan konus, gradasi butiran, uji laboratorium

## Keynote-II Analisis Likuifaksi yang Mudah dan Handal

Abdul Hakam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
ahakam2008@yahoo.com

### Intisari

Analisis potensi likuifaksi merupakan langkah yang utama dan paling penting dalam menentukan tingkat bahaya likuifaksi untuk suatu daerah tertentu. Metode yang ada dan banyak digunakan saat ini, yang dikenal sebagai 'Metode yang disederhanakan'. Metoda yang telah berumur setengah abad ini terus dikembangkan hingga mempertinggi tingkat kerumitan dan ketidak-pastiannya. Sehingga metode ini menjadi rumit dan tidak sesederhana seperti namanya. Sejumlah parameter yang diperlukan untuk analisis likuifaksi dalam metode tersebut yang belum diperkenalkan dalam teori dasar mekanika tanah. Bahkan, dalam perkembangannya masih terdapat keraguan untuk menentukan nilai dari beberapa parameternya. Dari data likuifaksi dalam beberapa dekade, diketahui bahwa likuifaksi terjadi pada massa tanah dengan ukuran dan gradasi tertentu. Selain itu kepadatan relatif dari tanah juga diketahui merupakan faktor penting yang mempengaruhi likuifaksi. Berdasarkan pengalaman dari analisis likuifaksi yang telah dilakukan di lapangan dan hasil eksperimen di laboratorium, dikembangkan metode baru untuk menganalisis likuifaksi dan ditampilkan dalam artikel ini. Metode ini menggunakan parameter dari hasil analisis saringan dan kepadatan relatif yang telah diperkenalkan dalam teori dasar mekanika tanah. Penggunaan metoda baru untuk keperluan praktis dilapangan juga menunjukkan kemudahan dan kehandalan metoda ini.

Kata Kunci : likuifaksi, gempabumi, kerapatan relariv, tahanan konus, gradasi butiran, uji laboratorium

## PENDAHULUAN

Likuifaksi merupakan fenomena alam yang terjadi pada lapisan tanah yang akibat adanya beban seismik seperti gempabumi. Fenomena likuifaksi ini menyebabkan lapisan tanah kehilangan kekuatan dan daya dukungnya. Kerusakan yang diakibatkan oleh likuifaksi adalah penurunan yang besar (*excessive settlement*), pergerakan lateral (*lateral spreading*) dan kelongsoran lereng (*slope failure*).

Mengestimasi potensi likuifaksi merupakan langkah yang paling penting dalam menentukan tingkat risiko suatu daerah tertentu terhadap likuifaksi. Gambar 1 menunjukkan peta potensi likuifaksi di Christchurch New Zealand yang dibuat setelah terjadinya gempa tahun 2011 (Sally Dellow, 2015). Pada peta tersebut dapat dilihat bahwa daerah yang berpotensi likuifaksi berada dekat dengan sungai. Lapisan tanah yang dekat dengan sungai tersebut umumnya secara geologi berumur masih muda. Deposit tanah tersebut umumnya juga bersifat lepas, jenuh air dan tidak kohesif.

Fenomena likuifaksi sangat intensif dipelajari oleh para ahli setelah kejadian gempa di Niigata pada tahun 1964 Jepang. Berdasarkan sejumlah kasus likuifaksi dan pengujian penetrasi standar di lapangan, Seed dan Idriss (1971) membuat metoda perhitungan untuk menentukan potensi likuifaksi pada deposit tanah tertentu. Metoda ini selanjutnya menjadi sangat populer dan banyak digunakan dan dikenal dengan nama 'metoda yang disederhanakan' (*simplified method*). Metoda ini mempergunakan data utama dari hasil pegeboran dan pengujian penetrasi standar, *Nspt*.

Namun demikian dalam kenyataannya 'metoda yang disederhanakan' ini tidak sesederhana seperti namanya. Metoda ini memerlukan parameter-parameter yang diperkenalkan khusus untuk menyelesaikan perhitungannya. Parameter-parameter tersebut sebelumnya tidak dipelajari dalam ilmu dasar mekanika tanah.

Studi potensi likuifaksi dengan menggunakan 'metoda yang disederhanakan' terhadap deposit tanah di Pantai Padang mengkonfirmasi kejadian likuifaksi di tempat yang sama akibat gempabumi Padang 2009. Berdasarkan hasil penghitungan dengan metoda tersebut ditunjukkan bahwa lapisan pantai padang pada kedalaman tertentu sangat berpotensi terlikuifaksi (Hakam dan Darjanto, 2013). Pada studi tersebut juga diperlihatkan gradasi butiran pada lapisan tanah di lokasi.

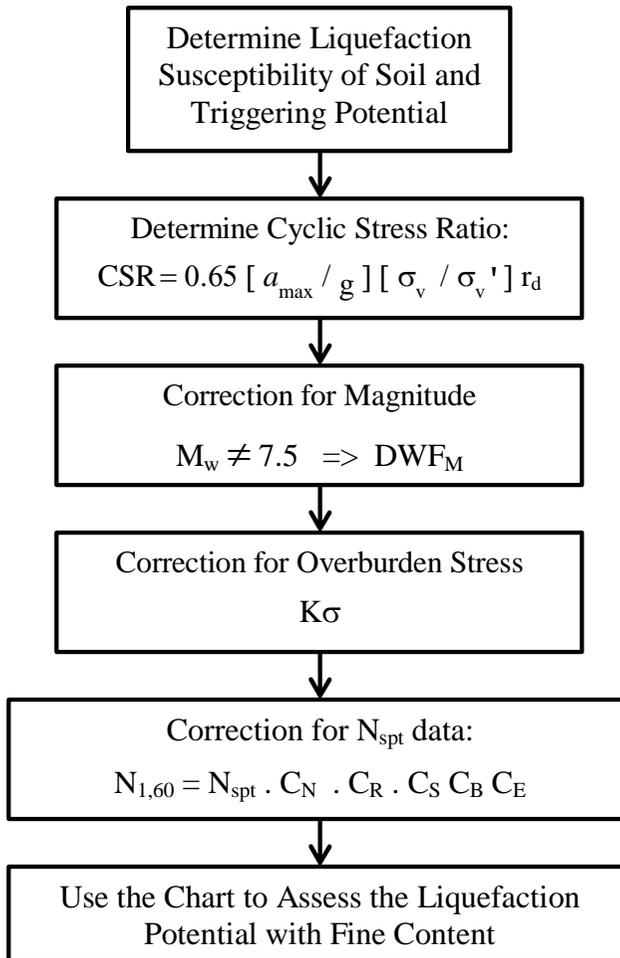
Secara umum telah diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi potensi likuifaksi pada lapisan tanah terutama adalah kekuatan dan lamanya gempa, tegangan-tegangan dalam tanah, gradasi butiran tanah serta kerapatan tanah. Seed dan Idriss (1971) telah melaporkan bahwa terdapat hubungan antara kerapatan, ukuran butiran dan kekuatan gempa dengan kejadian likuifaksi. Namun dalam 'metoda yang disederhanakan' sama sekali tidak mempertimbangkan ukuran butiran dan kerapatan tanah dalam prosedur analisisnya. 'Motoda yang disederhanakan' lebih mempertimbangkan faktor tegangan-tegangan dalam tanah dan kedalaman tanah dalam analisis untuk menentukan potensi likuifaksi.



Gambar 1 Peta potensi likuifaksi Christchurch, NZ 2011 (Sally Dellow, 2015)

### TELAAH SIMPLIFIED METHOD

Simplified Method pada awalnya dikembangkan berdasarkan nilai pukulan penetrasi standar,  $N_{spt}$  (Seed dan Idriss, 1971). Pada perkembangan selanjutnya, metoda ini juga mengakomodasi data hasil pengujian penetrasi konus,  $q_c$  dengan prosedur yang tidak berubah. Langkah-langkah yang harus diikuti dalam analisis potensi likuifaksi menggunakan prosedur 'Simplified Method' secara garis besar ditampilkan dalam diagram alir pada Gambar 2.

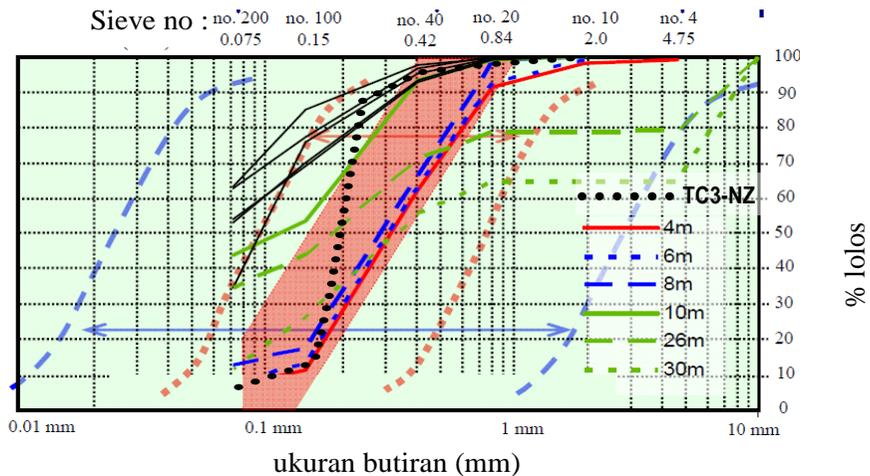


Gambar 2 Diagram alir perhitungan 'Simplified Method'

Selain data hasil pengujian tanah, data kegempaan yang diperlukan dalam metoda ini adalah nilai percepatan maksimum tanah dan magnitude gempa. Percepatan gempa merupakan parameter yang telah familiar digunakan dalam rekayasa sipil. Nilai percepatan gempa ini dapat ditentukan berdasarkan peraturan gempa yang berlaku. Sedangkan nilai magnitude gempa merupakan parameter yang tidak biasa digunakan dalam rekayasa sipil. Nilai ini justru dicantumkan dalam gambar dan menjadi sangat penting dalam menentukan potensi likuifaksi dari lapisan tanah yang dianalisis. Grafik utama dalam 'metoda yang disederhanakan' ini ditampilkan pada Gambar 3.



butirannya. Hasilnya menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara potensi likuifaksi dengan ukuran butir pasir (Gambar 4). Pasir yang diambil dari zona merah peta bahaya likuifaksi di Christchurch-New Zealand juga memiliki gradasi dalam batas likuifaksi.

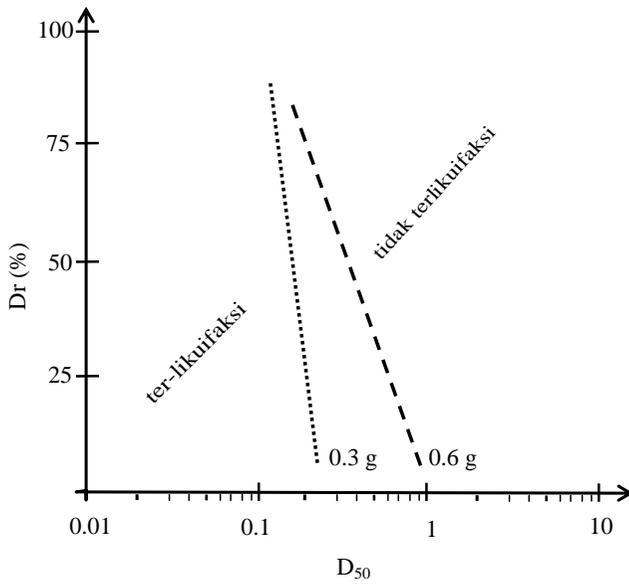


Gambar 4 Distribusi gradasi butiran tanah terlikuifaksi di Padang dan Christchurch

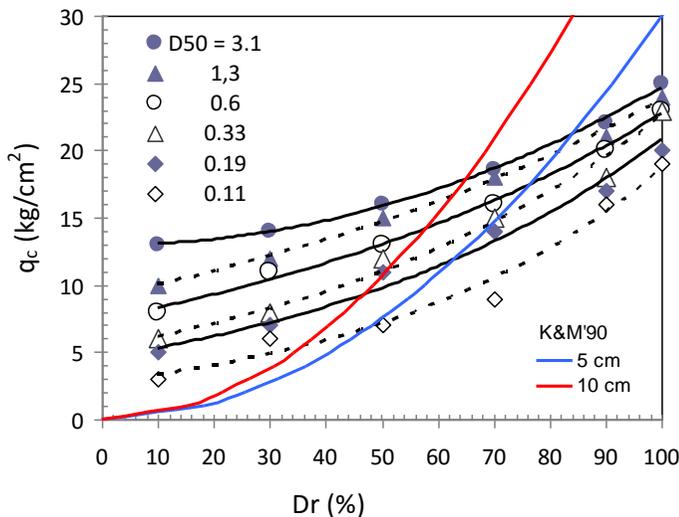
Studi lanjut potensi likuifaksi berdasarkan pada kerapatan relatif dan ukuran butir telah dilakukan (Hakam, 2016). Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan sejumlah sampel yang direkayasa untuk mendapatkan gradasi dengan ukuran seragam dan nilai rata-rata ukuran butir tertentu. Hasil rangkaian eksperimen laboratorium tersebut selanjutnya diplot dalam betuk kerapatan relatif dan ukuran butir rata-rata dengan garis-garis batas percepatan maksimum getaran (Gambar 5). Tanah yang memiliki ukuran butir rata-rata dan kerapatan relatif yang berada di sisi kiri dari garis batas percepatan dikategorikan memiliki potensi likuifaksi untuk batas percepatan tersebut.

Untuk keperluan aplikasi sondir dalam menentukan kerapatan relatif tanah yang berada dipermukaan, telah pula dibuatkan grafik korelasi tahanan konus terhadap kerapatan relatif (Hakam dan Yuliet, 2015). Hasil ini sangat bermanfaat untuk keperluan praktis di Indonesia dimana pemakaian sondir untuk keperluan rekayasa sipil sangat sering digunakan. Dengan menggunakan grafik ini (Gambar 6), selanjutnya pengambilan sampel terhadap daerah yang akan dianalisis potensi likuifaksinya hanya ditujukan untuk keperluan analisa saringan, sehingga hanya sampel tanah terganggu dalam jumlah tertentu saja yang

dibutuhkan. Pada gambar tersebut juga ditampilkan grafik kerapatan relatif dan nilai tahanan konus hasil hitungan kerapatan relatif dari nilai konus yang dianjurkan oleh Kulhawy and Mayne (1990).



Gambar 5 Grafik potensi likuifaksi berdasarkan Dr and D50 (Hakam, 2016)



Gambar 6 Hubungan antara kerapatan relatif dan tahanan konus (Hakam dan Yuliet, 2015)

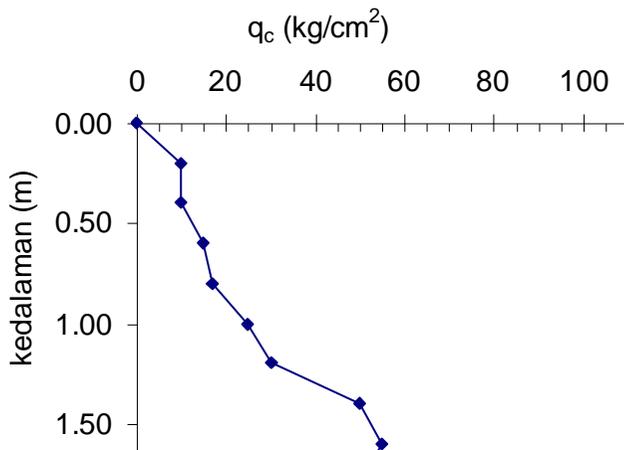
**CONTOH PEMECAHAN MASALAH**

Untuk menggambarkan penggunaan metode baru ini, dilakukan analisis potensi likuifaksi pada daerah di Pasir Jambak, Padang ditampilkan. Deposit tanah di Pasir Jambak mempunyai muka air tanah yang dangkal. Daerah yang terletak di pantai Utara-Barat kota Padang tersebut mengalami likuifaksi akibat Gempa Padang tahun 2009. Peristiwa likuifaksi yang sangat luas di daerah tersebut telah menimbulkan kerusakan yang parah pada rumah-rumah penduduk. Tanah di daerah Pasir Jambak umumnya merupakan tanah endapan sebagai proses dari dinamika pantai yang dipengaruhi juga oleh adanya sungai besar yang bermuara di daerah tersebut.

Hasil pengujian sondir dalam bentuk tanah ujung,  $q_c$ , dari daerah tersebut ditunjukkan pada Gambar 7. Sementara itu parameter tanah dari analisa saringan dilaboratorium menunjukkan bahwa butiran tanah mempunyai ukuran rata-rata tiap kedalaman tertentu seperti dituliskan pada Tabel 1. Kerapatan relatif yang diambil dari korelasi berdasarkan hasil uji sondir juga ditampilkan dalam tabel yang sama. Untuk melihat potensi likuifaksi, maka diambil percepatan dari gempa untuk wilayah tersebut sebesar 0.3g, yang mana nilainya mendekati percepatan Gempa Padang tahun 2009.

Tabel 1 Kedalaman dan parameter tanah Pasir Jambak

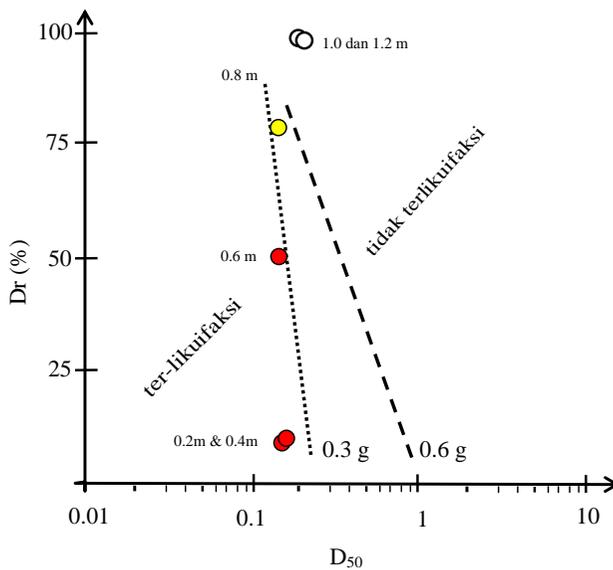
Kedalaman (m)	$D_{50}$ (mm)	$q_c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	$D_r$ (%)	Potensi Likuifaksi
0.2	0.12	10	10	Y
0.4	0.12	10	10	Y
0.6	0.12	15	50	Y
0.8	0.12	17	80	?
1	0.20	25	100	N
1.2	0.22	30	100	N



Gambar 7 Nilai penetrasi sondir Pasir Jambak

Selanjutnya nilai ukuran butiran rata-rata dan nilai kerapatan relatif tersebut diplotkan dalam gambar potensi likuifaksi berdasarkan  $D_r$  and  $D_{50}$  (Gambar 8). Titik yang berada di sisi kiri dari garis batas menunjukkan bahwa bahan lapisan tanah tersebut sangat berpotensi untuk terlikuifaksi saat terjadi gempa dengan percepatan maksimum 0.3g. Sedangkan titik yang berada di sisi kanannya kurang berpotensi dengan percepatan gempa 0.3g atau kurang. Masa tanah pada kedalaman 0.8m cenderung tidak berpotensi terhadap likuifaksi untuk gempa dengan percepatan 0.3g, tetapi berpotensi bila terjadi gempa dengan kekuatan dua kalinya.

Dalam aplikasi praktisnya, untuk menghindari likuifaksi maka harus dilakukan pekerjaan pemadatan dengan tujuan untuk peningkatan kerapatan relatif. Hal tersebut dilakukan hingga titik-titik yang berpotensi terlikuifaksi seperti yang ditunjukkan pada grafik meningkat kerapatannya sehingga berada pada nilai disisi kanan garis batas percepatan. Untuk daerah Pasir Jambak ini, kerapatan relatif minimal 80% adalah salah satu nilai yang ideal untuk mencegah terjadinya likuifaksi. Pekerjaan pemadatan dapat dilakukan dengan menggunakan alat pemadat manual yang banyak tersedia di pasaran hingga nilai kerapatan relatif minimal tersebut tercapai di lapangan.



Gambar 8 Potensi likuifaksi Pasir Jambak berdasarkan nilai Dr-D50

## KESIMPULAN

Analisis potensi likuifaksi merupakan langkah penting didalam menentukan tingkat bahaya likuifaksi pada suatu daerah tertentu. Metoda 'Simplified Method' yang selama ini sering digunakan, ternyata memberikan kerumitan dan keraguan hasilnya. Selain parameter yang digunakan sangat khusus, prosedur yang dikembangkan juga semakin membuat metoda ini tidak sederhana.

Parameter tanah berupa kerapatan relatif dan dan ukuran partikel rata-rata memiliki hubungan yang unik terhadap perilaku likuifaksi pada tanah akibat beban seismik. Sebuah metode untuk menilai potensi likuifaksi pada deposit tanah berdasarkan kerapatan relatif dan ukuran partikel rata-rata telah disajikan dalam makalah ini. Metode ini sangat sederhana dan mudah untuk digunakan dalam menentukan potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter tanah yang sangat dasar. Berdasarkan analisis studi kasus di Pasir Jambak, metode ini dapat digunakan secara tepat dan hasil yang baik.

---

## REFERENSI

- Hakam, A (2016), "Laboratory Liquefaction Test of Sand Based on Grain Size and Relative Density", J. Eng. Technol. Sci., Vol. 48, No. 3, 2016, 334-344
- Hakam, A dan Yuliet R (2015), "Korelasi Kerapatan Relatif Dan Tahanan Ujung Konus Untuk Tanah Pasir Seragam" 2nd ACE National Conference 2015, J.T. Sipil - Unand, Padang, 13 Agustus 2015
- Hakam, A. dan Darjanto (2013), "Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar", Jurnal Teknik Sipil – ITB, Vol. 20 No. 1, April 2013, pp. 33-38
- Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W. (1990). Manual on estimating soil properties for foundation design. Report EL-6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 306 p. www.epri.com.
- R.B. Seed, K.O. Cetin, R.E.S. Moss, A.M. Kammerer, J. Wu, J.M. Pestana, M.F. Riemer, R.B. Sancio, J.D. Bray, R.E. Kayen and A (2003). Faris: REPORT No: EERC 2003-06, "Recent Advances In Soil Liquefactionengineering: A Unified And Consistentframework", Center College Of Engineering University Of California, Berkeley, 2003
- Sally Dellow (2015), "Liquefaction and lateral spreading, StIRRRD New Zealand": Comparative Study Programme, Christchurch 5-19 June 2015
- Seed, H. B., and Idriss, I. M. (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential." J. Geotech. Engg. Div. , ASCE, 97(9) , 1971, pp 1249-1273

