

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA CONE PENETRATION TEST DENGAN METODE OLSEN (STUDI KASUS: GEDUNG KEJAKSAAN TINGGI RIAU)

Annisa Soraya Hasibuan¹⁾, Muhamad Yusa²⁾, Agus Ika Putra²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas Km 12.5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : annisa.soraya5924@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Liquefaction is an occurrence triggered by the earthquake that can cause fatal damage. When the earthquake occurs, the soil on location changes in nature from solid to liquid due to massive cyclic load. One of the liquefaction analysis methods is based on the results of the Cone Penetration Test (CPT). In general the analysis is based on the results of electrical CPT (CPTe), however, in Indonesia, it is preferent by using mechanical CPT data (CPTm). This study aims to compare the results of liquefaction analysis namely the Liquefaction Potential Index (LPI) using the Olsen method based on the value of mechanical CPT and converted mechanical CPT. This study is located on the Kejaksaan Tinggi Riau Building. Based on the results study, that research site has a higher liquefaction potential if analyzed using CPTm data that has been corrected to CPTe. The range of LPI_m value compared to LPI_e is 0,373 – 0,638 with the category of liquefaction potential “Moderate” to “Very High”.

Keywords: Liquefaction, Olsen Method, mechanical sondir, electrical sondir.

A. PENDAHULUAN

Likuifaksi (*liquefaction*) merupakan suatu transformasi material granular dari bentuk solid menjadi cair sebagai akibat dari naiknya tekanan pori dan kehilangan tegangan efektif (Marcuson, 1978). Likuifaksi menyebabkan tanah tidak mampu menahan beban yang ada di atasnya, sehingga mengakibatkan terjadinya keruntuhan/kelongsoran, kerusakan terhadap bangunan, penurunan permukaan tanah, kerusakan terhadap fondasi, dan lainnya. Secara umum likuifaksi terjadi pada wilayah yang rawan gempa, muka air tanah dangkal, dan tanah yang kurang terkonsolidasi dengan baik.

Menurut Pustlitbang PUPR (2017), Indonesia merupakan wilayah yang berada di *Ring of Fire*, hal tersebut memungkinkan terjadinya likuifaksi. Salah satu contoh peristiwa likuifaksi yang terjadi di Palu, Sulawesi sesaat setelah terjadinya gempa dengan magnitudo 7,4

Skala Richter. Berdasarkan letak geografis Provinsi Riau berada di tengah-tengah pulau Sumatera, yakni berdekatan dengan Provinsi Sumatera Barat dan Sumatera Utara yang merupakan daerah yang rawan gempa. Posisi Provinsi Riau ini memungkinkan terjadinya perambatan gelombang gempa jika terjadi gempa di kedua provinsi tersebut yang mengakibatkan dapat terjadinya potensi likuifaksi.

Kota Pekanbaru memiliki kondisi geografis dimana keadaan tanah relatif datar dengan kondisi struktur tanah yang pada umumnya dari jenis aluvial dengan pasir, lempung, dan lanau. Kemudian, wilayah pinggiran Kota Pekanbaru juga memiliki kondisi struktur tanah yang pada umumnya jenis tanah organosol dan humus yang merupakan rawa-rawa yang bersifat asam (Fahmi, 2009).

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan analisis untuk setiap lahan yang

akan dibangun suatu konstruksi di atasnya. Analisis tersebut dilakukan bertujuan untuk mencegah terjadinya kemungkinan terburuk pada masa akan datang seperti terjadinya penurunan permukaan tanah atau terjadinya suatu likuifaksi. Data kondisi tanah sangat diperlukan dalam menganalisis potensi likuifaksi. Data tersebut dapat diperoleh dengan melakukan investigasi tanah. Salah satu cara investigasi tanah yang dapat dilakukan adalah dengan *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetration Test* (SPT), atau pengukuran *Shear-Wave Velocity* (Vs). Akan tetapi, menurut (R. Olsen, 1984) CPT memiliki beberapa kelebihan, misalnya lebih mudah dalam pelaksanaannya dan ekonomis, sehingga lebih banyak dipilih jika dibandingkan dengan *Standard Penetration Test* (SPT). Hasil dari pengujian CPT dapat digunakan dalam analisis potensi likuifaksi yang nantinya akan diperlukan dalam penentuan parameter-parameter likuifaksi. Parameter-parameter yang dapat digunakan antara lain adalah *Cyclic Stress Ratio* (CSR), *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), *Factor of Safety* (FS), *Liquefaction Potential Index* (LPI), dan besarnya penurunan tanah.

Dewasa ini, pengujian CPT telah dikembangkan menjadi lebih akurat hasilnya dan dilengkapi dengan sensor serta transduser tambahan yang memungkinkan untuk mendapatkan beberapa pengukuran dengan kedalaman untuk aplikasi spesifik (*piezocone*, *seismic cone*, dan penetrometer lingkungan) (Facciorusso, Madiyai, & Vannucchi, 2017). Pengujian CPT tersebut disebut dengan CPT elektrik (CPTe).

Metode-metode analisis potensi likuifaksi yang terus berkembang sampai saat ini lebih banyak berdasarkan data CPT elektrik, sedangkan pengujian CPT yang umum dilakukan di Indonesia adalah CPT mekanis (CPTm). Oleh karena itu data CPTm tentunya tidak dapat langsung digunakan pada metode analisis likuifaksi yang menggunakan data CPTe, karena

hasil analisis yang diperoleh akan tidak akurat. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan penelitian tentang analisis potensi likuifaksi dengan menggunakan data CPTm dan CPTe yang telah dikoreksi menjadi CPTe, sehingga diperoleh hasil analisis yang menggambarkan perbedaan kedua data tersebut.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1. Cone Penetration Test (CPT)

CPT merupakan salah satu survei lapangan yang berguna untuk mengkarakteristik lapisan tanah terhadap kedalamannya. Nilai yang didapat dari pengujian ini adalah nilai perlawanan penetrasi konus (q_c) dan hambatan lekat (f_s). Nilai tersebut dibaca pada manometer pada setiap perubahan kedalaman sebesar 20 cm. Alat CPT atau Uji Sondir terdiri dari dua tipe yaitu sondir ringan (dengan kapasitas 0 – 250 kg/cm²) dan sondir berat (dengan kapasitas 0 – 600 kg/cm²).

B.2. Korelasi Data CPT Mekanik dan CPT Elektrik

Sejak tahun 1932, berbagai peralatan dan kriteria interpretasi telah dikembangkan untuk melakukan pengujian CPT. Dewasa ini, dua jenis utama CPT yaitu CPT mekanik (CPTm) dan CPT elektrik. CPT elektrik (CPTe) merupakan pengembangan yang signifikan atas sistem CPT mekanik. CPT elektrik telah banyak digunakan di banyak negara karena memiliki kelebihan akurasi yang lebih tinggi, pengulangan dan keandalan pengukuran lokal. Selain itu, CPT elektrik dilengkapi dengan sensor dan transduser tambahan yang memungkinkan untuk mendapatkan beberapa pengukuran dengan kedalaman untuk *piezocone*, *seismic cone*, dan penetrometer lingkungan.

Menurut Farrar (1990) dikutip dari Facciorusso et al., (2017) bahwa metode estimasi likuifaksi berdasarkan CPT listrik diterapkan pada data CPT mekanik tanpa bentuk koreksi yang mengarah pada

perkiraan yang salah dari tahanan likuifaksi dan hasil yang secara signifikan tidak konservatif. Selain itu, hambatan lekat (f_s) dipengaruhi oleh kesalahan terbesar ketika CPT mekanik digunakan. Hambatan lekat memiliki pengaruh terbesar pada penilaian kadar halus dan indeks plastisitas, klasifikasi tanah, serta estimasi kerentanan likuifaksi.

Adapun beberapa ketidakpastian yang mempengaruhi analisis potensi likuifaksi menggunakan metode yang disederhanakan terdiri dari tiga kontributor utama yaitu bahaya gempa, karakteristik tanah, dan metode likuifaksi yang digunakan. Berdasarkan Facciorusso et al., (2017) bahwa ketidakpastian karakteristik tanah dari data CPT mekanik dapat dikoreksi dengan menggunakan Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Utama dari Rasio Elektrik ke Mekanik Terhadap Parameter yang Dipilih

	q_{ce}/q_{cm}	f_{se}/f_{sm}	R_{fe}/R_{fm}	Q_{cne}/Q_{cnm}	F_e/F_m	I_{ce}/I_{cm}	q_{c1Ncse}/q_{c1Ncsm}
<i>Mean</i>	1,01	0,62	0,69	1,08	0,71	0,95	0,99 (0,92)
<i>Standard Deviation</i>	0,45	0,72	0,89	1,50	0,92	0,11	0,31 (0,14)
<i>Median</i>	0,93	0,51	0,56	0,92	0,56	0,96	0,93 (0,93)
<i>10th Percentile</i>	0,59	0,22	0,20	0,55	0,19	0,80	0,73 (0,74)
<i>90th Percentile</i>	1,50	1,03	1,21	1,63	1,25	1,08	1,31 (1,07)
<i>Skewness</i>	2,75	22,46	25,98	25,71	24,45	0,09	4,62 (0,13)

Sumber : (Facciorusso et al., 2017)

B.3. Likuifaksi

Likuifaksi adalah suatu keadaan hilangnya kekuatan lapisan tanah ditandai dengan penurunan tanah yang disebabkan memadatnya volume lapisan tanah akibat getaran. Getaran yang dimaksud dapat berasal dari gempa bumi tektonik maupun dari pembebanan cepat lainnya. Gempa Niigata, Jepang (1964) merupakan salah satu contoh dampak dari terjadinya likuifaksi. Gempa bumi tektonik Niigata dengan karakteristik dan parameter gempa yaitu dengan skala Richter 7,5, kedalaman pusat gempa 50 km, dan episenter 60 km menyebabkan terjadinya keruntuhan tanah dan likuifaksi di seluruh kota dan sekitarnya. Hal ini tentunya mengakibatkan kerusakan yang sangat hebat dialami oleh Jepang dan merupakan awal dari teori tentang likuifaksi.

B.4. Parameter yang Mempengaruhi Likuifaksi

Analisis potensi terjadinya likuifaksi dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter. Adapun beberapa parameter yang mempengaruhi potensi terjadinya

likuifaksi adalah *Cyclic Stress Ratio* (CSR), *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), *Liquefaction Factor of Safety* (FS_{liq}), *Liquefaction Potential Index* (LPI), dan penurunan tanah.

B.4.1. Cyclic Stress Ratio (CSR)

Menentukan nilai CSR merupakan salah satu dari dua komponen utama dalam menganalisis potensi likuifaksi. Perhitungan CSR dilakukan dengan beberapa parameter data yaitu nilai *Magnitude* Gempa (M), percepatan horizontal permukaan maksimum tanah (a_{max}), faktor reduksi tegangan (rd), tegangan total vertikal tanah (σ_v), dan tegangan efektif vertikal tanah (σ'_v). Nilai CSR dapat dikatakan dipicu oleh gempa bumi dan pada kedalaman tertentu. CSR biasanya dinyatakan sebagai nilai yang dapat mewakili (nilai seragam yang setara) yang setara dengan 65% dari rasio tegangan geser siklik maksimum (Boulanger & Idriss, 2014). Nilai CSR dapat dihitung dengan Persamaan (1) yang dikembangkan oleh Seed - Idriss sebagai berikut:

$$CSR_{M,\sigma'_v} = 0,65 \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \frac{a_{max}}{g} r_d \quad (1)$$

dengan:

σ_v = Tegangan total vertikal tanah (kPa)

σ'_v = Tegangan efektif vertikal tanah (kPa)

$\frac{a_{max}}{g}$ = Percepatan horizontal maksimum di permukaan tanah

r_d = Faktor reduksi tegangan

Pada tahun 1999, Idriss mengembangkan persamaan untuk menentukan nilai faktor reduksi tegangan (r_d) menjadi lebih sederhana seperti di bawah ini:

$$r_d = \exp [\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (2)$$

$$\alpha(z) = -1,012 - 1,126 \sin \left(\frac{z}{11,73} + 5,133 \right) \quad (3)$$

$$\beta(z) = -0,106 + 0,118 \sin \left(\frac{z}{11,28} + 5,142 \right) \quad (4)$$

dengan:

z = Kedalaman (m)

M = *Magnitude* gempa

B.5. Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Ketahanan suatu lapisan tanah terhadap beban siklik secara umum direpresentasikan dalam bentuk CRR. Nilai CRR dapat diperoleh dari data pengujian CPT ataupun SPT. Menurut R. S. Olsen (1997), bahwa berdasarkan data CPT dapat diperkirakan rasio tahanan siklik yang dinormalisasi atau disebut dengan CRR₁ (dalam publikasi lain disebut sebagai CRR_{7.5}). Nilai CRR dapat dihitung dengan Persamaan (5) sebagai berikut:

$$CRR = CRR_1 \cdot MSF \cdot K_\sigma \cdot K_\alpha \quad (5)$$

dengan:

CRR_1 = *Normalized Liquefaction Cyclic Resistance Ratio*

MSF = Faktor skala *magnitude* gempa

K_σ = Faktor skala tegangan yang seragam

K_α = Faktor skala tegangan geser awal

Berdasarkan R. S. Olsen (1997) bahwa nilai K_σ ditentukan dengan nilai

tegangan efektif vertikal tanah per lapisan. Jika nilai σ'_v antara 0,5 atm sampai 2 atm, maka nilai K_σ antara 1,05 sampai 0,9. Nilai K_α adalah untuk kondisi dekat lereng bumi dan untuk ketinggian pada permukaan tanah maka nilai sama dengan 1. Skala faktor *magnitude* gempa (MSF) dapat dihitung dengan Persamaan (6) berdasarkan Idriss (1998) seperti sebagai berikut:

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad (6)$$

Menurut R. S. Olsen (1997) bahwa CRR₁ untuk semua jenis tanah dapat diestimasi dengan Persamaan (7) sebagai berikut:

$$CRR_1 = \left(0,00128 \frac{q_c}{(\sigma'_v)^{0.7}} \right) - 0,025 + (0,17 R_f) - (0,028 R_f^2) + (0,0016 R_f^3) \quad (7)$$

dengan:

$\frac{q_c}{(\sigma'_v)}$ = *Generalized normalized cone resistance* (q_{cl})

R_f = *Friction Ratio* (dalam persen)

q_c = Tahanan konus (atm)

σ'_v = Tegangan efektif vertikal (atm)

Nilai q_{cl} dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (8) berdasarkan R. S. Olsen (1997) seperti sebagai berikut:

$$q_{cl} = \frac{q_c}{(\sigma'_v)^c} \quad (8)$$

Nilai c untuk pasir digunakan 0,6 dan untuk lempung adalah 1.

B.6. Liquefaction Factor of Safety (FS_{liq})

Potensi terjadinya likuifaksi ditentukan oleh nilai FS_{liq}. Jika FS_{liq} kurang dari 1,2 maka berpotensi terjadi likuifaksi, dan sebaliknya jika FS_{liq} lebih dari 1,2 maka tidak berpotensi terjadi likuifaksi. Nilai FS_{liq} dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (9) sebagai berikut:

$$FS_{liq} = \frac{CRR}{CSR} \quad (9)$$

dengan:

CRR = *Cyclic Resistance Ratio*

$CSR = \text{Cyclic Stress Ratio}$

B.7. Liquefaction Potential Index (LPI)

Penentuan Indeks potensi likuifaksi atau *Liquefaction Potential Index* (LPI) menggunakan Persamaan (10) berdasarkan Iwasaki (1984) dan dimodifikasi oleh Sonmez (2003) seperti sebagai berikut:

$$LPI = \int_0^{20m} F w(z) dz \quad (10)$$

dengan:

$$F = 1 - FS \quad \text{untuk } FS < 0,95$$

$$F = 2 * 10^6 * \text{EXP}(-18,427 * FS) \quad \text{untuk } 0,95 < FS < 1,2$$

$$F = 0 \quad \text{untuk } FS \geq 1,2$$

$$w(z) = 10 - 0,5 z$$

B.8. Penurunan Tanah Akibat Likuifaksi

Menurut Muntohar (2012) bahwa untuk permukaan tanah yang relatif datar, bisa dianggap pergerakan arah lateral tidak terjadi atau sangat kecil setelah gempa bumi, sehingga regangan volumetrik akan sama dengan regangan vertikal. Perhitungan penurunan tanah akibat likuifaksi dapat menggunakan Persamaan (11) seperti sebagai berikut:

$$S = \int_0^z \varepsilon_v dz = \sum_{i=1}^j \varepsilon_{v,i} \Delta z_i \quad (11)$$

Nilai ε_v dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan Empirik Regangan Seismik

Faktor Aman (FS)	Nilai Tahanan Ujung Seismik $(q_{c1N})_{cs}$	Regangan Seismik (ε_v)
≤ 0.5	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$
0.6	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 147$	$102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$
0.6	$147 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$2411 (q_{c1N})_{cs}^{-1.45}$
0.7	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 110$	$102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$
0.7	$110 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$1701 (q_{c1N})_{cs}^{-1.42}$
0.8	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 80$	$102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$
0.8	$80 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$1690 (q_{c1N})_{cs}^{-1.46}$
0.9	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 60$	$102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$
0.9	$60 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$1430 (q_{c1N})_{cs}^{-1.48}$
1.0	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$64 (q_{c1N})_{cs}^{-0.93}$
1.1	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$11 (q_{c1N})_{cs}^{-0.65}$
1.2	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$9.7 (q_{c1N})_{cs}^{-0.71}$
1.3	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$	$7.6 (q_{c1N})_{cs}^{-0.71}$
2.0	$33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 20$	0

Sumber : (Zhang et al., 2002)

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Provinsi Riau tepatnya pada lokasi proyek pembangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Riau di Jl. Jenderal Sudirman, Simpang Empat, Kecamatan Pekanbaru Kota, Kota Pekanbaru. Lokasi penelitian dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

C.2. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang diperlukan dalam menganalisis potensi terjadinya likuifaksi terdiri dari data sekunder yaitu:

1. Data sejarah gempa

Data ini mencakup data sejarah gempa yang pernah terjadi dari tahun 1919 hingga 2019 dalam radius 500 km dari area penelitian. Parameter yang dibutuhkan adalah nilai *magnitude* gempa, kedalaman hiposentrum, dan lokasi *epicenter* (garis lintang dan garis bujur). Nilai M_w yang digunakan adalah 5,4 dan 6,7.

2. Data lapisan tanah yang didapat dari data CPT

Data CPT yang digunakan pada penelitian ini diambil dari satu lokasi penelitian. Lokasi penelitian tersebut yaitu Gedung Kejaksaan Tinggi Riau dan diambil satu titik lokasi pengambilan data. Titik 1 yaitu titik Bor 9/As 11-GH (Titik CPT-1) dengan kedalaman sondir 31,2 m dan MAT (Muka Air Tanah) 1,8 m.

Lapisan tanah secara keseluruhan di kedua lokasi penelitian didominasi oleh *sands mixtures (silty sand to fine sand)* dan *sands (fine sand to dense sand)*.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis Cyclic Stress Ratio (CSR) berdasarkan Data CPTm dan CPTe

Nilai CSR di lokasi penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi MAT-nya, maka nilai CSR semakin besar, khususnya pada nilai CSR yang ditinjau pada lapisan yang dekat dengan permukaan tanah. Selain itu, nilai CSR yang diolah berdasarkan data CPTm lebih kecil dibandingkan nilai CSR yang diolah dengan menggunakan data CPTe. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh nilai rasio antara CPTm dan CPTe yang cukup besar untuk hambatan lekat (f_s) sebesar 0,62. Nilai perbandingan CPTm terhadap CPTe di Gedung Kejaksaan Tinggi Riau dapat lebih jelas dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai CSRm/CSRe di Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

Data CPT	MAT	CSRm/CSRe	
		Mw = 5,4	Mw = 6,7
Titik 1	0	0,941 - 0,963	0,941 - 0,941
	1,8	0,969 - 1,000	0,969 - 1,000

Sumber : Hasil Perhitungan

D.2 Analisis Cyclic Resistance Ratio (CRR) berdasarkan Data CPTm dan CPTe

Nilai CRR dipengaruhi oleh *magnitude* gempa, semakin besar nilai *magnitude* gempanya maka semakin kecil nilai CRR-nya. Selain itu, nilai CRR juga dipengaruhi oleh MAT, dimana semakin tinggi MAT-nya maka nilai CRR akan semakin besar. Secara umum, hasil perhitungan nilai CRR yang diperoleh adalah nilai CRR berdasarkan data CPT elektrik (CRRe) cenderung lebih kecil dibandingkan dengan nilai CRR menggunakan data CPT mekanik (CRRm). Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai CRR yang diolah menggunakan data CPTm menggambarkan tanah tersebut lebih aman terhadap likuifaksi dibandingkan jika diolah dengan data CPTm yang telah dikoreksi (CPTe).

Tabel 4. Nilai CRRm/CRRe di Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

Data CPT	MAT	CRRm/CRRe	
		Mw = 5,4	Mw = 6,7
Titik 1	0	0,901 - 3,337	0,901 - 3,337
	1,8	0,892 - 2,431	0,892 - 2,431

Sumber : Hasil Perhitungan

D.3 Analisis Factor of Safety Liquefaction (FSliq) berdasarkan Data CPTm dan Data CPTe

Pada lokasi penelitian ini diperoleh nilai FS berdasarkan data CPT mekanik (FSm) dan FS berdasarkan data CPT elektrik (FSe). Berdasarkan hal tersebut diperoleh nilai FSm yang beragam di semua variasi muka air tanah cenderung

lebih besar dibandingkan nilai FSe. Hal ini menunjukkan pengaruh data CPT yang tanpa dikoreksi terlebih dahulu lebih memberikan hasil yang aman (beresiko lebih kecil) terhadap likuifaksi. Jika metode analisis potensi likuifaksi yang digunakan adalah untuk data CPTe, maka data CPTm tidak baik digunakan langsung tanpa dikoreksi terlebih dahulu dalam perencanaan.

Tabel 5. Nilai FSm/FSe di Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

Data CPT	MAT	FSm/FSe	
		Mw = 5,4	Mw = 6,7
Titik 1	0	0,940 - 2,411	0,936 - 3,547
	1,8	0,949 - 1,761	0,921 - 2,431

Sumber : Hasil Perhitungan

D.4 Analisis Nilai *Liquefaction Potential Index (LPI)* berdasarkan Data CPTm dan Data CPTe

Nilai LPI di lokasi penelitian ini berbanding lurus dengan elevasi Muka Air Tanah (MAT) dan magnitudo gempa. Semakin besar nilai magnitudo gempanya dan semakin dekat MAT dengan permukaan tanah maka nilai LPI akan semakin besar.

Rentang nilai LPI_m (LPI berdasarkan data CPT_m) dibandingkan dengan LPI_e (LPI berdasarkan data CPT_e) pada Mw 5,4 dan 6,7 adalah 0,373 - 0,638 dengan kategori potensi likuifaksi “Sedang” hingga “Sangat Tinggi”. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai LPI berdasarkan CPT_e cenderung lebih besar potensi terjadi likuifaksi. Sebagai contoh pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai LPI berdasarkan data CPT_m (LPI_m) yang dihitung dengan magnitudo gempa sebesar 5,4 Mw dengan MAT 0 m memiliki hasil bahwa potensi likuifaksi cenderung pada kategori “Sedang”, sedangkan jika menggunakan data CPT_e pada kategori “Sangat Tinggi”.

Tabel 6. Nilai LPI di Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

Magnitudo Gempa (Mw)	MAT (m)	CPT Mekanik		CPT Elektrik		LPI _m /LPI _e
		LPI	Potensi Likuifaksi	LPI	Potensi Likuifaksi	
5,4	0	6,957	Sedang	18,646	Sangat Tinggi	0,373
	1,8	2,804	Sedang	7,145	Sedang	0,393
6,7	0	42,460	Sangat Tinggi	66,992	Sangat Tinggi	0,634
	1,8	26,588	Sangat Tinggi	41,655	Sangat Tinggi	0,638

Sumber : Hasil Perhitungan

D.5 Analisis Nilai Penurunan Tanah berdasarkan Data CPTm dan Data CPTe

Jika analisis nilai penurunan tanah ditinjau pada magnitudo gempa sebesar 5,4 Mw, maka dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang paling besar terdapat di MAT (Muka Air Tanah) 0 m khususnya pada data yang digunakan adalah data CPT_e. Sedangkan nilai penurunan tanah yang paling kecil terdapat di MAT 1,8 m dan dihitung berdasarkan data CPT_m. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Sama halnya dengan nilai penurunan tanah yang dihitung dengan menggunakan magnitudo gempa 5,4 Mw, pada variasi magnitudo gempa sebesar 6,7 Mw seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 juga memiliki nilai penurunan tanah yang paling tinggi di MAT 0 m dan menggunakan data CPT_e. Kemudian, nilai penurunan tanah yang paling kecil juga terdapat di MAT 1,8 m dan menggunakan data CPT_m.

Tabel 7. Nilai Penurunan Tanah (S) Gedung Kejaksaan Tinggi Riau

Magnitudo Gempa (Mw)	MAT (m)	Total Penurunan Tanah, S (cm)		Sm/Se
		CPT _m	CPT _e	
5,4	0	10,2	25,1	0,406
	1,8	5,8	12,2	0,473
6,7	0	33,5	44,3	0,755
	1,8	27,8	39,6	0,702

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai Se lebih besar dibandingkan dengan nilai Sm. Pada tahap analisis ini juga dapat diketahui bahwa perbedaan nilai

penurunan tanah pada kedua data tersebut tentu harus diperhatikan. Perbedaan yang cukup jauh tersebut menunjukkan bahwa data CPTm yang telah dikoreksi menjadi data CPTe lebih baik digunakan dalam perencanaan. Hal ini tentunya jika menggunakan metode analisis yang berdasarkan data CPTe. Pada tabel tersebut juga dapat kita lihat bahwa semakin dalam MAT-nya maka nilai penurunan tanah (S) cenderung lebih kecil dan begitu juga sebaliknya.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai FS berdasarkan data CPTe dominan lebih tinggi potensi terjadinya likuifaksi dibandingkan dengan nilai FS berdasarkan data CPTm pada setiap variasi MAT dan magnitudo gempa (M_w).
2. Nilai LPIe di lokasi penelitian dominan lebih tinggi potensi terjadinya likuifaksi dibandingkan dengan nilai LPI_m, sehingga data CPTm yang telah dikoreksi menjadi data CPTe lebih baik digunakan dalam perencanaan jika metode analisis yang digunakan adalah untuk data CPTe.
3. Nilai penurunan maksimum diperoleh pada magnitudo gempa 6,7 M_w dan MAT 0 m sebesar 44,339 cm dengan data CPTe.

E.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis perbandingan potensi likuifaksi dengan menggunakan data lapangan CPT mekanik dan CPT elektrik (bukan yang dikoreksi) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan analisis potensi likuifaksi sebagai salah satu aspek dalam tahapan perencanaan konstruksi bangunan. Hal tersebut khususnya pada lokasi proyek pembangunan yang

memiliki tanah dominan pasir, walaupun lokasi tersebut bukan lokasi rawan gempa.

3. Mitigasi bencana perlu dilakukan pada lokasi yang berpotensi terjadi likuifaksi seperti melakukan *vibroflotation*, *compaction grouting*, *deep soil mixing*, *deep dynamic compaction*, dan sebagainya. Hal itu tentunya didukung dengan drainase yang baik dan efektif.
4. Adanya pemetaan potensi likuifaksi untuk seluruh wilayah Indonesia, khususnya di Provinsi Riau.

F. DAFTAR PUSTAKA.

- Boulanger, R. W., & Idriss, I. M. (2014). *CPT and SPT Based Liquefaction Triggering Procedures*. (April), 134. Retrieved from http://nees.ucdavis.edu/publications/Boulanger_Idriss_CPT_and_SPT_Liq_triggering_CGM-14-01_2014.pdf
- Facciorusso, J., Madiari, C., & Vannucchi, G. (2017). *Corrections to Mechanical CPT Results for Use in Liquefaction Evaluation*. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(9), 3505–3528. <https://doi.org/10.1007/s10518-017-0093-y>
- Fahmi, K. (2009). Pengembangan Kawasan Sudirman Kota Pekanbaru.
- Farrar, J. (1990). *Study of in Situ Testing for Evaluation of Liquefaction Resistance*. Report N. R-90-06, Denver, CO: U.S. Bureau of Reclamation, Geotechnical Service Branch, Denver Office.
- Iwasaki, T., Arakawa, T., & Tokida, K.-I. (1984). *Simplified Procedures For Assessing Soil Liquefaction During Earthquakes*. Southampton: International Journal of Soil Dynamics and Earthquake.
- :
 Marcuson, W. F. (1978). *Definition of Terms Related to Liquefaction*.

Journal of the Geotechnical Engineering Division, 104(9), 1197–1200.

Muntohar, A. S. (2012). Studi Parametrik Potensi Likuifaksi dan Penurunan Permukaan Tanah Berdasarkan Uji Sondir. *Annual Scientific Meeting*, (December 2012), 139–144.

Olsen, R. (1984). *Cyclic Liquefaction Based on The Cone Penetrometer Test*. (February).

Olsen, R. S. (1997). *Cyclic Liquefaction Based on The Cone Penetrometer Test. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, (February), 225–276. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Richard_Olsen10/publication/285663138_Cyclic_liquefaction_based_on_the_cone_penetrometer_test/links/56bbbc2808ae7be8798be526/Cyclic-liquefaction-based-on-the-cone-penetrometer-test.pdf

Pustlitbang PUPR. (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.

Sonmez, H. (2003). *Modification of The Liquefaction Potential Index and Liquefaction Susceptibility Mapping for a Liquefaction-Prone Area (Inegol, Turkey)*. *Environmental Geology*, 44(7), 862–871.

Zhang, G., Robertson, P. K., & Brachman, R. W. I. (2002). *Estimating Liquefaction-Induced Ground Settlements from CPT for Level Ground*. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(5), 1168–1180. <https://doi.org/10.1139/t02-047>