

STUDI POTENSI LIKUIFAKSI PADA SEKITAR JALAN JAMUR KELURAHAN BALAROA KOTA PALU

Risma Triandys M.S¹⁾, Ida Sri Oktaviana¹⁾, Irdhiani¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako

Jalan Soekarno Hatta Km.8 Palu 94118

Corresponding author: idaokt@gmail.com

ABSTRAK

Pergerakan tanah yang diduga diakibatkan oleh likuifaksi di perumahan Balaroa dan Petobo termasuk yang paling banyak merenggut korban jiwa dan merusak berbagai sarana dan prasarana pada saat gempa dahsyat yang terjadi di Kota Palu pada tanggal 28 September tahun 2018. Informasi dari hasil pengamatan di lapangan memperlihatkan adanya campuran air dan lumpur pasir yang keluar dari dalam tanah pada beberapa lokasi di kota Palu, misalnya yang terdapat di sekitaran jalan Jamur Kecamatan Palu Barat yang menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan di daerah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana potensi likuifaksi pada tanah yang diduga terlikuifaksi di daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan uji *Cone Penetration Test* (CPT) pada titik yang diduga mengalami likuifaksi, kemudian dilakukan analisa data dengan menghitung nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR), *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), dan *FS*. Hasil dari analisa data CPT/Sondir untuk menentukan jenis tanah dengan korelasi dari tabel dan diagram Mayne diindikasikan bahwa jenis tanah di lokasi penelitian adalah pasir, pasir berlanau atau lanau berpasir. Adapun potensi likuifaksi berdasarkan nilai *FS* dari hasil analisa menunjukkan bahwa likuifaksi terjadi pada kedalaman yang bervariasi yang rata-rata terjadi pada kedalaman kurang dari 10 m.

Kata kunci : Potensi Likuifaksi, Uji CPT, Sondir

ABSTRACT

The ground movement which is possible to have been caused by liquefaction in the Balaroa and Petobo housing estates in Palu was among the ones that is very destructive with considerable fatalities and damage to various facilities and infrastructure during the devastating earthquake that occurred in Palu City on September 28, 2018. From field observations, information was obtained that there was a mixture of water and sand silt that came out of the ground at several locations in the city of Palu, for example in the area around the Jamur Street, West Palu District, which caused structural damage to buildings in the area. This study aims to determine the liquefaction potential of the soil suspected to be liquefied in the area. This research was conducted by performing a Cone Penetration Test (CPT) at the point suspected of experiencing liquefaction, then analyzing the data by calculating the value of Cyclic Stress Ratio (CSR), Cyclic Resistance Ratio (CRR), and FS. The results of the CPT data analysis to determine the type of soil with the correlation from the Mayne table and diagram indicated that the type of soil in the research location was sand, silty sand, or sandy silt. The liquefaction potential based on the FS value from the results of the analysis shows that liquefaction occurs at varying depths which on average occurs at a depth of less than 10 m.

Kata kunci : Liquefaction Potential, CPT Test, Sondir

PENDAHULUAN

Provinsi Sulawesi Tengah merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan terjadi gempa bumi berkekuatan besar dan dampak kerusakan yang ditimbulkannya cukup luas. Pada tanggal 28 September 2018 pada pukul 18.04 terjadi gempa dengan magnitudo 7,4 yang berpusat di Donggala, 80 Km arah barat laut kota Palu hingga menyebabkan terjadinya tsunami dan likuifaksi di beberapa daerah di kota Palu.

Pergerakan tanah yang diduga diakibatkan oleh likuifaksi di perumahan Balaroa dan Petobo termasuk yang paling banyak merenggut korban jiwa dan merusak berbagai sarana dan prasarana. Hasil pengamatan di lapangan mendapatkan informasi adanya campuran air dan lumpur pasir yang keluar dari dalam tanah pada beberapa lokasi di kota Palu, misalnya yang terdapat di sekitaran jalan Jamur Palu Barat, Peristiwa ini menyebabkan terjadinya kerusakan pada banyak struktur bangunan di lokasi tersebut.

Likuifaksi yang diakibatkan oleh gempa bumi merupakan peristiwa hilangnya kekuatan lapisan pasir lepas akibat kenaikan tekanan air pori karena menerima getaran gempa bumi. Dengan demikian, likuifaksi akan terjadi di daerah rawan gempa besar yang tersusun oleh endapan pasir jenuh air dengan kepadatan rendah, dan di daerah dengan pergerakan seismik yang melebihi nilai batas ambangnya (Seed dan Idriss, 1971). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis lapisan tanah dan potensi likuifaksinya dengan menggunakan data dari pengujian CPT

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Likuifaksi

Salah satu definisi likuifaksi diberikan dalam Prakash (1981) yaitu suatu kondisi pada massa tanah yang mengalami deformasi secara menerus pada tegangan residual yang rendah, disebabkan oleh terjadinya tekanan air pori yang meningkat yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif dan pada kondisi tertentu mencapai nol.

Sifat Fisik Terlikuifaksi

Dikutip dari riset Soebowo, dkk (2009), likuifaksi hanya terjadi pada tanah jenuh, sehingga kedalaman muka air tanah akan mempengaruhi kerentanan terhadap likuifaksi.

Kerentanan terhadap likuifaksi akan menurun dengan bertambah dalamnya muka air tanah, dan pengaruh likuifaksi secara langsung dapat diamati di lapangan dimana muka air tanah berada beberapa meter dari permukaan tanah. Di daerah dimana level muka air tanah berfluktuasi (berubah) secara jelas, bahaya likuifaksi juga akan berubah. Fenomena likuifaksi terjadi seiring terjadinya gempa bumi.

Korelasi Empirik Data Pengujian Sondir

Grafik yang diusulkan oleh Robertson and Campanella (1986) dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah. Grafik ini menggunakan nilai dasar tahanan konus (q_t) dan rasio friksi (R_f). Namun, karena nilai tahanan konus dan tahanan selimut meningkat seiring bertambahnya kedalaman, maka data sondir harus dinormalisasi dengan nilai tekanan *overburden* tanah seperti yang terlihat pada Persamaan 1 (Robertson, 2009).

$$Q_{tn} = \frac{(q_t - \sigma_o) / \sigma_{atm}}{(\sigma_o / \sigma_{atm})^n} \quad (1)$$

dimana:

q_t = tahanan konus terkoreksi (kN/m^2)

Q_{tn} = tahanan konus ternormalisasi

σ_o = tekanan *overburden* (kN/m^2)

σ_{atm} = tekanan atmosfer = 100 kN/m^2

Untuk tanah lempung lunak dan lanau serta di bawah muka air (dengan pengaruh muka air), tahanan konus q_c harus dikoreksi terhadap tekanan air pori menggunakan Persamaan 2 (Robertson, 2006). Sedangkan untuk tanah granular tidak diperlukan koreksi. Seperti yang kita ketahui bahwa permeabilitas tanah granular pada umumnya tinggi, maka tidak diperlukan lagi untuk melakukan koreksi tahanan konus terhadap tekanan air pori.

$q_c \approx q_t$

$$q_t = q_c + u_2(1 - a_n) \quad (2)$$

dimana:

q_t = tahanan konus terkoreksi (kN/m^2)

u_2 = tekanan air pori (kN/m^2)

a_n = rasio area netto (pengujian laboratorium)

Klasifikasi tanah menggunakan Gambar 1 menggunakan parameter I_c sebagai batasan zona yang terdapat pada Tabel 1. I_c merupakan nilai indeks material sondir yang diperoleh dengan Persamaan 3 (Robertson and Wride, 1998 dalam Robertson 2009).

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q_{tn})^2 + (1.22 + \log F_r)^2} \quad (3)$$

Keterangan:

I_c = indeks karakteristik tanah, SBT

Q_{tn} = tahanan konus ternormalisasi (kN/m²)

F_r = rasio friksi ternormalisasi (%)

Tabel 1 Zona dan Jenis Tanah berdasarkan nilai I_c

Zona	Jenis Tanah	I_c
1	Tanah Sensitif, berbutir halus	-
2	Tanah Organik – Gambut	>3.6
3	Lempung - lempung berlanau sampai lempung	2.95 - 3.6
4	Lanau - lanau berlempung sampai lempung berlanau	2.60 - 2.95
5	Pasir bercampur - pasir berlanau sampai lanau berpasir	2.05 - 2.60
6	Pasir - pasir sampai pasir berlanau	1.31 - 2.05
7	Pasir berkerikil sampai pasir padat	<1.31
8	Pasir sangat padat sampai pasir berlempung	-
9	Sangat padat, berbutir halus	-

(Sumber: Mayne, 2014)

Untuk zona 1 nilai tahanan konus ternormalisasi (Q_{tn}) lebih kecil dari persamaan berikut ini:

$$Q_{tn} < 12 \exp(-1.4F_r) \quad (4)$$

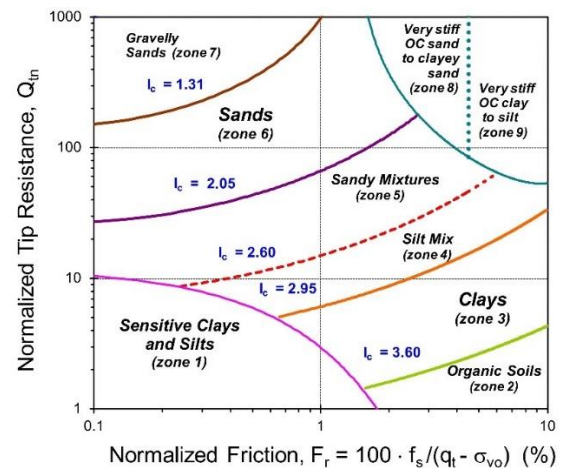
Untuk zona 8 ($1.5\% < F_r < 4.5\%$) dan 9 ($F_r > 4.5\%$), nilai Q_{tn} berdasarkan persamaan (5):

$$Q_{tn} > \frac{1}{0.005(F_r - 1) - 0.0003(F_r - 1)^2 - 0.002} \quad (5)$$

dimana:

Q_{tn} = tahanan konus ternormalisasi (kN/m²)

F_r = rasio friksi ternormalisasi (%)



Gambar 1. Jenis tanah didasarkan pada hasil uji CPT(Mayne, 2014)

Evaluasi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)

Untuk evaluasi nilai CSR dapat mengacu pada persamaan (6) yang diusulkan oleh Seed dan Idriss (1971)

$$CSR = 0.65 \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot rd \quad (6)$$

dengan,

σ_{vo} = tegangan vertikal total (kN/m²)

σ'_{vo} = tegangan vertikal efektif (kN/m²)

a_{max} = percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (m/s²)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)

rd = faktor reduksi terhadap tegangan

Rasio tegangan total dengan tegangan efektif dihitung dengan persamaan-persamaan yang ada di dalam teori Mekanika Tanah :

$$\sigma = h \cdot \gamma \quad (7)$$

dengan,

σ = tegangan vertikal total (kN/m²)

γ = berat volume air tanah (kN/m³)

h = tinggi muka air diukur dari permukaan tanah (m)

Tegangan efektif tanah dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma'_{vo} = \sigma - u \quad (8)$$

dengan,

σ'_{vo} = Tegangan vertikal efektif (kN/m²)

u = tekanan air pori tanah yang dihitung dengan persamaan: $u = h \cdot \gamma_w$

h = jarak titik yang ditinjau dengan muka air (m)

Koefisien tegangan reduksi (rd) ditentukan berdasarkan kedalaman yang ditinjau (Liao and Whitmann, 1986 dalam Youd and Idriss, 2001) rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$rd = 1.0 - 0.00765 \times z \text{ untuk } z < 9.15 \quad (9)$$

$$rd = 1.174 - 0.026 \times z \text{ untuk } 9.15 \text{m} < z < 23 \text{ m} \quad (10)$$

Menentukan Nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*)

Nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) merupakan nilai ketahanan suatu lapisan tanah terhadap tegangan siklik. Nilai CRR dapat diperoleh dengan beberapa cara, diantaranya berdasarkan hasil pengujian lapangan yaitu hasil pengujian CPT. Untuk menentukan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) berdasarkan Robertson and Wride (1998) dalam Youd and Idriss (2001) dengan Persamaan sebagai berikut :

Jika $qc1N < 50$ maka,

$$CRR = 0.833 \left\{ \frac{(qc1N)cs}{1000} \right\} + 0.05 \quad (13)$$

Jika $50 \leq qc1N \leq 160$ maka,

$$CRR = 93 \left\{ \frac{(qc1N)cs}{1000} \right\}^3 + 0.08 \quad (14)$$

Untuk menentukan nilai tahanan ujung terkoreksi pada kondisi fraksi halus ini, maka dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$(qc1N)cs = Kc.qc1N \quad (15)$$

$qc1N$ adalah tahanan ujung terkoreksi. Berdasarkan teori Youd dan Idriss (1997) nilai tahanan ujung terkoreksi yang akan diformulasikan, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$qc1N = \left(\frac{qc}{Pa} \right) \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5} \quad (16)$$

Jika $Ic < 2,6$ maka,

$$qc1N = \left(\frac{qc}{Pa} \right) \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.75} \quad (17)$$

Kc adalah faktor koreksi pada tanah berbutir yang memiliki persyaratan sebagai berikut :

- Jika indeks sifat tanah (Ic) memiliki nilai > 1,64 maka $Kc = 1.0$
- Jika $Ic > 1,64$ maka :

$$Kc = -0.403Ic^4 + 5,581Ic^3 - 21.63Ic^2 + 33.75Ic - 17.88 \quad (18)$$

Indeks sifat tanah (Ic) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$Ic = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^n \quad (19)$$

Dimana Q merupakan nilai tak berdimensi dari koreksi tahanan ujung dan F merupakan rasio friksi ternormalisasi, dihitung menggunakan persamaan 20 dan 21:

$$Q = \frac{(qc - \sigma_{vo})}{\sigma'_{vo}} \quad (20)$$

$$F = \left(\frac{fs}{qc - \sigma_{vo}} \right) \times 100 \% \quad (21)$$

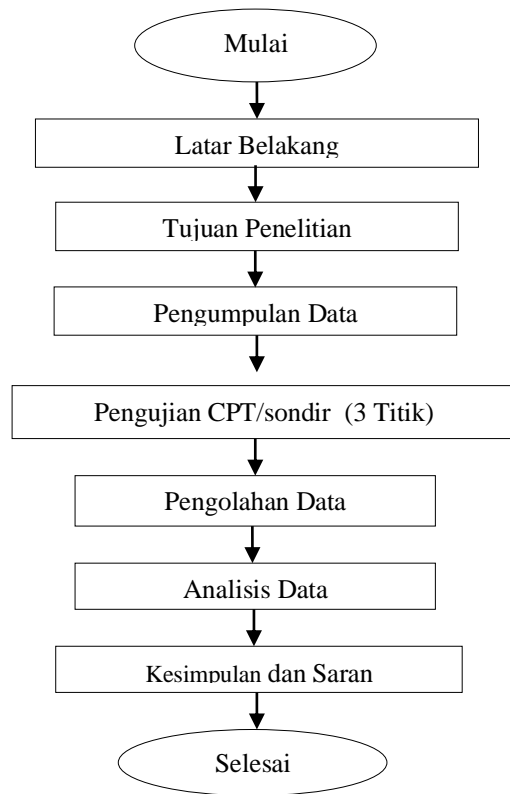
Pada analisis *soil liquefaction* akibat gempa, *safety factor* (FS) ditentukan setelah didapatkan nilai CSR dan CRR. NCEER (1996) mendefinisikan faktor keamanan terhadap bahaya likuifaksi sebagai berikut :

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (22)$$

Jika FS (*Safety Factor*) lebih kecil atau sama dengan satu ($FS \leq 1$) maka terjadi soil liquefaction dan jika FS lebih besar satu ($FS > 1$) maka tidak terjadi likuifaksi.

METODE PENELITIAN

Sistematika prosedur pengujian yang akan dilakukan akan dijelaskan lebih terinci pada bagan alir pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sekitar jalan Jamur Kelurahan Balaroa Kecamatan Palu Barat Kota Palu



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian (Google Earth, diakses 16 Desember 2019)

Uji CPT dilakukan pada 3 titik yaitu titik 1 pada koordinat $119^{\circ}51'2,06''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}54'30,29''$ Bujur Timur, titik 2 pada koordinat $119^{\circ}51'13,55''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}54'28,27''$ Bujur Timur dan titik 3 yang terletak pada koordinat $119^{\circ}51'07,10''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}54'26,30''$ Bujur Timur, elevasi pada ± 25 m dari permukaan laut.

Data hasil pengujian CPT pada ketiga titik pengujian tersebut kemudian diolah untuk mengetahui jenis tanah pada lapisan-lapisan yang ditinjau sekaligus potensi likuifaksinya.

HASIL PENELITIAN

Hasil Klasifikasi Tanah Berdasarkan data CPT (*Cone Penetration Test*) / Sondir

Pengklasifikasian jenis tanah diambil dari perhitungan yang dilakukan berdasarkan data CPT/Sondir, yang dilakukan dengan cara memplotkan pada grafik Gambar 1 hubungan antara Tahanan konus ternormalisasi (Q_{tn}) dengan nilai Rasio friksi ternormalisasi (F_r) menurut Mayne. Dari perkiraan jenis tanah dengan cara tersebut, diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2,3 dan 4.

Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa jenis tanah yang terdapat pada 3 lokasi pengujian CPT tersebut jenisnya cukup bervariasi, pada umumnya mengandung tanah pasir, pasir berlanau, dan lanau berpasir dengan kepadatan bervariasi pula dari kepadatan lepas, sedang hingga padat. Ketiga jenis tanah tersebut merupakan kriteria tanah yang berpotensi terjadi likuifaksi.

Tabel 2 Klasifikasi Jenis Tanah Pada Titik Sondir 1

<i>Kedalaman (m)</i>	<i>Qtn</i>	<i>Fr (%)</i>	<i>Jenis Tanah</i>	<i>Kepadatan Tanah</i>
0	0	0,00	-	-
0,2	302,61	0,50	Pasir	Sedang
0,4	202,05	0,75	Pasir	Sedang
0,6	137,77	1,13	Pasir	Lepas
0,8	14,65	3,03	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
1	109,36	1,13	Pasir	Lepas
1,2	148,13	0,65	Pasir	Sedang
1,4	139,16	0,65	Pasir	Sedang
1,6	131,59	0,65	Pasir	Sedang
1,8	131,90	0,60	Pasir	Sedang
2	76,62	1,14	Pasir	Lepas
2,2	65,15	1,30	Pasir Berlanau	Lepas
2,4	38,79	2,30	Pasir Berlanau	Lepas
2,6	28,58	3,10	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
2,8	18,79	4,74	Lanau Berpasir	Kaku
3	25,38	3,12	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
3,2	31,16	2,32	Pasir Berlanau	Lepas
3,4	49,36	1,31	Pasir Berlanau	Lepas
3,6	65,74	0,91	Pasir	Sedang
3,8	80,98	0,70	Pasir	Sedang
4	106,47	0,50	Pasir	Sedang
4,2	120,04	0,43	Pasir	Sedang
4,4	90,60	0,57	Pasir	Sedang
4,6	39,71	1,32	Pasir Berlanau	Lepas
4,8	27,55	1,87	Pasir Berlanau	Lepas
5	21,22	2,36	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
5,2	20,45	2,36	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
5,4	19,72	2,37	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
5,6	19,04	2,37	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
5,8	18,39	2,38	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
6	27,30	1,56	Pasir Berlanau	Lepas
6,2	31,19	1,33	Pasir Berlanau	Lepas
6,4	34,96	1,16	Pasir Berlanau	Lepas
6,6	43,17	0,92	Pasir Berlanau	Sedang
6,8	51,20	0,77	Pasir Berlanau	Sedang
7	130,75	0,61	Pasir	Padat
7,2	154,31	0,76	Pasir	Padat
7,4	168,15	0,91	Pasir	Padat
7,6	161,62	1,59	Pasir	Padat
7,8	157,37	1,82	Pasir	Padat

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Tanah Pada Titik Sondir 2

<i>Kedalaman (m)</i>	<i>Q_{tn}</i>	<i>Fr (%)</i>	<i>Jenis Tanah</i>	<i>Kepadatan Tanah</i>
0	0,00	0,00	-	-
0,2	173,96	1,81	Pasir	Lepas
0,4	163,12	1,13	Pasir	Lepas
0,6	137,77	1,13	Pasir	Lepas
0,8	130,68	1,00	Pasir	Sedang
1	143,44	0,75	Pasir	Sedang
1,2	148,13	0,65	Pasir	Sedang
1,4	55,97	2,28	Pasir Berlanau	Lepas
1,6	51,34	2,29	Pasir Berlanau	Lepas
1,8	47,47	2,29	Pasir Berlanau	Lepas
2	44,16	2,29	Pasir Berlanau	Lepas
2,2	72,60	1,14	Pasir Berlanau	Lepas
2,4	96,55	0,76	Pasir	Sedang
2,6	149,51	0,91	Pasir	Sedang
2,8	168,18	0,75	Pasir	Sedang
3	174,39	0,70	Pasir	Padat
3,2	134,22	0,91	Pasir	Sedang
3,4	129,90	0,91	Pasir	Sedang
3,6	114,39	1,01	Pasir	Sedang
3,8	122,15	0,91	Pasir	Sedang
4	151,51	0,70	Pasir	Padat
4,2	190,20	0,53	Pasir	Padat
4,4	154,72	0,65	Pasir	Padat
4,6	145,99	0,67	Pasir	Padat
4,8	137,56	0,70	Pasir	Padat
5	159,88	0,59	Pasir	Padat
5,2	172,01	0,80	Pasir	Padat
5,4	193,11	0,46	Pasir	Padat
5,6	194,22	0,91	Pasir	Padat
5,8	189,32	1,59	Pasir	Padat
6	227,79	0,19	Pasir Berkerikil	Sangat Padat

Tabel 4 Klasifikasi Jenis Tanah Pada Titik Sondir 3

<i>Kedalaman (m)</i>	<i>Q_{tn}</i>	<i>Fr (%)</i>	<i>Jenis Tanah</i>	<i>Kepadatan Tanah</i>
0	0,00	0,00	-	-
0,2	88,52	44,44	Lempung OC	Agak Kaku
0,4	79,05	44,44	Pasir Berlanau	Sangat Lepas
0,6	77,62	44,44	Pasir Berlanau	Sangat Lepas
0,8	65,32	44,44	Pasir Berlanau	Sangat Lepas
1	122,28	88,88	Pasir Berlanau	Lepas
1,2	215,53	88,88	Pasir	Sedang
1,4	188,09	88,88	Pasir	Sedang
1,6	163,10	88,88	Pasir	Sedang
1,8	140,01	88,88	Pasir	Sedang
2	90,09	44,44	Pasir	Sedang
2,2	71,53	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
2,4	53,55	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
2,6	58,00	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
2,8	55,38	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
3	52,99	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
3,2	30,72	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
3,4	29,27	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
3,6	34,39	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
3,8	32,99	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
4	31,68	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
4,2	30,46	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
4,4	29,77	88,88	Lanau Berpasir	Keras
4,6	28,54	88,88	Lanau Berpasir	Sangat Kaku
4,8	27,15	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
5	36,76	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
5,2	56,33	88,88	Pasir Berlanau	Sedang
5,4	79,81	177,76	Pasir Berlanau	Sedang
5,6	106,91	177,76	Pasir	Sedang
5,8	90,07	88,88	Pasir	Sedang
6	73,72	88,88	Pasir	Sedang
6,2	53,30	88,88	Pasir Berlanau	Sedang
6,4	42,82	88,88	Pasir Berlanau	Sedang
6,6	37,74	44,44	Pasir Berlanau	Sedang
6,8	32,43	44,44	Pasir Berlanau	Lepas
7	39,62	88,88	Pasir Berlanau	Sedang
7,2	35,08	44,44	Pasir Berlanau	Sedang
7,4	62,98	88,88	Pasir Berlanau	Sedang
7,6	74,38	88,88	Pasir	Sedang
7,8	85,64	88,88	Pasir	Sedang
8	84,04	88,88	Pasir	Sedang
8,2	82,48	88,88	Pasir	Sedang
8,4	76,87	88,88	Pasir	Sedang
8,6	75,46	88,88	Pasir	Sedang
8,8	74,08	88,88	Pasir	Sedang
9	114,85	133,32	Pasir	Padat
9,2	134,99	177,76	Pasir	Padat
9,4	137,01	266,64	Pasir	Padat
9,6	130,61	399,97	Pasir	Padat

Menghitung Potensi Likuifaksi dengan nilai CSR (Cyclic Stress Ratio) dan CRR (Cyclic Resistance Ratio)

Berikut ini adalah hasil perhitungan FS dari data CPT ditampilkan pada tabel 5, 6 dan 7 untuk masing-masing lokasi titik 1, 2 dan 3 berturut-turut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Potensi Likuifaksi dari data sondir titik 1

<i>Kedalaman tanah (m)</i>	<i>qc (kg/cm²)</i>	<i>FS</i>	<i>Potensi likuifaksi berdasarkan nilai FS</i>
0	0	0,0	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,2	90,45	2,3	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,4	60,3	1,2	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,6	40,2	1,3	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,8	15,075	0,6	Terjadi Likuifaksi
1	40,2	0,9	Terjadi Likuifaksi
1,2	70,35	2,2	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,4	70,35	1,9	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,6	70,35	1,6	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,8	75,375	1,7	Tidak Terjadi Likuifaksi
2	40,2	0,5	Terjadi Likuifaksi
2,2	35,175	0,5	Terjadi Likuifaksi
2,4	20,1	0,4	Terjadi Likuifaksi
2,6	15,075	0,6	Terjadi Likuifaksi
2,8	10,05	0,6	Terjadi Likuifaksi
3	15,075	0,4	Terjadi Likuifaksi
3,2	20,1	0,4	Terjadi Likuifaksi
3,4	35,175	0,4	Terjadi Likuifaksi
3,6	50,25	0,5	Terjadi Likuifaksi
3,8	65,325	0,6	Terjadi Likuifaksi
4	90,45	1,1	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,2	105,525	1,5	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,4	80,4	0,7	Terjadi Likuifaksi
4,6	35,175	0,3	Terjadi Likuifaksi
4,8	25,125	0,3	Terjadi Likuifaksi
5	20,1	0,2	Terjadi Likuifaksi
5,2	20,1	0,2	Terjadi Likuifaksi
5,4	20,1	0,2	Terjadi Likuifaksi
5,6	20,1	0,2	Terjadi Likuifaksi
5,8	20,1	0,2	Terjadi Likuifaksi
6	30,15	0,2	Terjadi Likuifaksi
6,2	35,175	0,3	Terjadi Likuifaksi
6,4	40,2	0,3	Terjadi Likuifaksi
6,6	50,25	0,4	Terjadi Likuifaksi
6,8	60,3	0,4	Terjadi Likuifaksi
7	150,75	2,0	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,2	180,9	3,1	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,4	201	4,0	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,6	201	3,9	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,8	201	3,7	Tidak Terjadi Likuifaksi

Tabel 6 Hasil Perhitungan Potensi Likuifaksi dari data sondir titik 2

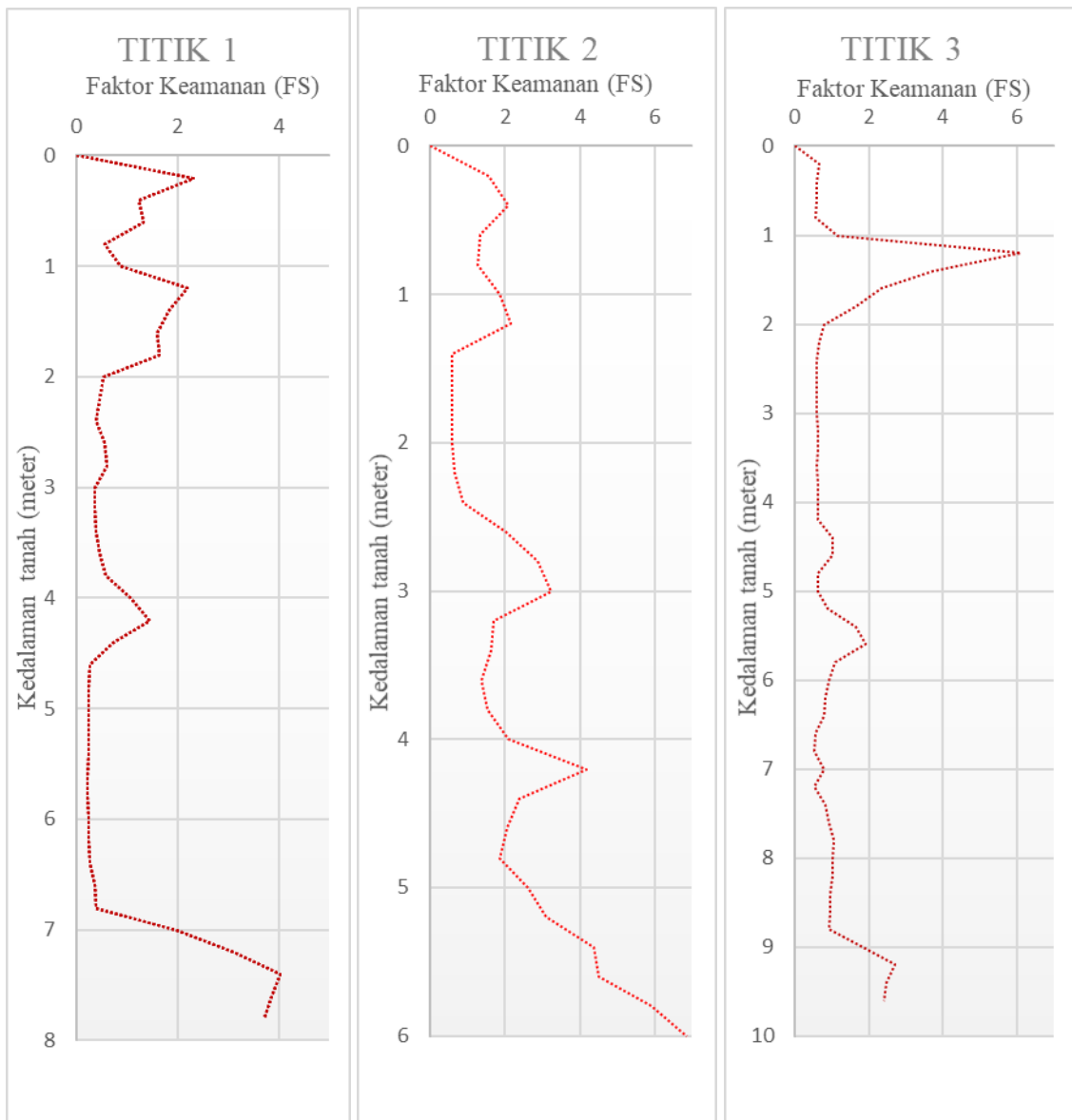
<i>Kedalaman tanah (m)</i>	<i>qc (kg/cm²)</i>	<i>FS</i>	<i>Potensi likuifaksi berdasarkan nilai FS</i>
0	0	0,0	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,2	25,13	1,563	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,4	40,20	2,082	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,6	40,20	1,323	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,8	45,23	1,256	Tidak Terjadi Likuifaksi
1	60,30	1,846	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,2	70,35	2,148	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,4	20,10	0,574	Terjadi Likuifaksi
1,6	20,10	0,574	Terjadi Likuifaksi
1,8	20,10	0,576	Terjadi Likuifaksi
2	20,10	0,579	Terjadi Likuifaksi
2,2	40,20	0,656	Terjadi Likuifaksi
2,4	60,30	0,862	Terjadi Likuifaksi
2,6	100,50	2,010	Tidak Terjadi Likuifaksi
2,8	120,60	2,870	Tidak Terjadi Likuifaksi
3	130,65	3,220	Tidak Terjadi Likuifaksi
3,2	100,50	1,696	Tidak Terjadi Likuifaksi
3,4	100,50	1,629	Tidak Terjadi Likuifaksi
3,6	90,45	1,371	Tidak Terjadi Likuifaksi
3,8	100,50	1,517	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	130,65	2,076	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,2	170,85	4,166	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,4	140,70	2,372	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,6	135,68	2,058	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,8	130,65	1,868	Tidak Terjadi Likuifaksi
5	155,78	2,622	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,2	170,85	3,111	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,4	195,98	4,386	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,6	201,00	4,492	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,8	201,00	5,918	Tidak Terjadi Likuifaksi
6	241,20	6,866	Tidak Terjadi Likuifaksi

Tabel 7 Hasil Perhitungan Potensi Likuifaksi dari data sondir titik 3

<i>Kedalaman tanah (m)</i>	<i>qc (kg/cm²)</i>	<i>FS</i>	<i>Potensi likuifaksi berdasarkan nilai FS</i>
0	0,00	0,0	Tidak Terjadi Likuifaksi
0,2	5,03	0,65	Terjadi Likuifaksi
0,4	10,05	0,59	Terjadi Likuifaksi
0,6	15,08	0,59	Terjadi Likuifaksi
0,8	15,08	0,57	Terjadi Likuifaksi
1	40,20	1,16	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,2	105,53	6,10	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,4	95,48	3,73	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,6	85,43	2,35	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,8	75,38	1,67	Tidak Terjadi Likuifaksi
2	50,25	0,78	Terjadi Likuifaksi
2,2	40,20	0,65	Terjadi Likuifaksi
2,4	30,15	0,59	Terjadi Likuifaksi
2,6	35,18	0,61	Terjadi Likuifaksi
2,8	35,18	0,60	Terjadi Likuifaksi
3	35,18	0,60	Terjadi Likuifaksi
3,2	20,10	0,61	Terjadi Likuifaksi
3,4	20,10	0,62	Terjadi Likuifaksi
3,6	25,13	0,61	Terjadi Likuifaksi
3,8	25,13	0,61	Terjadi Likuifaksi
4	25,13	0,62	Terjadi Likuifaksi
4,2	25,13	0,62	Terjadi Likuifaksi
4,4	25,13	1,01	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,6	25,13	1,02	Tidak Terjadi Likuifaksi
4,8	25,13	0,64	Terjadi Likuifaksi
5	35,18	0,61	Terjadi Likuifaksi
5,2	55,28	0,88	Terjadi Likuifaksi
5,4	80,40	1,65	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,6	110,55	1,92	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,8	95,48	1,10	Tidak Terjadi Likuifaksi
6	80,40	0,93	Terjadi Likuifaksi
6,2	60,30	0,82	Terjadi Likuifaksi
6,4	50,25	0,81	Terjadi Likuifaksi
6,6	45,23	0,55	Terjadi Likuifaksi
6,8	40,20	0,54	Terjadi Likuifaksi
7	50,25	0,78	Terjadi Likuifaksi
7,2	45,23	0,53	Terjadi Likuifaksi
7,4	80,40	0,84	Terjadi Likuifaksi
7,6	95,48	0,93	Terjadi Likuifaksi
7,8	110,55	1,05	Tidak Terjadi Likuifaksi
8	110,55	1,04	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,2	110,55	1,02	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,4	105,53	0,96	Terjadi Likuifaksi
8,6	105,53	0,95	Terjadi Likuifaksi
8,8	105,53	0,93	Terjadi Likuifaksi
9	160,80	1,85	Tidak Terjadi Likuifaksi
9,2	190,95	2,71	Tidak Terjadi Likuifaksi
9,4	201,00	2,49	Tidak Terjadi Likuifaksi
9,6	201,00	2,43	Tidak Terjadi Likuifaksi

Dari Tabel 5, 6 dan 7 di atas, diketahui bahwa masing-masing titik yang dilakukan uji CPT memiliki indeks potensi likuifaksi yang berbeda beda berdasarkan nilai FS nya. Likuifaksi dapat terjadi apabila nilai FS lebih kecil dari 1. Pada titik 1, likuifaksi mulai terjadi pada kedalaman tanah 0,8 sampai 1 meter, kemudian terjadi lagi pada kedalaman 2 sampai 3,8 meter dan 4,4 sampai 6,8 meter.

Pada titik 2, likuifaksi terjadi pada kedalaman 1,4 sampai 2,4 meter. Sedangkan untuk titik 3, likuifaksi terjadi pada kedalaman 0,2 sampai 0,8 meter, kemudian berlanjut pada kedalaman 2 sampai 4,2 meter, kedalaman 4,8 sampai 5,2 meter, kedalaman 6 sampai 7,6 meter dan kedalaman 8,4 sampai 8,8 meter. Hasil perhitungannya juga dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kedalaman tanah dan nilai FS

Kesimpulan

Analisis jenis tanah dan potensi likuifaksi dengan menggunakan data *Cone Penetration Standart* (CPT)/Sondir memberikan hasil bahwa:

- a. Jenis-jenis tanah pada lokasi pengambilan data CPT yang dianalisis tersebut merupakan tanah dengan jenis tanah pasir, pasir berlanau, lanau berpasir dan pasir berkerikil. Data tersebut juga menunjukkan bahwa lapisan tanah yang berpotensi terjadinya likuifaksi adalah lapisan tanah dengan jenis tanah lanau berpasir dan pasir berlanau.
- b. Perhitungan faktor keamanan (FS) dari data sondir/CPT ini yang memberikan berbagai nilai FS pada lapisan-lapisan yang bervariasi menunjukkan bahwa lapisan tanah pada lokasi penelitian ini berpotensi mengalami likuifaksi.

Saran

1. Sebaiknya dilakukan juga pengeboran menggunakan mesin, untuk mendapatkan sampel tanah di lokasi yang dapat diuji di laboratorium untuk mendapatkan data karakteristik tanah yang lebih akurat dengan kedalaman tanah yang lebih dalam.
2. Pengambilan data untuk CPT/Sondir akan lebih baik jika dilakukan di banyak lokasi agar diketahui hasil lebih mendetail bahkan dapat dipetakan.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan data-data tambahan misalnya data SPT, Geolistrik dan Swedish Weight Sounding.

DAFTAR PUSTAKA

- Mayne, P.W. (2014). Interpretation of Geotechnical Parameters from Seismic Piezocone Tests. Geogia Institute of Technology. Atlanta
- Mayne, P.W. (2016). Evaluating effective stress parameters and undrained shear strength of soft-firm clays from CPT and DMT. Geogia Institute of Technology, Atlanta.
- Prakash, M. 1981. *Soil Dynamics*. McGraw-Hill: New York
- Robertson, P. K and Campanella, R.G (1986). "Estimating Liquefaction Potential of Sands Using the Falt Dilatometer". Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 9, No.1, pp.38-40
- Robertson, P.K (2009). "Performance Based Earthquake Design Using CPT", Proceedings of The International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering (IS-Tokyo 2009, 15-18 June 2009)
- Soebowo, E., Tohari, A., Sarah, D., (2009), "Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Berdasarkan Data CPT dan N-SPT Di Daerah Patalan Bantul, Yogyakarta". Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Jilid 19 No.2, 85-97
- Seed, H.B. and Idriss, I.M., 1971. "Simplified Procedure for Evaluation Soil Liquefaction Potential", Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol.107. No.SM9, pp. 1249 – 1274.
- Youd, T. L. and Idriss, I. M. (1997). "Proc., NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, National Center for Earthquake Engineering Res., State University of New York at Buffalo.
- Youd, T. L. and Idriss, I. M. (2001). "Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils", J. Geotechnical and Geoenvironmental Engg., ASCE, April 2001, pp. 297-313.