

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Usman Musa Sjahrain¹⁾

Steeva G. Rondonuwu²⁾, Herawaty Riogilang²⁾

¹⁾ Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Manado

²⁾ Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

email: usmansjahrain69@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu potensi bahaya utama di Indonesia adalah potensi bencana yaitu tanah longsor atau pergerakan tanah dan peningkatan tegangan geser pada tanah dapat diakibatkan dari hilangnya dukungan arah lateral dan vertikal, Penurunan kuat geser dalam tanah yaitu meningkatnya kadar air dan diintegrasikan fisis dari batuan. Keruntuhan geser tanah bukan disebabkan hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut, Mohr menjelaskan bahwa keruntuhan sebagai akibat dari kombinasi kritis antara tegangan normal dan tegangan geser dan hanya akibat tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum. Likuifaksi didefinisikan sebagai transformasi material dari bentuk padat menjadi cair sebagai akibat dari naiknya tekanan air pori dan kehilangan tegangan efektif. Naiknya tekanan air pori ini disebabkan oleh kecenderungan dari material berbutir untuk menjadi padat, Kondisi tanah yang berpotensi terjadinya likuifaksi adalah tanah yang memiliki permukaan air tanah dekat dengan permukaan tanah. Lapisan tanah yang tak jenuh air diatas permukaan air tanah tidak akan terlikuifaksi. Parameter sampel tanah lempung padat jenuh air dengan hasil pengujian saringan yaitu: kadar Air = 14.70 %, berat isi tanah basah = 1.31 gram / cm³, berat isi tanah kering = 1.14 gram / cm³, berat jenis tanah = 2.78, angka pori = 7,23, kepadatan relatif = 50.00 % dan bergradasi dengan nilai perhitungan $C_u = 6$ bergradasi baik dan harga koefisien gradasi atau kelengkungan $C_c = 1,31$ tanah tersebut tidak berpotensi likuifaksi. Analisis potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung. Tidak berpotensi likuifaksi dari hasil pengujian Standart Penetration Test (SPT) dengan angka faktor keamanan menunjukkan hasil sumber USGS pada seluruh kedalaman 2 m – 30 m, dengan besaran magnitude (M) yang diwakili oleh 6 SR, di dapat $FS = 6,41 > 1$ (tidak terjadi Likuifaksi). Selanjutnya hasil sumber PUSKIM pada seluruh kedalaman 2 m – 30 m, dengan besaran magnitude (M) yang diwakili oleh 6 SR, di dapat $FS = 2,40 > 1$ (tidak terjadi Likuifaksi).

Kata kunci: Likuifaksi, kuat geser, tanah, lempung, keruntuhan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia adalah wilayah dengan zona bencana yaitu tanah longsor, potensi bencana letusan gunung api, potensi bencana tsunami, potensi bencana banjir, potensi likuifaksi dan lain-lain. Dari indikator ini dapat disimpulkan bahwa Indonesia memiliki potensi bahaya utama (main hazard potency) yang tinggi. Hal ini tentunya sangat tidak menguntungkan bagi negara Indonesia. Di samping tingginya potensi bahaya utama, Indonesia juga memiliki potensi bahaya ikutan (collateral hazard potency) yang sangat tinggi.

Hal ini dapat dilihat dari beberapa indikator misalnya likuifaksi persentase bangunan yang terbuat dari kayu, kepadatan bangunan dan kepadatan industri berbahaya. Untuk terjadinya longsor / pergerakan tanah akan semakin besar dan peningkatan tegangan geser pada tanah dapat diakibatkan dari hilangnya dukungan arah lateral dan vertikal, seperti erosi sungai, proses pelapukan, penggalian permukaan oleh manusia, dan penambangan. Faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan tegangan geser adalah semakin tinggi nilai tegangan geser.

Menurut Rahardjo (2003) pergerakan tanah terjadi akibat kekuatan geser (tahanan geser) pada tanah lebih kecil dibandingkan

dengan beban (tegangan geser). Adapun faktor yang dapat meningkatkan tegangan geser dan menurunkan kekuatan geser pada lereng. Penyebab meningkatnya tegangan geser dari beban permukaan dan beban lain, seperti pelaksanaan timbunan, terdapat beban bangunan dan konstruksi sipil yang lain, vegetasi, air hujan yang merembes ke dalam tanah atau rekahan, dan tekanan rembesan.

Dalam pekerjaan bangunan konstruksi ada beberapa pengujian diantaranya pengujian triaxial dilakukan untuk mencari parameter nilai kohesi tanah, nilai sudut geser tanah, dan nilai kuat geser tanah sangat berpengaruh terhadap strukturatas bangunan konstuksi karena dalam kaitannya nilai kohesi tanah, nilai. Sudut geser tanah, dan nilai kuat geser tanah merupakan salah satu parameter dalam menentukan kestabilan tanah sehingga semakin tinggi nilai kohesi tanah, nilai sudut geser tanah dan nilai kuat geser suatu tanah maka kondisi tanah tersebut semakin stabil, untuk banyak cara serta usaha untuk menaikkan kondisi tanah melalui parameter pengujian triaxial untuk menjadi stabil.

Penurunan kuat geser dalam tanah yaitu meningkatnya kadar air dan diintegrasikan fisis dari batuan, misalnya pada clayshale. Salah satu dampak yang disebabkan oleh gempa bumi adalah fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa yang disebut dengan likuifaksi. Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi sebuah tanah pasir yang jenuh air menjadi cair, dikarenakan meningkatnya tekanan air pori yang nilainya menjadi sama dengan tekanan total tanah yang timbul akibat beban dinamik sehingga efektif tanah menurun menjadi nol.

Fenomena likuifaksi terjadi ketika lapisan pasir berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menopang beban bangunan didalam atau diatasnya. Peristiwa likuifaksi adalah perilaku tanah dibawah beban siklik yang terjadi akibat beban siklik yang singkat, massa tanah tiba-tiba mengalami transisi dari keadaan padat berubah keadaan cair memiliki konsistensi utama seperti cairan.

Dari uraian–uraian ini beberapa masalah penulis dapat melakukan penelitian yaitu dengan judul “Analisis Potensi Likuifaksi dengan Menggunakan Parameter Kuat Geser Tanah Lempung”

Perumusan Masalah

Mengacu dari apa yang diuraikan diatas dan untuk mempermudah dalam penelitian dan mengkaji masalah ini dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimanakah besar potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung. padat jenuh air dengan pengujian sifat fisis tanah.
2. Bagaimanakah besar potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung dengan pengujian standard penetration test (SPT).

Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah maka dirumuskan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui besar potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung. padat jenuh air dengan pengujian sifat fisis tanah.
2. Mengetahui besar potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung dengan pengujian standard penetration test (SPT).

Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Bahan referensi pada keilmuan Teknik Sipil khususnya terkait peluang likuifaksi untuk melaksanakan penelitian sejenis pada wilayah berpotensi likuifaksi.
2. Sebagai acuan formasi penting kepada Institusi dan pemerintah daerah tentang konstruksi bangunan yang ada di wilayah berpotensi likuifaksi.
3. Sebagai sumber informasi kepada masyarakat tentang peluang bahaya likuifaksi yang terdapat pada wilayah

berpotensi likuifaksi dan sekitarnya memicu bahaya.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah dalam pengertian teknik secara umum dapat diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral - mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lainnya dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil dari pelapukan batuan.

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan relatif lepas (loose) yang terletak di atas batuan dasar (bedrock). Ikatan antar butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel yang berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah yang terjadi secara fisik maupun kimia (Hardiyatmo, 2002). Ukuran dari partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah pada umumnya dapat disebut sebagai kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (clay) tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das, 1995).

Setiap jenis tanah memiliki karakteristik dan sifat yang berbeda-beda. Untuk memberikan informasi karakteristik dan sifat tanah diperlukan sistem klasifikasi dengan mengelompokkan sesuai dengan perilaku tanah tersebut. Sistem klasifikasi tanah bertujuan agar penggunaan tanah dapat dikelola dengan baik dan sesuai potensi yang ada. Sebutan semacam pasir, kerikil, lempung, dan lanau dipakai untuk pembedaan jenis tanah pada teknik sipil. Dalam kondisi alam, struktur tanah bisa tersusun atas beberapa campuran jenis

tanah serta terkadang pula mengandung bahan organik. Nama tambahan di belakang material unsur utamanya itu ialah material campurannya. Contohnya seperti pasir yang mengandung lempung disebut dengan pasir berlempung, material utamanya ialah pasir; lempung yang di dalamnya terkandung lanau disebut dengan lempung berlanau, material utamanya ialah lempung dan lainnya.

Parameter Kuat Geser Tanah

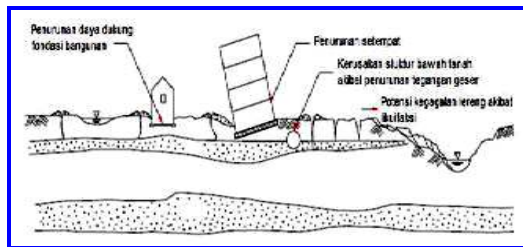
Parameter kuat geser tanah yang menentukan runtuh tidaknya adalah kekuatan gesernya keruntuhan geser dalam tanah adalah akibat gerak relatif antara butirnya sendiri hancur. Oleh karena itu, kekuatan tanah bergantung pada gaya-gaya yang berlaku antara butirnya. Menurut Wesley (2017) untuk mengukur kuat geser tanah menggunakan uji triaksial dengan sampel yang dipasang didalamnya diperlihatkan sampel tanah yang dipakai dalam hal ini berbentuk silinder kecil dengan panjang dua kali diameternya.

Potensi Likuifaksi

Likuifaksi didefinisikan sebagai transformasi material granular dari bentuk solid menjadi cair sebagai akibat dari naiknya tekanan air pori dan kehilangan tegangan efektif. Naiknya tekanan air pori ini disebabkan oleh kecenderungan dari material berbutir untuk menjadi padat akibat cyclic shear deformations. Perubahan dalam bentuk ini secara umum dapat dengan mudah terjadi pada tanah granular dengan tipe pengaliran yang buruk pada kepadatan lepas sampai sedang seperti pasir kelanauan atau pasir dan kerikil yang tersusun atas impermeable sedimen. Berkurangnya volume lapisan tanah pada saat likuifaksi terjadi dapat memperbesar cyclic deformation yang terjadi.

Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran. Getaran yang dimaksud dapat berupa getaran yang berasal dari gempa bumi maupun yang berasal dari pembebanan cepat lainnya. Ketika mengalami getaran tersebut sifat lapisan tanah berubah menjadi seperti cairan sehingga tak

mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya. Likuifaksi biasanya terjadi pada tanah yang jenuh air, dimana seluruh rongga-rongga dari tanah tersebut dipenuhi oleh air. Pada saat mengalami getaran, air pori memberikan suatu tekanan di partikel-partikel tanah sehingga mempengaruhi kepadatan dari tanah tersebut. Sebelum terjadinya gempa bumi, tekanan air pada suatu tanah relatif rendah. Namun setelah menerima getaran, tekanan air dalam tanah meningkat, sehingga dapat menggerakkan partikel-partikel tanah dengan mudah. Setelah digerakkan oleh air, maka partikel tanah tidak memiliki lagi kekuatan atau daya dukung, sehingga daya dukung tanah sepenuhnya berasal dari tegangan air pori.



Gambar 1. Ilustrasi Efek Likuifaksi

Likuifaksi adalah suatu kejadian dimana tanah terjadi kehilangan kekuatan geser karena meningkatnya tegangan air pori sebagai akibat terjadinya beban siklik (beban gempa) yang sangat cepat dan dalam waktu sesaat (Idriss dan Boulanger, 2008).

Likuifaksi adalah fenomena pada masa tanah yang kehilangan sebagian besar tahanan geser ketika mengalami pembebanan monotonik, siklik, mendadak dan mengalir menjadi cair sehingga tegangan geser padamas tanah menjadi rendah seperti halnya tahanan geser. Likuifaksi adalah suatu kejadian sebagai berikut:

1. Masa tanah tiba-tiba kehilangan sebagian besar resistensi geser ketika mengalami guncangan.
2. Dampaknya masa mengalami rengangan geser yang sangat besar, dan mengalir dengan cara menyerupai cairan,

3. Aliran akan berlangsung terus menerus sampai tegangan geser serendah atau lebih.

Likuifaksi merupakan proses perubahan kondisi tanah pasiran yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya tekanan air pori (pore water pressure) yang disebabkan oleh beban dinamik misalnya beban gempa (cyclic), sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol, akibatnya kekuatan tanah pada kondisi ini menurun sehingga dapat menyebabkan kegagalan dalam mendukung bangunan di atasnya. Akibat beban gempa, maka hal ini jika terjadi pada tanah pasiran yang mempunyai kepadatan lepas dan kondisi jenuh, sehingga dengan mudah terjadi peningkatan tekanan air pori dalam rongga tanah pasir yang tidak padat serta terjadi perubahan kondisi dari fase padat menjadi fase cair dan dapat menyembur air keatas.

Kepadatan tanah pasir sangat berpengaruh pada peristiwa likuifaksi, maka pada penelitian akan dibuat beberapa kondisi kepadatan tanah pasir dimana kepadatan tanah ini berpengaruh terhadap angka pori (e) dan merupakan ratio antara volume padat dan volume void dari properties tanah pasir tersebut. Kemudian, jika lapisan tanah tersebut merupakan material lepas, maka perubahan ini akan disertai dengan hilangnya kekuatan geser tanah, yang dapat memicu terjadinya shear deformation

Cyclic mobility dan cyclic liquefaction dapat berkembang mengikuti likuifaksi yang terjadi pada material berbutir dengan tingkat kepadatan sedang. Pada kemiringan terlemah hingga tanah yang datar, likuifaksi dapat menyebabkan osilasi atau lateral spreads sebagai akibat dari cyclic mobility yang terjadi. Tanah dengan kepadatan lepas akan padat selama likuifaksi dan rekonsolidasi, yang mengawali terjadinya penurunan tanah.

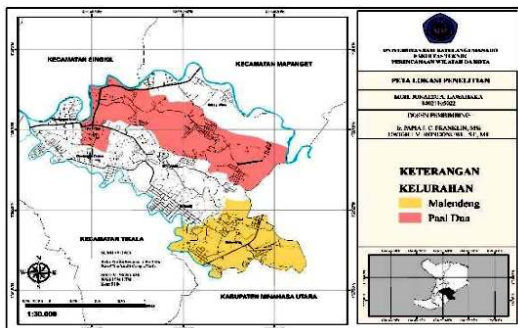
Beberapa dampak yang disebabkan oleh gempa bumi tektonik yaitu adalah likuifaksi dan tsunami. Likuifaksi adalah peristiwa hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat dari peristiwa gempa bumi, Peristiwa likuifaksi terjadi ketika lapisan pasir berubah menjadi seperti cairan sehingga tidak mampu menahan beban bangunan di dalam atau di atasnya.

Tsunami adalah serangkaian peristiwa bersamaan antara gelombang dan ombak laut sehingga menimbulkan pergeseran lempeng di dasar laut sebagai bentuk akibat dari gempa bumi. Sedangkan peristiwa tsunami terjadi apabila telah terjadi gempa bumi dengan berpusat di tengah laut dan kedalaman yang dangkal (0-30 km), gempa bumi dengan kekuatan sekurang-kurangnya 6,5 Skala Richter, serta gempa bumi dengan pola sesar naik atau sesar turun.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan dalam penelitian ini di Wilayah Kelurahan Malendeng Kecamatan Paal Dua Kota Manado. Luas wilayah Kecamatan Paal Dua sebesar 8,02 km² atau 5.1 %.



Gambar 2. Peta Kelurahan Malendeng
Sumber: BPS Kota Manado, 2019

Kecamatan Paal Dua memiliki 7 kelurahan di dalamnya, diantaranya yaitu kelurahan Malendeng yang berada pada posisi geografis 1°27'30"-1°30'0" Lintang Utara dan 124°51'30"-124°54'0" Bujur Timur. di antaranya Kelurahan Malendeng luas wilayah sebesar 1,65 km² atau 20,6 % (Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2019)

Pengumpulan Sampel Tanah Lempung

1. Pengumpulan Sampel Tanah Lempung Data Primer

Pengumpulan sampel tanah lempung data primer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pengumpulan sampel tanah lempung. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti, baik dari objek individual (responden) maupun dari suatu Instansi yang mengolah data (Supangat Andi, 2010). Dalam penelitian ini pengumpulan data primer digunakan untuk keperluan pengujian sifat fisis tanah dan pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) melalui pengujian laboratorium.

2. Pengumpulan Sampel Tanah Lempung Data Sekunder

Pengumpulan sampel tanah lempung data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan sampel tanah lempung data sejarah terjadinya gempa di Sulawesi Utara. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung untuk mendapatkan informasi (keterangan) dari objek yang diteliti (Supangat Andi, 2010). Data sekunder sebagai mendukung penelitian ini yaitu lewat *website* resmi USGS (United States Geological Survey). Serta data gempa mencakup percepatan tanah maksimum (PGA) yang didapatkan lewat laman Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman (puskim. 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Potensi Likuifaksi

Mencari peluang Likuifaksi didasarkan atas informasi *Standart Penetration Test* (SPT). Berikut informasi data yang digunakan:

- a. Magnitudo Gempa : 6 SR
- b. Percepatan gravitasi (g) : 9,81 m/s²
- c. Percepatan Gempa (amax) (USGS) : 0,2 g
- d. Percepatan Gempa (amax) (PUSKIM) : 0,476 g
- e. Kedalaman : 18 m
- f. Muka Air Tanah : 6 m
- g. Berat Volume Air (γ_{sat}) : 21,94 kN/m³
- h. Berat volume tanah jenuh : 22,92 kN/m³
- i. Berat volume tanah kering (γ_d) : 11,4 kN/m³

Dari data pada Tabel 4.8, a_{max} dapat dihitung:

$$a_{max} = PGA_M = 0.456 \times 1.04 = 0.476 \text{ g}$$

dengan

a_{max} = Nilai percepatan gempa dihitung dengan

rumus fungsi atenuase

Depth = Kedalaman fokus gempa

(h)

Mag = Magnitude gempa

(Mw)

r_o = Jarak lokasi dengan episenter

(Km)

$$r = \sqrt{r_o^2 + 8^2}$$

Perhitungan Tegangan Total (σ_v)

Tegangan total di hitung dengan rumus :

Untuk kondisi $H < hw$: $\sigma_v = H \cdot \gamma_{moist}$

Untuk kondisi $H > hw$:

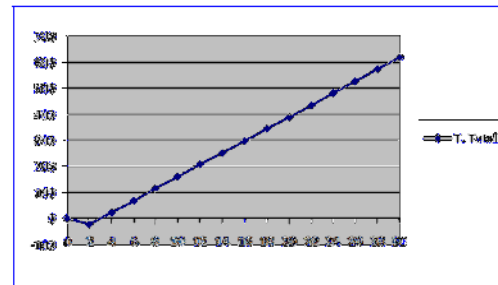
$$\sigma_v = hw \cdot \gamma_{moist} + (H_{soil} - hw) \cdot \gamma_{moist}$$

Pada lokasi penelitian, $H > hw$, jadi menggunakan rumus yang sesuai.

Resume perhitungan untuk masing-masing kedalaman, diperlihatkan pada Tabel 1. dan digambarkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Perhitungan Nilai Tegangan Total

Kedalaman (m)	Teg. Total (σ) (kN/m ²)
2	-23,28
4	22,56
6	68,40
8	114,24
10	160,08
12	205,92
14	251,76
16	297,60
18	343,44
20	389,28
22	435,12
24	480,96
26	526,80
28	572,64
30	618,48



Gambar 3. Perhitungan Nilai Tegangan Total

Tabel 2. Kejadian Gempa (USGS) dan Percepatan Gempa Dalam Tanah

Tanggal	Waktu	Kedalaman (m)	Magnitudo (Mw)	r_o (Km)	r	R	a_{max}
19/12/2018	11:25:09	66	5,63	73	73,43	98,73	0,036
11/12/2018	11:23:24	46	5,64	78	78,40	90,89	0,033
23/04/2018	04:05:15	42	5,88	109	109,29	117,08	0,022
15/03/2018	04:28:48	56	5,63	65	65,5	86,17	0,042
15/01/2018	06:31:50	238	5,73	35	35,9	240,70	0,010
06/01/2018	15:39:43	76	5,63	65	65,5	100,33	0,042
22/11/2017	01:11:21	89	5,81	29	30,08	93,94	0,120
25/09/2017	22:07:03	220	5,63	7	10,63	220,25	0,371
24/04/2017	06:13:49	39	5,81	127	127,25	133,09	0,016
13/01/2017	16:39:25	42	5,94	17	18,78	25,331	0,235
29/11/2016	03:53:53	40	5,75	173	173,18	177,73	0,008
29/07/2016	08:29:26	142	5,88	39	39,81	147,47	0,094
30/06/2016	11:43:11	253	5,63	42	42,75	256,58	0,075
09/10/2015	16:28:25	96	5,68	46	46,7	106,75	0,070
02/10/2015	15:51:53	110	5,69	11	13,6	110,83	0,030
13/09/2015	01:13:14	143	5,78	45	45,7	150,12	0,075
12/09/2015	09:49:27	59	5,63	59	59,53	83,81	0,048
23/03/2015	15:48:03	53	5,75	54	54,8	76,07	0,058
02/03/2015	01:40:52	71	5,63	77	77,41	105,03	0,033
01/03/2015	03:32:48	62	5,88	67	67,47	96,63	0,046

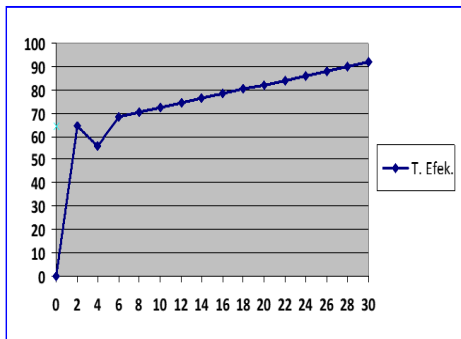
Sumber: PUSKIM, 2018

Perhitungan Tegangan Efektif

Hasil perhitungan Tegangan efektif diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Nilai Tegangan Efektif

Kedalaman (m)	Teg. Efektif (σ') (kN/m ²)
2	64,48
4	56,00
6	68,40
8	70,36
10	72,32
12	74,28
14	76,24
16	78,20
18	80,16
20	82,12
22	84,08
24	86,04
26	88,00
28	89,96
30	91,92



Gambar 4. Perhitungan Nilai Tegangan Efektif

Dari tabel perhitungan Tegangan total dan Tabel Perhitungan Tegangan Efektif dapat dilihat bahwa, kian dalamnya jadi nilai dari

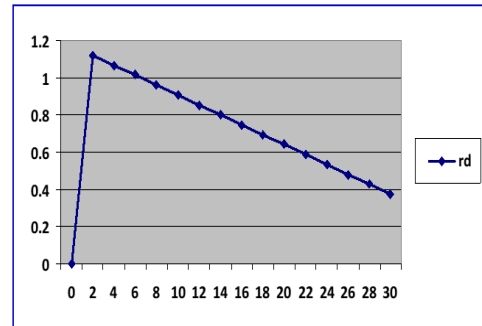
tegangan total dan tegangan efektif akan kian besar pula nilainya.

Perhitungan Nilai Faktor Reduksi (rd)

Hasil perhitungan nilai factor reduksi (rd) untuk setiap kedalaman diperlihatkan pada Tabel 4. Sesuai rumus dari Liao dan Whiteman (1986).

Tabel 4. Perhitungan Nilai Faktor Reduksi (rd)

Kedalaman (m)	rd
2	1,121
4	1,067
6	1,014
8	0,960
10	0,907
12	0,854
14	0,800
16	0,747
18	0,693
20	0,640
22	0,587
24	0,533
26	0,480
28	0,426
30	0,373



Gambar 5. Perhitungan Nilai Faktor Reduksi

Tabel 5. Korelasi antara Nilai N – SPT dengan Nilai Parameter Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Koreksi N- SPT				N ₆₀	γ_{sat} kN/m ³	Γ_w kN/m ³
		E _H	C _B	C _S	C _R			
2	2	0,60	1,00	1,00	0,85	1,70	17,06	16,08
4	3	0,60	1,00	1,00	0,85	2,55	17,18	16,20
6	20	0,60	1,00	1,00	0,85	17,00	19,35	18,37
8	38	0,60	1,00	1,00	0,85	32,30	21,64	20,66
10	36	0,60	1,00	1,00	0,85	30,60	21,39	20,41
12	35	0,60	1,00	1,00	0,85	29,75	21,26	20,28
14	42	0,60	1,00	1,00	0,85	35,70	22,15	21,17
16	39	0,60	1,00	1,00	0,85	33,15	21,77	20,79
18	46	0,60	1,00	1,00	0,85	39,10	22,66	21,68
20	48	0,60	1,00	1,00	0,85	40,80	22,92	21,94
22	51	0,60	1,00	1,00	0,85	43,35	23,31	22,33
24	45	0,60	1,00	1,00	0,85	38,25	22,53	21,55
26	52	0,60	1,00	1,00	0,85	44,20	23,42	22,44
28	54	0,60	1,00	1,00	0,85	49,90	23,68	22,70
30	60	0,60	1,00	1,00	0,85	51,00	24,45	23,47

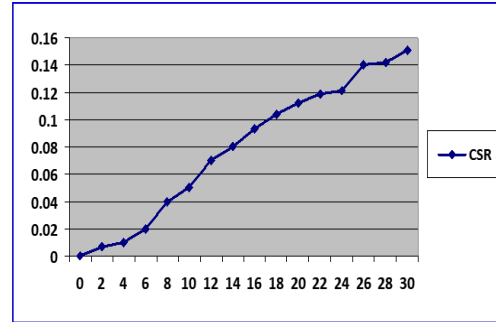
Sumber: Puskim, 2018

Perhitungan Nilai CSR Sumber USGS

Hasil perhitungan nilai CSR Sumber USGS untuk setiap kedalaman diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Nilai CSR Sumber USGS

Kedalaman (m)	CSR USGS
2	0,457
4	0,649
6	0,573
8	0,619
10	0,660
12	0,643
14	0,631
16	0,626
18	0,623
20	0,608
22	0,601
24	0,632
26	0,591
28	0,631
30	0,640



Gambar 8. Perhitungan Nilai CSR Sumber PUSKIM

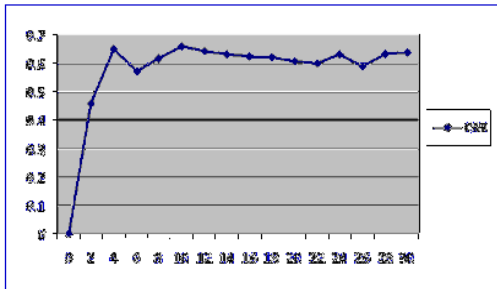
Perhitungan Nilai CRR

Hasil perhitungan nilai CRR untuk setiap kedalaman diperlihatkan pada Tabel 8.

Berdasarkan rumus dari Seed dan Idriss didapatkan nilai

Tabel 8. Perhitungan Nilai $(N_1)_{60}$

Kedalaman (m)	$(N_1)_{60}$
2	1,936
4	2,904
6	19,363
8	36,790
10	34,853
12	33,885
14	40,662
16	37,758
18	44,535
20	46,471
22	49,376
24	43,567
26	50,344
28	52,280
30	58,089



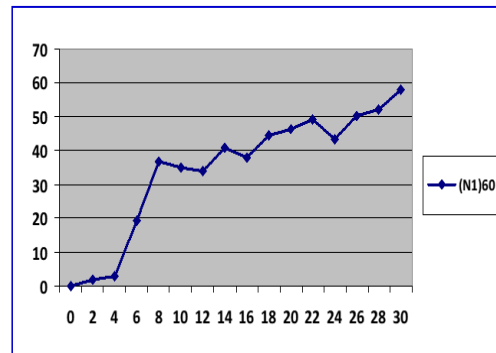
Gambar 7. Perhitungan Nilai CSR Sumber USGS

Perhitungan Nilai CSR Sumber PUSKIM

Nilai CSR dengan amax sumber dari PUSKIM = 0,476 g. Pada perhitungan Nilai CSR menggunakan persamaan dari Seed dan Idriss.

Tabel 7. Perhitungan Nilai CSR sumber PUSKIM

Kedalaman (m)	CSR PUSKIM
2	0,007
4	0,010
6	0,020
8	0,040
10	0,050
12	0,070
14	0,080
16	0,093
18	0,104
20	0,112
22	0,119
24	0,121
26	0,140
28	0,142
30	0,151

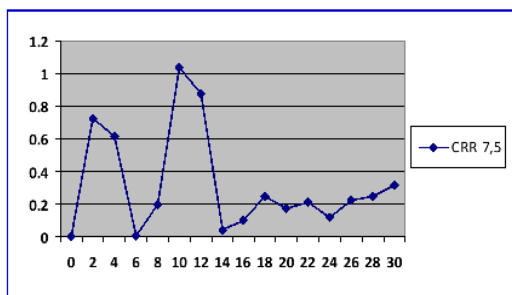


Gambar 9. Grafik Perhitungan Nilai $(N_1)_{60}$

Diperlukan faktor koreksi yang bisa memberikan pengaruh faktor koreksi pada tanah

Tabel 9. Perhitungan $CRR_{7,5}$

Kedalaman (m)	$(CRR)_{7,5}$
2	0,726
4	0,617
6	0,007
8	0,202
10	1,036
12	0,874
14	0,045
16	0,100
18	0,250
20	0,171
22	0,213
24	0,119
26	0,226
28	0,249
30	0,314



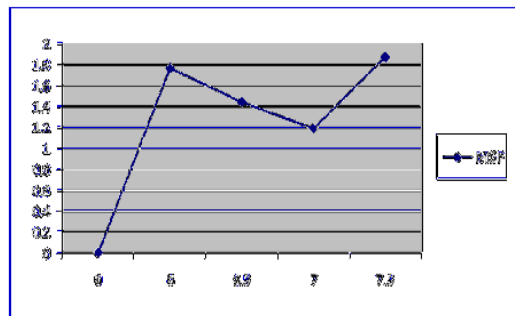
Gambar 10. Grafik Perhitungan $CRR_{7,5}$

Perhitungan Nilai *Magnitude Scalling Factors* (MSF)

Dengan menggunakan persamaan Seed dan Idriss, diperoleh:

Tabel 10. Perhitungan Nilai MSF

M	MSF
6,0	1,769
6,5	1,441
7,0	1,192
7,5	1,875



Gambar 11. Grafik Perhitungan Nilai MSF

Perhitungan Faktor Keamanan (FS)

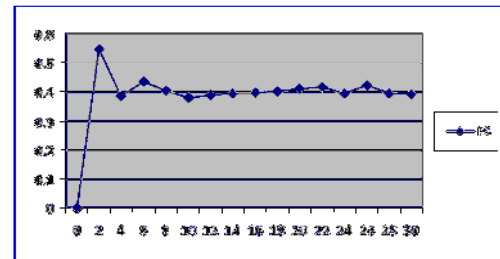
Faktor keamanan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$FS = CRR / CSR$$

Jika hasil yang didapat $FS > 1$ maka tidak terjadi Likuifaksi.

Tabel 11. Perhitungan Faktor Keamanan Sumber Gempa (USGS)

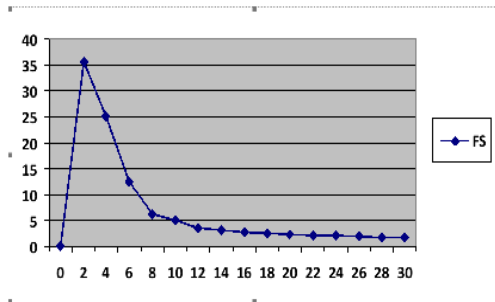
Kedalaman (m)	FS (USGS)
2	0,547
4	0,385
6	0,436
8	0,404
10	0,379
12	0,389
14	0,396
16	0,399
18	0,401
20	0,411
22	0,416
24	0,396
26	0,423
28	0,396
30	0,391



Gambar 12. Grafik Perhitungan Faktor Keamanan Sumber Gempa (USGS)

Tabel 12. Perhitungan Faktor Keamanan Sumber Gempa (PUSKIM)

Kedalaman (m)	FS (PUSKIM)
2	35,714
4	25,000
6	12,500
8	6,250
10	5,000
12	3,571
14	3,125
16	2,688
18	2,404
20	2,232
22	2,101
24	2,066
26	1,786
28	1,761
30	1,656



Gambar 13. Grafik Perhitungan Faktor Keamanan Sumber Gempa (PUSKIM)

PENUTUP

Kesimpulan

1. Parameter sampel tanah lempung padat jenuh air dengan hasil pengujian saringan yaitu kadar Air = 14.70%, berat isi tanah basah 1.31 gram/cm³, berat isi tanah kering = 1.14 gram/cm³, berat jenis tanah = 2.78, angka pori = 7,23, kepadatan relatif = 50.00 % dan bergradasi dengan nilai perhitungan $C_u = 6$ bergradasi baik. dan harga koefisien gradasi / kelengkungan $C_c = 1,31$. tanah tidak berpotensi likuifaksi.
2. Potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung .tidak berpotensi likuifaksi dari hasil pengujian

Standart Penetration Test (SPT) dengan angka faktor keamanan menunjukkan hasil sumber USGS pada seluruh kedalaman 2 m – 30 m, dengan besaran magnitudo (M) yang diwakili oleh 6 SR, di dapat $FS = 6,41 > 1$ (tidak terjadi Likuifaksi). Selanjutnya hasil sumber PUSKIM pada seluruh kedalaman 2 m – 30 m, dengan besaran magnitudo (M) yang diwakili oleh 6 SR, di dapat $FS = 2,40 > 1$ (tidak terjadi Likuifaksi).

Saran

1. Perlu dibuat penelitian laboratorium dengan pengujian parameter sampel tanah lempung jenuh air bergradasi dengan nilai perhitungan $C_u = 6$ bergradasi baik. dan harga koefisien gradasi / kelengkungan $C_c = 1,31$. tanah tidak berpotensi likuifaksi. Potensi likuifaksi dengan menggunakan parameter kuat geser tanah lempung .tidak berpotensi likuifaksi dari hasil perhitungan sifat fisis tanah dengan Batas Cair (LL) *Plasticity Index* (PI) dengan demikian tanah tersebut tidak berpotensi likuifaksi. Selanjutnya hasil pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) dengan sumber USGS dan PUSKIM menunjukkan hasil tidak terjadi likuifaksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Boulanger, R., dan Idriss. 2006. *Liquefaction Susceptibility Criteria for Silt and Clays*. ASCE 1090-0241-2006-132: 11 -1413.
- Das, B. M., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2010. *Mekanika Tanah I*, Edisi Ke V., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Rahardjo, H., Hritzuk, K. J., Leong, E. C., & Rezaur, R. B. 2003. Effectiveness of horizontal drains for slope stability, *Engineering Geology*,69(3), 295-308.
- Supangat Andi, 2010. *Statistika dalam Kajian Deskriptif, Inferensi dan Nonparametrik*, Prenada Media Group, Cet ke 3. Jakarta.
- Wesley L. D. 2017. *Mekanika Tanah*, CV Andi Offset, Yogyakarta.