

Penggunaan Data SPT dalam Penentuan Potensi Likuifaksi di Kota Solok

Atikah Harliz^{1*}, Dyah Pratiwi Kusumastuti²

^{1,2}Program Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN, Jakarta Barat, Indonesia

*e-mail koresponden: kkhliz.24@gmail.com

Abstrak

Wilayah Provinsi Sumatera Barat yang berada dipertemuan 2 lempeng tektonik serta 2 patahan menyebabkan wilayah tersebut rawan terjadi gempa bumi. Salah satu kota yang pernah mengalami gempa bumi adalah Kota Solok. Salah satu dampak dari gempa bumi adalah peristiwa likuifaksi yaitu hilangnya kekuatan lapisan tanah pasir akibat peningkatan tekanan air pori. Sehingga dalam perencanaan konstruksi di Kota Solok perlu meninjau potensi likuifaksi agar dapat mengurangi kerusakan Konstruksi maupun mencegah terjadinya likuifaksi. Untuk mengetahui potensi likuifaksi yang dinyatakan dengan nilai faktor keamanan dapat dianalisis menggunakan data hasil uji penetrasi standar yaitu N-SPT. Faktor keamanan yang digunakan pada penelitian ini pada probabilitas 500 tahun dan 2500 tahun. Hasil analisis faktor keamanan yang diperoleh terlihat bahwa pada setiap kedalaman lapisan tanah yang ditinjau memiliki nilai < 1 sehingga potensi terjadinya likuifaksi cukup tinggi. Faktor keamanan terendah didapat pada kedalaman 4 – 6 m untuk probabilitas 500 tahun dan 6 -7 m untuk probabilitas 2500 tahun yang berkisar antara 0,12 – 0,16.

Kata kunci: N-SPT; Likuifaksi; Kota Solok

Abstract

The area of West Sumatra which is at the confluence of 2 tectonic plates and 2 faults makes the area prone to earthquakes. One of the cities that has experienced an earthquake is Solok. One of the impacts of earthquakes is liquefaction events, namely the loss of strength of the sand layer due to increased pore water pressure. So that in planning construction in Solok it is necessary to review the potential for liquefaction in order to reduce construction damage and prevent liquefaction. To find out the potential for liquefaction as expressed by the value of the safety factor, it can be analyzed using standard penetration test data, namely N-SPT. The safety factor used in this study is the probability of 500 years and 2500 years. The results of the analysis of the safety factor obtained show that at each depth of the soil layer under review it has a value of < 1 so that the potential for liquefaction is quite high. The lowest safety factor is obtained at a depth of 4 – 6 m for a 500 year probability and 6 -7 m for a 2500 year probability which ranges from 0,12 – 0,16.

Keywords: N-SPT, Liquefaction, Solok

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak diantara Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Eurasia yang menyebabkan sebagian wilayah Indonesia rawan akan terjadinya gempa (1). Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang dapat menyebabkan kerusakan, khususnya pada struktur bangunan maupun kerusakan fisik tanah seperti penurunan, kelongsoran tanah dan batuan maupun likuifaksi (2). Likuifaksi terjadi ketika getaran pada saat gempa bumi menyebabkan lapisan tanah pasir lepas kehilangannya akibat peningkatan tekanan air pori (1)(3). Potensi terjadinya likuifaksi merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan dan pengembangan fasilitas infrastruktur agar tersedia bangunan yang aman di daerah rawan gempa (4).

Salah satu wilayah di Indonesia yang termasuk dalam daerah rawan gempa adalah wilayah Provinsi Sumatera Barat (5). Hal ini disebabkan karena wilayah Sumatera Barat berada dipertemuan dua lempeng tektonik dan akibat sistem patahan Mentawai serta patahan Sumatera (6). Kota Solok merupakan salah satu kota di wilayah Provinsi Sumatera Barat yang pada tahun 2019 mengalami gempa dengan sumber dari patahan Sumatera berkekuatan M5,6 (5). Secara umum, berdasarkan estimasi karakteristik dinamis tanah Kota Solok berpotensi mengalami kerusakan pada bangunan yang diakibatkan oleh gempa bumi (6). Untuk mengurangi dampak-dampak pasca gempa bumi, maka perlu adanya tindakan mitigasi untuk mengurangi tingkat kerusakan bangunan dan mencegah potensi likuifaksi di Kota Solok dikarenakan beberapa wilayahnya terdapat lapisan atau endapan aluvial (7).

Wilayah Balaikota Solok yang merupakan daerah dengan bangunan-bangunan penting yang berdiri serta merupakan pusat pemerintahan Kota Solok, diketahui terdapat lapisan aluvial yang terdiri dari pasir, lempung dan lanau. Untuk pengembangan wilayah balaikota selanjutnya maka peninjauan terhadap potensi likuifaksi harus segera dilakukan. Pada penelitian ini potensi likuifaksi Kota Solok, khususnya di wilayah Balaikota Solok dilakukan dengan menggunakan data *standart penetration test* (N-SPT). Penggunaan data-data uji di lapangan seperti sondir dan SPT saat ini banyak digunakan dalam penentuan potensi likuifaksi (8), karena data sondir dan SPT cukup mudah didapatkan dan merupakan data dasar yang diperlukan dalam perencanaan konstruksi (9). Data N-SPT akan digunakan dalam penentuan nilai korelasi untuk selanjutnya nilai korelasi akan dibandingkan sehingga didapatkan faktor keamanan terhadap potensi likuifaksi.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian dilakukan dalam 3 tahapan pekerjaan, yaitu :

A. Tahap persiapan

Pada tahap persiapan, hal-hal yang dilakukan adalah penentuan lokasi penelitian dan pengumpulan data-data sekunder yang dibutuhkan dalam tahapan analisis. Lokasi penelitian berada di Kota Solok, tepatnya di kawasan kompleks Balaikota Solok (Gambar 1). Untuk data sekunder yang dibutuhkan dalam proses penelitian adalah:

1. Data kegempaan di Kota Solok, khususnya intensitas dan besarnya kegempaan yang pernah terjadi di Kota Solok.
2. Data penyelidikan tanah, khususnya dari pengujian SPT yang dilakukan di kompleks Balaikota Solok.
3. Peta geologi, untuk mengetahui letak patahan Sumatera yang mejadi sumber kegempaan di wilayah Kota Solok.

Berdasarkan pengumpulan data-data sekunder yang diperoleh dilanjutkan ke tahapan analisis dengan melakukan korelasi parameter.



Gambar 1. Jarak kompleks Balai Kota Solok dengan Sesar Semangko

B. Tahap analisis

Tahapan analisis diawali dengan pemeriksaan jenis tanah berdasarkan hasil uji penetrasi standar. Hasil uji penetrasi standar yaitu nilai N-SPT digunakan untuk menentukan parameter fisik mekanik tanah dan konsistensi tanah dengan metode korelasi. Selain itu berdasarkan hasil uji penetrasi standar dapat ditentukan lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi, seperti pada lapisan tanah pasir yang jenuh (10).

Setelah pemeriksaan jenis tanah, tahapan analisis dilanjutkan dengan menentukan parameter-parameter tanah yang berhubungan dengan kegempaan. Parameter-parameter yang dibutuhkan yaitu: *shear wave velocity* (V_s), Modulus geser maksimum (G_{max}) dan percepatan gempa dipermukaan. Khusus untuk parameter percepatan gempa dipermukaan ditentukan berdasarkan peta percepatan puncak dengan probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun.

Selain data parameter fisik mekanik tanah dan parameter kegempaan, diperlukan juga nilai *cyclic stress ratio* (CSR) yang diperoleh dengan bantuan perangkat lunak berdasarkan data N-SPT dan nilai *cyclic resistant ratio* (CRR) yang dihitung berdasarkan persamaan 1. Parameter-parameter tersebut nantinya digunakan untuk melakukan analisis faktor keamanan (FK) terhadap potensi likuifaksi.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10 + (N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \tag{1}$$

Dimana $CRR_{7.5}$ adalah nilai CRR pada skala gempa 7.5

Untuk menentukan potensi likuifaksi dinyatakan dengan nilai faktor keamanan (FS) yang dihitung dengan persamaan 2 berikut:

$$FS = \left(\frac{CRR_{7.5}}{CSR} \right) \times MSF \times K_\sigma \times K_\alpha \tag{2}$$

C. Tahap pembahasan

Tahapan pembahasan dilakukan setelah seluruh analisis dilakukan. Pada tahapan ini akan menjelaskan potensi likuifaksi berdasarkan nilai faktor keamanan yang didapatkan pada setiap lapisan tanah. Perhitungan faktor keamanan (FS) dilakukan dengan menggunakan probabilitas 500 tahun dan 2500 tahun. Jika nilai $FS \leq 1$, maka diperkirakan akan terjadi likuifaksi sebaliknya jika $FS > 1$, maka likuifaksi diperkirakan tidak terjadi (4).



Gambar 2. Alur Analisis Potensi Likuifaksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Tanah

Kondisi tanah pada penelitian didapat dari hasil penyelidikan tanah di lapangan dengan uji penetrasi standar dan hasil pengujian di laboratorium. Berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan diketahui lapisan tanah didominasi dengan tanah lanau pasiran dan lempung pasiran dengan konsistensi medium sampai sangat kaku, namun juga ditemui lapisan pasir kelanauan pada kedalaman 7 – 14 m dan dan murni pasir pada kedalaman lebih dari 20 m. Selain itu letak

muka air diketahui pada kedalaman kurang lebih 1,50 m sehingga lapisan pasir berada dibawah muka air tanah atau pada kondisi jenuh. Berikut ini profil lapisan tanah penelitian:

Tabel 1. Hasil uji lapangan dan laboratorium

Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)
0 – 6	6	Lempung pasir,	19,37	19,61	19
	9		17,74	19,61	19
	10		18,19	19,61	19
6 – 7	28	Lanau pasir	21,36	17,65	20
7 – 14	23	Pasir lanau	19,42	17,65	20
	37		19,98	17,65	20
	42		20,82	17,65	20
14 – 19	26	Lanau pasir	21,36	20,59	17
	50		22,00	20,59	17
19 – 20	40	Pasir hitam	22,00	20,59	17
20 – 23	42	Pasir hitam	20,82	19,61	18
	54		23,60	19,61	18
23 – 30	57	Pasir abu-abu	23,60	19,61	18
	50		23,60	19,61	18
	59		23,60	19,61	18

Penentuan Percepatan Gempa

Nilai percepatan gempa digunakan dalam perhitungan CSR. Percepatan gempa (a_{max}) ditentukan dengan menggunakan peta percepatan puncak dibatuan dasar. Percepatan gempa yang digunakan untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun dan 2% dalam 50 tahun. Nilai percepatan gempa yang digunakan dalam analisis berturut-turut adalah 0,8g dan 2,0g.

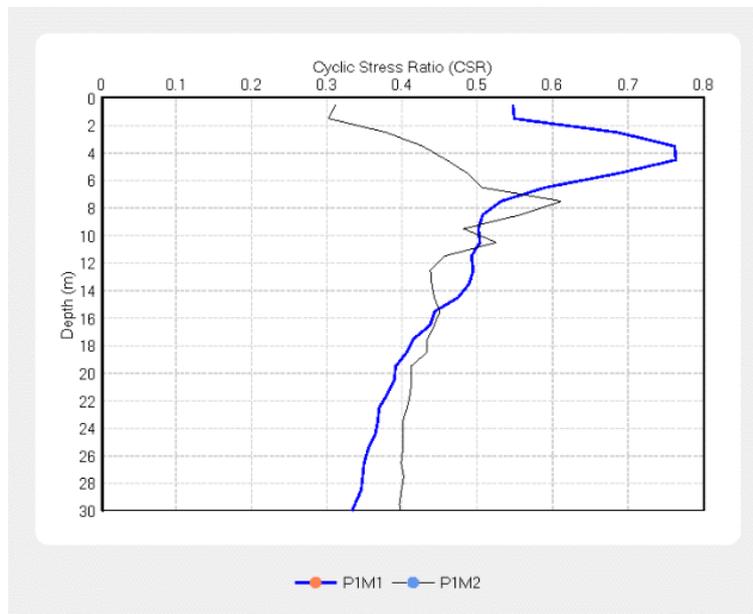
Menghitung Nilai CSR

Perhitungan nilai CSR pada penelitian ini menggunakan aplikasi komputer ProShake 2.0 – Educational Version. Hasil luaran dengan menggunakan aplikasi komputer berupa grafik pada Gambar 3 dan Tabel 2 sebagai berikut dengan dua probabilitas yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 500 tahun dan 2500 tahun. Berdasarkan hasil luaran pada Gambar 3 dan Tabel 2 terlihat bahwa nilai CSR maksimum untuk probabilitas 500 tahun terdapat pada kedalaman 4 m, sedangkan untuk probabilitas 2500 tahun terdapat pada kedalaman 7,5 m.

Selanjutnya nilai CSR akan menurun seiring dengan kedalaman lapisan tanah. Nilai CSR minimum untuk probabilitas 500 tahun sebesar 0,3377 pada kedalaman 30 m dan nilai tersebut lebih kecil dari kedalaman 1 m. Sebaliknya untuk probabilitas 2500 tahun, nilai CSR minimum terdapat pada kedalaman 1 m sebesar 0,3122, sedangkan pada kedalaman 30 m didapat nilai CSR sebesar 0,3965.

Tabel 2. Hasil luaran Proshake 2.0 untuk nilai CSR

Kedalaman (m)	N-SPT	CSR		Kedalaman (m)	N-SPT	CSR	
		500 th	2500 th			500 th	2500 th
1,0	6	0,5473	0,3122	16,0	26	0,4434	0,4504
2,0		0,5492	0,3034	17,0	50	0,4373	0,4434
3,0	9	0,6862	0,3803	18,0		0,4156	0,4333
4,0		0,7621	0,4292	19,0	49	0,4061	0,4325
5,0	10	0,7638	0,4609	20,0		0,3916	0,4139
6,0		0,6852	0,4901	21,0	42	0,3900	0,4126
7,0	28	0,5905	0,5096	22,0		0,3808	0,4107
8,0		0,5314	0,6094	23,0	54	0,3697	0,4050
9,0	23	0,5072	0,5530	24,0		0,3678	0,4014
10,0		0,5017	0,4821	25,0	57	0,3641	0,4006
11,0	37	0,5035	0,5215	26,0		0,3551	0,4015
12,0		0,4922	0,4574	27,0	50	0,3498	0,3991
13,0	42	0,4947	0,4389	28,0		0,3479	0,4026
14,0		0,4894	0,4387	29,0	59	0,3458	0,3992
15,0	28	0,4746	0,4426	30,0		0,3377	0,3965



Gambar 3. Hubungan antara kedalaman vs CSR dengan probabilitas 500 tahun (garis biru) dan 2500 tahun (garis hitam)

Menghitung Nilai CRR

Nilai CRR merupakan nilai ketahanan lapisan tanah terhadap tegangan siklik yang dihitung dengan persamaan 1. Dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

Nilai CRR pada kedalaman 1 m

$$(N_1)_{60} = N_m \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S$$

$$(N_1)_{60} = 6 \times 3,214 \times 1,2 \times 1 \times 1,2 \times 1$$

$$(N_1)_{60} = 17,35$$

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10 + (N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - 17,35} + \frac{17,35}{135} + \frac{50}{(10 + 17,35 + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$CRR_{7.5} = 0,185$$

Nilai $CRR_{7.5}$ selanjutnya disajikan dalam Tabel 3 berikut.

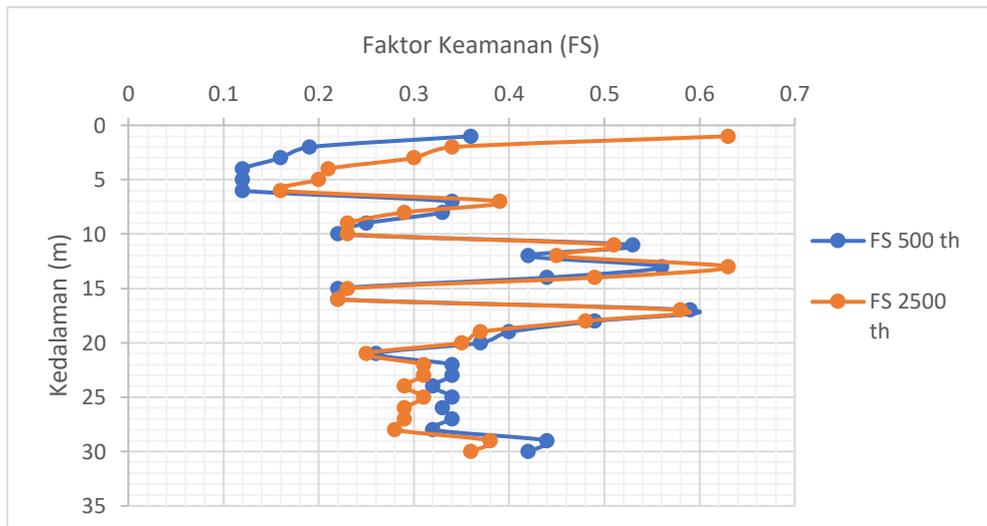
Tabel 3. Nilai $(N_1)_{60}$ dan $CRR_{7.5}$

Kedalaman (m)	$(N_1)_{60}$	$CRR_{7.5}$	Kedalaman (m)	$(N_1)_{60}$	$CRR_{7.5}$
1	17,35	0,185	16	18,46	0,197
2	10,02	0,119	17	31,49	0,627
3	12,97	0,148	18	30,58	0,514
4	10,96	0,128	19	29,15	0,417
5	11,28	0,137	20	28,39	0,384
6	11,40	0,126	21	24,40	0,280
7	9,68	0,341	22	23,82	0,270
8	25,91	0,311	23	28,12	0,374
9	24,84	0,235	24	27,52	0,354
10	20,32	0,219	25	28,45	0,386
11	30,66	0,521	26	27,88	0,366
12	29,29	0,425	27	23,99	0,273
13	31,24	0,589	28	23,55	0,266
14	30,06	0,472	29	27,30	0,347
15	19,09	0,204	30	26,83	0,334

Menghitung Nilai Faktor Keamanan (FS)

Setelah parameter atau nilai CSR dan CRR didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan faktor keamanan (FK). Untuk menghitung nilai FK diperlukan faktor koreksi MSF dan K_σ . Nilai MSF sendiri merupakan faktor koreksi magnitudo gempa agar sesuai dengan perhitungan CRR untuk gempa selain 7,5 skala richter (8). Sedangkan nilai K_σ merupakan faktor koreksi

terhadap tegangan *overburden* efektif. Nilai faktor keamanan dihitung berdasarkan probabilitas 500 tahun dan 2500 tahun yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Faktor keamanan terhadap potensi likuifaksi

Berdasarkan hasil analisis faktor keamanan pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai faktor keamanan yang didapat < 1 pada probabilitas 500 tahun maupun 2500 tahun. Faktor keamanan < 1 terdapat pada seluruh kedalaman lapisan tanah dengan faktor keamanan terendah terdapat pada kedalaman 4 - 6 m untuk probabilitas 500 tahun dan 6 - 7 m untuk probabilitas 2500 tahun. Dengan faktor keamanan < 1 , maka dapat disimpulkan bahwa lokasi tersebut berpotensi terjadi likuifaksi pada probabilitas 500 tahun dan 2500 tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian yang mengambil lokasi di area perkantoran Balai Kota Solok, Sumatera Barat bahwa lokasi tersebut didominasi tanah lanau pasiran, lempung pasiran dengan konsistensi medium sampai kaku dan terdapat juga lapisan tanah pasir yang padat serta kedudukan muka air tanah berada di kedalaman 1,5 m. Jenis tanah yang memiliki kandungan pasir maupun pasir yang berada dibawah muka air tanah cenderung memiliki potensi likuifaksi yang dinyatakan dengan nilai faktor keamanan. Pada lokasi penelitian, faktor keamanan yang didapat pada setiap kedalaman lapisan tanah yang ditinjau < 1 baik pada probabilitas 500 tahun dan 2500 tahun, sehingga potensi terjadinya likuifaksi cukup tinggi. Nilai faktor keamanan terendah terdapat pada kedalaman 4 - 6 m untuk probabilitas 500 tahun dan 6 - 7 m untuk probabilitas 2500 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Munirwansyah, Yunita H, Munirwan RP. Kajian Potensial Likuifaksi Akibat Gempa Berdasarkan Data Spt-N Di Wilayah Provinsi Aceh. Pros Simp II - UNIID. 2017;(September):457–63.
- Tuerah E, Sompie OBA, Rondonuwu SG. Analisis geoteknik lokasi bekas tambang nmr ratatotok terhadap potensi likuifaksi. J Ilm Media Eng. 2021;11(1):1–6.
- Artati HK, Pawirodikromo W, Purwanto E. Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pasir Vulkanik Di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT. Teknisia. 2020;XXV(2):50–62.
- Anwar A, Jamal Y, Ahmad S, Khan MZ. Assessment of liquefaction potential of soil using multi-linear regression modeling. Int J Civ Eng Technol. 2016;7(1):373–415.
- Nasmirayanti R, Imani R, Fitri M, Melasari J, Arsyad N, Mmi V, et al. Literasi Kesiapsiagaan Gempa Di Sumatera Barat : Sebuah Review. Constr Mater J. 2022;4(1).
- Muhtar AA. Estimasi karakteristik dinamis tanah untuk pemetaan daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan data pengukuran mikrotremor di kota solok. J Dialog Penanggulangan Bencana. 2016;7(2).
- Suprpto SJ, Syafri I, Andriana Y. Zonasi Potensi Mineralisasi Besi-Tembaga-Timba-Seng Menggunakan Data Geokimia dan Geologi Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Buletin Sumber Daya Geologi. 2014;
- Legrans RR. Studi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Uji Penetrasi Standar (SPT) Di Pesisir Pantai Belang Minahasa Tenggara. Tekno. 2016;14(65):37–48.
- Iswanto ER, Syaeful H, Sriyana. Analisis Potensi Likuifaksi di Tapak Reaktor Daya Eksperimental Serpong. In: Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir. 2017. p. 261–9.
- Iswanto ER, Syaeful H, Sriyana. Analisis Potensi Likuifaksi di Tapak Reaktor Daya Eksperimental Serpong. Pros Semin Nas Teknol Energi Nukl. 2017;261–9.