

Analisis Perbandingan Potensi Likuefaksi Melalui Metode Analitik dan Model Numerik

DIFFA JUANA GUNARI¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : diffajuanag@gmail.com

ABSTRAK

Likuefaksi merupakan sebuah fenomena hilangnya kekuatan tanah yang dipicu getaran yang disebabkan oleh gempa bumi. Yang dalam beberapa kasus dapat menyebabkan kerugian yang disebabkan oleh rusak atau bergesernya sebuah struktur. Parameter yang menyatakan nilai likuefaksi adalah rasio tegangan air pori berlebih ru dengan ambang batas sebesar 0,7 untuk model numerik dan Safety Factor 1 untuk metode analitik. Apabila nilai rasio tegangan air pori lebih kecil maka tanah tersebut tidak memiliki potensi akan mengalami likuefaksi dan untuk nilai safety factor diatas 1 maka tanah tersebut dapat dikatakan aman. Pada penelitian ini akan dimodelkan pada program PLAXIS 2D, dengan material model UBC3D-PLM dan Metode Youd & Idriss dan Idriss & Boulanger sebagai pembanding. Hasil analisis menunjukan bahwa lokasi yang di tinjau memiliki potensi likuefaksi hingga kedalaman 22 m.

Kata kunci: Gempa Bumi, Likuefaksi, PLAXIS 2D, UBC3D-PLM, Rasio Tegangan Air Pori

1. PENDAHULUAN

Likuefaksi merupakan sebuah fenomena hilangnya kekuatan tanah yang dipicu getaran yang disebabkan oleh gempa bumi. Likuefaksi dalam beberapa kasus dapat menyebabkan kerugian yang disebabkan oleh rusak atau bergesernya sebuah infrastruktur sehingga dalam sebuah perencanaan infrastruktur perlu di pertimbangkan perihal kemungkinan terjadinya likuefaksi sehingga dapat meminimalisir potensi kerugian yang akan di alami pada saat yang akan mendatang. Likuefaksi biasanya terjadi pada tanah berbutir kasar (granular soil) tanah tersebut mencakup kerikil, pasir, atau lanau yang memiliki sedikit atau bahkan tidak memiliki kandungan tanah lempung. Di Indonesia terdapat catatan fenomena likuefaksi hingga 37 kali yang di mulai dari tahun 1967 hingga terakhir 2018 yang tercantum dalam "Atlas Zona Kerentanan Likuefaksi Indonesia" yang dikeluarkan oleh badan geologi kementerian ESDM.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis potensi likuefaksi degan menggunakan metode Youd & Idriss, Idriss & Boulanger dan sebagai pembanding dilakukan analisis tambahan dengan menggunakan program Plaxis 2D.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Likuefaksi

Likuefaksi adalah fenomena hilangnya kekuatan tanah akibat getaran gempa bumi. Likuefaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas dan jenuh air. Lapisan tanah dengan campuran pasir merupakan lapisan yang memiliki porositas baik, sehingga memungkinkan lapisan ini

menyimpan dan mengalirkan air. Lapisan yang memiliki porositas yang baik memicu penyerapan air dalam lapisan yang menyebabkan lapisan tersebut jenuh air. Likuefaksi dalam beberapa kasus dapat menyebabkan kerugian yang disebabkan nya penurunan tanah maupun pergeseran lateral pada lokasi infrastruktur berada.

2.2 Pengumpulan Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data penyelidikan tanah yang berada di daerah Kolaka, Sulawesi Tenggara dengan menggunakan 1 titik *borehole*, data-data yang didapatkan berupa data N-SPT, jenis tanah, kedalaman muka air tanah, dan *finer content*. Lalu untuk data gempa digunakan hasil deagregasi daerah Kolaka, Sulawesi Tenggara dengan sumber gempa *benioff* dan periode ulang 2500 tahun sebesar 7,35 Mw dengan durasi 20,96 detik.

2.3 Analisis Potensi Likuefaksi

Analisis potensi likuefaksi dilakukan dengan menggunakan program PLAXIS 2D dan metode analitik, data-data yang didapatkan akan dihitung untuk mendapatkan parameter-parameter tanah yang di perlukan untuk menganalisis potensi likuefaksi dengan PLAXIS 2D material model UBC3D-PLM seperti nilai N-SPT yang sudah terkoreksi $((N_1)_{60})$, modulus geser elastis (K_G^e), modulus plastis geser (K_G^p), modulus elastisitas bulk (K_B^e), sudut geser puncak (ϕ_p), dan sudut geser kritis (ϕ_{cv}) sedangkan data-data yang diperlukan untuk analisis metode analitik diantara nya berupa data *peak ground acceleration* (PGA), magnitude (Mw), nilai N-SPT, dan *finer content*.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Parameter Tanah

Data parameter tanah yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian SPT. Berikut data hasil pengujian SPT ditunjukkan pada **Tabel 1**.

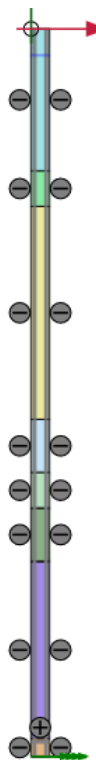
Tabel 1. Data Hasil Uji SPT

Borehole BH.4.5.03		
M.A.T	1.49 m	
Kedalaman (m)	N-SPT	Jenis Tanah
2	1	Elastic Silt with Sand
4	1	
6	1	
7	1	Silt with Sand
9.15	2	Sand Well Graded
11.15	2	Silty Sand
13.15	4	
15.15	11	
17.15	7	
19.15	9	
21.15	9	
23.15	16	
25.15	19	Well Graded Sand
27.15	9	Silty Sand
29.15	11	
31.15	33	Sandy Well Graded Gravel
33.15	37	
35.15	66	
37.15	51	
39.15	54	

Data parameter pada pemodelan yang akan digunakan merupakan hasil korelasi berdasarkan pada nilai N-SPT. Adapun data parameter tanah yang digunakan dan geometri pemodelan yang akan ditunjukkan pada **Tabel 2.** dan **Gambar1.**

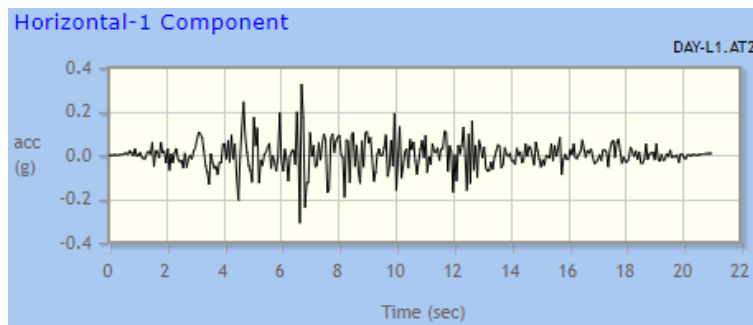
Tabel 2. Parameter Tanah

Material Model		Sand1	Sand2	Sand3	Sand4	Sand5	Sand6	Sand7
<i>type of behavior</i>	Satuan	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>	<i>undrained A</i>
Kedalaman	m	0-8	8-10	10-22	22-25	25-27	27-30	30-40
γ_{unsat}	KN/m ³	16	16	19.04	19	19	17	20
γ_{sat}	KN/m ³	17	17	20.04	20	20	18	21
Kbe	-	519.212	551.712	580.772	764.821	809.865	654.015	1104.187
Kge	-	741.732	788.159	829.674	1092.601	1156.950	934.307	1577.409
Kgp	-	155.630	185.121	221.962	939.118	1352.977	380.292	11094.101
μ_e	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
μ_e	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
μ_p	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ϕ_{cv}	o	31.56	32.29	32.93	36.87	37.83	34.51	44.55
ϕ_p	o	34.06	34.69	35.23	38.27	38.93	36.51	42.73
N160	-	5	6	7	16	19	10	48.2
Cu	-	20	24	28	64	76	40	192.8
C'	KN/m ²	2	2.4	2.8	6.4	7.6	4	19.28
Fdens	-	1	1	1	1	1	1	1
Fepost	-	1	1	1	1	1	1	1
Rf	-	0.864066533	0.840756043	0.821538611	0.725729351	0.707260893	0.778740363	0.615085699
Permeability	m/s	0.000864	0.864	0.0864	0.0864	0.864	0.0864	86.4

**Gambar 1. Geometri Pemodelan**

3.2 Data Gempa

Data gempa hasil deagregasi sumber gempa *benioff* dengan periode 2500 tahun berkisar antara 7,2 Mw hingga 7,4 Mw, sehingga dipilih gempa dengan kekuatan 7,35 Mw dengan durasi 20,96 detik yang ditunjukkan pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Percepatan gempa (Sumber: website *Peer Ground Motion Database*, 2024)

3.3 Analisis Potensi Likuefaksi

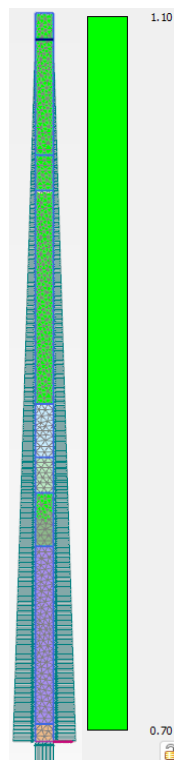
Analisis potensi likuefaksi dimodelkan untuk mengetahui tebal lapisan yang berpotensi mengalami likuefaksi. Berikut merupakan hasil analisis potensi likuefaksi menggunakan metode analitik yang dapat dilihat pada **Tabel 3.**, dan **Tabel 4.** Sedangkan untuk hasil yang didapatkan berupa tebal lapisan yang mengalami kenaikan rasio tegangan air pori yang dapat ditunjukkan dalam **Gambar 3.** Hasil analisa tebal lapisan yang berpotensi mengalami likuefaksi berdasarkan metode analitik dan metode numerik yang di bandingkan ditunjukkan dalam **Gambar 4.**

Tabel 3. Analisis Potensi Likuefaksi dengan Metode Youd & Idriss

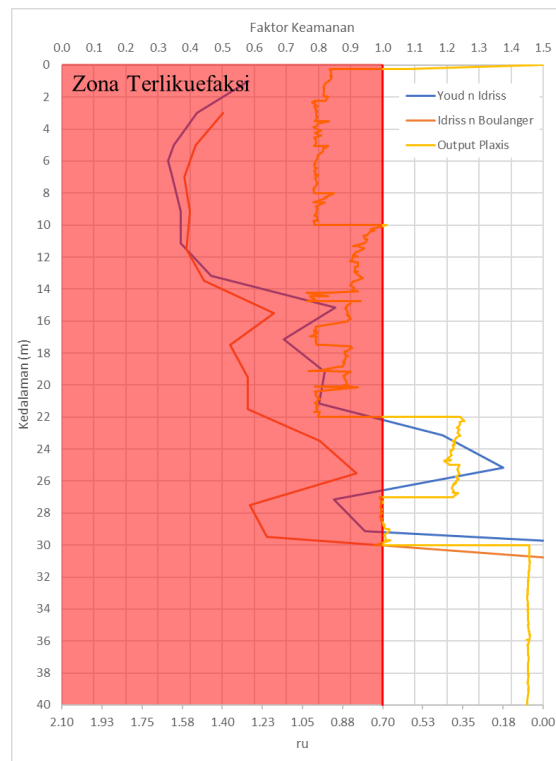
D (m)	Tanah	σ_v kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	rd m	N	N160	N160Cs	CSR	CRR	MSF	SF	Potensi
1	Sand	17.9	17.9	0.99	1	1.84	7.20	0.16	0.09	1.05	0.58	Aman
3	Sand	53.7	38.6	0.98	1	1.74	7.09	0.22	0.09	1.05	0.42	Berpotensi
5	Sand	88.66	53.56	0.97	1	1.48	6.77	0.26	0.09	1.05	0.35	Berpotensi
6	Sand	106.14	61.04	0.96	1	1.38	6.66	0.27	0.08	1.05	0.33	Berpotensi
7	Sand	141.1	86	0.95	1	1.16	6.40	0.25	0.08	1.05	0.34	Berpotensi
9.15	Sand	177.65	101.05	0.92	2	2.15	7.58	0.26	0.09	1.05	0.37	Berpotensi
11.15	Sand	217.73	121.13	0.88	2	1.96	7.36	0.26	0.09	1.05	0.37	Berpotensi
13.15	Sand	257.81	141.21	0.82	4	3.64	9.36	0.24	0.11	1.05	0.46	Berpotensi
15.15	Sand	297.89	161.29	0.76	12	10.20	17.25	0.23	0.18	1.05	0.85	Berpotensi
17.15	Sand	337.97	181.37	0.69	8	6.42	12.70	0.21	0.14	1.05	0.69	Berpotensi
19.15	Sand	378.05	201.45	0.64	10	7.61	14.13	0.19	0.15	1.05	0.82	Berpotensi
21.15	Sand	418.13	221.53	0.60	9	6.53	12.84	0.18	0.14	1.05	0.80	Berpotensi
23.15	Sand	458.21	241.61	0.56	16	11.12	18.34	0.17	0.20	1.05	1.19	Aman
25.15	Sand	498.21	261.61	0.54	19	12.69	20.22	0.17	0.22	1.05	1.37	Aman
27.15	Sand	534.21	277.61	0.52	9	5.83	12.00	0.16	0.13	1.05	0.85	Berpotensi
29.15	Sand	570.21	293.61	0.51	11	6.93	13.32	0.16	0.14	1.05	0.94	Berpotensi
31.15	Sand	606.21	309.61	0.49	33	20.25	29.31	0.16	0.43	1.05	2.85	Aman
33.15	Sand	642.21	325.61	0.48	37	22.15	31.57	0.16	0.47	1.05	3.17	Aman
35.15	Sand	678.21	341.61	0.47	66	38.57	51.28	0.15	0.47	1.05	3.21	Aman
37.15	Sand	714.21	357.61	0.47	51	29.13	39.95	0.15	0.47	1.05	3.25	Aman
39.15	Sand	750.21	373.61	0.46	54	30.17	41.21	0.15	0.47	1.05	3.29	Aman

Tabel 4. Analisis Potensi Likuefaksi dengan Metode Idriss & Boulanger

Depth (m)	Soil type (USCS)	Measured N	σ_{vc} (kPa)	σ_{vc}' (kPa)	(N1)60	(N1)60CS	rd	CSR	CRR	MSF for sand	FS	Potensi
1	ML	1	17	17.00	1.52	7	1.00	0.16	n.a.	1.04	n.a.	Aman
3	MH	1	51	36.19	1.69	7	0.98	0.22	0.11	1.04	0.50	Berpotensi
5	ML	1	85	50.57	1.60	7	0.96	0.26	0.11	1.04	0.42	Berpotensi
7	ML	1	119	64.95	1.41	7	0.93	0.28	0.11	1.04	0.38	Berpotensi
9.15	SW	2	155.55	80.41	2.67	8	0.90	0.28	0.11	1.04	0.40	Berpotensi
11.5	SM	2	195.5	97.30	2.43	8	0.86	0.28	0.11	1.04	0.39	Berpotensi
13.5	SM	4	229.5	111.68	4.53	10	0.83	0.28	0.12	1.04	0.44	Berpotensi
15.5	SM	11	263.5	126.06	11.73	17	0.80	0.27	0.18	1.04	0.66	Berpotensi
17.5	SM	7	297.5	140.44	7.07	13	0.77	0.26	0.14	1.04	0.52	Berpotensi
19.5	SM	9	331.5	154.82	8.66	14	0.74	0.26	0.15	1.04	0.58	Berpotensi
21.5	SM	9	365.5	169.20	8.29	14	0.71	0.25	0.14	1.04	0.58	Berpotensi
23.5	SM	16	399.5	183.58	14.14	20	0.68	0.24	0.19	1.04	0.80	Berpotensi
25.5	SW	19	433.5	197.96	16.17	22	0.66	0.24	0.22	1.04	0.92	Berpotensi
27.5	SM	9	467.5	212.34	7.40	13	0.64	0.23	0.13	1.04	0.59	Berpotensi
29.5	SM	11	501.5	226.72	8.75	14	0.62	0.22	0.14	1.04	0.64	Berpotensi
31.5	GWS	33	535.5	241.10	25.45	31	0.61	0.22	0.47	1.04	2.00	Aman
33.5	GWS	37	569.5	255.48	27.72	33	0.60	0.22	0.65	1.04	2.00	Aman
35.5	GWS	66	603.5	269.86	48.12	54	0.59	0.22	1.48	1.04	2.00	Aman
37.5	GWS	51	637.5	284.24	36.23	42	0.59	0.22	1.45	1.04	2.00	Aman
39.5	GWS	54	671.5	298.62	37.42	43	0.59	0.22	1.42	1.04	2.00	Aman



Gambar 3. Kenaikan Rasio Tegangan Air Pori



Gambar 4. Grafik Zona Terlikuefaksi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis potensi likuefaksi di atas, didapatkan hasil kedalaman yang berpotensi mengalami likuefaksi berdasarkan metode Youd & Idriss dan PLAXIS 2D berada pada kedalaman 0 meter hingga 22 meter dan kedalaman 27 meter hingga 30 meter, sedangkan metode Idriss & Boulanger hasil kedalaman yang berpotensi dimulai dari 0 meter hingga 30 meter.

DAFTAR RUJUKAN

- A. Laera, & R.B.J. Brinkgreve. (2015). Site Response Analysis and Liquefaction Evaluation.
- I. M. Idriss, & R. W. Boulanger. (2008). Soil Liquefaction During Earthquakes.
- Look, B. G. (2007). Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables.
- L Youd, B. T., & Idriss, I. M. (2001). *Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from The 1996 NCEER And 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*.
- Petalas, A. (2012). Plaxis Liquefaction Model UBC3D-PLM. <https://www.researchgate.net/publication/265358909>.
- Petalas, A., & Brinkgreve, R. B. J. (2013). Finite element modelling of seismic liquefaction in soils. <https://www.researchgate.net/publication/278669175>.
- Wira Buana, T., Hermawan, W., Nur Rahdiana, R., Widyanigrum Wahyudin, R., Hasibuan, G., Wiyono, & Pradana Solu, W. (2019). *Atlas Zona Kerentanan Likuefaksi Indonesia*. Badan Geologi Kementerian ESDM.