

Analisis Tanah Eksisting Berpotensi Likuefaksi Menggunakan *Soil Model* UBC3D-PLM

DERIAL AZIZI RAHMAN¹, INDRA NOER HAMDHAN²

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

ABSTRAK

Tanah yang berpotensi mengalami likuefaksi merupakan tantangan serius dalam perencanaan dan konstruksi infrastruktur, terutama di daerah-daerah yang berada di zona rawan gempa. Likuefaksi adalah fenomena di mana tanah berperilaku seperti cairan akibat guncangan seismik, yang dapat menyebabkan penurunan atau kerusakan struktur yang didirikan di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likuefaksi tanah berdasarkan nilai rasio tegangan air pori berlebih (r_u) dengan batas sebesar 0,7. Jika nilai rasio tegangan air pori berlebih (r_u) lebih besar daripada 0,7 maka tanah tersebut berpotensi likuefaksi. Analisis perbaikan tanah dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan software PLAXIS 3D. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi eksisting mengalami potensi likuefaksi dengan nilai $r_u > 0,7$.

Kata kunci: Analisis Likuefaksi, UBC3D-PLM, Rasio Tegangan Air Pori, Tanah Eksisting

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling merusak dan mengancam keberlangsungan infrastruktur dan bangunan di Indonesia. Salah satu risiko utama yang terkait dengan gempa bumi adalah tanah yang berpotensi likuefaksi, fenomena tanah ini berperilaku mirip dengan cairan akibat guncangan seismik, menyebabkan penurunan atau kerusakan struktur yang didirikan di atasnya. Gempa bumi dapat menyebabkan perubahan dramatis dalam sifat-sifat tanah, termasuk peningkatan kejenuhan air dalam pori-pori tanah, yang meningkatkan potensi terjadinya likuefaksi.

Analisis pemodelan tanah berpotensi likuefaksi dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D yaitu menggunakan UBC3D-PLM. UBC3D-PLM dapat memberikan hasil yang sangat akurat untuk analisis likuefaksi mencakup pemodelan perilaku tanah di bawah beban dinamis seperti gempa bumi. Adapun cara untuk mengetahui adanya potensi likuefaksi adalah nilai r_u melebihi 0,7. Menurut Perlea (2011) nilai r_u yang lebih besar dari 0,7 terjadi likuefaksi. Dan Menurut Laera (2015) Likuefaksi dapat didefinisikan melalui rasio tekanan pori berlebih (r_u). Nilai r_u adalah parameter yang digunakan untuk mengekspresikan tingkat tekanan air pori dalam tanah yang terinduksi oleh beban eksternal untuk mengukur rasio tekanan air pori berlebih terhadap tekanan vertikal total pada tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Menurut Noor (2005), gempa bumi adalah getaran bumi yang terjadi sebagai akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya gelombang yang beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan hingga guncangan yang dahsyat, sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh.

2.2 Likuefaksi

Menurut Day (2001) gempa bumi dapat mengakibatkan *secondary effect* atau proses *non tektonik* di permukaan yang berhubungan langsung dengan gempa bumi. Salah satu efek sekunder ini adalah terjadinya fenomena pencairan tanah akibat beban siklik atau yang dikenal dengan istilah likuefaksi. Peristiwa likuefaksi pada umumnya terjadi pada konsistensi tanah granular jenuh (*saturated*) yang lepas sampai sedang dengan sifat drainase dalam tanah.

2.3 Penyelidikan Geoteknik

Penyelidikan geoteknik adalah proses evaluasi dan analisis yang dilakukan untuk memahami karakteristik geoteknik di suatu lokasi tertentu. Jumlah dan jenis penyelidikan tanah yang dikerjakan harus memadai untuk menentukan keadaan tanah. Penyelidikan tanah harus memenuhi kriteria SNI untuk penyelidikan tanah (SNI 8460:2017).

2.4 PLAXIS 3D

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah menggunakan aplikasi PLAXIS 3D dengan model UBC3D-PLM untuk mengetahui potensi likuefaksi pada lapisan tanah. Model ini dikembangkan oleh *Universitas British Columbia* (UBC), dan merupakan salah satu model pemadatan tanah yang terintegrasi dalam Plaxis untuk memodelkan perilaku tanah secara lebih akurat. Model UBC3D-PLM memperhitungkan efek pemadatan tanah yang disebabkan oleh beban statis dan dinamis, seperti beban struktur bangunan atau beban gempa. Ini memungkinkan untuk memodelkan proses konsolidasi tanah secara lebih realistis, termasuk perubahan volume dan kekakuan tanah akibat pemadatan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan pada beberapa tahap, tahap pertama yaitu menentukan rumusan masalah atau identifikasi masalah yang terjadi pada hasil penyelidikan geoteknik. Tahap kedua adalah melakukan pengolahan informasi yang telah didapatkan dari penyelidikan tanah, lalu mengumpulkan studi pustaka. Hal ini dilakukan untuk merangkum teori yang berkaitan dengan studi penelitian yang akan dilakukan, baik dari jurnal maupun buku. Tahap ketiga melakukan pengumpulan data sekunder yang diberikan oleh instansi tertentu, dimana datanya berupa data pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) yang akan dilakukan penentuan parameter tanah. Selanjutnya data tanah yang sudah dilakukan korelasi akan dilakukan pemodelan 3D dengan data beban tangki dan beban gempa. Pemodelan bertujuan untuk menganalisis dan melakukan pembahasan apakah tanah berpotensi likuefaksi atau tidak. Potensi likuefaksi dilihat pada parameter nilai r_u , apabila nilai $r_u < 0,7$ maka tidak terjadi likuefaksi dan sebaliknya. Selanjutnya pada tahap terakhir berupa kesimpulan dan saran yang tujuannya merangkum temuan penelitian serta memberikan rekomendasi yang dapat berguna untuk penelitian atau aplikasi praktis di masa mendatang.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Analisis potensi likuefaksi dilakukan pada studi kasus pada suatu Kawasan di Kalimantan Timur dengan tujuan untuk membuat suatu tangki minyak dengan tinggi 21 meter dan diameter 64 meter. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, ditemukan bahwa tanah bermasalah. Pada lokasi yang akan dibangun tangki di atasnya, tanah tersebut tanah dominan pasir dan NSPT < 10 sehingga berpotensi mengalami likuefaksi.

4.2 Data Parameter Tanah

Data parameter yang akan digunakan pada pemodelan menggunakan 2 *soil model* yang berbeda yaitu UBC3D-PLM dan *Hardening Soil*. Adapun parameter tanah yang akan dimodelkan dengan *soil model* UBC3D-PLM pada **Tabel 1** dan *Hardening Soil* pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Data Parameter Tanah UBC3D-PLM

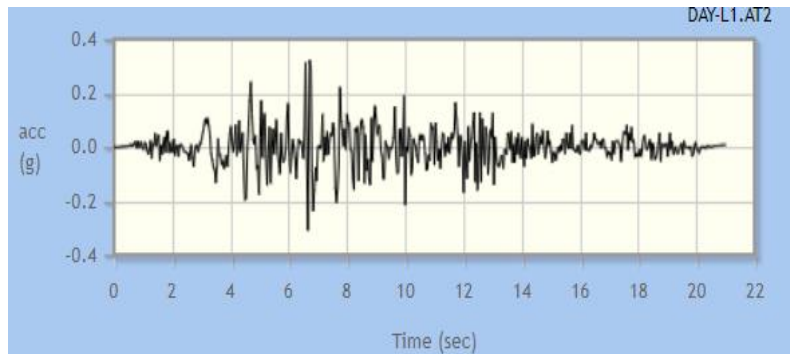
PARAMETER UBC3D-PLM						
	Satuan	<i>Medium Dense</i>	<i>loose</i>	<i>Very Dense</i>	<i>Very Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Kedalaman	m	0 - 3	5 - 8	8 - 8,77	12 - 15	15 - 22,18
γ_{unsat}	[kN/m ³]	17	12	14	12	18
γ_{sat}	[kN/m ³]	18	13	15	13	19
K_b^e	[-]	1207	822	749	649	1149
K_G^e	[-]	1725	1174	1070	927	1641
K_G^p	[-]	22272	1564	861	377	15688
m_e	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
n_e	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
n_p	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ϕ_{cv}	[°]	38	37	37	36	38
ϕ_p	[°]	44	39	38	37	43
c	kN/m ²	0	0	0	0	0
σ_t	kN/m ²	0	0	0	0	0
$(N_1)_{60}$	[-]	65	20	15	9,983	56,271
f_{dens}	[-]	1	1	1	1	1
f_{Epost}	[-]	1	1	1	1	1
R_f	[-]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Tabel 2. Data Parameter Tanah *Hardening Soil Model*

PARAMETER <i>HARDENING SOIL</i>					
Kedalaman (m)	3 - 5	8 - 8,77	10,8 - 12	22,18 - 40,12	Unit
Konsistensi	<i>Medium Stiff</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium Stiff</i>	<i>Hard</i>	-
<i>Soil Model</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	-
N-SPT	6	3	17	56	-
γ_{unsat}	16	16	16	21	kN/m ³
γ_{sat}	17	17	17	22	kN/m ³
K_x	8,64E-05	8,64E-04	8,64E-05	8,64E-04	m/day
K_y	8,64E-05	8,64E-04	8,64E-05	8,64E-04	m/day
K_z	8,64E-05	8,64E-04	8,64E-05	8,64E-04	m/day
C'	4,8	2,4	13,6	45	-
ϕ'	20	20	20	25	°
E_{50}	6720	3360	57120	187040	kN/m ²
E_{oed}	5376	2688	15232	49877	kN/m ²
E_{ur}	20160	10080	57120	187040	kN/m ²

4.3 Data Gempa

Data gempa yang digunakan pada tugas akhir ini adalah gempa iran. Gempa ini memiliki nilai magnitude 7,35. Dapat dilihat pada **Gambar 2** menunjukkan *ground motion*.



Gambar 2. Ground Motion Gempa Dayhook, Iran (Sumber: *peer.berkeley.edu*)

4.4 Data Beban Tangki

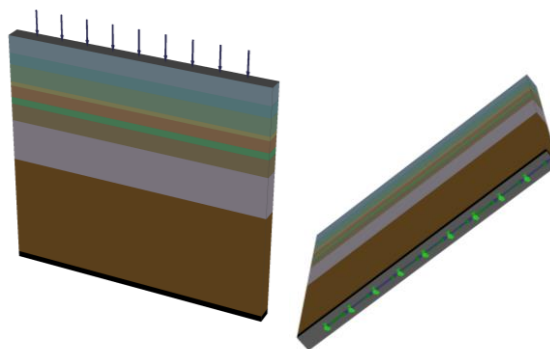
Besarnya berat tangki adalah 168 kN/m² didapatkan dari perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Beban Tangki} &= \gamma_{\text{minyak}} \times \text{Tinggi Tangki} \\ &= 0,8 \times 21 \\ &= 168 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Karena pada kenyataan aslinya tangki memiliki berat tertentu. Sedangkan jika dilakukan pemodelan pada Plaxis hanya berbentuk garis.

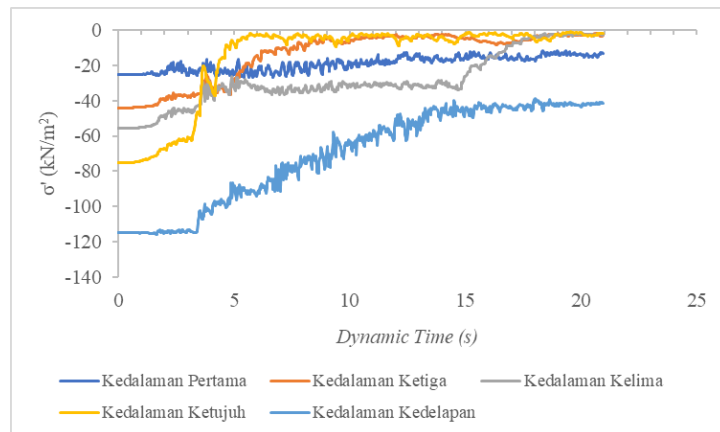
4.5 Hasil Model 3D

Pada model 3D, tahap awal untuk melakukan pemodelan adalah membuat geometri. Berikut merupakan geometri hasil model 3D pada **Gambar 3**.

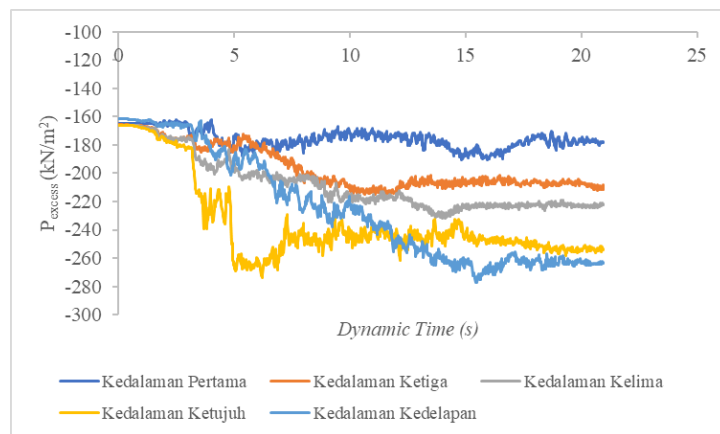


Gambar 3. Geometri Hasil Model 3D

Berdasarkan **Gambar 4** menunjukkan bahwa jika tegangan efektif semakin mendekati nilai nol maka pada lapisan tersebut berpotensi likuefaksi. Hal tersebut seiringan dengan meningkatnya tekanan air pori berlebih yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.

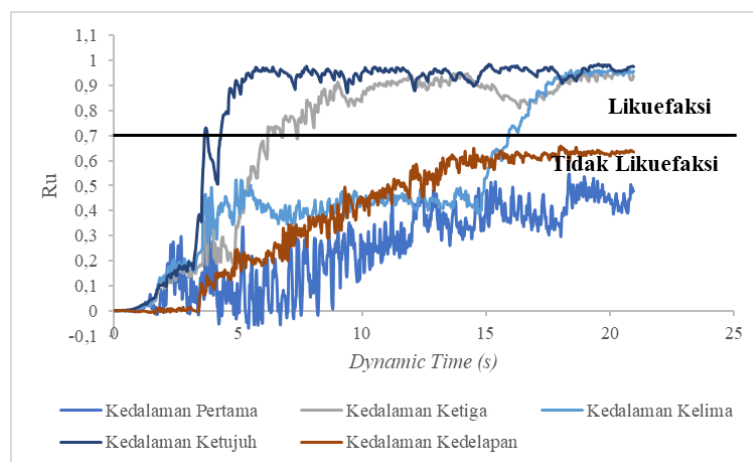


Gambar 4. Grafik Tegangan Efektif Pada Kondisi Eksisting



Gambar 5. Grafik Tekanan Air Pori Berlebih Pada Kondisi Eksisting

Output yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui nilai r_u sebelum adanya perkuatan dengan *stone column*. Grafik nilai r_u berdasarkan *output* dari aplikasi dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik Nilai Ru Terhadap *Dyanmic Time* (s) Pada Kondisi Eksisting

Bedasarkan grafik diatas terdapat garis hitam yang menunjukkan untuk nilai ambang batas dari potensi terjadi likuefaksi, apabila melebihi dari garis tersebut maka lapisan tersebut berpotensi likuefaksi dan apabila dibawah garis tersebut maka pada lapisan tersebut tidak berpotensi likuefaksi.

Selanjutnya, pada grafik tersebut hanya dianalisis potensi likuefaksi pada tanah pasir yang berada pada kedalaman pertama, ketiga, kelima, ketujuh dan kedelapan. Dan disimpulkan bahwa pada kedalaman ketiga, kelima dan ketujuh berpotensi terjadi likuefaksi karena lapisan tanah memiliki kepadatan *loose* dan *medium dense*. Sedangkan untuk kedalaman pertama dan kedelapan tidak berpotensi terjadi likuefaksi.

5. KESIMPULAN

Pada analisis tanah yang berpotensi likuefaksi cenderung memiliki nilai r_u yang tinggi. Peninjauan potensi likuefaksi dilakukan pada lapisan tanah pasir saja, di mana likuefaksi terdeteksi pada lapisan ketiga dengan konsistensi *loose*, lapisan kelima dengan konsistensi *medium dense*, dan lapisan ketujuh dengan konsistensi *loose*, dengan nilai r_u melebihi 0,7. Sebaliknya, untuk lapisan pertama dengan konsistensi *medium dense* dan lapisan kedelapan dengan konsistensi *very dense*, tidak terdapat potensi likuefaksi karena nilai r_u kurang dari 0,7.

DAFTAR RUJUKAN

- Beaty, M. H., & Perlea, V. G. (2011). Several observations on advanced analyses with liquefiable materials. Thirty first annual USSD conference on 21st century dam design-advances and adaptations.
- Day, Robert W., 2001. Geotechnical Earthquake Engineering Handbook. New York: McGraw-Hill Companies.
- Laera dan Brinkgreve (2015) Site response analysis and liquefaction evaluation.
- Noor, Djauhari. (2005). Geologi Lingkungan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- SNI 8460:2017. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.