

Evaluasi Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data N-SPT dengan Perkuatan *Grouting* Menggunakan Plaxis 2D

NABILAH TESA RIANI¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung

2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : nabilah.tesa@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Potensi likuefaksi pada tanah pasir jenuh merupakan salah satu permasalahan di daerah rawan gempa. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi potensi likuefaksi pada kondisi eksisting dan efektivitas perkuatan grouting sebagai upaya mitigasi. Analisis dilakukan menggunakan Plaxis 2D berbasis metode elemen hingga (FEM) dengan data tanah berdasarkan data N-SPT hingga kedalaman 20 m dan timbunan setinggi 6 m. Hasil analisis kondisi eksisting didapatkan bahwa tanah pada kedalaman 0–8 m mengalami potensi likuefaksi dengan nilai rasio tegangan air pori (r_u) $> 0,7$, sedangkan lapisan lebih dalam relatif stabil. Perkuatan dilakukan menggunakan kolom grouting berdiameter 0,9 m, spasi 2D, kedalaman 8 m, serta mutu material $f_c' 67$ MPa. Hasil menunjukkan nilai r_u pada seluruh lapisan tanah turun di bawah 0,7, sehingga potensi likuefaksi dapat dihilangkan. Dengan demikian, perkuatan grouting terbukti efektif sebagai solusi teknis dalam mitigasi likuefaksi pada tanah pasir jenuh.

Kata kunci: Likuefaksi, Grouting, Plaxis 2D

1. PENDAHULUAN

Potensi Likuefaksi merupakan salah satu isu penting dalam bidang geoteknik, terutama di wilayah rawan gempa. Fenomena ini terjadi ketika tanah jenuh kehilangan kekuatan gesernya akibat peningkatan tekanan air pori, sehingga berperilaku seperti cairan dan tidak mampu menopang bangunan di atasnya. Dampak likuefaksi adalah menimbulkan kerusakan pada infrastruktur, seperti amblasnya fondasi bangunan hingga kegagalan konstruksi, sehingga analisis potensi likuefaksi perlu dilakukan pada proyek-proyek di atas tanah pasir jenuh dengan muka air tanah yang dangkal.

Penelitian ini menggunakan permodelan numerik berbasis *Finite Element Method* (FEM) dengan program Plaxis 2D untuk mengevaluasi potensi likuefaksi pada tanah pasir dengan kedalaman 20 m yang di atasnya ada timbunan setinggi 6 m. Pada kondisi eksisting, analisis dilakukan menggunakan pendekatan numerik Plaxis 2D untuk menghitung tegangan efektif dan tekanan air pori berlebih (r_u) sebagai indikator penentu potensi likuefaksi sebelum diberi perkuatan. Selanjutnya, evaluasi mitigasi dilakukan dengan metode *grouting* menggunakan variasi spasi antar *grouting*, kedalaman instalasi *grouting*, dan mutu material *grouting* (Sika Grout). Perbandingan

kondisi eksisting dan setelah perkuatan diharapkan memberikan gambaran efektivitas *grouting* dalam menurunkan risiko likuefaksi serta menjadi referensi teknis bagi perencanaan perbaikan tanah di kawasan rawan gempa.

2. METODOLOGI

Penelitian pada tugas akhir ada beberapa tahapan, yaitu tahapan pertama dilakukan perumusan masalah berdasarkan dari studi literatur yang menjadi referensi, yaitu berdasarkan masalah dari penelitian oleh Gu et al. (2021). Setelah itu dilakukan pengumpulan data yang mencakup data parameter tanah berdasarkan data N-SPT dan studi literatur, data gempa, serta data material *grouting* menggunakan merek dagang Sika *Grout*. Data tersebut digunakan untuk menganalisis kondisi eksisting, khususnya nilai rasio tekanan air pori (ru). Apabila nilai ru berada dalam rentang $0,7 \leq ru \leq 1$, maka dilakukan analisis perbaikan tanah menggunakan perkuatan *grouting*, yaitu menggunakan material semen *grout* mutu $fc' 67$ MPa yang diterapkan pada model dengan spasi antar *grout* 2D pada kedalaman instalasi 8 m. Hasil dari perbaikan tersebut berupa nilai tegangan air pori (ru) setelah perbaikan dengan *grouting*.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang akan mempengaruhi proses analisis. Penelitian ini ditentukan atas perhitungan dan evaluasi keadaan tanah eksisting berdasarkan data sekunder yang terkumpul. Data tersebut berupa hasil uji N-SPT untuk menentukan parameter tanah pasir, data dari studi literatur untuk parameter timbunan dan *bedrock*, data gempa dari *website peer.berkeley.edu*, serta data teknik pengujian material *grouting*.

3.1.1 Data Parameter Tanah

Data yang digunakan pada pemodelan Plaxis 2D adalah data yang melalui pendekatan untuk mendapat nilai korelasi yang mengacu pada literatur terkait sesuai dengan jenis tanah dan berdasarkan data N-SPT yang akan dimodelkan. Berikut ini adalah data parameter tanah dari hasil korelasi yang disajikan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Parameter Tanah Pasir

Parameter	Satuan	Clayey Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Silty Clay	Sand	Sand
Soil Model	-	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM	UBC3D-PLM
Kepadatan	-	Very Loose	Loose	Loose	Loose	Very Dense	Medium Dense	Medium Dense	Very Stiff	Very Dense	Very Dense
Kedalaman	m	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20
N-SPT	-	3	9	9	10	60	28	28	33	54	30
γ_{unsat}	kN/m ³	14	16,5	16,5	16,5	21	17	17	18	21	19
γ_{sat}	kN/m ³	17	20	20	20	22	20	20	20	22	21,5
K^e_B	[-]	412,94	592,963	613,185	621,188	1119,58	852,023	836,620	868,517	1003,46	810,558
K^e_G	[-]	589,92	847,090	875,978	887,411	1599,40	1217,176	1195,171	1240,74	1433,51	1157,94

Tabel 1. Parameter Tanah Pasir (Lanjutan)

Parameter	Satuan	Clayey Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Silty Clay	Sand	Sand
K^p_G	[-]	111,18	241,070	278,430	295,40	12213,8	1887,909	1673,390	2144,96	5724,77	1360,5
me	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ne	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
np	[-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ϕ_{CV}	°	31,800	35,450	35,809	35,949	42,905	39,527	39,311	39,755	41,517	38,939
ϕ_P	°	32,051	36,195	36,633	36,805	50,279	42,215	41,802	42,662	46,545	41,114
c	kN/m ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5	0,1	0,1
σ_t	kN/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$(N_1)_{60}$	[-]	2,514	7,451	8,240	8,567	50,246	22,128	20,948	23,439	36,165	19,049
F_{dens}	[-]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F_{Epost}	[-]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R_f	[-]	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900

Tabel 2. Parameter Timbunan (*Backfill*) dan *Bedrock*

Soil Parameters	Backfill	Bedrock	Unit
Soil Model	Modified Cam-Clay	Linear Elastic	[-]
Drainage Type	Drained	Drained	[-]
γ_{unsat}	17	22	kN/m ³
γ_{sat}	20	22	kN/m ³
λ	0,12	-	[-]
κ	0,066	-	[-]
v'_{ur}	0,3	-	[-]
e_{init}	0,92	-	[-]
M	1,30	-	[-]
E	-	5×10^6	kN/m ²
v'	-	0,2	kN/m ²
$k_x=k_y=k_z$	8×10^{-6}	-	m/s
K0 determination	Automatic	-	[-]
OCR	20	-	[-]

3.1.2 Data Parameter Grouting

Desain *grouting* yang digunakan pada pemodelan ini menggunakan diameter *grouting* sebesar 0,9 m dan spasi sebesar 2D (2 kali diameter, yaitu 1,8 m. Parameter *grouting* mutu 67 MPa yang digunakan adalah *soil model* tipe *Concrete* di Plaxis 2D. Parameter kekakuan yang digunakan adalah *Young's modulus* (E_{28}) sebesar 18620,4839 kN/m² dan *Poisson's ratio* (ν) sebesar 0,25. Untuk parameter nilai kuat tekan uniaksial beton (f_{c28}) sebesar 15700 kN/m² dan kuat tarik uniaksial (f_{t28}) sebesar 1570 kN/m². Selain itu, dalam pemodelan ini digunakan berat isi tanah $\gamma_{unsat} = 22$ kN/m³ dan $\gamma_{sat} = 22$ kN/m³.

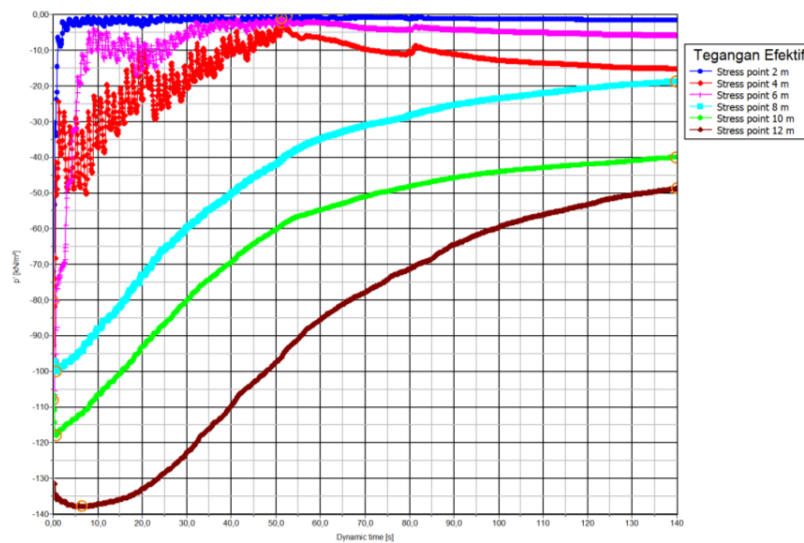
3.1.3 Data Parameter Gempa

Pada penelitian ini menggunakan percepatan gerakan gempa bumi yang diambil dari *website peer.berkeley.edu*. Data percepatan akan diinput pada program Plaxis 2D berlokasi di Kobe,

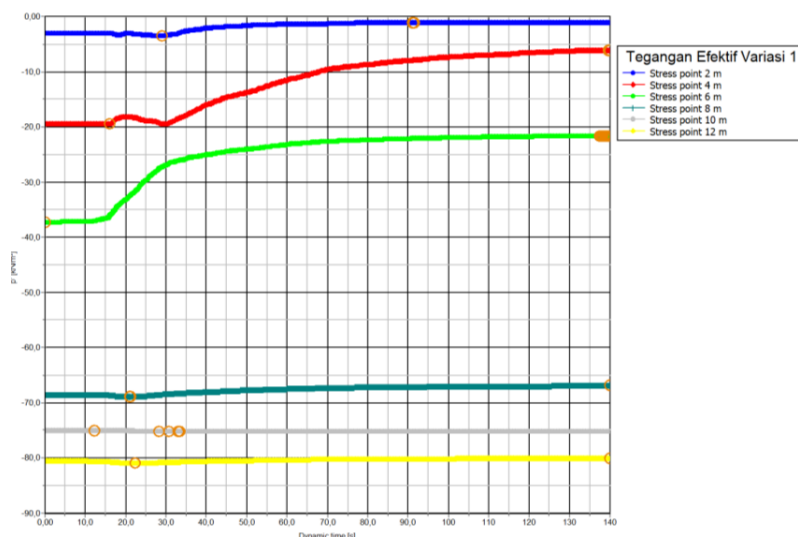
Japan tahun 1995 pada Stasiun Abeno magnitudo 6,9, percepatan puncak 0,27 g, dan durasi 139,98 detik.

3.2 Hasil Analisis pada Plaxis 2D

Hasil analisis dari PLAXIS 2D berupa grafik tegangan efektif pada lapisan tanah pasir. Hal tersebut ditunjukkan **Gambar 1** untuk kondisi eksisting dan **Gambar 2** untuk kondisi setelah mendapat perkuatan grouting dengan spasi 2D menggunakan mutu material f_c' 67 Mpa pada kedalaman instalasi 8 m.



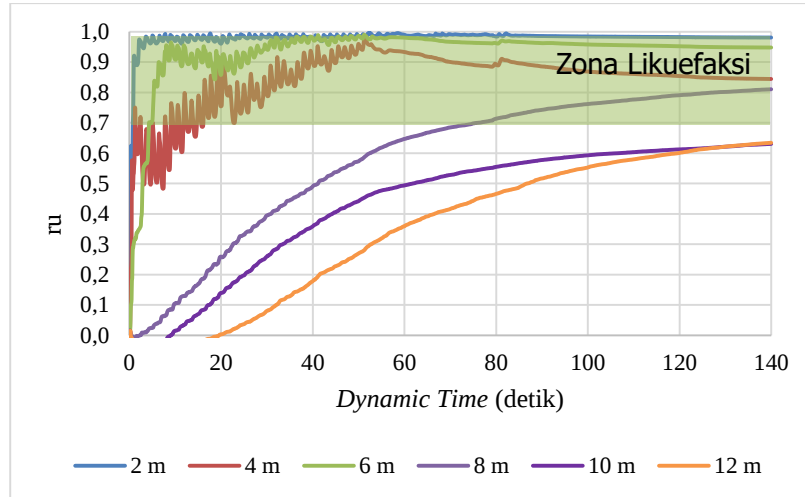
Gambar 1. Grafik Tegangan Efektif Kondisi Eksisting



Gambar 2. Grafik Tegangan Efektif pada Perkuatan *Grouting* dengan Spasi 2D Menggunakan Mutu 67 MPa pada Kedalaman Instalasi 8 m

Dari grafik tegangan efektif tersebut, didapatkan hasil tegangan air pori berlebih (ru) berupa grafik untuk menganalisis potensi likuefaksi pada kondisi eksisting dan setelah mendapat perkuatan.

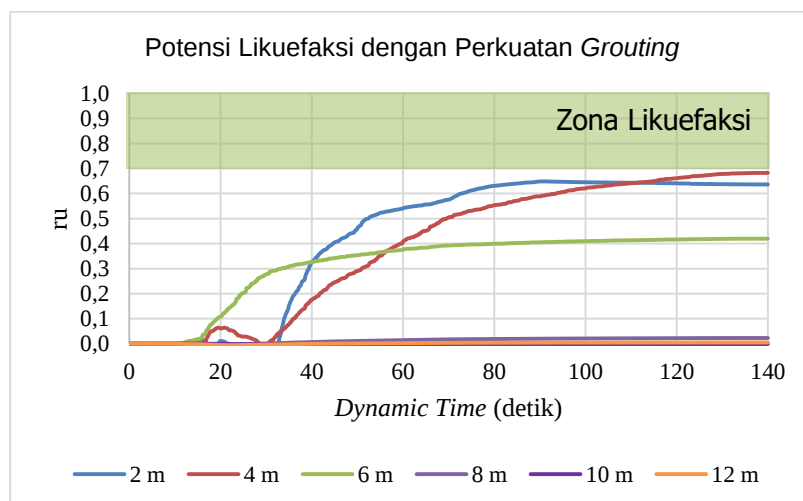
Untuk grafik nilai tegangan air pori berlebih (ru) pada kondisi eksisting ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Tegangan Air Pori Berlebih (ru) pada Kondisi Eksisting

Hasil analisis pada kondisi eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 3** menunjukkan potensi likuefaksi terjadi pada kedalaman 0 – 8 m, dapat dilihat dari nilai tegangan air pori berlebih (ru) di atas 0,7 ($> 0,7$). Pada kedalaman 10 m ke bawah tidak terjadi kenaikan ru hingga akhir gempa, artinya kondisi tanah tersebut stabil.

Sedangkan nilai hasil tegangan air pori berlebih (ru) untuk menganalisis potensi likuefaksi pada kondisi setelah mendapat perkuatan ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik Tegangan Air Pori Berlebih (ru) pada Perkuatan *Grouting* dengan Spasi 2D Menggunakan Mutu 67 MPa pada Kedalaman Instalasi 8 m.

Pada **Gambar 4** yang merupakan kondisi tegangan air pori berlebih (ru) setelah perkuatan *grouting* dengan spasi 2D menggunakan mutu material fc' 67 Mpa pada kedalaman instalasi 8 m

menunjukkan bahwa pada kedalaman 0 – 8 nilai ru sudah berada di bawah 0,7 ($< 0,7$). Maka, dapat disimpulkan bahwa perkuatan *grouting* dengan desain tersebut dapat menjadi solusi untuk mitigasi tanah berpotensi likuefaksi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, kondisi tanah eksisting menunjukkan potensi likuefaksi pada kedalaman 0 – 8 m karena nilai tekanan air pori (ru) bernilai di atas 0,7 ($> 0,7$), sedangkan pada kedalaman 10 – 12 m dan di atas 12 m kondisi tanah relatif stabil dengan nilai ru tetap di bawah 0,7 ($< 0,7$). Hal ini menunjukkan bahwa lapisan tanah berpasir yang lebih dalam umumnya aman selama gempa bumi, sedangkan lapisan dangkal rentan terhadap likuefaksi. Setelah dilakukan analisis menggunakan perkuatan *grouting* dengan spasi 2D, khususnya menggunakan mutu material fc' 67 Mpa dan kedalaman instalasi 8 m, didapatkan nilai tegangan air pori berlebih (ru) turun pada semua kedalaman tanah menjadi di bawah 0,7 ($< 0,7$). Oleh karena itu, perkuatan *grouting* tersebut dapat digunakan sebagai solusi untuk mengurangi potensi likuefaksi di lokasi penelitian ini karena mampu menghilangkan potensi likuefaksi sepenuhnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga jurnal ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada kedua orang tua atas doa dan dukungannya, kepada dosen pembimbing atas bimbingan serta arahnya, serta kepada teman-teman yang telah memberikan semangat dan bantuan selama proses penyusunan jurnal ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Gu, L., Wang, Z., Zhu, W., Jang, B., Ling, X., & Zhang, F. (2021). *Numerical analysis of earth embankments in liquefiable soil and ground improvement mitigation*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 146, 106739.
- Hakam, A. (2020). Analisis Praktis Potensi Likuefaksi. Padang: Andalas Press Kampus UNAND-Limau Manis, 25176.
- Han, J. (2015). *Principles and practice of ground improvement*. John Wiley & Sons
- Peer Ground Motion Database*. (n.d). Diakses pada 27 April 2025, dari <https://ngawest2.berkeley.edu/>
- PLAXIS. (2024). *PLAXIS 2D Manual*. Bentley Systems.
- PT Sika Indonesia. (2025). *SikaGrout®-215 (new): Lembar data teknis* (Versi 08.01, Februari 2025) [Brosur]. PT Sika Indonesia. <https://idn.sika.com/content/dam/dms/id01/h/sikagrout-215-new.pdf>