

Pemodelan Pondasi Box Di Tanah Berpotensi Likuifaksi

Alfian H. Soeratinoyo^{#1}, Fabian J. Manoppo ^{#2}, Agnes T. Mandagi ^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹alfiansuratinoyo@gmail.com; ²fabian_jm@unsrat.ac.id; ³atmandagi@gmail.com

Abstrak

Tanah lunak sebagai tanah dasar pondasi di bawah konstruksi embankment sering menimbulkan permasalahan dalam hal penurunan, perpindahan total dan juga karena adanya potensi likuifaksi pada tanah tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis potensi likuifaksi dan perbaikan kondisi tanah lunak sebagai tanah dasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pondasi Box terhadap perilaku tanah dasar berupa tanah lunak (tanah rawa) yang berpotensi likuifaksi. Penelitian ini berdasarkan metode elemen hingga dengan menggunakan program PLAXIS 3D FOUNDATION. Konstruksi embankment dimodelkan tiga dimensi dengan tipe material Drained, pondasi Box yang digunakan hanya satu jenis penampang dengan dimensi $P = 4m$, $L = 4m$, $T = 2m$, dengan tebal tiap sisi $0,5m$, serta tanah dasar dengan tipe material Undrained A. Berdasarkan hasil analisis potensi likuifaksi dan analisis numeris di PLAXIS 3D FOUNDATION terhadap normal embankment pada pemodelan pondasi Box di tanah berpotensi likuifaksi. Dapat diketahui bahwa terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah di kedalaman $1,5m - 4,5m$ untuk variasi gempa $M_w = 7.0$ dan $M_w = 7.3$, untuk variasi gempa $M_w = 7.5$ terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah $1,5m - 4,5m$ dan lapisan tanah di kedalaman $9m$ dan kondisi kritis di kedalaman lapisan $6m$, untuk $M_w = 7.8$ dan $M_w = 8.0$ terjadi potensi likuifaksi di kedalaman lapisan $1,5m - 6m$. Hasil analisis numeris menggambarkan bahwa penurunan sebelum dimodelkan pondasi Box sebesar $23,2m$ dibandingkan penurunan sesudah dimodelkan pondasi Box sebesar $0,256m$ dan perpindahan total sebelum dimodelkan pondasi Box sebesar $34,96m$ dibandingkan perpindahan total sesudah dimodelkan sebesar $0,303m$.

Kata kunci – likuifaksi, penurunan, perpindahan total, PLAXIS 3D, pondasi box, tanah rawa

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempa bumi adalah suatu fenomena alam yang sering terjadi di Indonesia, khususnya di Indonesia bagian barat. Akibat yang di timbulkan dari getaran gempa menyebabkan hilangnya kekuatan tanah, bukan hanya itu gempa juga mengakibatkan rusaknya bangunan, konstruksi dan juga dapat merubah topografi bumi. Salah satu fenomena yang terjadi akibat adanya gempa adalah likuifaksi.

Likuifaksi adalah kejadian dimana tanah kehilangan kekuatan geser karena meningkatnya tegangan air pori yang disebabkan oleh beban siklik (beban gempa) yang terjadi dengan sangat cepat dan dalam waktu singkat. Karena kehilangan kekakuan serta tegangan geser mengakibatkan sifat tanah yang awalnya solid menjadi liquid. Likuifaksi biasanya terjadi di tanah yang non kohesif (*Granular*), tanah bertipe seperti ini diantaranya kerikil, pasir, atau lanau dengan sedikit atau tidak adanya kandungan lempung.

Pondasi Box adalah pondasi yang masih dalam tahap percobaan yang berbentuk kotak dengan tidak adanya satu sisi di bagian bawahnya sehingga tampak seperti bak air berbentuk kotak yang terbalik.

Berdasarkan uraian di atas likuifaksi dapat menimbulkan kerusakan, dan sangat penting untuk menganalisis potensi likuifaksi dalam membangun atau mengerjakan suatu konstruksi. Dalam hal ini pada saat pelaksanaan proyek jalan tol yang ada di Sulawesi Utara, yaitu di lokasi jalan tol Manado-Bitung pada STA 0+500 ada masalah dalam proses pengerjaannya, karena kondisi tanah pada lokasi tersebut adalah tanah rawa yang diketahui memiliki daya dukung yang sangat rendah sehingga tidak mampu untuk memikul *Embankment*, juga melihat adanya kemungkinan tanah tersebut berpotensi likuifaksi, maka perlu dilakukan analisis potensi likuifaksi dan juga perbaikan kondisi tanah, dalam hal ini penulis mencoba untuk memodelkan pondasi Box dengan metode elemen hingga yakni dengan menggunakan program PLAXIS 3D FOUNDATION, yaitu untuk meneliti pengaruh penggunaan pondasi Box terhadap perilaku tanah dasar berupa tanah lunak yang berpotensi likuifaksi berdasarkan perpindahan maximum arah vertikal

(*settlement*) dan perpindahan total (*total displacement*) di program *PLAXIS 3D*.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dibahas:

1. Analisis potensi likuifaksi tanah di tanah rawa.
2. Pemodelan pondasi *Box* di tanah yang berpotensi likuifaksi di program *PLAXIS 3D*.
3. Analisis perpindahan maximum arah vertikal (*settlement*) dan perpindahan total (*total displacement*) di program *PLAXIS 3D*.

C. Batasan Penelitian

1. Pengambilan data seperti data tanah dan data gempa berupa data sekunder.
2. Lokasi penelitian hanya dilakukan di jalan tol Manado-Bitung STA 0+500.
3. Beban yang digunakan hanya berupa *Embankment* di lokasi penelitian.
4. Data yang ditinjau hanya berdasarkan data SPT.
5. Analisis potensi likuifaksi dengan cara mendapatkan nilai faktor keamanan dari hasil perbandingan CRR dan CSR.
6. Penampang pondasi yang digunakan dalam analisa dibatasi pada satu macam ukuran penampang.
7. Dimensi pondasi *Box* yang digunakan untuk pemodelan disesuaikan oleh peneliti.
8. Pemodelan yang akan dilakukan hanya setengah bagian dengan asumsi hasil yang akan didapatkan sama dengan setengah bagian lainnya.
9. Pemodelan hanya dilakukan dengan program *PLAXIS 3D*.
10. Analisis pada penelitian ini hanya berdasarkan perpindahan maximum arah vertikal (*settlement*)

dan perpindahan total (*total displacement*) di program *PLAXIS 3D*.

11. Analisis perpindahan maximum arah vertikal (*settlement*) dan perpindahan total (*total displacement*) hanya pada dua kondisi, yaitu sebelum dimodelkan pondasi *Box* dan sesudah dimodelkan pondasi *Box*

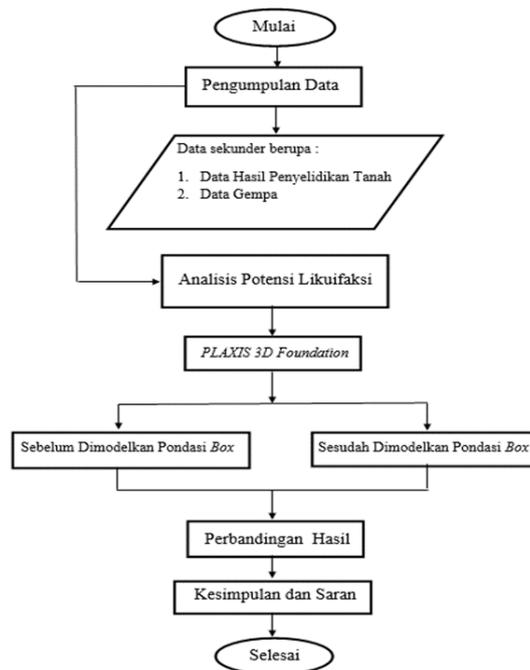
D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui potensi likuifaksi di tanah rawa yang ada di jalan tol Manado-Bitung.
2. Untuk mengetahui pemodelan Pondasi *Box* di program *PLAXIS 3D*.
3. Untuk mengetahui pengaruh tanah yang berpotensi likuifaksi terhadap pondasi *Box* dengan *Embankment* sebagai beban, berdasarkan perpindahan maximum arah vertikal (*settlement*) dan perpindahan total (*total displacement*) di program *PLAXIS 3D*.

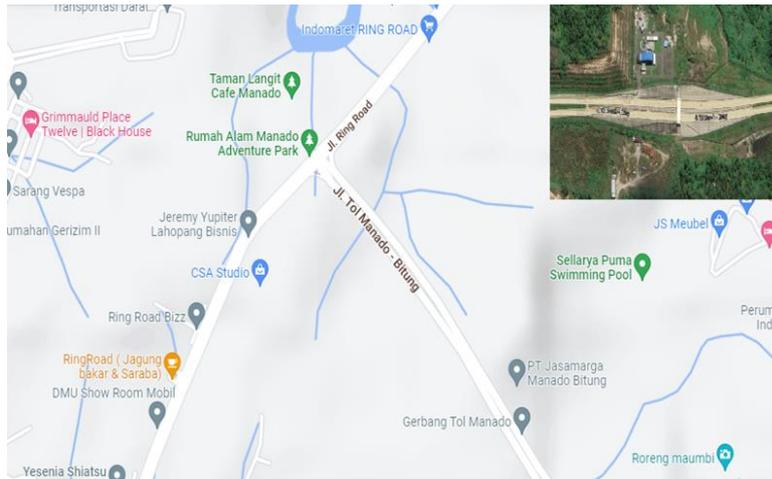
E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Diharapkan dapat membantu untuk mengetahui pemodelan pondasi *Box* di program *PLAXIS 3D*.
2. Mengetahui cara menganalisis potensi likuifaksi tanah.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan pondasi *box* di tanah
4. berpotensi likuifaksi berdasarkan perpindahan maximum arah vertikal (*settlement*) dan perpindahan total (*total displacement*) dengan menggunakan program *PLAXIS 3D*.
5. Sebagai referensi untuk penelitian dengan konsep yang serupa.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kota Manado yaitu pada proyek jalan Tol Manado-Bitung yang terletak pada Jl. Tol Manado-Bitung, Malendeng, Kecamatan Tikala. Lokasi dapat dilihat pada Gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Tanah

Data tanah yang dipakai untuk tanah asli adalah data tanah sekunder dari penelitian sebelumnya. Data tanah tersebut adalah data hasil dari pengujian Standard Penetration Test (SPT).

Hasil perhitungan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai standard penetrasi rata-rata berada di angka < 50. Berdasarkan klasifikasi jenis tanah yang

terdapat pada SNI 1726:2012 jenis tanah ini termasuk dalam jenis tanah sedang.

Dari grafik kurva gradasi di atas didapatkan nilai dari $D_{60} = 0.41606$ mm, $D_{30} = 0.24833$ mm, dan $D_{10} = 0.14937$ mm. Selanjutnya dihitung koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) dengan persamaan berikut.

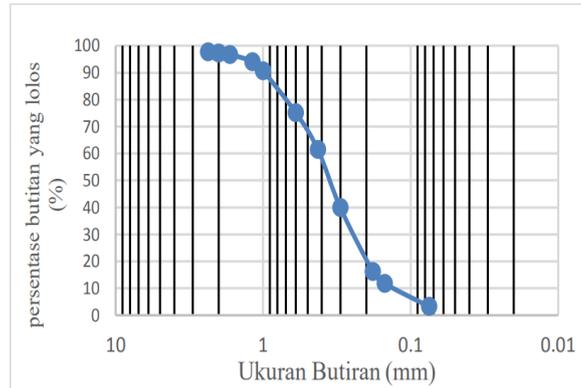
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,41606}{0,14937} = 2,78538 < 6,0$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0,24833^2}{0,41606 \times 0,14937} = 0,99231 \approx 1,000$$

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berpasir dengan gradasi buruk. Persentasi jenis tanah ditampilkan pada Tabel 1.

TABEL 1
Data Hasil Pengujian SPT

Kedalaman (m)	N-SPT	N-SPT
1.50	2	Sandy Silt
3.00	4	Sandy Silt
4.50	5	Sandy Silt
6.00	7	Sandy Silt
7.50	13	Sandy Silt
9.00	16	Sandy Silt
10.50	28	Sandy Silt
12.00	36	Sandy Silt
13.50	38	Sandy Silt
15.00	60	Sandy Silt
16.50	60	Sandy Silt
18.00	60	Sandy Silt
20.00	60	Sandy Silt



Gambar 3. Grafik Kurva Gradasi ukuran Butir Tanah

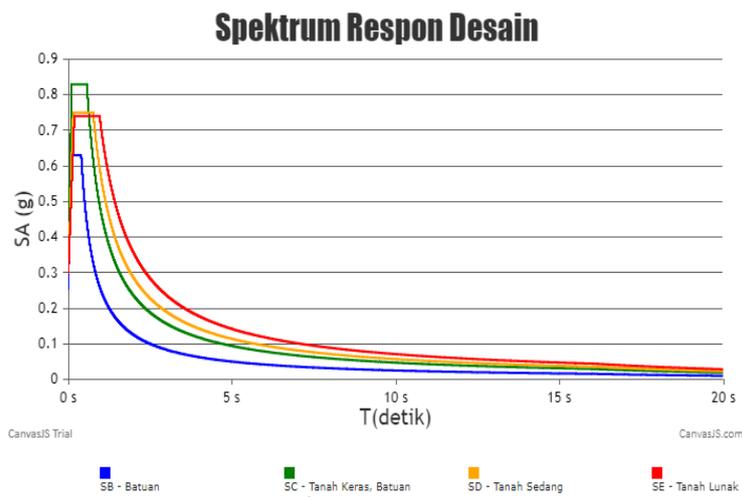
TABEL 2
Persentase Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Persentase (%)
1	Kerikil	2.77
2	Pasir Sedang	35.80
3	Pasir Halus	58.20
4	Lanau	3.23

B. Data Gempa

Pengambilan data percepatan gempa dipermukaan diambil di website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. Dengan memasukan koordinat (Lintang : 1.47250537, Bujur : 124.89610590) di kolom pengisian koordinat

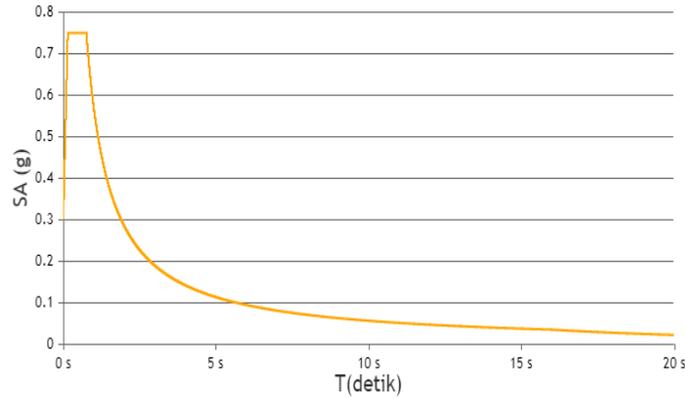
yang akan muncul di dalam website, maka akan didapatkan lokasi dan juga akan didapatkan hasil percepatan gempa yang ada di titik tersebut. Berikut data percepatan gempa (amax) yang didapatkan dari data Puskim.



Gambar 4. Grafik Percepatan Gempa di Tol Manado-Bitung <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

Berdasarkan data percepatan gempa yang ada di gambar 4, diambil nilai percepatan gempa pada tanah sedang, maka akan didapatkan hubungan antara

periode gempa dengan percepatan max gempa pada permukaan tanah sehingga bisa dilihat angka maksimumnya.



Gambar 5. Grafik Percepatan Gempa Horizontal di Permukaan vs. Periode Gempa di Tol Manado-Bitung <http://rsa.ciptakarva.pu.go.id/2021/>

Percepatan gempa di permukaan (a_{max}) pada tanah sedang dapat dilihat angka maksimumnya terletak pada periode 0,158 sampai 0,754, sehingga akan mendapatkan nilai percepatan puncak gempa di permukaan tanah sekitar 0,75 gal (g).

C. Analisis Potensi Likuifaksi

1. Menghitung Nilai *Cyclics Stress Ratio* (CSR), hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 5
2. Menghitung Nilai *Cyclics Resistance Ratio* (CRR), hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 10.

TABEL 3
Perhitungan Nilai Tegangan Vertikal Total dan Tegangan Vertikal Efektif

Layer	Depth	γ_{sat} (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	μ	σ'_v (kN/m ²)
1	1.5	13	19.5	14.715	4.785
2	3	15.5	46.5	29.43	17.07
3	4.5	15.8	71.1	44.145	26.955
4	6	16.3	97.8	58.86	38.94
5	7.5	18.3	137.25	73.575	63.675
6	9	18.5	166.5	88.29	78.21
7	10.5	19	199.5	103.005	96.495
8	12	20.8	249.6	117.72	131.88
9	13.5	21.3	287.55	132.435	155.115
10	15	23	345	147.15	197.85
11	16.5	23	379.5	161.865	217.635
12	18	23	414	176.58	237.42
13	20	23	460	196.2	263.8

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 4
Perhitungan Nilai Koefisien Tegangan Reduksi

α	β	r_d
-0.05117	0.006187	0.99524178
-0.13389	0.015413	0.98187542
-0.23094	0.026238	0.96642118
-0.34075	0.038472	0.94912733
-0.46153	0.051899	0.93026287
-0.59129	0.06628	0.91011111
-0.72792	0.081363	0.88896329
-0.8692	0.096881	0.86711254
-1.0128	0.11256	0.84484836
-1.15639	0.128123	0.82245177
-1.29762	0.143296	0.80019118
-1.43419	0.15781	0.77831923
-1.60519	0.175697	0.7501636

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 5
Perhitungan nilai *Cyclics Stress Ratio* (CSR)

Lapisan	Kedalaman (m)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	a_{max} (m/s ²)	rd	CSR
1	1.5	19.5	4.785	0.75	0.99524178	0.20155189
2	3	46.5	17.07	0.75	0.98187542	0.13291728
3	4.5	71.1	26.955	0.75	0.96642118	0.12667833
4	6	97.8	38.94	0.75	0.94912733	0.11846035
5	7.5	137.25	63.675	0.75	0.93026287	0.09964481
6	9	166.5	78.21	0.75	0.91011111	0.09628353
7	10.5	199.5	96.495	0.75	0.88896329	0.09133296
8	12	249.6	131.88	0.75	0.86711254	0.08155427
9	13.5	287.55	155.115	0.75	0.84484836	0.07782945
10	15	345	197.85	0.75	0.82245177	0.07126874
11	16.5	379.5	217.635	0.75	0.80019118	0.06933977
12	18	414	237.42	0.75	0.77831923	0.06744448
13	20	460	263.8	0.75	0.7501636	0.06500468

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 6
Nilai N-SPT yang dikoreksi 60 % *Efisiensi Energy*

Kedalaman (m)	N-SPT	Koreksi N-SPT				N60
		CE	CB	CR	CS	
1.5	2	0.85	1	0.85	1	2.40833333
3	4	0.85	1	0.85	1	4.81666667
4.5	5	0.85	1	0.85	1	6.02083333
6	7	0.85	1	0.85	1	8.42916667
7.5	13	0.85	1	0.85	1	15.6541667
9	16	0.85	1	0.85	1	19.2666667
10.5	28	0.85	1	0.85	1	33.7166667
12	36	0.85	1	0.85	1	43.35
13.5	38	0.85	1	0.85	1	45.7583333
15	60	0.85	1	0.85	1	72.25
16.5	60	0.85	1	0.85	1	72.25
18	60	0.85	1	0.85	1	72.25
20	60	0.85	1	0.85	1	72.25

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 7
Nilai (N1)60 Yang Dikoreksi Tegangan Overburden (CN)

CN	N60	(N1)60
1.76303242	2.408333	4.24597
1.60501933	4.816667	7.730843
1.49705692	6.020833	9.01353
1.38417013	8.429167	11.6674
1.1977678	15.65417	18.75006
1.10993391	19.26667	21.38473
1.01618975	33.71667	34.26253
0.87343179	43.35	37.86327
0.79966559	45.75833	36.59136
0.69215039	72.25	50.00787
0.65159122	72.25	47.07747
0.61552235	72.25	44.47149
0.57321522	72.25	41.4148

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 8
Perhitungan Nilai (N1)60cs

α	β	(N1)60cs
0	1	4.24597
0	1	7.730843
0	1	9.01353
0	1	11.6674
0	1	18.75006
0	1	21.38473
0	1	34.26253
0	1	37.86327
0	1	36.59136
0	1	50.00787
0	1	47.07747
0	1	44.47149
0	1	41.4148

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 9
Hasil perhitungan MSF Dengan Variasi Gempa

Menghitung Nilai MSF			
MSF7	MSF7.3	MSF7.8	MSF8
1.14104021	1.05440174	0.92369109	0.87581345

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 10
Perhitungan Nilai $K\sigma$ Dan Nilai CRR dengan $M_w = 7.0$, $M_w = 7.3$, $M_w = 7.8$, $M_w = 8.0$

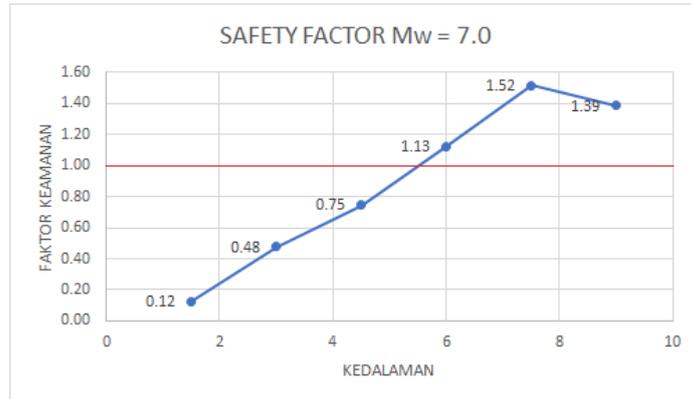
Menghitung CRR							
Depth	CRR7.5	f	$K\sigma$	CRR7.0	CRR7.3	CRR7.8	CRR8.0
1.5	0.08172982	0.804463	0.268447	0.02503461	0.023133748	0.02026593	0.01921549
3	0.10109628	0.782682	0.549188	0.063351581	0.058541336	0.05128416	0.04862595
4.5	0.10783047	0.774665	0.767801	0.094469354	0.087296355	0.07647452	0.07251062
6	0.11892001	0.758079	0.983277	0.133423394	0.12329264	0.10800846	0.10241007
7.5	0.10576772	0.713812	1.253597	0.151290648	0.139803244	0.1224723	0.1161242
9	0.08200405	0.697345	1.426929	0.133517589	0.123379682	0.10808472	0.10248237

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 11
Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa $M_w = 7.0$

Menghitung Safety Factor (SF) $M_w=7.0$			
Layer	Depth	FS	Keterangan
1	1.5	0.12	Likuifaksi
2	3	0.48	Likuifaksi
3	4.5	0.75	Likuifaksi
4	6	1.13	Tidak Likuifaksi
5	7.5	1.52	Tidak Likuifaksi
6	9	1.39	Tidak Likuifaksi

Sumber: Hasil Analisis

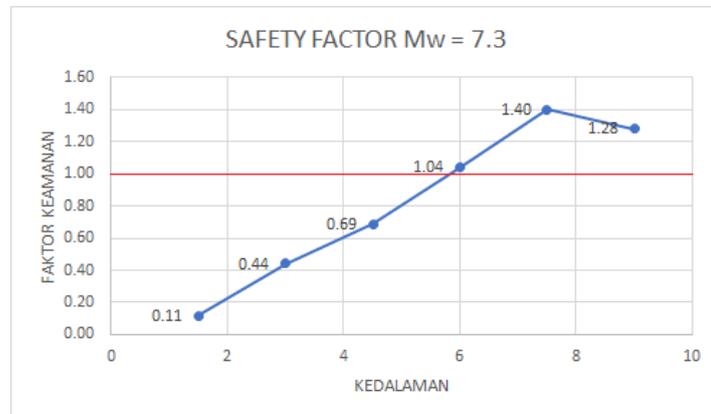


Gambar 6. Zona Potensi Likuifaksi Pada Mw = 7.0

TABEL 12
Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa Mw = 7.3

Menghitung Safety Factor (SF) Mw=7.3			
Layer	Depth	FS	Keterangan
1	1.5	0.11	Likuifaksi
2	3	0.44	Likuifaksi
3	4.5	0.69	Likuifaksi
4	6	1.04	Tidak Likuifaksi
5	7.5	1.40	Tidak Likuifaksi
6	9	1.28	Tidak Likuifaksi

Sumber: Hasil Analisis

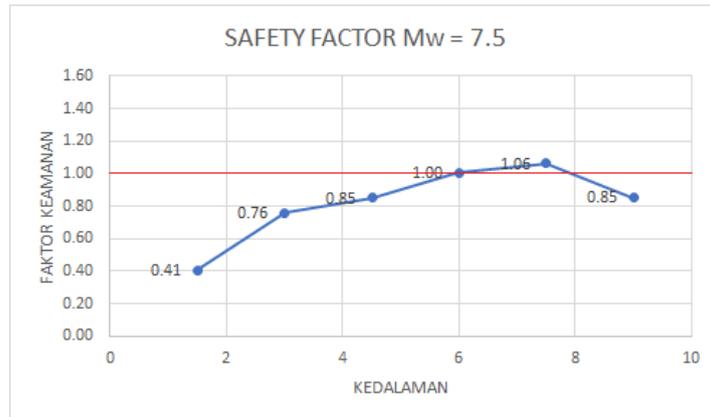


Gambar 7. Zona Potensi Likuifaksi Pada Mw = 7.3

TABEL 13
Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa Mw = 7.5

Menghitung Safety Factor (SF) Mw=7.5			
Layer	Depth	FS	Keterangan
1	1.5	0.41	Likuifaksi
2	3	0.76	Likuifaksi
3	4.5	0.85	Likuifaksi
4	6	1.00	Kritis
5	7.5	1.06	Tidak Likuifaksi
6	9	0.85	Likuifaksi

Sumber: Hasil Analisis

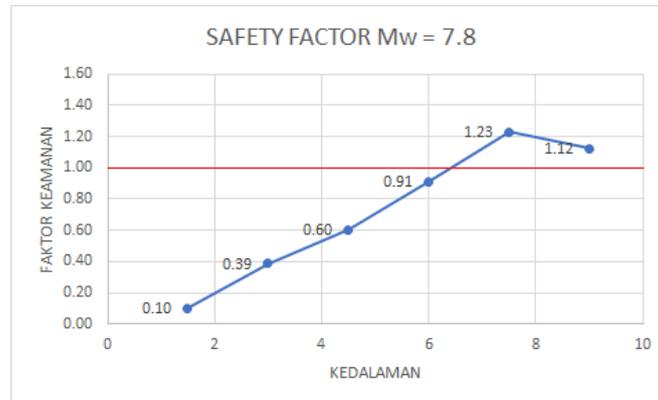


Gambar 8. Zona Potensi Likuifaksi Pada Mw = 7.5

TABEL 14
Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa Mw = 7.8

Menghitung Safety Factor (SF) Mw=7.8			
Layer	Depth	FS	Keterangan
1	1.5	0.10	Likuifaksi
2	3	0.39	Likuifaksi
3	4.5	0.60	Likuifaksi
4	6	0.91	Likuifaksi
5	7.5	1.23	Tidak Likuifaksi
6	9	1.12	Tidak Likuifaksi

Sumber: Hasil Analisis

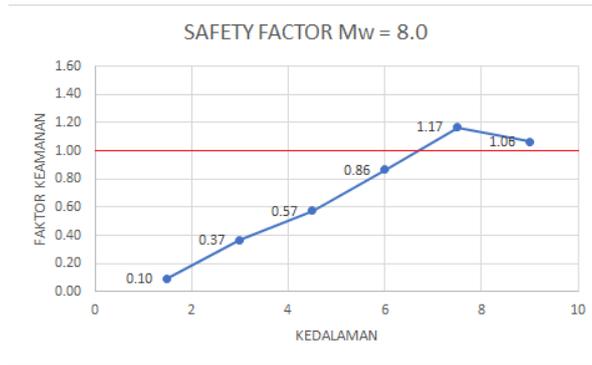


Gambar 9. Zona Potensi Likuifaksi Pada Mw = 7.8

TABEL 15
Perhitungan Faktor Keamanan Pada Skala Gempa Mw = 8.0

Menghitung Safety Factor (SF) Mw=8.0			
Layer	Depth	FS	Keterangan
1	1.5	0.10	Likuifaksi
2	3	0.37	Likuifaksi
3	4.5	0.57	Likuifaksi
4	6	0.86	Likuifaksi
5	7.5	1.17	Tidak Likuifaksi
6	9	1.06	Tidak Likuifaksi

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 10. Zona Potensi Likuifaksi Pada Mw = 8.0

D. Komputasi dengan PLAXIS 3D

1. Input Data

Dalam pemodelan diperlukan data – data parameter tanah asli, pondasi, dan *Embankment* yang akan di input ke dalam data material di program *PLAXIS 3D FOUNDATION*. Adapun paramater tanah dan pondasi yang telah dikorelasikan ditampilkan pada Tabel 16.

2. Hasil Output

Hasil yang telah didapatkan dari kalkulasi dan peninjauan yang telah dilakukan di program *PLAXIS 3D FOUNDATION* ditunjukkan pada Gambar 11. Pada pemodelan tanpa pondasi *Box* di dapatkan hasil total displacement atau perpindahan total sebesar 34,96 m.

Pada pemodelan dengan pondasi *Box* di dapatkan hasil *total displacement* atau perpindahan total sebesar

0,303 m (Gambar 12). Pada pemodelan tanpa pondasi *Box* didapatkan hasil perpindahan maximum arah vertikal atau penurunan sebesar 23,2 m (Gambar 13).

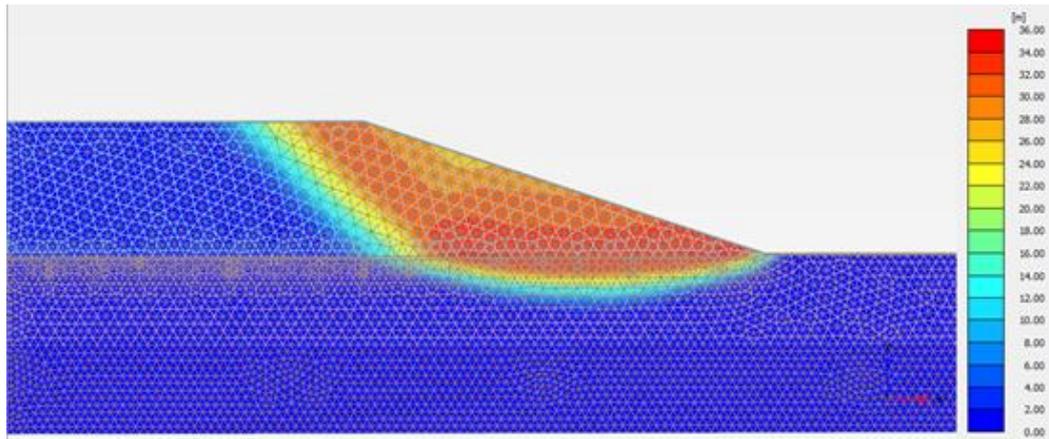
Pemodelan dengan pondasi *Box* di dapatkan hasil perpindahan maximum arah vertikal atau penurunan sebesar 0,256 m (Gambar 14).

E. Hasil Analisis

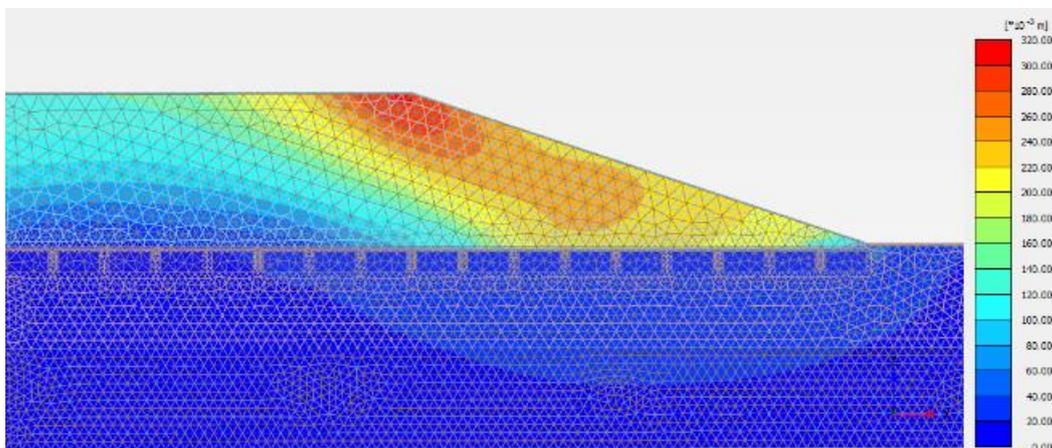
Setelah didapatkan hasil output perhitungan di program *PLAXIS 3D FOUNDATION*, maka dapat dilihat pengaruh penggunaan pondasi *Box* terhadap perilaku tanah dasar (tanah berpotensi likuifaksi) sebelum dan sesudah dimodelkan pondasi *Box*, yang ditinjau berdasarkan perpindahan maximum arah vertikal (penurunan).

TABEL 16
Parameter Tanah Asli, Pondasi dan *Embankment* yang Digunakan untuk Input Material Pada Program *PLAXIS 3D*

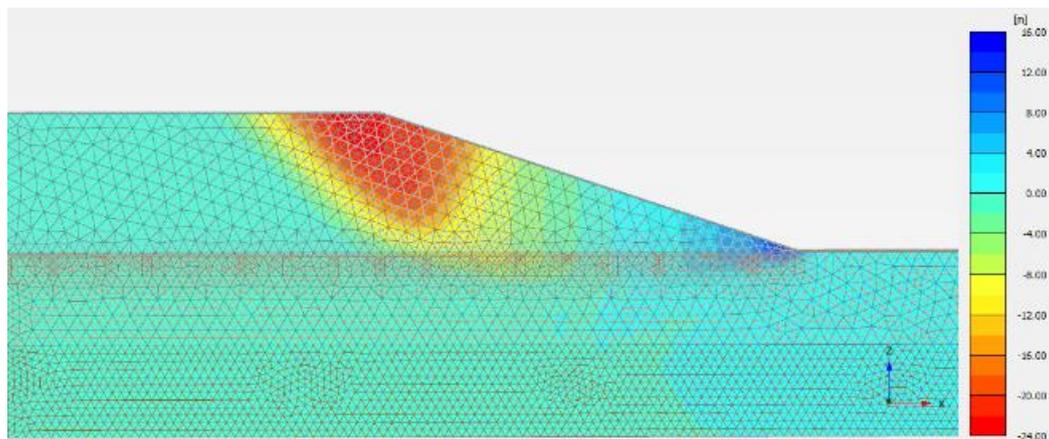
Parameter	Name	Tanah (Sandy Silt) (z = 1 - 10 m)	Tanah (Sandy Silt) (z = 10 - 15m)	Pondasi	Embankment	Unit
General						
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Linear Elastic	Hardening Soil	-
Drainage Type	Type	Undrained A	Undrained A	Non-porous	Drained	-
Unit weight above phreatic level	yunsat	15,5	19		16	kN/m ³
Unit weight below phreatic level	ysat	17,5	21	-	19	kN/m ³
Parameters						
Young's Modulus	E	8207	37424	20487000	25000	kN/m ²
Poisson's Ratio	v	1.5	1.5	0.2	-	-
Cohesion	C	3.8	15	-	0.8	kN/m ²
Friction Angle	φ	29	30	-	24	°
Dilatancy Angle	ψ	0	0	-	0	°
Initial						
Ko Determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	-
Lateral earth pressure coefficient	Ko	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	-



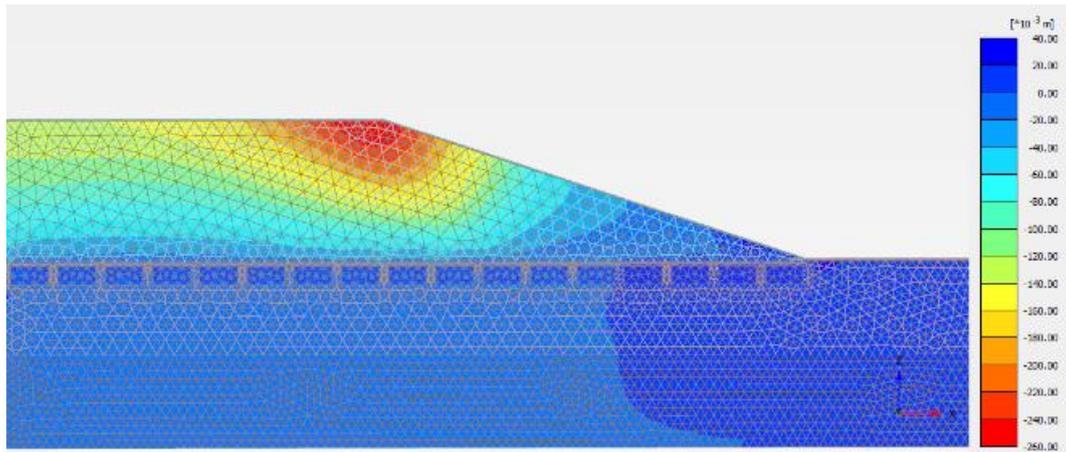
Gambar 11. Total Displacement Sebelum Dimodelkan Pondasi Box



Gambar 12. Total Displacement Sesudah Dimodelkan Pondasi Box



Gambar 13. Penurunan Sebelum Dimodelkan Pondasi Box



Gambar 14. Penurunan Sesudah Dimodelkan Pondasi Box

TABEL 17
Hasil Output *PLAXIS 3D FOUNDATION*

Displacement	Sebelum Dimodelkan Pondasi Box	Sesudah Dimodelkan Pondasi Box	Selisih	Persentase (%)
	Value (m)	Value (m)		
Penurunan (Settlement), U_z	23.20	0.256	22.944	98.90
Total Displacement, I_{ul}	34.96	0.303	34.657	99.13

Sumber: Hasil Analisis

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis potensi likuifaksi dan pemodelan pondasi *Box* di tanah yang berpotensi likuifaksi di program *PLAXIS 3D FOUNDATION*, maka didapat kesimpulan, yaitu:

1. Dari hasil analisis potensi likuifaksi dapat disimpulkan bahwa, terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah di kedalaman 1,5m – 4,5m untuk variasi gempa $M_w = 7.0$ dan $M_w = 7.3$, untuk variasi gempa $M_w = 7.5$ terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1,5m – 4,5m dan lapisan tanah di kedalaman 9m dan kondisi kritis di kedalaman lapisan 6m, untuk $M_w = 7.8$ dan $M_w = 8.0$ terjadi potensi likuifaksi di kedalaman lapisan 1,5m – 6m.
2. Dari hasil output pemodelan pondasi *Box* di tanah berpotensi likuifaksi dengan beban embankment, didapatkan hasil penurunan dan perpindahan total yang lebih kecil dibandingkan sebelum dimodelkan pondasi *Box*, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan pondasi *Box* di tanah berpotensi likuifaksi berpengaruh untuk memperkecil penurunan (settlement) dan perpindahan total (total displacement).

B. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan mengenai penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya uji laboratorium untuk mendapatkan sifat fisis dan parameter tanah yang lebih akurat.

2. Dapat dilakukan perbandingan dengan cara analisis statis.
3. Dapat dilakukan perbandingan dengan beberapa aplikasi lainnya, seperti *GEO5 FeM*, *RS2 2D*, dsb.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai stabilitas dan daya dukung di pemodelan lainnya dengan *PLAXIS 3D*.

KUTIPAN

- [1] Christady, H. (2002). *Mekanika Tanah Jilid 1*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [2] Darwis, H. (2018). *Dasar-dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Pena Indis.
- [3] Das, B. M. (2007). *Principles of geotechnical engineering / Braja M. Das*. Retrieved 2 25, 2019.
- [4] Gouw, T. L. (2014). *Dasar Teori & Aplikasi Analisa 3 Dimensi Dalam Plaxis 3D*. Jakarta: GTL.
- [5] Gunawan, W. N., Manoppo, F. J., & Sarajar, A. N. (2018). Analisis Stabilitas Tanah Rawa Terhadap Embankment Jalan Tol Manado Bitung Dengan Menggunakan Semen yang dipadukan dengan Abu Terbang (FLY ASH). *Jurnal Sipil Statik*, 6(3).
- [6] Hasmar, H. H. (2013). *Dinamika Tanah & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: UII Press Yogyakarta.
- [7] Idriss, I. M., and R. W. Boulanger. (2008). *Soil Liquefaction During Earthquakes*. Earthquake engineering Research Institute. Engineering Research Institute.
- [8] Lestari, M. I., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Kestabilan Tanah Timbunan (Embankment) Pada

- Tanah Rawa Dengan Menggunakan Bambu (Studi Kasus: Jalan Toll Manado-Bitung). *JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING*, 8(2).
- [9] Manoppo, C. J., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. (2017). Analisis Perkuatan Tanah dengan Metode Sand Compaction Pile Pada Tanah Rawa (Studi Kasus: Jalan Tol Manado Bitung Sulut). *Jurnal Sipil Statik*, 5(6).
- [10] Nasional, B. S. (2008). SNI 4153: 2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Badan Standarisasi Nasional.
- [11] Nasional, B. S. (2017). SNI 8460: 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional, 1-323.
- [12] Prilia, R., Manoppo, F. J., & Manaroinsong, L. D. (2021). Analisis Fondasi Tiang Bor Dengan PLAXIS 3D (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fakultas Teknik Unsrat Jurusan Sipil). *TEKNO*, 19(78).
- [13] Rompas, M. L. T., Manoppo, F. J., & Ticoh, J. H. (2020). IJUK UNTUK MENGENDALIKAN TANAH BERPOTENSI LIKUIFAKSI PADA STRUKTUR GEDUNG BANGUNAN AKIBAT GEMPA. *JURNAL SIPIL STATIK*, 8(3).
- [14] Sorongan, C. D., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2018). Analisa Pile Slab Pada Tanah Rawa (Jalan Tol Manado-Bitung). *TEKNO*, 16(70).
- [15] Surendro, B. (2014). Mekanika Tanah Teori, Soal dan Penyelesaian. Magelang: ANDI Yogyakarta.
- [16] Tandaju, C. A. V., Manoppo, F. J., & Ticoh, J. H. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi (Studi Kasus: Pltu Area Gorontalo). *Jurnal Sipil Statik*, 7(9).
- [17] Umum, Kementerian Pekerjaan. "Peta Hazard Gempa Indonesia 2010." Jakarta, Juli (2010).
- [18] Umum, K. P., & Rakyat, P. (2019). Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- [19] Warouw, A. G. D., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi dengan Menggunakan Nilai SPT. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11).