

EVALUASI STABILITAS DAN DEFORMASI GALIAN DALAM AKIBAT GEMPA MENGGUNAKAN METODE ELEME HINGGA

ALIYYA DWI PADHILAH MADJID¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: aliyya.dwi@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Galian dalam adalah proses penggalian tanah hingga kedalaman lebih dari 3 meter, yang dapat menyebabkan deformasi pada struktur bangunan di sekitarnya akibat pergerakan tanah, berpotensi menyebabkan bangunan menjadi miring. Gempa bumi adalah salah satu bencana alam yang dapat meruntuhkan bangunan karena getaran yang menggerakkan tanah, lantai, dan fondasi. Metode elemen hingga sering digunakan dalam analisis galian dalam karena keakuratannya yang lebih tinggi dibandingkan metode empiris. Dalam penelitian ini, galian dalam dimodelkan dengan beban gempa dan variasi diaphragm wall 20, 30, dan 50 meter, baik menggunakan angkur maupun tidak. Hasilnya menunjukkan bahwa persentase penurunan bervariasi tergantung pada panjang diaphragm wall dan penggunaan angkur, baik dengan atau tanpa beban gempa. Beban dinamis meningkatkan perpindahan vertikal tanah, mempengaruhi stabilitas galian dalam. Penggunaan angkur terbukti meningkatkan stabilitas dengan mengurangi deformasi dibandingkan tanpa angkur. Beban gedung juga berkontribusi terhadap deformasi tanah, yang dapat memperburuk kondisi.

Kata kunci: *Galian Dalam, Gempa Bumi, Plaxis 2D, Deformasi, Stabilitas*

1. PENDAHULUAN

Galian dalam merupakan proses penggalian atau pengerukan tanah yang dilakukan hingga kedalaman 3 m atau lebih. (Dinakar dan Prasar, 2013). Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi dari dalam perut bumi secara tiba-tiba, sehingga menciptakan gelombang seismik, yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Faktor beban gempa perlu diperhitungkan dalam merancang suatu konstruksi. Walau biasanya beban gempa

hanya diperhitungkan di struktur bagian atas saja. Tanah menjadi bagian penting dari bangunan infrastruktur karena kekuatan bangunan tergantung pada daya dukung tanah. Salah satu dampak dari gempa bumi ini adalah deformasi tanah maupun deformasi struktural. Deformasi terjadi saat guncangan gempa dapat menyebabkan tanah bergerak atau bergeser, dimana berupa retakan, geseran, atau bahkan keruntuhan bangunan secara keseluruhan. Metode elemen hingga dapat menyimulasikan faktor-faktor tersebut dan hasil dari analisis tersebut cukup akurat dibandingkan dengan rumus stabilitas yang sederhana dan metode empiris lainnya. Oleh karena itu, metode elemen hingga telah dipakai pada beberapa analisis permasalahan galian dalam (Ou, 2016). Metode elemen hingga merupakan metode yang secara teori lengkap namun masih relatif sederhana dalam memodelkan perilaku tanah. (b dkk., 2002)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Galian

Galian merupakan bagian penting dari rekayasa pondasi. Contohnya, dalam konstruksi pondasi atau ruang bawah tanah gedung bertingkat, tangki minyak bawah tanah, kereta bawah tanah atau sistem angkutan cepat massal, dan lain lain. Galian dalam adalah proses penggalian atau pengerukan tanah yang dilakukan hingga kedalaman 3 m atau lebih. Galian dalam dapat diterapkan pada pekerjaan yang bersifat sementara dan/atau permanen dengan mempertimbangkan stabilitas yang dipengaruhi oleh sifat tanah/batuan. Terdapat beberapa metode penggalian yang umum digunakan yaitu, *Slope open cut method*, *cantilevered open cut method*, *braced excavation method*, *anchored excavation method*, *island excavation method*, dan *top-down construction method*.

2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi terbentuk oleh Bergeraknya batuan di sepanjang bidang patahan. Menurut Alfrerd Wegner (1915), Bahwa kerak bumi itu terdiri dari pelat pelat yang bergerak, pada awalnya sekitar 200 juta tahun yang lalu hanya terdiri dari satu pelat, yang lama kelamaan menjadi pecah. Pelat disini mengasumsikan patahan yang dimana di bumi terdapat patahan patahan. Namun biasanya terjadi karena adanya pergerakan secara tiba tiba oleh gerakan kerak bumi (pelat) di sepanjang bidang patahan (Abott, 2004).

2.3 Deformasi

Deformasi adalah perubahan kedudukan atau pergerakan titik secara absolut maupun relatif baik pada skala regional maupun lokal atau hanya pada sebagian kecil wilayah (Haqqi dkk., 2015). Deformasi tanah dapat berakibat pada beberapa kerusakan infrastruktur dan fasilitas lainnya.

2.4 Tanah Pasir

Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). Tanah non kohesif mempunyai sifat yaitu antar butiran lepas, hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Pasir dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (Sumpeni & Sagala, 2014). Tanah Pasir adalah tanah dengan partikel berukuran besar. Tanah ini terbentuk dari batuan-batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butiran besar dan kasar atau yang sering disebut dnegan kerikil. Tanah pasir memiliki kapasitas serat air yang rendah karena sebagian besar tersusun atas partikel berukuran 0,02 sampai 2 mm.

2.5 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan suatu material yang terdiri dari butiran – butiran tanah yang mengalami pelapukan secara kimiawi dan mekanis dalam jangka waktu yang lama dengan disertai oleh zat cair dan gas dimana zat cair dan gas tersebut mengisi rongga – rongga tanah yang kosong. Umumnya, tanah disebut sebagai pasir, kerikil, lanau ataupun lempung

bergantung kepada ukuran partikel yang paling dominan dalam tanah tersebut (DAS, B. M. 1998).

2.6 Ground Anchor

Menurut Xanthakos (1990) Komponen pada *ground anchor* meliputi *head anchor*, *free length anchor*, dan *bond length anchor* adalah bagian dari tendon yang dikelilingi oleh *grouting* (material semen) dimana gaya tarik dipindahkan ke tanah sekitar jangkar.

2.7 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan dimana kekuatan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri. Bangunan dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil akibat kondisi topografinya (Setiawan, 2011).

2.8 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan prosedur perhitungan yang dipakai untuk mendapatkan pendekatan dari permasalahan matematis yang sering muncul pada rekayasa teknik, inti dari metode tersebut adalah membuat persamaan matematis dengan berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan matematis dengan berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan.

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Numerik

Metode numerik yang digunakan menggunakan *software* PLAXIS 2D dengan menggunakan material *Hardening Soil*. Model *Hardening Soil* adalah model lanjutan untuk simulasi perilaku tanah. Sedangkan untuk model *Mohr-Coulomb*, kondisi batas tegangan dijelaskan melalui sudut gesekan, kohesi, c , dan sudut dilatasi. Namun, kekakuan tanah dijelaskan jauh lebih akurat dengan menggunakan tiga kekakuan masukan yang berbeda yaitu, kekakuan pembebanan triaksial, E_{50} , kekakuan bongkar triaksial, E_{ur} , dan kekakuan pembebanan oedometer, E_{oed} .

3.2 Data yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Data Gempa

Data beban gempa yang digunakan adalah data sekunder yang diambil dari *Peer Ground Motion data base*. Besaran gempa yang digunakan yaitu gempa di Koaceli dengan kekuatan 6.4 M dengan duras 40.94 detik dan memiliki percepatan maximum sebesar 0,00747 g atau 0,073345 m/s². *Boundary* yang digunakan yaitu *Free Field* dan untuk dasar tanah menunggunakan *Compliant Base*

2. Data Tanah

Parameter tanah yang digunakan merupakan data sekunder, data berasal dari jurnal Jurnal (*Asian Journal of Civil Engineering*, Ali Akhtarpot, Mahbubeh Martezae, *Dynamic Response of tall building next to deep excavation considering soil-structure interaction*, 2018

Tabel 1. 1 Parameter Tanah Lapis 1-5

Parameter	Simbol	Lapisan Tanah					Unit
		Pasir 1	Lempung 2	Pasir 3	Lempung 4	Pasir 5	
Material Model		Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Type of behavior	Tipe	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	-
Thickness		9,6	3	8	6	4,5	m
Unsaturated Weight	Ysat	20	19,7	20	19,5	18	kN/m
Drained Triaxial Test Stiffnes	Eref50	6200	7800	6200	7800	6200	kN/m
Drained Primary Oedometer Stiffnes	Erefoed	6200	7800	6200	7800	6200	kN/m
Unloading/Reloading Stiffnes	Eref ur	18400	23400	18400	23400	18400	kN/m
Young Modulus	E	-	-	-	-	-	KN/m
Power for Stress Dependent Stiffness	m	0,74	0,91	0,74	0,91	0,74	-
Cohesion	Cu	20	25	20	25	20	kN/m
Friction Angle	φ	34	28	36	20	35	°

Tabel 1. 2 Parameter Tanah Lapis 6-10

Parameter	Simbol	Lapisan Tanah						Unit
		Lempung 6	Pasir 7	Lempung 8	Pasir 9	Lempung 10	Bedrock	
Material Model		Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Linear Elastic	-
Type of behavior	Tipe	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	-
Thickness		11	1,5	4	2,5	1,5	1	m
Unsaturated Weight	Ysat	20	19,7	20	19,5	18	22	kN/m
Drained Triaxial Test Stiffnes	Eref50	7800	6200	7800	6200	7800	-	kN/m
Drained Primary Oedometer Stiffnes	Erefoed	7800	6200	7800	6200	7800	-	kN/m
Unloading/Reloading Stiffnes	Eref ur	23400	18400	23400	18400	23400	-	kN/m
Young Modulus	E	-	-	-	-	-	5000000	KN/m
Power for Stress Dependent Stiffness	m	0,91	0,74	0,91	0,74	0,91	-	-
Cohesion	Cu	25	20	25	20	25	-	kN/m
Friction Angle	φ	24	39	28	26	29	-	°

3. Data Angkur

Paramater angkur yang digunakan merupakan data sekunder, data berasal dari Jurnal (*Asian Journal of Civil Engineering*, Ali Akhtarpot, Mahbubeh Martezae, *Dynamic Response of tall building next to deep excavation considering soil-stucture interaction*, 2018). Dalam pemodelan, angkur diletakan didalam tanah. Berikut data angkur yang digunakan

Tabel 1. 3 Geometri dan Gaya Tarik Angkur

Baris	Baris Angkur	Panjang (m)	Bond length (m)	Gaya pasca Tarikan (N)x10 ⁴
1	A	18.5	9	73.58
2	B	16.5	8	58.86
3	C	15	8	58.86
4	D	14.5	8	58.86
5	E	13	8	58.86
6	F	12	8	58.86
7	G	11	8	58.86

4. Data Diaphragm Wall

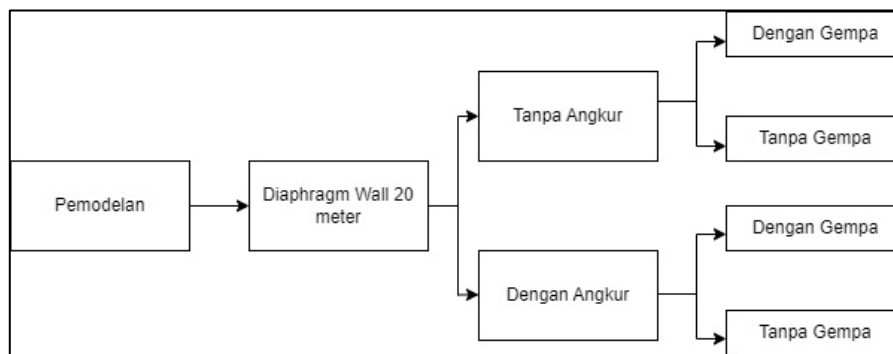
Paramater angkur yang digunakan merupakan data sekunder, data berasal dari Jurnal (*Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Donatella Sterpi, Adriana Angelotti, Omid Habibzadeh-Bigdarvish, Daniel Jalili, *Assessment of thermal behaviour of thermo-active diaphragm walls based on monitoring data*, 2018).

Tabel 1. 4 Data Parameter Diaphragm Wall

Diaphragm Wall	
Tebal (m)	Panjang (m)
0,5	20
0,5	30
0,5	50

3.2 Pemodelan dengan Plaxis 2D

Parameter tanah yang digunakan pada pemodelan ini adalah data pada tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Dengan soil model Hardening Soil. Untuk Tanah Lempung menggunakan material drain dan Tanah Pasir menggunakan material undrained A.



Gambar 1. 1 Skema Pemodelan

3.3 Hasil Analisis

Dari hasil pemodelan didapat hasil penurunan, arah horizontal, arah vertikal, total, dan nilai faktor keamanan. Terdapat hasil perbandingan arah horizontal dengan menggunakan angkur dan tanpa angkur. Dengan adanya gempa tanpa angkur pada arah horizontal nilai penurunannya semakin besar, ketika tanpa angkur adanya gempa nilai penurunannya kecil namun tidak sebesar adanya gempa pada *diaphragm wall* 20 meter. Ketika tanpa angkur dan tidak adanya beban gempa nilai penurunannya semakin besar pada *diaphragm wall* 20 meter. Persentase nilai penurunan total dengan menggunakan beban gempa pada diaphragm wall 20 meter, memiliki penurunan sebesar 88% dengan tanpa angkur dengan diaphragm wall 20 meter. Persentase nilai penurunan total dengan tidak menggunakan beban gempa pada diaphragm wall 20 meter, memiliki perbandingan sebesar 40% dibandingkan dengan tanpa angkur dengan diaphragm wall 20 meter. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1.5, Tabel 1.6, Tabel 1.7.

Tabel 1. 5 Hasil Rekapitulasi

Panjang	Kondisi		Penurunan Arah Vertikal (m)		Penurunan Arah Horizontal (m)		U (m)	Faktor Keamanan
			Min	Max	Min	Max		
20	Tanpa Angkur	Dengan Gempa	-1,175	-0,3701	-0,01539	0,2097	1,563	< 1
		Tidak Menggunakan Beban Gempa	-0,0194	0,02258	-0,1172	0,02172	0,1172	< 1
	Dengan Angkur	Dengan Gempa	-0,03681	0,060229	-0,01477	0,163	0,1816	1,852
		Tidak Menggunakan Beban Gempa	-0,03158	0,06339	-0,000437	0,1612	0,1709	1,898

Tabel 1. 6 Persentase Nilai Penurunan Menggunakan Gempa

Kedalaman Diaphragm Wall (m)	Menggunakan Gempa	I U I	%
20	Tanpa Angkur	1,5630	88%
	Dengan Angkur	0,1816	

Tabel 1. 7 Persentase Nilai Penurunan Tidak Menggunakan Gempa

Kedalaman Diaphragm Wall (m)	Tidak Menggunakan Beban Gempa	I U I	%
20	Tanpa Angkur	0,2850	40%
	Dengan Angkur	0,1709	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisi terhadap deformasi dan stabilitas akibat beban gempa dan penggunaan angkur dan variasi Diaphragm Wall pada galian dalam dapat disimpulkan Beban dinamis berpengaruh terhadap arah perpindahan tanah vertikal, ini berarti bahwa ketika terjadi gempa, pergerakan tanah secara vertikal dapat meningkat, yang mempengaruhi kestabilan galian dalam. Variasi panjang Diaphragm Wall dan angkur dapat berpengaruh dalam penurunan dan stabilitas tanah. Ketika Panjang Diaphragm Wall 20meter dengan menggunakan angkur dan dengan beban gempa penurunan tanah menurun sebesar 88%, Ketika Panjang Diaphragm Wall 20meter dengan tidak menggunakan angkur dan dengan beban gempa penurunan tanah menurun sebesar 40%.

DAFTAR RUJUKAN

- Abott, P.L. (2004). *Natural Disasters, 4th ed., McGraw Hill Higher Education, Boston, 460 p.*
- Ali Akhtarpour dan Mahbubeh Mortezaee (2018). *Dynamic Response of tall building next to deep excavation considering soil-structure interaction. Asian Journal Of Civil Engineering.*
- Alfred Wegener Book. (1915). *The Origin of Continents and Oceans*
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *the Foundation Engineering 2. PT. Second Edition, Beta Offset, Yogyakarta*
- Setiawan, H. (2011). *Perbandingan penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever dan gravitasi dengan variasi ketinggian lereng. Journal Teknik Sipil Dan Infrastruktur, 1(2).*
- Zienkiewicz dan Taylor (2000), *The Finite Element Method, Butterworth- Heinemann.*
- Xanthakos, P.P. (1991). *"Ground Anchors and Anchored Structures". John Wiley & Sons, New York*