

Analisa Deformasi Pondasi dan *Abutment* Jembatan Melalui *Small Scale Modelling* di Laboratorium

Analysis Foundation Deformation and Bridge Abutment Through Small Scale Modelling in The Laboratory.

Arief Alihudien¹ Amri Gunasti¹, Aditya Surya Manggala¹ Naylah Sofia Elmadjid^{1,2}

¹Program Studi Teknik Sipil/ Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Jember

²Email Korespondensi: naylahsofia1@gmail.com

Abstract

Jadugan Bridge, located in Puger Kulon District has soil characteristics in the form of sand known from the Cone Penetrometer Test (CPT). Based on the condition of the puger soil, at the time of the earthquake, an analysis of the foundation of buildings in the area is needed. To minimize the collapse of the foundation, one of the things that will be analyzed is the Jadugan bridge. The purpose of the study was to determine the deformation analysis of the well foundation (cyclops) using a small scale modeling shaking table and plaxis 2000 3d frame and find out the analysis of the carrying capacity of the foundation on the well foundation (Cyclops) using a shaking table. The research method uses shaking table tools as modeling and analysis of plaxis 2000 3d frames as a control of the analysis of research experiments in the laboratory. Based on the modeling results of the shaking table tool, vertical deformation results of 0.01 cm and lateral deformation of 0.02 cm were obtained. As for the analysis of Plaxis 2000 3d frame, vertical deformation results of 0.009 cm and lateral deformation of 0.003 cm were obtained. From the two modeling results, the deformation on the well foundation at the Jadugan Bridge, Puger District, is still safe to use for the load that works on it. For the carrying capacity of the well foundation at Jadugan Bridge, Puger District, it is safe to use because the ultimate load held by the foundation permit load (allowable) for the well foundation, which is 1122.0 > 1101.9 kN

Keywords: *well foundation, shaking table, plaxis 2000 3d frame, carrying capacity deformation.*

Abstrak

Jembatan Jadugan, terletak di Kecamatan Puger Kulon memiliki karakteristik tanah berupa pasir yang diketahui dari *Cone Penetrometer Test (CPT)*. Berdasarkan kondisi tanah puger tersebut maka pada saat gempa sangat diperlukan analisa terhadap pondasi bangunan yang berada di daerah tersebut. Untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan pondasi, salah satu yang akan dianalisa merupakan jembatan Jadugan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui analisa deformasi pada pondasi sumuran (*cyclops*) menggunakan *small scale modeling shaking table* dan *plaxis 2000 3d frame* dan mengetahui analisa daya dukung pondasi pada pondasi sumuran (*Cyclops*) menggunakan *shaking table*. Metode penelitian menggunakan alat *shaking table* sebagai pemodelan dan analisa *plaxis 2000 3d frame* sebagai kontrol dari analisa percobaan penelitian di laboratorium. Berdasarkan hasil permodelan alat *shaking table* didapatkan hasil *deformasi vertical* sebesar 0,01 cm dan *deformasi lateral* 0,02 cm. Sedangkan untuk analisa *Plaxis 2000 3d frame* didapatkan hasil *deformasi vertical* sebesar 0,009 cm dan *deformasi lateral* 0,003 cm. Dari kedua hasil permodelan maka deformasi pada pondasi sumuran di Jembatan Jadugan Kecamatan Puger masih aman digunakan untuk beban yang bekerja diatasnya. Untuk daya dukung pondasi sumuran di Jembatan Jadugan, Kecamatan Puger, aman digunakan karena beban ultimate yang ditahan oleh pondasi beban izin (*allowable*) untuk pondasi sumuran tersebut, yaitu sebesar 1122,0 > 1101,9 kN.

Kata Kunci: Pondasi Sumuran, *Shaking Table*, *Plaxis 2000 3d Frame*, Daya Dukung Deformasi

1. PENDAHULUAN

Bagian komponen dalam struktur jembatan salah satunya adalah pondasi. Dalam perancangan struktur pondasi jembatan sering

digunakan **pondasi dalam** berupa pondasi sumuran. Pondasi harus memenuhi standart daya dukung yang cukup. Untuk mendapatkan kapasitas yang nyata terhadap tanah tersebut

haruslah dilakukan test yang sesuai dengan karakteristik pasir yang ada.

Pondasi merupakan bagian paling bawah konstruksi bangunan. Pondasi memiliki peranan penting memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya yang ada di atasnya. Pondasi juga meneruskan beban kedalam tanah sampai kelapisan atau kedalaman tertentu.

Jembatan Jadugan, terletak di Kecamatan Puger Kulon, Kabupaten Jember. Studi ini bertujuan untuk mengetahui analisa deformasi pada pondasi sumuran (*cyclops*) menggunakan *small scale modeling shaking table* dan *plaxis 2000 3d frame* serta mengetahui analisa daya dukung pondasi pada pondasi sumuran (*Cyclops*) menggunakan *shaking table*. Karakteristik tanah didapat dari hasil *Cone Penetrometer Test (CPT)* yang dilaksanakan di lapangan.

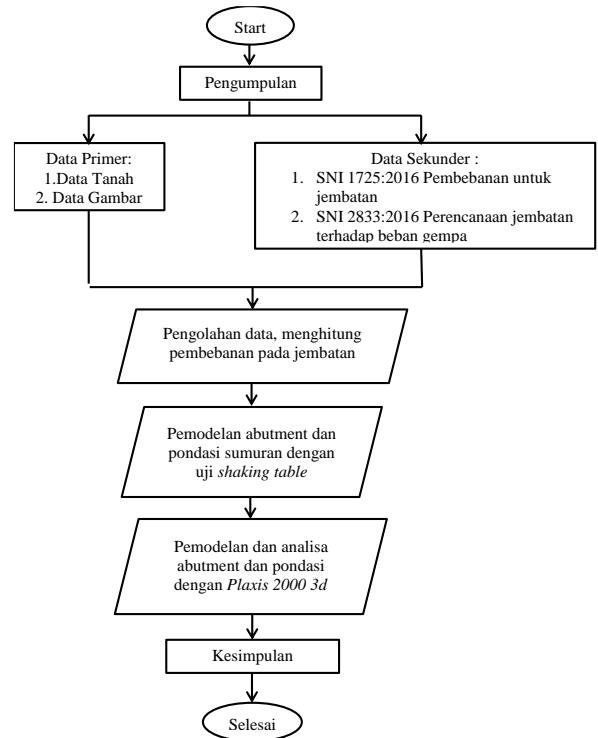
2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan studi terdapat beberapa data penunjang yang dibutuhkan untuk melakukan analisa perencanaan. Adapun data-data penunjang tersebut adalah sebagai berikut.

1. Data teknis struktur (Data Gambar dan Data Mutu)
2. Data tanah Uji Sondir (*Cone Penetrometer Test*)
3. Data tanah hasil uji di laboratorium.

Data yang telah didapat dilakukan pengolahan data dengan baik, Pengolahan data meliputi kegiatan pengakumulasian dilanjutkan dengan pengelompokan berdasarkan jenis data dan kemudian dilakukan secara analisis. Sedangkan analisa yang dilakukan dalah pada data :

1. Menghitung pembebanan struktur atas dengan bantam program Microsoft Excel dengan menggunakan data teknis struktur, gambar maupun mutu bahan
2. Perencanaan pemodelan struktur pondasi sumuran dengan menggunakan data teknis gamba dan data uji tanah Uji Sondir (*Cone Penetratipn Tes*).
3. Menghitung dan menganalisa stabilitas daya dukung pondasi dengan data tanah di laboratorium dengan batuan program *plaxis 2000 3d frame*.



Gambar 1. Diaram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Jembatan

Pembebanan pada jembatan jadugan ini menggunakan pedoman SNI 1725 : 2016 tentang pembebanan jembatan. Pembebanan ini terdiri dari, beban mati, beban hidup, serta beban dari lingkungan lainnya.

Perhitungan pembebanan pada jembatan ini digunakan untuk menentukan nilai beban yang akan digunakan untuk input beban pada *plaxis 3D frame* dan digunakan sebagai beban pada miniature jembatan yang akan diuji melalui pengujian *shaking table*.

Tabel 1. Hasil perhitungan pembebanan pada Jembatan Jadugan, Puger

Rekapitulasi Pembebanan			
No	Keterangan	Hasil	Satuan
1	Beban gelagar memanjang	89,03	kN
2	Beban gelagar melintang	17,03	kN
3	Berat stell deck	0,94	kN
4	Baut dan plat sambung	162,0	kN
5	Berat sendiri lantai beton	687,5	kN
6	Trotoar jembatan	137,5	kN
7	Berat aspal	332,7	kN

Rekapitulasi Pembebanan			
No	Keterangan	Hasil	Satuan
8	Berat genangan air	30,25	kN
9	Beban lajur "D"	377,3	kN
10	Beban Truk "T"	315,0	kN
11	Beban rem	4,92	kN
12	Beban angin	49,61	kN/m
Total		2203	kN/m

Sumber : Hasil Analisis 2021

BEBAN AKIBAT PENGARUH GEMPA

Berdasarkan data gempa yang diperoleh dari desain spectra Indonesia, didapatkan nilai sebagai berikut :

- PGA (percepatan tanah maksimum) = 0,401 g
- Ss parameter respons spektral 0,2 detik = 0,80 g
- S1 parameter respons spektral 1 detik = 0,33 g

Menurut nilai N_{spt} yang dihitung menggunakan spesifikasi tanah didapat klasifikasi site :

Klasifikasi Tanah

Menurut hasil sondir yang telah dilaksanakan, maka pengelompokan klasifikasi tanah menurut Mochtar, 2006 sebagai berikut, dapat dilihat pada table 2 :

Tabel 2. Hasil pengelompokan klasifikasi site

Lapis	Deskripsi Tanah	Tebal (m)	Kedalaman (m)	N SPT	t/N	t/N	$\sum N$	$N = 30 / \sum N$	Klasifikasi Site	
1	Batuan dan Pasir	0,4	0,0	0	0				4,977 < 15 Termasuk Tanah Lunak	
			0,2	3,13	0,13	0,104				
			0,4	5,00	0,08					
2	Lempung kepasiran	1	0,6	0,42	2,40		6,02	4,977		
			0,8	1,00	1,00					
			1,0	1,35	0,74	1,313				
			1,2	1,21	0,82					
3	Lanau Kelempungan	0,2	1,4	0,63	1,60					
			1,8	1,25	0,48					
4	Lempung kepasiran	0,6	2,0	1,07	0,56	0,547				
			2,2	1,00	0,60					

Sumber: Hasil Analisis 2021

Analisa Getaran Pada Shaking Table

Berdasarkan respon spectra gempa yang telah dianalisa maka didapat *respon spectra* rencana senilai 0,91, maka korelasi antara respon spectra rencana dengan getaran *respon spectra*

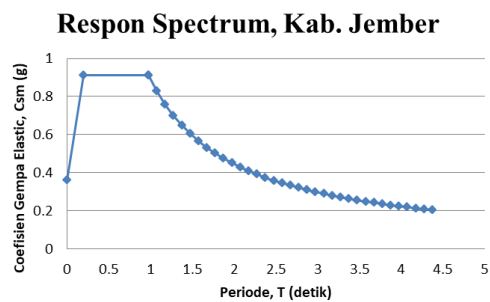
$$\bar{N} = 4,977$$

$$\bar{N} < 15$$

4,977 < 15 termasuk tanah lunak

Untuk hasil dari pembuatan grafik respon spectra rencana, didapatkan Koefisien percepatan puncak muka tanah sebesar 0,3609 g. Nilai spectra permukaan tanah pada periode 0,2 detik. sebesar 0,913g. Priode sebesar 0,97dtk

Grafik 1 . Grafik *respon spectra* rencana



Sumber: Hasil Analisis 2021

meja getar harus sama. Maka sebelum pengujian pada alat *shaking table* perlu dicari dengan bantuan alat pencatat getaran (*accelometer*) yang hasilnya dapat dilihat melalui computer yang berupa grafik atau disebut *accelerograph*.

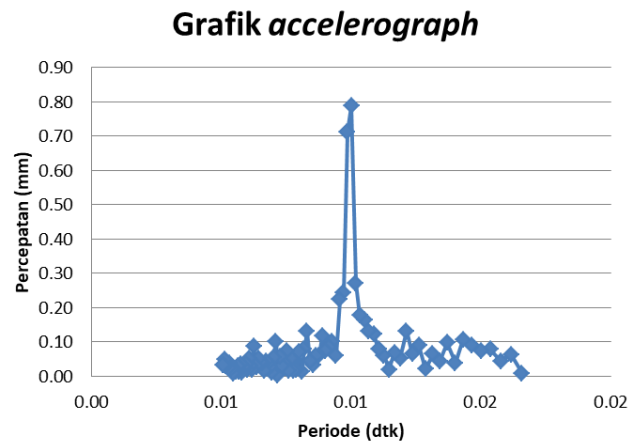
Tabel 3. Perhitungan pembacaan *accelometer*

A		Periode (T)		ϕ		a_{max}	
		frekuensi	1/f	X	Percepatan		
mm	mm	Hz	dtk		mm	mm/s ²	g
67,59	0,01	60,32	0,02	0,08	0,01	0,01	0,0010
69,59	0,01	61,91	0,02	0,61	0,06	0,07	0,0071
71,59	0,01	63,49	0,02	0,43	0,04	0,05	0,0051
73,59	0,01	65,08	0,02	0,77	0,08	0,09	0,0090
75,59	0,01	66,67	0,01	0,71	0,07	0,08	0,0084
77,59	0,01	68,26	0,01	0,88	0,09	0,10	0,0104
79,59	0,01	69,84	0,01	1,04	0,11	0,12	0,0123
81,59	0,01	71,43	0,01	0,37	0,04	0,04	0,0044
83,59	0,01	73,02	0,01	0,96	0,10	0,11	0,0114
85,59	0,01	74,60	0,01	0,42	0,04	0,05	0,0050
87,59	0,01	76,19	0,01	0,63	0,06	0,07	0,0075
89,59	0,01	77,78	0,01	0,19	0,02	0,02	0,0023
91,59	0,01	79,37	0,01	0,88	0,09	0,10	0,0105
93,59	0,01	80,95	0,01	0,63	0,06	0,07	0,0075
95,59	0,01	82,54	0,01	1,29	0,13	0,15	0,0155
97,59	0,01	84,13	0,01	0,50	0,05	0,06	0,0061
99,59	0,01	85,72	0,01	0,66	0,07	0,08	0,0080
101,59	0,01	87,30	0,01	0,19	0,02	0,02	0,0023
103,59	0,01	88,89	0,01	0,59	0,06	0,07	0,0072
105,59	0,01	90,48	0,01	0,77	0,08	0,09	0,0093
107,59	0,01	92,06	0,01	1,19	0,12	0,14	0,0145
109,59	0,01	93,65	0,01	1,27	0,13	0,15	0,0155
111,59	0,01	95,24	0,01	1,61	0,16	0,19	0,0196
113,59	0,01	96,83	0,01	1,74	0,18	0,21	0,0212
115,59	0,01	98,41	0,01	2,65	0,27	0,32	0,0323
117,59	0,01	100,00	0,01	7,73	0,79	0,93	0,0944
119,59	0,01	101,59	0,01	6,99	0,71	0,84	0,0854
121,59	0,01	103,18	0,01	2,37	0,24	0,28	0,0290

Sumber: Hasil Analisis 2021

Dari tabel 2 diatas maka dapat di gambarkan grafik *acceleograph* seperti di grafik 2

Grafik 2 . Grafik pembacaan *accelerograph*

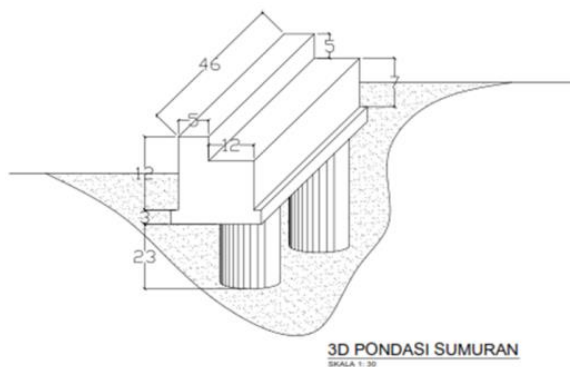


Sumber: Hasil Analisis 2021

Dapat disimpulkan bahwa pada grafik 2 percepatan diperoleh nilai 0,80 mm/dtk. Dan nilai tersebut sama dengan respon spectra gempa Puger.

Ukuran Miniature Abutment

Pemodelan abutment dilakukan dengan skala 1 : 30 dari ukuran abutment yang sebenarnya. Abutment yang telah di skala didapat ukuran panjang abutment 46 cm, lebar abutment 17 cm, tinggi abutment 15 cm, tinggi pondasi 23 cm, diameter pondasi 7 cm, tinggi abutment atas 5 cm dan berat abutment 40 kg.



Gambar 3. Pemodelan abutment dan pondasi sumuran untuk *shaking table*.

Sumber: Hasil Analisis 2021

Berdasarkan gambar 2, Pemebanan yang digunakan untuk uji *shaking table* dihitung dengan membagi beban nyata dengan skala, yaitu $2203,84/30$ maka didapatkan beban 50,6 kN. Dan jika digunakan untuk *shaking table* diasumsikan $50 \text{ kN} = 50 \text{ kg}$.

Pemodelan Miniature Abutment dan pondasi dengan *Shaking Table*

Dengan menggunakan alat *shaking table*, pengujian dilakukan dengan cara memasang box

diatas meja getar, masukkan sampel pasir ke dalam box setinggi 1/3 dari box dan padatkan, masukkan miniature abutment pondasi ke dalam box lalu masukkan kembali sampel pasir 2/3 dari box padatkan kembali dan terakhir masukkan lagi sampel pasir yang terakhir dan juga dipadatkan. Setelah tanah dan miniature dimasukkan pasang dial deformasi vertical dan lateral menggunakan tripot, hal ini dilakukan agar dial tidak ikut bergetar jika alat dimulai.



Gambar 4. Pemodelan pengujian abutment dengan menggunakan *shaking table*.

Sumber: Analisis Pengujian Laboratorium 2021

Berdasarkan perhitungan analisa getaran yang sudah dihitung pada tabel 4.19, maka percobaan dilakukan pada variasi $a_{max} = 0,014 \text{ mm/s}$, selama 15 detik didapatkan hasil deformasi vertical sebanyak $0,1 \text{ mm} = 0,01 \text{ cm}$. Dan untuk deformasi lateral didapatkan hasil $0,2 \text{ mm} = 0,02 \text{ cm}$.

Pemodelan Abutment dan Pondasi Pada Plaxis 2000 3d frame

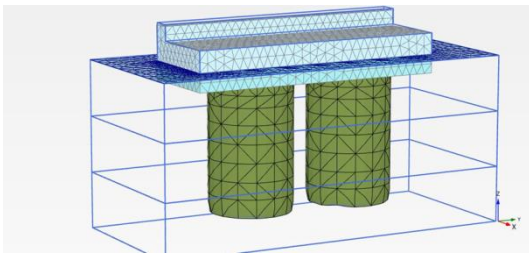
Tabel 4. Data uji sampel tanah di laboratorium

No	Sampel	Deskripsi Tanah	Physical Properties						
			Kadar Air %	GS	y unsat g/cm3	y unsat kN/m3	y sat g/cm3	y sat kN/m3	e
1	Soil 1	Pasir	2.65	2.8	1.55	15.19			
2	Soil 2	Pasir	11.74	2.8	1.6	15.68	1.84	18.07	1.133
3	Soil 3	Pasir	21.44	2.8	1.65	16.17			

No	Permeabilitas	Direct Shear			Es	V
		c kg/cm2	c kN/m2	phi °		
1	0.5	0.00	0.00	27.27	17500	0.10
2	0.5	0.00	0.00	33.45	17500	0.10
3	0.5	0.00	0.00	23.95	17500	0.10

Sumber: Hasil Analisis 2021

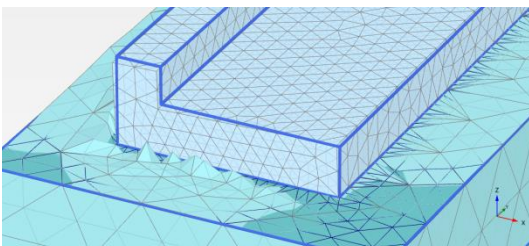
Data pengujian tanah tersebut merupakan hasil tes di laboratorium, sampel tanah yang digunakan diambil dari lokasi jembatan Jadugan, Puger.



Gambar 5. Pemodelan *FEM* abutment dan pondasi sumuran

Sumber: Hasil Analisis 2021

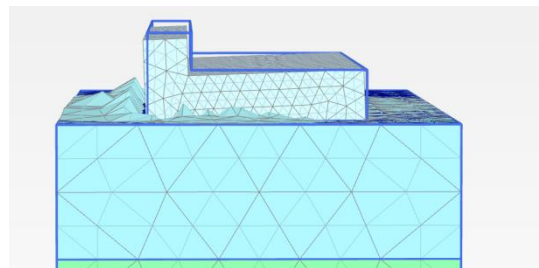
Pemodelan pada gambar 5 merupakan pemodelan abutment dan pondasi pada jembatan Jadugan, Puger yang di modelkan pada *software plaxis 2000 3d frame*.



Gambar 6. Pemodelan *FEM SF 1,920*

Sumber : Hasil Analisis 2021

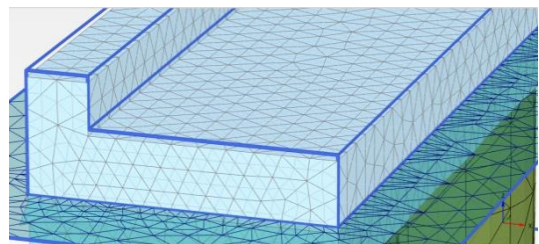
Pada gambar 6. Dihilkan nilai safety factor sebesar 1,920 yang didapatkan dari pemodelan *software plaxis 2000 3d frame*



Gambar 7. Pemodelan *FEM* deformasi lateral 0,0093 cm

Sumber : Hasil Analisis 2021

Deformasi lateral merupakan perpindahan arah x yang diakibatkan oleh gempa, pada gambar 7 pemodelan *software plaxis 3d frame* didapatkan perpindahan deformasi lateral sebesar 0,0093 cm.



Sumber : Hasil Analisis 2021

Deformasi vertical merupakan perpindahan penurunan tanah yang diakibatkan juga oleh gempa, pada gambar 8 pemodelan *software plaxis*

3d frame didapatkan perpindahan deformasi lateral sebesar 0,0030 cm.

Analisa Daya Dukung Pondasi Sumuran

Daya dukung pondasi sumuran hampir sama dengan persamaan yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang. Daya dukung pondasi sumuran juga ditentukan oleh daya dukung tanah dasar gesekan (f) dan atau lekatan (c).

$$\begin{aligned} \text{ult} &= 1,3.c.N_c + D_f.\gamma_1.N_q + 0,6.B.\gamma_2.N_\gamma \\ &= 1,3 \times 0 \times 24,22 + 6,8 \times 1,84 \times 35,61 + 0,6 \\ &\quad \times 2,2 \times 40,16 \\ &= 547,4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk daya dukung tanah ijin didapat hasil 274,4. daya dukung pondasi sumuran akibat daya dukung dasar (Qb) didapat hasil sebesar 1042,6.

Untuk Daya dukung pondasi akibat lekatan (c) didapatkan hasil 2,4. Daya dukung pondasi

Korelasi Antara Uji Shaking Table dan Plaxis 2000 3d frame

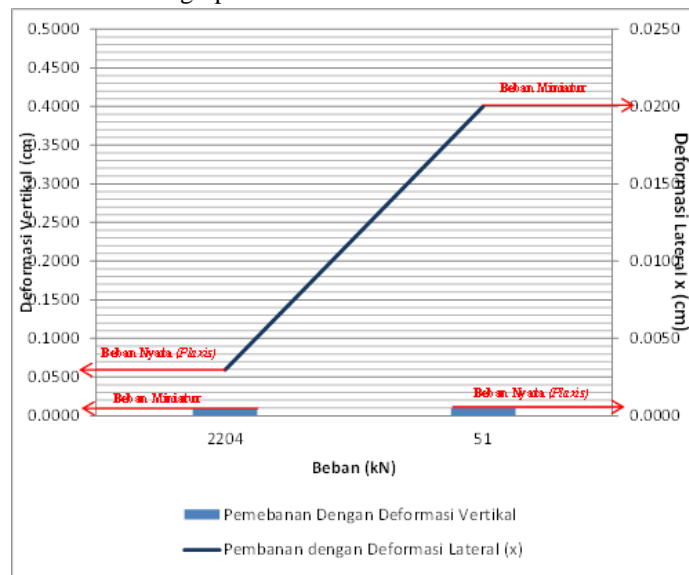
Dengan faktor keamanan pondasi sebesar 2, deformasi lateral dan deformasi vertical dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 5. Rekapitulasi hasil deformasi

No	Keterangan	Hasil Beban	Uji/Analisa	Deformasi Vertikal	Deformasi Vertikal (Kontrol)	Deformasi Lateral arah x
				cm	cm	cm
1	Beban nyata	2204	Plaxis	0.0093	2.5	0.0030
2	Beban miniatur	51	Shaking table	0.01		0.02

Sumber : Hasil Analisis 2021

Grafik 3 . Grafik pembacaan accelerograph



Sumber : Hasil Analisis 2021

akibat gesekan (f) didapatkan 77,1. Maka Daya Dukung Izin (allowed) didapatkan nilai 1122,0

Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi sumuran diatas maka dapat disimpulkan $Q_{all} >$ beban jembatan yaitu sebesar $1122,0 > 1101,9$ kN (aman).

Analisa Deformasi (Penurunan) Pada Pondasi Sumuran

Penurunan (deformasi) yang terjadi :

$$\begin{aligned} S_i &= Q \times B \left(\frac{1 - \mu^2}{E_s \times l_w} \right) \\ &= 0,06 \times 220 \times \left(\frac{1 - [0,25]^2}{500 \times} \right) \\ &\quad \times 0,88 \\ &= 0,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka disimpulkan bahwa penurunan (deformasi) disimpulkan $S_i <$ penurunan yang diijinkan, yaitu $0,02 < 2,50$ cm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan pengujian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil berikut :

1. Berdasarkan hasil pemodelan di laboratorium didapatkan hasil deformasi vertical sebesar 0,01 cm dan deformasi lateral sebesar 0,02 cm. Sedangkan untuk analisa pemodelan di *Plaxis 2000 3d frame* didapatkan hasil deformasi vertical sebesar 0,0093 cm dan deformasi lateral 0,0030 cm. Dari kedua hasil kedua pemodelan maka deformasi pada pondasi sumuran (*Cyclops*) di Jembatan Jadugan Kecamatan Puger Kabupaten Jember masih aman digunakan untuk beban yang bekerja di atasnya, karena deformasi tidak lebih dari 2,50 cm.
2. Untuk daya dukung pondasi sumuran (*Cyclops*) di Jembatan Jadugan, Kecamatan Puger pada kedalaman 6,8 m, aman digunakan karena daya dukung izin (allowed) lebih besar daripada beban yang ditahan di atasnya ($Q_{all} > P$), yang bernilai sebesar $1122,0 > 1101,9$ kN setiap satu pondasi.

Saran

1. Diharapkan alat *shaking table* dan aplikasi *software plaxis 2000 3d frame* ini dapat dipublikasikan dan bermanfaat bagi semua pihak.
2. Diharapkan untuk alat *shaking table* di laboratorium lebih ditingkatkan menjadi alat *Centrifug* guna lebih detail membaca suatu gerakan gempa.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk perhitungan lebih detail mengenai struktur atas jika memiliki data – data yang lebih lengkap.
4. Diharapkan untuk peneliti berikutnya skala yang dihitung bukan hanya skala dimensi tetapi skala beban dan skala mutu juga harus dihitung.

DAFTAR PUSTAKA

Adityawan, M. H. (2016). *Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Proyek Pembangunan Rs Pendidikan Uho Berdasarkan Simulasi Numeris*. Kendari.

Adrianus. (2014). *Studi Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Apartement Riverside Malang*. Malang.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2833 : 2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI*. Jakarta: BSN.

Begeman, H. K. (1965). *The Friction Jacket Cone as an Aid in Determining the Soil Profile*. In *Proceedings of the 6th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal* terzakhi.

Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis) jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Garuda, P. G. (n.d.). *Wide Flange Shape*. P.T Gunung Garuda.

Imw. (2013, 12 11). *Manufacturer Floor Deck. Steel Deck - 1000. Galvanized Hi-Ten G 550. Imw Steel Deck-1000*, Pp. 1-10.

Mahardika, K. M. (2021). *Evaluasi Kinerja Struktur Atas Jembatan*. Yogyakarta.

Makaudis, F. N. (2015). *Tinjauan Pondasi Sumuran Dan Metode Pelaksanaannya Pada Proyek Gedung Rsj. Prof.V.L.Ratumbuyasang*. Manado.

Nakazawa, K. &. (1994). *ekanika tanah & Teknik Pondasi*,. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.

Pujianto., d. (2017). *Kajian Pergeseran (Dsplacement) Abutmen Jembatan Ordineri Jalan Raya Di Atas Pondasi Sumuran Pengaruh Gempa (Studi Kasus Runtuhnya Jembatan Boompai Keerom Papua Paska Gempa)*.

Ressler, S. J. (2001). *Designing and building file-folder bridges: A problem-based Introduction to engineering*. *Government Printing Office*.

Sukoyo. (2012). *Pemodelan Bangunan Untuk Simulasi Respons Struktur Akibat Beban Dinamik . Wahana Teknik Sipil Vol. 17 No. 1 Juni 2012 23-31 , 23-31*.

Trinanda, A. Y. (2021). *Tinjauan Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Gedung-X Di Kota Bukit Tinggi. Urnal Rivet (Riset Dan Inovasi Teknologi) Vol.01 No.01 Juni 2021 , 26-31*.

Yasin, M. (2018). *Analisis Abutment Jembatan Sei. Busuk Kabupaten Siak Sri Indrapura Provinsi Riau*.

