

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN PERKUATAN BATANG KAYU YANG DILUBANGI TERHADAP DEFORMASI TANAH AKIBAT LIQUEFAKSI

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECT OF STRENGTHENING PERFORATED LOGS ON SOIL DEFORMATION DUE TO LIQUEFACTION

Hendra Setiawan^{1,*}, Teguh Hilmansyah², Muhammad Sutrisno³, Zulfan⁴, Siti Aisyah⁵

¹Program Studi Teknik Sipil PSDKU morowali, Universitas Tadulako, Bahomoleo, Morowali
e-mail: hendra3909@gmail.com

² Program Studi Teknik Sipil PSDKU morowali, Universitas Tadulako, Bahomoleo, Morowali
e-mail: teguhhilmansyah17@gmail.com

³ Program Studi Teknik Sipil PSDKU morowali, Universitas Tadulako, Bahomoleo, Morowali
e-mail: inomohamad8@gmail.com

⁴ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta, Palu
e-mail: zulfanupang14@gmail.com

⁵ Program Studi Teknik Sipil PSDKU Morowali, Universitas Tadulako, Bahomoleo, Morowali
e-mail: sityaisya7@gmail.com

ABSTRAK

Likuifaksi yang terjadi di Palu pada tanggal 28 September 2018 menunjukkan bahwa perumahan adalah konstruksi yang paling banyak mengalami kerusakan. Oleh karena itu, penelitian untuk mitigasi likuifaksi yang dikhawatirkan untuk perumahan penduduk menjadi sangat perlu untuk dilaksanakan, khususnya dengan metode mitigasi yang sederhana dan murah, sehingga dapat terjangkau oleh sebagian besar masyarakat. Pemilihan batang kayu yang dilubangi sebagai bahan perkuatan dalam mitigasi ini diharapkan mampu menambah kepadatan tanah serta mereduksi penurunan yang terjadi akibat likuifaksi dan lubang yang dibuat merupakan sistem drainase dimana pada saat tekanan air pori naik pada saat penggetaran air dapat mengalir pada lubang-lubang yang suda dibuat atau kemampuan suatu tanah dalam meloloskan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan perkuatan batang kayu yang dilubangi terhadap deformasi tanah pada variasi 1 lapis, variasi 2 lapis dan variasi perkuatan rumah baru. Dari pengujian eksperimental diperoleh persentase efektifitas penggunaan batang kayu yang dilubangi sebagai perkuatan pada beberapa variasi adalah sebagai berikut : Untuk variasi perkuatan 1 lapis (rumah lama) sebesar 13,92%, variasi perkuatan 2 lapis (rumah lama) sebesar 26,58 % dan untuk variasi perkuatan rumah baru sebesar 54,94 %.

Kata kunci : Perkuatan batang kayu, Deformasi Tanah, Likuifaksi

ABSTRACT

Liquefaction that occurred in Palu on September 28, 2018 shows that housing is the most damaged construction. Therefore, research for liquefaction mitigation devoted to residential residents becomes very necessary to be carried out, especially with simple and inexpensive mitigation methods, so that it can be affordable to most people. The selection of hollowed wood sticks as a strengthening material in this mitigation is expected to increase soil density and reduce the decrease that occurs due to liquefaction and holes made is a drainage system where at the time the pressure of pore water rises at the time of water doubling can flow in the holes that are still made or the ability of a soil in escaping water. The purpose of this study is to determine the effectiveness of the use of reinforcing logs that are perforated against soil deformation on a 1-layer variation, a 2-layer variation and a new home strengthening variation. From experimental testing obtained the percentage of effectiveness of the use of logs perforated as strengthening on several variations are as follows: For the variation of strengthening 1 layer (old house) by 13.92%, the variation of strengthening 2 layers (old house) by 26.58% and for the variation of new home strengthening as much as 54.94%.

Keywords: Strengthening of logs, Deformation of Soil, Liquefaction

1. Pendahuluan

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai kerakal, jadi semua endapan alam yang bersangkutan dengan teknik sipil kecuali batuan. Tanah dibentuk oleh pelapukan fisika dan kimiawi pada batuan. Pelapukan fisika terdiri atas dua jenis, jenis pertama adalah penghancuran disebabkan terutama oleh pembasahan dan pengeringan terus-menerus ataupun pengaruh salju dan es. Jenis kedua adalah pengikisan akibat air, angin, ataupun sungai es (*glacier*). Proses ini menghasilkan butir yang kecil sampai yang besar, namun komposisinya masih tetap sama dengan batuan asalnya.

Tanah merupakan tempat perletakan dari struktur bangunan sipil, sehingga dibutuhkan kondisi tanah yang stabil yang dapat menimbulkan keamanan terhadap bangunan tersebut. Untuk mendapatkan kondisi tanah yang baik diperlukan suatu investigasi tanah untuk memperoleh gambaran karakteristik tanah, baik berupa uji lapangan maupun uji laboratorium yang nantinya dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam kegiatan perencanaan bangunan konstruksi.

Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu, merupakan daerah yang memiliki potensi sangat besar terhadap gempa karena berdekatan dengan sesar aktif Palu-Koro, juga karena kotanya terletak di atas sesar Palu Koro. Sehingga hal ini menjadi perhatian khusus bagi kita semua. Maka diperlukan suatu penelitian khusus mengenai bahaya gempa ini. Salah satu permasalahan yang ditimbulkan gempa adalah bahaya likuefaksi. Bahaya likuefaksi yang ditimbulkan oleh gempa dan karakteristik tanah tertentu, yang mengakibatkan naiknya tegangan air pori tanah itu sendiri. Saat likuefaksi berlangsung, kekuatan tanah menurun dan kemampuan deposit tanah untuk menahan beban menurun.

Melihat potensi yang ditimbulkan oleh likuefaksi, para ahli mulai mengembangkan beberapa metode praktis untuk menganalisa potensi liquifaksi dari tanah. Penelitian tentang mitigasi menjadi sangat perlu untuk dilaksanakan dengan berbagai macam metode dan skala. Oleh karena itu penulis menuangkan dalam judul Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Perkuatan Batang Kayu Yang Dilubangi Terhadap Deformasi Tanah Akibat Likuefaksi

Pemilihan batang kayu yang dilubangi sebagai bahan perkuatan dalam mitigasi ini diharapkan mampu meningkatkan kepadatan tanah serta mereduksi penurunan yang terjadi akibat likuefaksi dan lubang yang dibuat merupakan sistem drainase dimana ketika tekanan air pori naik pada saat penggetaran, air dapat mengalir pada lubang-lubang yang sudah dibuat.

2. Tinjauan Pustaka

Kondisi geoteknik erat hubungannya dengan jenis tanah. Tanah dalam pengertian teknik secara umum dapat diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lainnya dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara pertikel-partikel padat tersebut. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil dari pelapukan batuan.

Likuefaksi didefinisikan sebagai transformasi material granular dari bentuk solid menjadi cair sebagai akibat naiknya tekanan air pori dan kehilangan tegangan efektif (Marcuson, 1978). Naiknya tekanan air pori ini disebabkan oleh kecenderungan dari material berbutir untuk menjadi padat akibat *cyclic shear deformations*.

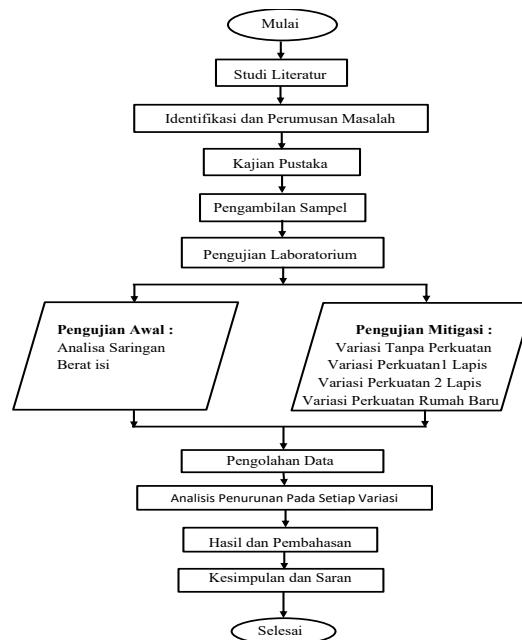
Pengertian likuefaksi diterjemahkan dalam beberapa definisi, diantaranya adalah:

1. Likuefaksi merupakan suatu kondisi pada massa tanah yang mengalami deformasi secara menerus pada tegangan residual yang rendah, disebabkan oleh terjadinya tekanan air pori yang meningkat yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif dan pada kondisi tertentu mencapai nol (Prakash, 1981)
2. Likuefaksi adalah fenomena pada suatu massa tanah, dimana tahanan geser tanah (*shear resistance*) berkurang karena beban monotonik, siklik, ataupun beban dinamik yang bekerja pada kondisi volume yang konstan dengan regangan geser terarah yang sangat besar (Poulus dan Castro, 1985).

Dari berbagai penelitian dan pengamatan yang dilakukan akhirnya diperoleh sebuah kesimpulan bahwa perilaku likuefaksi pada tanah, potensial terjadi pada deposit tanah yang tergolong tanah berbutir dengan level muka air tanah tinggi dan kepadatan rendah sampai sedang. Dimana, tanah dengan karakteristik seperti ini memiliki kecenderungan menjadi padat akibat getaran yang terjadi dalam tanah sehingga volume berkurang.

3. Metode Penelitian

Data yang dibutuhkan adalah data analisa saringan sampel tanah pasir seragam yang tertahan disetiap saringan (ukuran pasir seragam) dengan berbagai variasi kepadatan relatif tertentu. Kemudian pasir dijenuhkan dan dilakukan pengujian dengan menggetarkan di atas meja getar. Kemudian setelah dilakukan pengujian (penggetaran) dengan waktu pengujian tertentu, didapatkan besarnya penurunan yang terjadi.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Proses persiapan sampel dan peralatan

Sampel tanah pasir yang digunakan dalam penelitian ini harus dipersiapkan terlebih dahulu, yaitu berupa tanah pasir seragam dengan berbagai ukuran diameter butiran. Penyediaan sampel tanah pasir seragam dilakukan dengan melakukan penyaringan. Peralatan yang dibutuhkan yaitu :

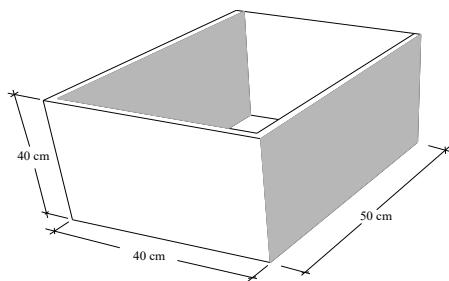
1. Saringan no. 4, 10, 20, 40, 60, 80, 100, dan no.200
2. Sieve shaker

Kemudian lakukan penyaringan sampel pasir selama 15 menit, lalu sampel yang tertahan pada no saringan 80 merupakan sampel pasir yang akan kita gunakan.



Gambar 2. Sieve Shaker dan Saringan

Wadah kotak pasir yang digunakan dalam pengujian laboratorium ini memiliki dimensi panjang 50 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm. Wadah pasir terbuat dari akrilik / *plexiglass*.



Gambar 3. Sketsa Bak Uji

Bahan penelitian lainnya adalah batang kayu yang dilubangi digunakan sebagai perkuatan dengan ukuran panjang 15 cm dan diameter 1,5 cm. Sedangkan model rumah yang di gunakan adalah kotak yang terbuat dari papan tripleks berisi pasir dan batu yang dipadatkan dengan ukuran 15 cm x 10 cm x 10 cm dengan berat sebesar 2 kg.



Gambar 4. Batang kayu yang dilubangi



Gambar 5. Miniatur rumah

Meja getar yang akan digunakan adalah meja getar elektrik yang ada di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Untuk pengujian ini, dilakukan beberapa variasi percobaan.

Tabel 1. Jumlah lapisan perkuatan untuk tiap variasi

No	Variasi Perkuatan Batang Kayu	Jumlah Lapisan	Jumlah Batang Kayu	Keterangan
1	Variasi 1	-	-	Pasir Lepas
2	Variasi 2	1 Lapis	24 Batang	Rumah Lama
3	Variasi 3	2 Lapis	66 Batang	Rumah Lama
4	Variasi 4	2 Lapis	24 Batang	Rumah Baru

Percobaan laboratorium untuk menganalisis likuefaksi yang terjadi

Alat dan Bahan

Permodelan untuk pengujian kali ini terdiri dari serangkaian alat yang terdiri dari :

1. Wadah pengujian yang mana dalam hal ini digunakan kotak kaca dengan ukuran 50x40x40 cm.
2. Mistar dan benang.
3. *Stopwatch*
4. Meja Getar (*shaking table*)
5. Mal akrilik, digunakan sebagai mal untuk menetukan titik penancapan kayu dengan jarak antar kayu 3 cm.
6. Sampel pasir bersih yang tertahan pada saringan no 80.

7. Air bersih
8. Miniatur rumah ukuran 15x10x10 cm
9. Batang kayu yang dilubangi dengan ukuran panjang 15 cm dan diameter kayu 1.5 cm

Prosedur Kerja

1. Tuangkan air bersih ke dalam kotak kaca yang sudah terpasang pada alat getar dengan ketinggian 20 cm sesuai garis tanda yang sudah dibuat
2. Tuangkan sampel pasir bersih kedalam kotak kaca secara perlahan yang disesuaikan dengan tinggi air dalam kotak kaca.
3. Ratakan permukaan pasir sambil menguras air hingga pada ukuran 20 cm dengan kondisi pasir kering permukaan.



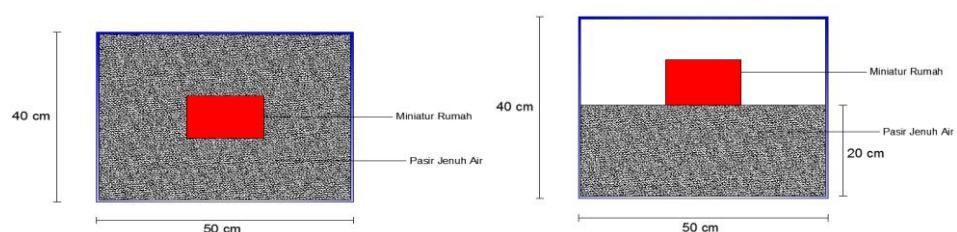
Gambar 6. Proses meratakan permukaan pasir

4. Letakkan miniature rumah dengan presisi diatas permukaan pasir, selanjutkan ukur kedalaman rumah dari permukaan kotak kaca pada 5 sisi miniatur rumah yang sebelumnya sudah diberikan tanda.



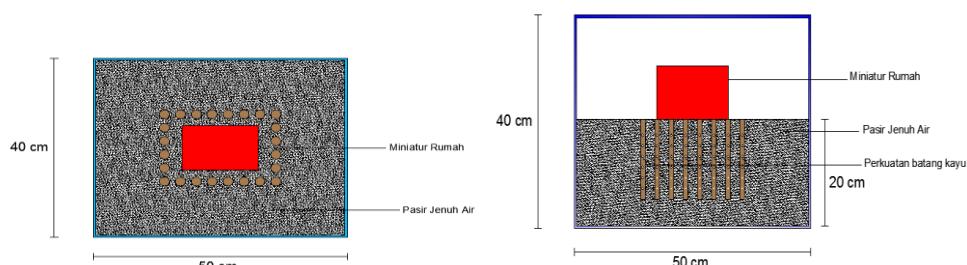
Gambar 7. Pengukuran

5. Selanjutnya lakukan penggetaran selama 20 detik dengan 4 variasi:
- a. Variasi 1 (Tanpa perkuatan),



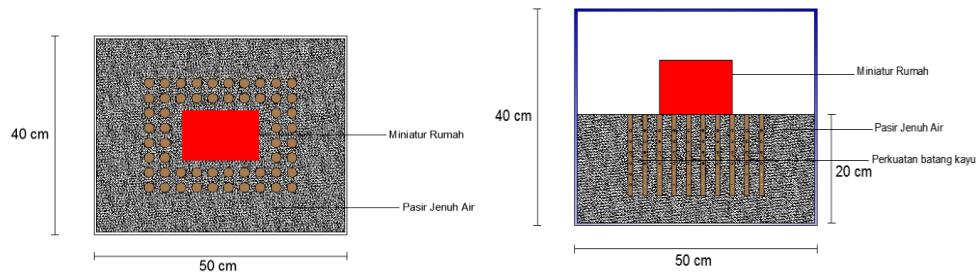
Gambar 8. Skema Variasi 1 (Tanpa Perkuatan)

- b. Variasi 2, (menggunakan perkuatan kayu yang dilubangi dengan 1 lapis),



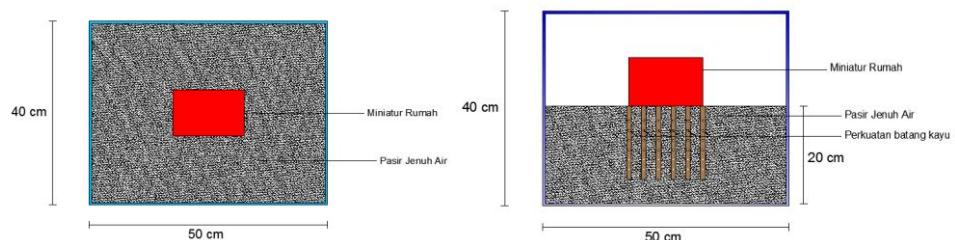
Gambar 9. Skema Variasi 2 (Perkuatan 1 lapis)

c. Variasi 3, (menggunakan perkuatan kayu yang dilubangi dengan 2 lapis),



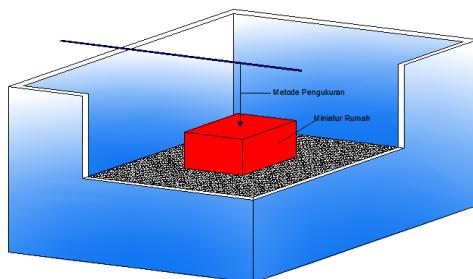
Gambar 10. Skema Variasi 3 (Perkuatan 2 lapis)

d. Variasi 4, (menggunakan perkuatan kayu yang dilubangi 2 lapis yang diletakkan dibawah bangunan untuk kondisi rumah yang baru akan dibangun)



Gambar 11. Skema Variasi 4 (Perkuatan rumah baru 2 lapis)

e. Setelah penggetaran pada setiap variasi selanjutnya lakukan pengukuran kembali pada miniatur rumah pada 5 sisi dan ukur penurunan pasir dari keadaan normal pada ketinggian 20 cm yang telah diberikan tanda pada kotak kaca.



Gambar 12. Skema Pengukuran

4. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Berat Isi Basah

$$\text{Berat wadah} = 250 \text{ gr}$$

$$\text{Volume wadah} = 1190 \text{ ml}$$

$$\text{Berat air } \frac{1}{2} \text{ wadah} = 591 \text{ gr}$$

Berat pasir + air dalam

$$\text{wadah (w)} = 2159 \text{ gr}$$

$$\text{Berat pasir} =$$

$$(\text{Berat pasir} + \text{air dalam wadah}) - \text{Berat air } \frac{1}{2} \text{ wadah} - \text{Berat wadah}$$

$$= 2159 - 591 - 250$$

$$= 1318 \text{ gr}$$

$$\gamma_w = \frac{w}{v}$$

$$= \frac{2159}{1190}$$

$$= 1,84 \text{ gr/ml} = 1,84 \text{ gr/cm}^3$$

Perhitungan berat isi kering

Berat pasir + air dalam

$$\text{wadah (w1)} = 2159 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan} = 126 \text{ gr}$$

Berat pasir + cawan

$$\text{setelah dioven} = 1748 \text{ gr}$$

Berat pasir setelah dioven (w2) =

(Berat pasir + cawan setelah dioven)

$$= 1748 - 126$$

$$= 1622 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air (w)} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\%$$

$$= \frac{2159 - 1622}{2159} \times 100\%$$

$$= 33,107 \%$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+w}$$

$$= \frac{1,184}{1+0,3311}$$

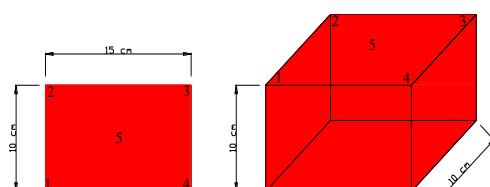
$$= 0,8895 \text{ gr/cm}^3$$

$$V = \gamma d \times (p \times l \times \frac{1}{2} t)$$

$$= 0,8895 \times (50 \times 40 \times 20)$$

$$= 35580 \text{ gr} = 35,58 \text{ kg}$$

Analisa penurunan yang terjadi dari hasil pengujian



Gambar 13. Formasi titik untuk meninjau penurunan model rumah

Adapun nilai penurunan yang digunakan pada pengujian ini adalah selisih dari nilai pengukuran model rumah sesudah digetarkan dengan pengukuran model rumah sebelum digetarkan. Berikut contohnya :

$$h_1 = 9,5 \text{ cm} \text{ (Nilai sebelum digetarkan)}$$

$$h_2 = 15,9 \text{ cm} \text{ (Nilai sesudah digetarkan)}$$

$$\text{Penurunan} = h_2 - h_1$$

$$= 15,9 - 9,5$$

$$= 6,4 \text{ cm}$$

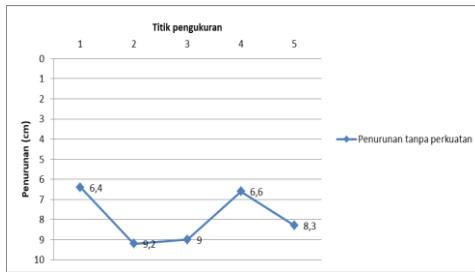
Pengujian dengan variasi tanpa perkuatan.

Tabel 2. Penurunan model rumah variasi tanpa perkuatan

Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)
1	9,5	15,9	6,4
2	9,5	18,7	9,2
3	9,5	18,5	9
4	9,5	16,1	6,6
5	9,5	17,8	8,3

Tabel 3. Penurunan permukaan pasir variasi tanpa perkuatan

Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)
1	20	18,5	1,5
2	20	18,5	1,5
3	20	18,5	1,5
4	20	18,5	1,5
5	20	18,5	1,5

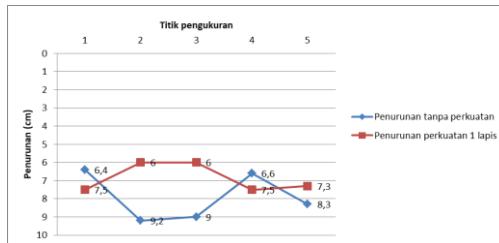


Gambar 14. Grafik Penurunan Pada Variasi Tanpa Perkuatan

Pengujian dengan variasi perkuatan satu lapis untuk rumah lama

Tabel 4. Penurunan model rumah dan permukaan pasir variasi perkuatan 1 lapis (Rumah Lama)

Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)	Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)
1	9,5	17	7,5	1	20	18,5	1,5
2	9,5	15,5	6	2	20	18,5	1,5
3	9,5	15,5	6	3	20	18,5	1,5
4	9,5	17	7,5	4	20	18,5	1,5
5	9,5	16,8	7,3	5	20	18,5	-1,5

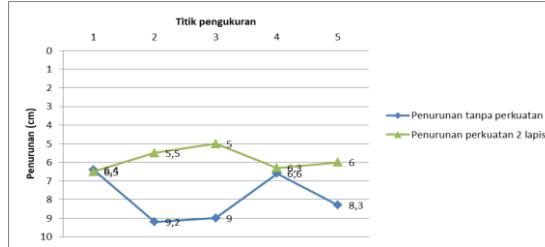


Gambar 15. Grafik perbandingan penurunan antara variasi tanpa perkuatan dan variasi perkuatan 1 lapis

Pengujian dengan variasi perkuatan dua lapis untuk rumah lama

Tabel 5. Penurunan model rumah dan permukaan pasir variasi perkuatan 2 lapis (Rumah Lama)

Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)	Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)
1	9,5	16	6,5	1	20	18,5	1,5
2	9,5	15	5,5	2	20	18,5	1,5
3	9,5	14,5	5	3	20	18,5	1,5
4	9,5	15,8	6,3	4	20	18,5	1,5
5	9,5	15,5	6	5	20	18,5	-1,5

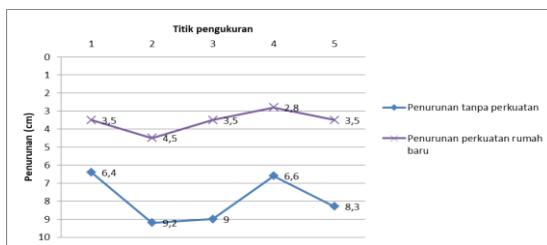


Gambar 16. Grafik perbandingan penurunan variasi tanpa perkuatan dan variasi perkuatan 2 lapis

Pengujian dengan variasi perkuatan dua lapis untuk rumah baru

Tabel 6. Penurunan model rumah dan permukaan pasir variasi perkuatan 2 lapis (Rumah Baru)

Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)	Titik	Sebelum digetarkan (cm)	Sesudah digetarkan (cm)	Penurunan (cm)
1	9,5	13	3,5	1	20	18,5	1,5
2	9,5	14	4,5	2	20	18,5	1,5
3	9,5	13	3,5	3	20	18,5	1,5
4	9,5	12,3	2,8	4	20	18,5	1,5
5	9,5	13	3,5	5	20	18,5	-1,5



Gambar 17. Grafik perbandingan penurunan variasi tanpa perkuatan dan variasi perkuatan 2 lapis untuk rumah baru

5. Kesimpulan

1. Dari pengujian eksperimental diperoleh persentase efektifitas yang merupakan perbandingan antara variasi tanpa perkuatan dengan penggunaan batang kayu yang dilubangi sebagai perkuatan pada beberapa variasi adalah sebagai berikut : Untuk variasi perkuatan 1 lapis (rumah lama) sebesar 13,92%, variasi perkuatan 2 lapis (rumah lama) sebesar 26,58 % dan untuk variasi perkuatan rumah baru sebesar 54,94 %.
2. Pada pengujian eksperimental ini, diperoleh rata-rata penurunan yang terjadi pada tiap-tiap variasi. Untuk variasi tanpa perkuatan diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 7,9. Untuk variasi dengan perkuatan satu lapis batang kayu yang dilubangi (rumah lama) diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 6,86 cm. Untuk variasi dengan perkuatan dua lapis batang kayu yang dilubangi (rumah lama) diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 5,86 cm. Untuk variasi dengan perkuatan untuk rumah baru diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 3,56 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, LR, Dunn. L. S., Kiefer, E. W. 1980. Dasar-dasar Analisis Geoteknik. Departemen Teknik Sipil Utah University.
- Boulanger, R. dan Idriss. (2006). *Liquefaction Susceptibility Criteria for Silt and Clays*. ASCE 1090-0241-2006-132 : 11-1413.
- Castro, G. (1969). *Liquefaction of Sands*. In Soil Mechanics Series No. 81(pp. 1127). Cambridge, Massachusetts: Pierce Hall.
- Das, B. M., Endah, N., dan Mochtar, I. B., (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid 1. Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 1982. Mekanika Tanah I. Jakarta : Erlangga
- Laurence D.Wesley. 2012. Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu: Penerbit Andi Marcuson, W.F., III, 1978. *Definition of Term Related to Liquefaction*.
- Saut Pantas O. 2015. Percobaan Potensi Likuifikasi Pada Tanah Pasir Seragam Dengan Alat Di Laboratorium . Universitas Andalas. 2015.

- Terzaghi, K., dan Peck, R., 1943. *Theoretical Soil Mechanic*. John Willey & Sons, New York
- Prakash, M. 1981. *Soil Dynamics*. McGraw-Hill: New York
- Widyaningrum, R., dan Buana, T. W., (2012). Studi Bahaya Likuifaksi Palu Berdasarkan Data Geologi Teknik.
- Yoshida, M., Miyajima, M., and Numata, A., 2013, Liquefaction countermeasure technique by using logs. The progress of Geo-Disaster Mitigation Technology in Asia, Part of The Environmental Science and Engineering Book series, 293-311.