

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN BATANG KAYU YANG DIMIRINGKAN TERHADAP DEFORMASI TANAH AKIBAT LIKUIFAKSI**

**Rini Susanti<sup>1</sup> dan Hendra Setiawan<sup>2</sup>**

*<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Jalan Soekarno Hatta Km.9 Palu 94118, Sulawesi Tengah.  
Email: fadhilmubarak97@gmail.com*

**Abstrak**

Bencana alam berupa gempa bumi, tsunami dan likuifaksi yang terjadi di Kota Palu pada tanggal 28 September 2018 telah mengakibatkan dampak kerusakan dan juga korban jiwa yang sangat besar. Studi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektifitas batang kayu dalam mereduksi deformasi tanah yang diakibatkan oleh likuifaksi sebagai alternatif pencegahan yang memenuhi syarat teknik maupun ekonomis. Pengujian dilakukan menggunakan *shaking table* yang diisi pasir jenuh untuk menciptakan simulasi likuifaksi. Pemodelan perkuatan kayu menggunakan kayu diameter 1,5 cm dan panjang 15 cm yang dipasang dengan cara ditancapkan ke dalam pasir dengan kemiringan 15<sup>0</sup> terhadap posisi vertikal. Hasil dari pengujian eksperimental diperoleh persentase efektifitas penggunaan batang kayu yang dimiringkan per tiap variasi. Persentase efektifitas dari perkuatan satu lapis batang kayu adalah sebesar 0,34%. Persentase efektifitas dari perkuatan dua lapis batang kayu adalah sebesar 14,94%. Persentase efektifitas dari perkuatan untuk rumah baru adalah sebesar 18,16%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan variasi-variasi perkuatan pada pengujian tersebut telah berhasil mereduksi penurunan pasir daripada penurunan model rumah pada pasir lepas dan jenuh tanpa perkuatan tanah. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi alternatif perkuatan tanah untuk mencegah dampak likuifaksi.

**Kata kunci:** Meja getar, Batang kayu, Deformasi tanah, Perkuatan

**Abstract**

*The earthquake, tsunami and liquefaction disaster in Palu City on September 28, 2018 has resulted in the impact of damage and huge casualties. Based on the incident. This study aims to determine effectivity of the tilted wooden piles to reduce soil deformation caused by liquefaction as a preventive alternative that meets technical and economic requirements. The experimental test was carried out using a shaking table filled with saturated sand to create a liquefaction simulation. Modeling of the wooden piles using wood with 1,5 cm diameter and 15 cm length which is installed by sticking it into the sand with a slope of 15 degrees of the vertical position, it was obtained the percentage of the effectivity of using a tilted wooden piles in each variation. The percentage effectivity of one layer tilted wooden piles is 10.34%. The percentage effectivity of the two layers tilted woode piles is 14.94%. The percentage effectivity of the tilted wooden piles for new houses is 18.16%. So it can be concluded that the application of reinforcement variations in the test has succeeded in reducing the reduction in sand than the reduction in the house model on loose and saturated sand without soil improvement. The results of this study are expected to be an alternative soil reinforcement to prevent the impact of the liquefaction.*

**Key words:** Shaking Table, Logs, Soil Deformation, Reinforcement

## **1. Pendahuluan**

Kondisi tektonik Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil atau *microblocks*, menyebabkan Indonesia berpotensi mengalami banyak kejadian gempa. Indonesia dikelilingi oleh empat lempeng utama yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina dan Lempeng Pasifik. Sulawesi merupakan wilayah yang banyak dilalui oleh sesar (patahan kerak bumi). Dimana sesar ini berpotensi menimbulkan bencana gempa bumi. Kota Palu ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah tercatat sebagai daerah rawan gempa dan mempunyai seismisitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan daerah Palu di lewati oleh sesar aktif yang dikenal dengan nama sesar Palu-Koro. Sesar itu memanjang mulai dari Selat Makassar sampai pantai utara Teluk Bone dengan panjang patahan sekitar 500 km. Patahan itu melintas dari Teluk Palu masuk ke wilayah daratan, memotong jantung kota, terus sampai ke Sungai Lariang di Lembah Pipikoro, Donggala (arah selatan Palu). Sesar Palu-Koro disebut sesar paling aktif di Indonesia dengan aktivitas pergerakan 7 cm pertahun.

Tanah yang terdapat di daerah Palu berasal dari endapan batuan kuarter alluvium yang masih tergolong muda, yang disebut tanah alluvial. Tanah lapisan atas (1-7,2 m) terutama bertekstur pasir, lanau di lapisan tengah, dan lempung di lapisan bawah. Peta muka air tanah menunjukkan air tanah yang dangkal (< 12 m) di daerah tersebut. Hal ini menunjukkan hampir seluruh wilayah daerah Palu rentan likuifaksi. (Widyaningrum, 2012).

Pada tanggal 28 September 2018, gempa bumi dengan kekuatan 7,4 skala Richter mengguncang Kota Palu dan sekitarnya. Gempa bumi dahsyat tersebut banyak menimbulkan korban jiwa dan kerugian materil yang besar. Hal ini disebabkan karena gempa bumi yang terjadi juga memicu terjadinya bencana lainnya, seperti tsunami dan likuifaksi. Likuifaksi terjadi di banyak lokasi dengan skala dan luasan yang berbeda- beda. Lokasi terparah yang mengalami likuifaksi adalah di Kelurahan Balaroa, Petobo, Jono Oge dan Sibalaya. Selain di ke empat lokasi tersebut, likuifaksi dalam skala yang lebih kecil juga terjadi pada lokasi- lokasi lainnya di hampir seluruh wilayah Kota Palu dan sekitarnya yang mengakibatkan kerusakan jalan dan bangunan.



**Gambar 1. Kerusakan akibat likuifaksi di Kelurahan Petobo, Palu.**  
(Sumber: Tempo.co, 2018)

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1. Gempa Bumi**

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energy dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Biasanya penyebab gempa bumi adalah pergerakan kerak bumi atau lempeng bumi. Gempa bumi berdasarkan kekuatan gelombang atau getaran gempunya terdiri atas gelombang primer, gelombang sekunder dan gelombang panjang. Gelombang primer (gelombang longitudinal) adalah gelombang/getaran yang merambat di dalam bumi dengan kecepatan antara 7-14 km/detik. Getaran ini berasal dari hiposentrum. Gelombang sekunder (gelombang transversal) adalah gelombang atau getaran yang merambat, seperti gelombang primer dengan kecepatan yang sudah berkurang, yakni 4-7 km/detik. Gelombang sekunder tidak dapat merambat melalui lapisan cair. Gelombang panjang adalah gelombang yang merambat melalui permukaan bumi dengan kecepatan 3-4 km/detik. Gelombang ini berasal dari episentrum dan gelombang inilah yang banyak menimbulkan kerusakan di permukaan bumi.

### **2.2. Tanah**

Pada mulanya bumi berupa bola magma cair yang sangat panas. Karena pendinginan, permukaannya membeku, maka terjadi batuan beku oleh proses fisika (panas/dingin), (membeku/mencairnya), batu hancur menjadi butir-butir tanah (sifatnya tetap seperti batu aslinya : kerikil, pasir, lanau). Oleh proses kimia (migrasi, hidrasi, oksidasi) batu lapuk, sehingga terjadi tanah dengan sifat berubah dari batuan aslinya.

Secara partikel, ukuran partikel pasir besar dan sama atau seragam, bentuknya bervariasi dari bulat sampai persegi. Bentuk- bentuk yang dihasilkan dari abrasi dan pelarutan adalah sehubungan dengan jarak transportasi sedimen. Perilaku terjadinya massa disebabkan oleh jarak pori di antara butiran masing-masing yang bersentuhan.

Mineral pasir yang lebih dominan adalah kwarsa yang pada dasarnya stabil, lemah dan tidak dapat merubah bentuk. Pada suatu saat, pasir dapat meliputi granit, magnetit dan hornblende. Karena perubahan cuaca di mana akan cepat terjadi pelapukan mekanis dan terjadi sedikit pelapukan kimiawi, mungkin akan ditemui mika, *feldspar* atau gypsum, tergantung pada batuan asal.

Secara permeabilitas, pasir merupakan material yang mempunyai permeabilitas tinggi, mudah ditembus air. Kapilaritas pasir dapat dikatakan rendah, sehingga dapat diabaikan. Kekuatan hancur pasir diperoleh dari gesekan antar butiran. Berkenaan dengan kekuatan hancur, perlu diperhatikan bahwa pada pasir lepas sedikit tersementasi dapat menyebabkan keruntuhan struktur tanah. Dalam hal kemampuan berdeformasi, pasir bereaksi terhadap beban cepat seperti tertutupnya pori-pori dan padatnya butiran akibat pengaturan kembali. Deformasi atau perubahan bentuk pasir pada dasarnya plastis, dengan beberapa pemampatan elastis yang terjadi di dalam butiran-butiran. Jumlah pemampatan dihubungkan dengan gradasi kerapatan relatif dan besarnya tegangan yang bekerja. Kepekaan dan

terjadinya kerapatan pasir disebabkan getaran keras dan material- material yang siap dipadatkan. Kehancuran dapat terjadi pada butiran-butiran pada saat tegangan-regangan yang bekerja relatif rendah.

### **2.3. Hidrogeologi**

Hidrogeologi adalah suatu studi tentang air yang mempelajari distribusi maupun pergerakan airtanah pada suatu media batuan. Dengan kata lain hidrogeologi adalah studi tentang interaksi antara material-material geologi beserta proses-prosesnya dengan air khususnya airtanah (Williard Fetter, 1994).

### **2.4. Likuifaksi**

Peristiwa likuifaksi (tanah menjadi cair) dapat terjadi pada tanah pasir bersih, berbutir halus atau sedang, tidak padat serta jenuh air (*saturated*). Guncangan mendadak yang berulang-ulang dapat menaikkan tekanan pori sehingga tekanan efektif berkurang (Budi Santoso dkk, 1998).

Risna Widyaningrum (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa tanah yang terdapat di daerah Palu berasal dari batuan kuartar alluvium yang masih tergolong muda, yang disebut tanah alluvial. Tanah alluvial muda umumnya bersifat mudah lepas butirannya, maka dari itu mudah untuk bergerak terlebih di saat jenuh air kemudian terpicu guncangan gempa sehingga terjadi likuifaksi. Secara visual peristiwa likuifaksi ditandai dengan munculnya lumpur pasir di permukaan tanah berupa semburan pasir (*sand boil*), rembesan air melalui rekahan tanah, atau tenggelamnya struktur bangunan di atas permukaan, penurunan muka tanah dan perpindahan lateral.

Ada banyak faktor yang dapat meningkatkan potensi terjadinya proses likuifaksi pada suatu lapisan tanah. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan uji laboratorium, serta studi-studi yang telah dilakukan para ahli maka dapat disimpulkan faktor yang berpengaruh dalam meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lapisan tanah adalah sebagai berikut:

- a) Intensitas dan durasi dari gempa yang terjadi.
- b) Posisi letak permukaan air tanah.
- c) Jenis tanah
- d) Rapat relatif tanah
- e) Gradasi ukuran partikel
- f) Letak geologis tanah.
- g) Kondisi - kondisi drainase
- h) Tegangan selimut (*Confining Pressures*)
- i) Bentuk partikel
- j) Lamanya waktu konsolidasi
- k) Sejarah tanah
- l) Beban bangunan

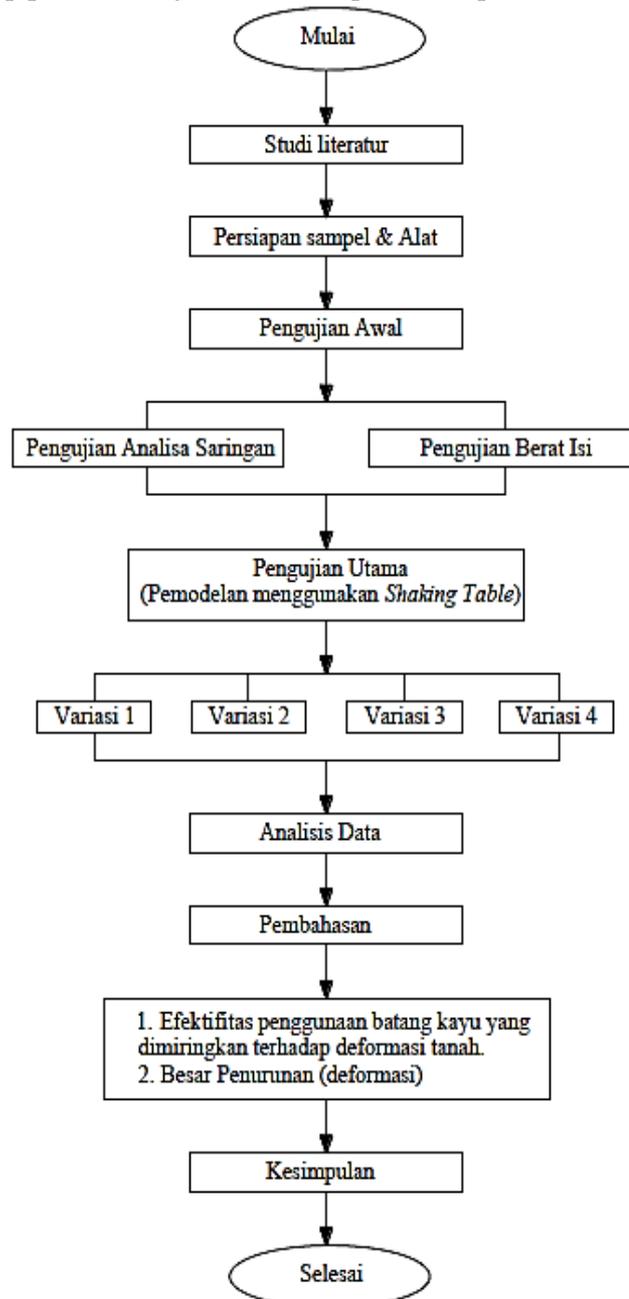
Langkah-langkah untuk mengurangi potensi likuifaksi antara lain:

- a) Pemasatan
- b) Drainase
- c) Mengurangi beban bangunan
- d) Memperbaiki sifat tanah

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Bagan Alir Penulisan Tugas Akhir

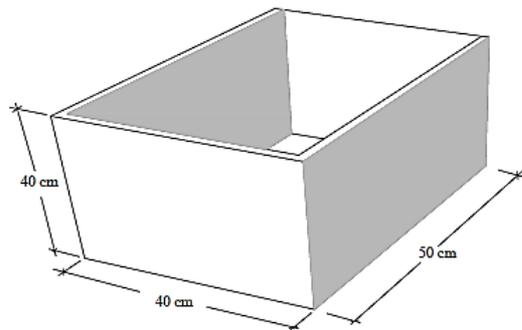
Adapun tahap-tahap penulisan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

### 3.2. Proses persiapan sampel dan peralatan

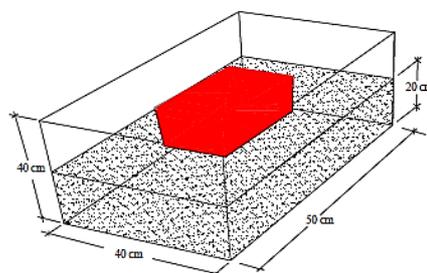
Wadah kotak pasir yang digunakan dalam pengujian laboratorium ini memiliki dimensi panjang 50 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm. Wadah pasir terbuat dari akrilik / *plexiglass*. Wadah pasir di letakkan diatas meja getar (*shaking table*) yang akan memberikan getaran ke kotak pasir.



**Gambar 3. Sketsa bak uji.**

Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai Palu dengan terlebih dahulu melalui proses pencucian sampai bersih, Pasir ini akan digunakan untuk membentuk lapisan pasir lepas dalam kotak kaca dengan kondisi jenuh air dan mempunyai kerapatan relatif ( $D_r$ ) sekitar 50%.

Bahan penelitian lainnya adalah batang kayu yang digunakan sebagai perkuatan dengan ukuran panjang 15 cm dan diameter 1,5 cm. Pemasangan kayu ini akan dimiringkan dengan sudut kemiringan  $15^\circ$  terhadap posisi vertikal. 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. Adapun rencana perletakan model bangunan rumah pada kotak kaca, bisa di lihat di Gambar 4.



**Gambar 4. Sketsa Rencana Perletakan Model Bangunan Rumah**

Meja getar yang akan digunakan adalah meja getar elektrik yang ada di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Meja getar elektrik ini bekerja dengan menggunakan tenaga listrik dan dalam melakukan penggetaran dapat disesuaikan intensitas dan frekuensi getaran sesuai dengan yang dibutuhkan.

Untuk pengujian ini, dilakukan beberapa variasi percobaan. Variasi 1, variasi ini dilakukan dengan

menggetarkan kotak kaca berisi pasir lepas tanpa perkuatan. Variasi 2, untuk contoh kondisi rumah yang telah dibangun (rumah lama). Dimana, perkuatan akan diletakkan di sekitar model rumah dengan 1 lapis perkuatan. Variasi 3, untuk contoh kondisi rumah yang telah dibangun (rumah lama). Dimana, perkuatan akan diletakkan di sekitar model rumah dengan 2 lapis perkuatan. Variasi 4, untuk contoh kondisi rumah yang akan dibangun (rumah baru). Dimana, perkuatan akan diletakkan di bawah model rumah dengan 1 lapis perkuatan. Tabel 1 menunjukkan jumlah lapisan perkuatan untuk masing-masing variasi.

**Tabel 1. Jumlah Lapisan Perkuatan Untuk Tiap Variasi**

No.	Variasi	Jumlah Lapisan	Keterangan
1	Variasi 1	-	Pasir lepas
2	Variasi 2	1 Lapis	Rumah Lama
3	Variasi 3	2 Lapis	Rumah Lama
4	Variasi 4	1 Lapis	Rumah Baru

### **3.3. Prosedur Pengujian awal**

Pengujian utama yang akan dilakukan adalah pengujian dengan menggunakan seperangkat meja getar (*shaking table*). Selain itu, pengujian awal juga akan dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dan karakteristik dari material yang digunakan, seperti pengujian analisis ukuran butiran untuk mengetahui distribusi ukuran butiran dari pasir yang akan digunakan dalam eksperimen dan pengujian berat isi tanah, dari pengujian berat isi antara lain berat isi basah, berat isi kering dan berat volume pasir dalam kondisi kering yang nantinya akan dimasukkan kedalam kotak kaca.

### **3.4. Percobaan Laboratorium Untuk Menganalisis Deformasi Tanah Akibat Simulasi**

#### **Likuifaksi Yang Terjadi**

#### **3.4.1 Persiapan Alat**

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

- a) Wadah pengujian, digunakan kotak kaca *plexiglass* berukuran 50 cm x 40 cm x 40 cm.



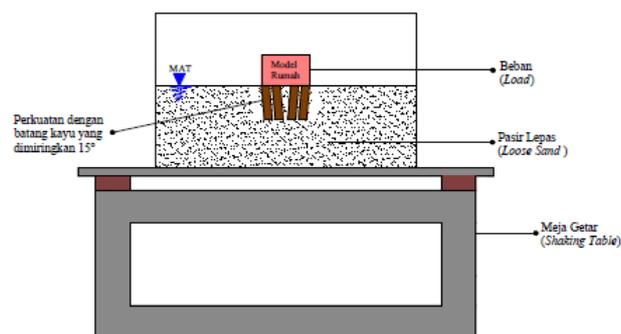
**Gambar 5. Kotak Kaca Plexiglass**

- b) Mistar dan benang.
- c) *Stopwatch*
- d) Meja getar (*shaking table*)
- e) Mal



Gambar 6. Meja Getar

Alat-alat tersebut dirangkai dalam sebuah satu kesatuan, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Sketsa rangkaian pemodelan alat di Laboratorium

### 3.4.2. Prosedur kerja

Adapun langkah- langkah yang akan dilakukan pada pengujian likuifaksi berikut adalah

:

- a) Siapkan perangkat meja getar dan atur wadah *plexiglass* di atasnya agar stabil dan tidak bergoyang.
- b) Masukkan air ke dalam wadah *plexiglass* hingga mencapai setengah volume dari wadah.
- c) Masukkan pasir yang telah lolos saringan no. 40 tertahan no.80 sedikit demi sedikit ke dalam wadah *plexiglass* hingga mencapai tinggi 20 cm. ratakan permukaan pasir selagi air masih ada.
- d) Keluarkan air sedikit demi sedikit dari dalam wadah hingga air telah rata dengan pasir.
- e) Letakkan mal tepat berada di tengah-tengah area pasir, kemudian tancapkan batang kayu satu persatu ke dalam lubang *mal*. Hal ini dilakukan agar jarak antar batang

kayu menjadi teratur. Kemudian tekan kedalam batang kayu yang telah terpasang tersebut kedalam pasir jenuh sedalam 1 cm.

- f) Letakkan model rumah di tengah mal yang telah dilubangi bagian tengahnya (untuk variasi rumah yang sudah ada sebelumnya).
- g) Gunakan benang di atas permukaan kaca sebagai titik nol. Ukur dan catat jarak dari titik nol ke permukaan pasir sebelum meja getar dinyalakan untuk mengetahui kondisi awal sebelum pengujian.
- h) Siapkan *stopwatch* dan nyalakan mesin meja getar yang telah di sesuaikan frekuensi getarannya.
- i) Ukur dan catat penurunan yang terjadi di masing-masing titik model rumah setelah penggetaran selama 20 detik.

#### **4. Hasil dan Pembahasan**

##### **4.1. Pengujian Laboratorium**

Pengujian laboratorium merupakan pengujian awal yang dilakukan sebelum melakukan pengujian eksperimental. Pengujian awal yang dilakukan adalah pengujian berat isi dari pasir lepas yang akan digunakan dalam eksperimen. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui volume pasir lepas yang akan digunakan dalam pengujian eksperimental.

- a) Perhitungan Berat Isi Basah

Volume tabung silinder ( $v$ ) = 1190 ml

Berat tabung silinder = 250 gr

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

Berat pasir + air dalam tabung

Silinder = 2159 gr

Berat pasir ( $w$ ) = (Berat pasir + air dalam tabung) - berat tabung silinder

$$= 2159 - 250$$

$$= 1909 \text{ gr}$$

- b) Perhitungan Berat Isi Kering

Berat pasir ( $w_1$ ) = 1909 gr

Berat cawan besi = 126 gr

Berat pasir + cawan besi setelah di oven = 1748 gr

Berat pasir setelah di oven ( $w_2$ ) = (berat pasir + cawan setelah dioven) -

berat cawan besi

$$= 1748 - 126$$

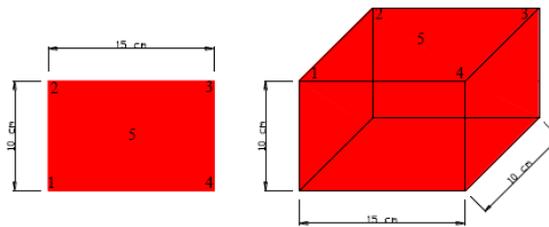
$$= 1622 \text{ gr}$$

c) Perhitungan Volume Pasir

$$\begin{aligned}
 V &= \gamma_d \times (p \times l \times \frac{1}{2} t) \\
 &= 1,3946 \times (50 \times 40 \times 20) \\
 &= 55784 \text{ gr} \\
 &= 55,784 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 4.2. Pengujian Eksperimental

Pengujian eksperimental menggunakan meja getar berupa pengujian dengan memberikan frekuensi getaran tertentu selama 20 detik terhadap pasir jenuh dengan beberapa variasi yaitu variasi tanpa perkuatan, variasi untuk rumah yang sudah ada dengan perkuatan satu lapis, variasi untuk rumah yang sudah ada dengan perkuatan dua lapis, dan variasi perkuatan untuk rumah baru. Hasil dari pengujian eksperimental berupa data penurunan (deformasi) model rumah di lima titik serta data penurunan (deformasi) permukaan pasir di empat titik kotak *plexiglass*. Titik tinjauan untuk mengukur penurunan (deformasi) model rumah setelah mengalami penggetaran selama 20 detik dapat dilihat di Gambar 8.



Gambar 8. Formasi Titik Untuk Meninjau Penurunan Pasir

#### 4.3. Pembahasan

Pengujian eksperimental penggunaan batang kayu yang dimiringkan dengan menggunakan alat meja getar (*shaking table*) dilakukan dengan 4 variasi. Dimana, dari keempat variasi tersebut akan dibandingkan variasi mana yang paling efektif dalam mereduksi penurunan. Berdasarkan hal tersebut, maka dibuatlah tabel dan grafik gabungan untuk menentukan efektifitas dari penggunaan batang kayu dari tiap variasi. Adapun tabel gabungan penurunan model rumah tiap variasi dapat dilihat di Tabel 2. Sedangkan grafik gabungan penurunan model rumah tiap variasi dapat dilihat di Gambar 9.

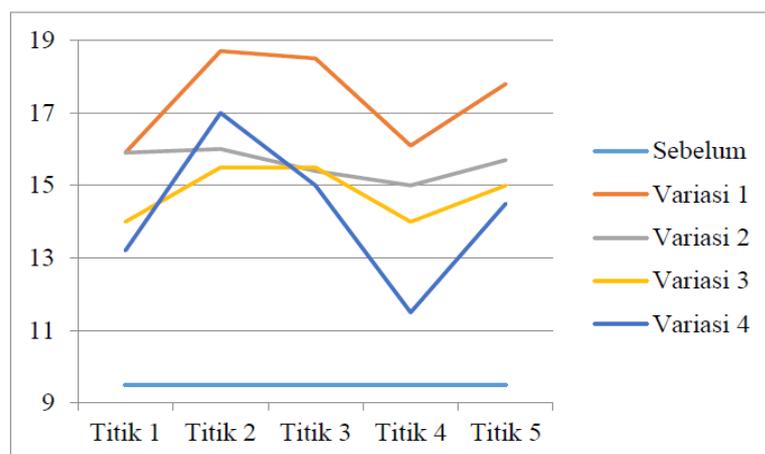
Tabel 2. Penurunan Model Rumah Tiap Variasi Perkuatan Setelah Penggetaran Selama 20

Titik	Sebelum (cm)	Sesudah (cm)			
		Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
1	9.5	15.9	15.9	14.0	13.2
2	9.5	18.7	16.0	15.5	17.0
3	9.5	18.5	15.4	15.5	15.0
4	9.5	16.1	15.0	14.0	11.5
5	9.5	17.8	15.7	15.0	14.5

Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi penurunan terbesar dari tiap-tiap variasi. Perkuatan yang digunakan adalah batang kayu dengan panjang 15 cm dan diameter batang sebesar 1,5 cm. perkuatan ini akan dipasang dengan kemiringan 15° terhadap posisi vertikal. Variasi 1 adalah kondisi dimana model rumah ditempatkan di atas pasir yang telah dijenuhkan dan tanpa perkuatan. Penurunan model rumah terbesar yang diperoleh dari pengujian tersebut terletak pada titik 2 dengan penurunan sebesar 18,7 cm. Variasi 2 adalah kondisi dimana model rumah ditempatkan di atas pasir yang telah dijenuhkan dengan perkuatan 1 lapis ditempatkan disekitar model rumah. Penurunan model rumah terbesar yang diperoleh dari pengujian pada variasi tersebut terletak pada titik 2 dengan penurunan sebesar 16,0 cm. Variasi 3 adalah kondisi dimana model rumah ditempatkan di atas pasir yang telah dijenuhkan dengan perkuatan 2 lapis ditempatkan disekitar model rumah. Penurunan model rumah terbesar yang diperoleh dari pengujian pada variasi tersebut terletak pada titik 2 dan titik 3 dengan penurunan sebesar 15,5 cm. Variasi 4 adalah kondisi dimana model rumah ditempatkan di atas pasir yang telah dijenuhkan dengan perkuatan ditempatkan dibawah model rumah. Penurunan model rumah terbesar yang diperoleh dari pengujian pada variasi tersebut terletak pada titik 2 dengan penurunan sebesar 17,0 cm.

Dari pengujian eksperimental diperoleh persentase efektifitas penggunaan batang kayu yang dimiringkan sebagai perkuatan pada beberapa variasi.

- 1). Persentase efektifitas dari perkuatan satu lapis batang kayu adalah sebesar 10,34 %.
- 2). Persentase efektifitas dari perkuatan dua lapis batang kayu adalah sebesar 14,94 %.
- 3). Persentase efektifitas dari perkuatan untuk rumah baru adalah sebesar 18,16 %.



**Gambar 9. Grafik Gabungan Penurunan Model Rumah Tiap Variasi**

Grafik gabungan diatas menunjukkan perbandingan penurunan antara variasi tanpa perkuatan dengan variasi-variasi yang menggunakan perkuatan. Penurunan terbesar model rumah terjadi pada variasi 1 di titik 2 dengan penurunan sebesar 18,7 cm. Sedangkan penurunan terkecil model rumah

terjadi pada variasi 4 di titik 4 dengan penurunan sebesar 11,5 cm. Jadi, dapat disimpulkan bahwa variasi yang paling efektif dalam mereduksi penurunan (deformasi) adalah variasi 4.

## **5. Kesimpulan dan Saran**

### **5.1. Kesimpulan**

Dari pengujian eksperimental diperoleh persentase efektifitas penggunaan batang kayu yang dimiringkan sebagai perkuatan pada beberapa variasi. Persentase efektifitas dari perkuatan satu lapis batang kayu adalah sebesar 10,34 %. Persentase efektifitas dari perkuatan dua lapis batang kayu adalah sebesar 14,94 %. Persentase efektifitas dari perkuatan untuk rumah baru adalah sebesar 18,16 %. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan variasi-variasi perkuatan pada pengujian tersebut telah berhasil mereduksi penurunan pasir daripada penurunan model rumah pada pasir lepas dan jenuh tanpa perkuatan. Dilihat dari besarnya angka persentase efektifitas yang diperoleh, variasi perkuatan yang paling efektif adalah variasi perkuatan pada rumah baru.

Pada pengujian eksperimental ini, diperoleh besar penurunan yang terjadi ketika digunakannya batang kayu yang dimiringkan pada tiap-tiap variasi. Untuk variasi tanpa perkuatan diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 17,4 cm dari titik nol. Untuk variasi dengan perkuatan satu lapis batang kayu yang dimiringkan (rumah lama) diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 15,6 cm dari titik nol. Untuk variasi dengan perkuatan dua lapis batang kayu yang dimiringkan (rumah lama) diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 14,8 cm dari titik nol. Untuk variasi dengan perkuatan batang kayu yang dimiringkan untuk rumah baru diperoleh rata-rata penurunan model rumah sebesar 14,2 cm dari titik nol.

### **5.2. Saran**

- a) Dalam pengumpulan data yang diperlukan untuk penyusunan laporan hendaknya selengkap mungkin sehingga tidak mempengaruhi kelancaran penyusunan laporan tugas akhir.
- b) Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat merencanakan alternatif perbaikan tanah untuk mengurangi resiko likuifaksi yang ekonomis dan mudah. Mengingat bahwa kota Palu merupakan daerah yang rawan akan gempa dan likuifaksi.

### **Daftar Pustaka**

- Castro, G. (1987), "*On the Behavior of Soils During Earthquakes – Liquefaction, dalam Soil Dynamics and Liquefaction*", Cakmak, A.S., Ed, Elsevier, Amsterdam, 169-204.
- Fetter, C.W. (1994). "*Applied Hydrogeology*". Prentice Hall: The University Of Michigan.
- Hasibuan, P., Putra, A.T., dan Nugroho. S.A., (2017). "Studi Potensi Likuifaksi Timbunan Pasir Dengan Gradasi Ukuran Butiran Diatas Tanah Lunak". *Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- Hasmar, H.A.H. (2007). "Evaluasi Potensial Likuifaksi (Keruntuhan Tanah) Akibat Gempa Jogja 2006 pada Pantai Parangtritis Bantul Jogja". *Jurnal Pondasi*, Vol.13 No.1.
- <https://el-sering.blogspot.com/2017/03/analisa-saringan.html>. Diakses 8 November 2020

<https://nasional.tempo.co/read/1131908/cerita-petobo-kampung-yang-hilang-ditelan-lumpur-saat-gempa-palu>. Di akses 8 November 2020.

<https://sulteng.antarane.ws.com/berita/57789/gunakan-teknologi-tinggi-rsu-anutapura-palu-jadi-contoh-bangunan-tahan-gempa>. Diakses 8 November 2020.

<https://www.tribunnews.com/regional/2018/10/01/foto-foto-kondisi-perumahan-balaroa-kabupaten-sigi-yang-hancur-pasca-gempa>. Diakses 8 November 2020.

Mina, E., Indera, R., dan Sudirman., (2018). “Analisa Potensi Likuifaksi berdasarkan data SPT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari”. *Jurnal Fondasi*, Vol. 7: No.1.

Muntohar A.S. (2010). ” *Mikro-Zonasi Potensi Likuifaksi dan Penurunan Tanah Akibat Gempa Bumi*”. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Santoso, B., Suprpto, H., dan H.S. Suryadi, (1998). *Dasar Mekanika Tanah. Seri diktat kuliah*. Gunadarma, Depok.

Seed, R.B., Cetin, K.O., Moss, R.E.S., Kammerer, A.M., Wu, J., Pestana, J.M., and Riemer, M.F., (2001). “Recent advances in soil liquefaction engineering and seismic site response evaluation”, *Proceeding 47th International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamic*, 26-31 March 2001, San Diego, California, USA, 1 – 45.

Suharyadi. (1984). “*Geohidrologi*”. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada

Tandirerung, R. (2017). “Kajian Potensi Likuifaksi di Daerah Pantai Pandansimo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta”. *Tugas Akhir*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Tohari, A. Soebowo, E. dan Sarah, D. (2007). “Studi Potensi Likuifaksi Di Daerah Zona Patahan Opak Patalan-Bantul Jogjakarta”.

Vesariany, R. (2012). “Potensi Likuifaksi pada Pasir ditinjau dari Gradasi, Ukuran Butiran, dan Kandungan Air dengan Uji Kandungan Air dengan Uji Model Laboratorium”. *Tugas Akhir*. Pekanbaru: Universitas Riau

Widyaningrum, R., dan Buana, T. W., (2012). “Studi Bahaya Likuifaksi Palu Berdasarkan Data Geologi Teknik”. *Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi*. Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan. Bandung.