

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

Ifrillah M Tjaerah¹ dan Hendra Setiawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako,

Jalan Soekarno Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.

Email : ifrillahtjaerah@gmail.com

Abstrak

Kota Palu merupakan salah satu ibukota provinsi yang tercatat sebagai daerah rawan gempa karena memiliki aktivitas tektonik tertinggi di Indonesia dan pada tanggal 28 September 2018, pukul 18.02 WITA terjadi gempa bumi dengan magnitudo 7,4 Skala Richter berpusat di 26 km utara Donggala dan 80 km barat laut kota Palu dengan kedalaman 10 km yang menyebabkan likuifaksi. Berdasarkan kejadian bencana alam likuifaksi yang terjadi di Palu dan sekitarnya maka akan dilakukan eksperimen di laboratorium dengan menguji efektifitas material kayu dalam mengurangi deformasi tanah akibat likuifaksi yang diharapkan dapat menjadi bentuk mitigasi yang efektif dan ekonomis. Pengujian penggunaan batang kayu terhadap tanah berpotensi likuifaksi merupakan pengujian efektifitas kayu dalam mengurangi deformasi tanah dengan menancapkan batang-batang kayu ke dalam tanah jenuh air yang kemudian digetarkan dengan frekuensi tertentu menggunakan meja getar selama 20 detik sebagai bentuk aplikasi gempa bumi. Dari hasil pengujian dengan beberapa variasi didapatkan persentase efektifitas dari variasi perkuatan satu lapis batang kayu adalah sebesar 10,13%, perkuatan dua lapis batang kayu adalah sebesar 44,3%, perkuatan batang kayu untuk rumah baru adalah sebesar 55,7%. Batang kayu berpengaruh dalam mengurangi deformasi tanah dan efektifitas kayu semakin besar apabila lapisan perkuatan lebih dari satu.

Kata kunci : Likuifaksi, Batang, Kayu, Deformasi, Tanah.

Abstract

Palu City is one of the provincial capitals that listed as an area which troubled of earthquake because it has the highest tectonic activity in Indonesia and on September 28 2018, at 18.02 WITA an earthquake with a magnitude of 7.4 occurred on the Richter scale centered 26 km north of Donggala and 80 km northwest of Palu city with a depth of 10 km which causes liquefaction. Based on the natural disasters of liquefaction that occurred in Palu and its surroundings, experiments will be carried out in the laboratory by testing the effectiveness of wood materials in reducing soil deformation due to liquefaction which is expected to be an effective and economical form of mitigation. Testing that use of logs against the soil with the potential for liquefaction is a test of the effectiveness of wood in reducing soil deformation by sticking the logs into the saturated soil which is then vibrated with a certain frequency using a vibrating table for 20 seconds as a form of earthquake application. From the test results with several variations, it was found that the percentage of effectiveness of the variation of the reinforcement of one layer of logs was 10.13%, the reinforcement of two layers of logs was 44.3%, the reinforcement of logs for a new house was 55.7%. Logs have an effect in reducing soil deformation and the effectiveness of the wood is increasing if the reinforcement layer is more than one.

Key words: Liquefaction, Logs, Wood, Deformation, Soil

1. Pendahuluan

Kota Palu merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah yang tercatat sebagai daerah rawan gempa karena memiliki aktivitas tektonik tertinggi di Indonesia. Penyebab utamanya tidak lain adalah karena di kota Palu terdapat patahan kerak bumi (sesar) berdimensi cukup besar, dikenal dengan sesar Palu Koro. Sesar itu memanjang mulai dari Selat Makassar sampai pantai utara Teluk Bone dengan panjang patahan sekitar 500 km. Di Kota Palu, 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).

Geologi regional daerah Palu dan sekitarnya didominasi oleh endapan kuarter yang terdiri atas endapan fluviatil dan alluvium. Kondisi alam tersebut memiliki beberapa potensi yang merugikan di antaranya adalah potensi likuifaksi. (Widyaningrum, 2012)

Pada tanggal 28 September 2018, pukul 18.02 WITA terjadi gempa bumi dengan magnitudo 7,4 Skala Richter berpusat di 26 km utara Donggala dan 80 km barat laut kota Palu dengan kedalaman 10 km. Beberapa saat setelah puncak gempa terjadi bencana likuifaksi yang memakan banyak korban jiwa dan material. Dua tempat yang paling nyata mengalami bencana ini adalah Kelurahan Petobo dan Perumnas Balaroa di Kota Palu. Balaroa ini terletak di tengah- tengah sesar Palu-Koro. Saat terjadinya likuifaksi, terjadi kenaikan dan penurunan muka tanah. Beberapa bagian amblas 5 meter, dan beberapa bagian naik sampai 2 meter. Di Petobo, ratusan rumah tertimbun lumpur hitam dengan tinggi 3-5 meter. Terjadi setelah gempa, tanah di daerah itu dengan lekas berubah jadi lumpur yang dengan segera menyeret bangunan-bangunan di atasnya. Likuifaksi juga muncul dari perbatasan Kabupaten Sigi dengan Kota Palu. Lumpur muncul dari bawah permukaan tanah dan menggeser tanah hingga puluhan meter dan akhirnya menenggelamkan bangunan dan korban hidup-hidup. Menurut data, likuifaksi yang terjadi di Perumnas Balaroa menenggelamkan sekitar 1.747 unit rumah sementara di Kelurahan Petobo sekitar 744 unit rumah tenggelam. (Wikipedia, 2018)



Gambar 1. Dampak Likuifaksi di Daerah Petobo

Sejumlah studi telah dilakukan untuk mitigasi terhadap potensi likuifaksi, Setiawan (2018) telah melakukan studi eksperimental mitigasi terhadap deformasi tanah akibat likuifaksi dengan menggunakan kerikil dan geosintetik.

Berdasarkan kejadian bencana alam likuifaksi yang terjadi di Palu dan sekitarnya yang termasuk dalam kejadian bencana alam yang langka di Indonesia khususnya di Palu, serta minimnya

pengetahuan untuk tindakan mitigasi bencana likuifaksi maka akan dilakukan eksperimen di laboratorium dengan menguji efektifitas material kayu dalam mengurangi deformasi tanah akibat likuifaksi untuk selanjutnya dapat diterapkan sebagai metode mitigasi.

2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

2.1. Likuifaksi

Selama gempa bumi, kerusakan besar dari berbagai jenis struktur terjadi karena terjadinya celah, gerakan abnormal dan / atau tidak sama, dan hilangnya kekuatan atau kekakuan tanah. Hilangnya kekuatan atau kekakuan tanah mengakibatkan kegagalan bangunan, tanah longsor dan bahaya lainnya. Proses kehilangan kekuatan yang terjadi di tanah disebut Likuifaksi. Fenomena Likuifaksi secara utama berkaitan dengan tanah jenuh non-koheisi dari butiran medium sampai butiran halus. Contoh kerusakan tanah akibat likuifaksi adalah gempa bumi 16 Juni 1964 di Niigata, Jepang, gempa bumi Alaska 1964, dan juga gempa Hari Republik 2001 di Kuala Lumpur Bhuji, India. Sebagian besar kerusakan di pelabuhan dan fasilitas pelabuhan selama Gempa bumi disebabkan oleh likuifaksi. Contoh klasik adalah Pelabuhan Kobe, Jepang (gempa 1995) dan di Pelabuhan Kandla, India (gempa 2001). (Das, 1993)

Salah satu upaya pertama yang menjelaskan fenomena likuifaksi di tanah berpasir dibuat oleh Casagrande (1936) dan didasarkan pada konsep critical void ratio. Pasir padat, bila mengalami pergeseran, cenderung melebar; pasir lepas, di bawah kondisi serupa, cenderung mengalami penurunan volume. Void ratio pada pasir yang volumenya tidak berubah ketika mengalami geser disebut sebagai Critical Void Ratio. Casagrande menjelaskan bahwa endapan pasir yang memiliki Void ratio lebih besar dari Critical Void Ratio cenderung mengalami penurunan volume ketika dikenakan getaran oleh efek seismik. Jika tidak terdapat drainase, maka tekanan air pori meningkat. Berdasarkan prinsip tegangan efektif di setiap kedalaman endapan tanah

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

2.2. Proses Likuifaksi

Likuifaksi diakibatkan oleh melemahnya kekuatan massa tanah yang mempunyai sifat jenuh air. Pada kondisi tanah lepas, butiran tanah yang mempunyai jenuh air yang tinggi hingga tersebar sehingga pori – pori tanah akan terisi air hingga penuh dan apabila pada saat tersebut terjadi beban siklik yang monoton seperti terjadi kejadian gempa bumi, maka butiran – butiran tanah yang sebelumnya berpecah akan saling mendekat satu sama lain hingga tanah tersebut menjadi jenuh air. Pada saat kondisi tanah jenuh air maka air terdesak keluar ke permukaan tanah, apabila dalam proses keluarnya air tersebut mengalami hambatan untuk keluar maka tegangan air pori akan meningkat secara signifikan dengan munculnya beban geser yang telah terjadi. Apabila hal tersebut terjadi maka akan menyebabkan terjadinya perpindahan tegangan dari masa tanah ke air pori yang akan mengakibatkan berkurangnya nilai tegangan efektif dan tegangan geser dari tanah. Apabila nilai

tegangan geser pada kondisi tanah lebih kecil dari nilai tegangan statisnya, tegangan geser penggerak (driving shear resistance) pada tanah tersebut mempunyai tingkat deformasi yang cukup besar sehingga kondisi tanah akan mempunyai sifat seperti cairan (liquid), dan akan mengalami likuifaksi. (Allafa dan Prasetya, 2019)

Faktor dan potensi terjadinya Likuifaksi Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan timbulnya proses likuifaksi pada suatu kondisi tanah. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan para ahli dapat disimpulkan bahwa faktor yang menyebabkan proses likuifaksi yaitu:

2.2.1. Letak Permukaan Air Tanah

Letak air tanah yang dekat dengan permukaan tanah akan mempunyai potensi yang besar terjadinya proses likuifaksi. Lapisan permukaan tanah yang tidak jenuh air memiliki potensi yang kecil akan terjadi likuifaksi. Apabila lapisan tanah permukaan tidak terendam air maka tidak mungkin akan terjadi likuifaksi. (Allafa dan Prasetya, 2019) Dengan mempertimbangkan kedalaman muka air tanah, maka tingkat kerentanan likuifaksi mengikuti kriteria oleh (Youd dkk. 1979) dalam (Tandirerung, 2017) seperti pada Tabel 1. Likuifaksi sering terjadi pada lapisan endapan yang relatif dekat dengan permukaan atau kurang dari 10 meter pada situasi muka air tanah beberapa meter dari permukaan.

Tabel 1. Hubungan Kedalaman Muka Air Tanah Dengan Kerentanan Likuifaksi

<i><u>Ground Water Depth (m)</u></i>	<i><u>Maximum Possible Susceptibility</u></i>
< 3,0	<i>Very High</i>
3,0 - 9,1	<i>High</i>
9,1 - 15,2	<i>Low</i>
<u>≥15,2</u>	<u><i>Very Low</i></u>

Sumber : Youd dkk. 1979 dalam Tandirerung, 2017

a. Jenis tanah

Jenis tanah yang memiliki potensi yang besar terhadap likuifaksi adalah jenis tanah yang bersifat tidak plastis atau tanah yang berplastisitas rendah. Apabila diurutkan dari jenis yang paling kecil hingga ke besar daya tahan tanah terhadap proses likuifaksi, maka di peroleh data yaitu:

b. Pasir bersih

Pasir berlanau tidak berplastisitas Lanau tidak berplastisitas

c. Kerikil

Tanah yang mempunyai potensi besar terhadap likuifaksi selama gempa bumi akan ditemui di dalam lapisan tanah yang terdiri dari butiran pasir yang kecil, butiran pasir sedang, serta butiran pasir yang beisikan debu berplastisitas rendah. Tidak menutup kemungkinan tanah kerikil dapat mengalami proses likuifaksi. (Allafa dan Prasetya, 2019).

2.2.2. Letak Geologi Tanah

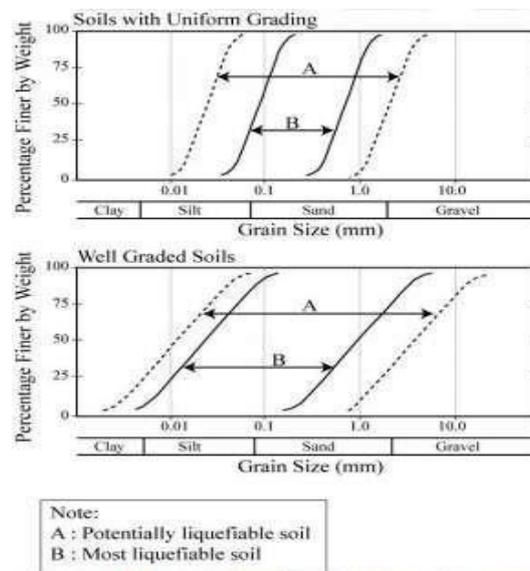
Tanah yang mempunyai letak di dalam air akan mempunyai potensi yang besar akan terjadinya proses likuifaksi, karena pada umumnya tersebut mempunyai sifat butiran tanah yang saling lepas. Pada contohnya tanah yang ada dalam sungai, samudra, dan danau mempunyai partikel tanah lepas serta tidak mengikat satu sama lain. Apabila terjadi getaran seperti gempa bumi tanah yang memiliki butiran yang lepas akan mudah terurai lebih cepat dari pada tanah yang mempunyai ikatan antara partikelnya. Sehingga potensi lebih besar akan likuifaksi terjadi pada tanah yang mempunyai butiran tanah lepas. (Allafa dan Prasetya , 2019)

2.2.3. Bentuk Partikel

Pada tanah yang mempunyai partikel berbentuk oval atau bulat akan terjadi banyak rongga pada tanah, sehingga air lebih mudah untuk mengisi kekosongan pada tanah. Hal tersebut tentunya akan menimbulkan potensi yang lebih besar terhadap proses terjadinya likuifaksi dibandingkan dengan kondisi tanah yang rapat sehingga tidak mudah terisi oleh air. (Allafa dan Prasetya , 2019)

2.2.4. Gradasi Ukuran Partikel Tanah

Pada jenis tanah yang mempunyai gradasi yang baik, butiran akan memiliki pola yang saling mengisi rongga yang kosong, sehingga air tidak dapat masuk kedalam rongga tanah karena struktur tanah yang sudah baik. Bentuk partikel – partikel tanah yang mempunyai bentuk seragam akan kurang stabil dibandingkan dengan tanah yang mempunyai gradasi tanah yang baik. Proses likuifaksi akan terjadi pada jenis tanah berpasir, apabila pada butiran tanah yang kasar dan butiran tanah yang halus (lempung) akan sulit terjadi proses likuifaksi. (Allafa dan Prasetya , 2019)



Gambar 2. Gradasi Ukuran Partikel

2.2.5. Penurunan

Jika seluruh permukaan di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan terjadi tak berlebihan, mungkin turunnya bangunan tak tampak oleh pandangan mata dan penurunan

yang terjadi tak menyebabkan kerusakan bangunannya. Namun, kondisi demikian tentu mengganggu baik pandangan mata maupun kestabilan bangunan, bila penurunan terjadi secara berlebihan. Istilah penurunan (settlement) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan tak seragam lebih membahayakan bangunan daripada penurunan totalnya. (Hardiyatmo,1996)

a. Hitungan Penurunan

Penurunan (settlement) fondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu: penurunan-segera (immediate settlement), penurunan konsolidasi primer, dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen penurunan tersebut, atau bila dinyatakan dalam persamaan:

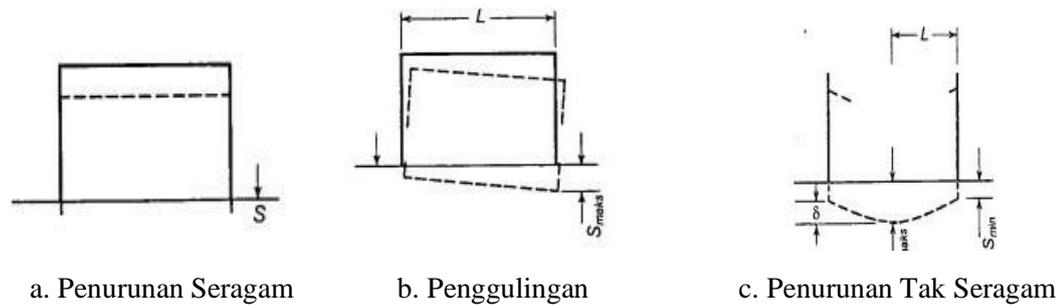
$$S = S_i + S_c + S_s \quad (2)$$

Penurunan segera atau disebut juga penurunan elastis adalah penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan dan terjadi pada volume konstan. Penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tak jenuh termasuk tipe penurunan segera, karena penurunan terjadi segera sesudah penerapan bebannya. Penurunan konsolidasi terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap penurunan konsolidasi primer dan tahap penurunan konsolidasi sekunder.

Penurunan konsolidasi primer adalah penurunan yang terjadi sebagai hasil dari pengurangan volume tanah akibat aliran air meninggalkan zona tertekan yang diikuti oleh pengurangan kelebihan tekanan air pori (excess pore water pressure). Besarnya penurunan tanah merupakan fungsi dari waktu, penurunan konsolidasi sekunder adalah penurunan yang tergantung dari waktu juga namun berlangsung pada waktu setelah konsolidasi primer selesai, yang tegangan efektif akibat bebannya telah konstan. Besarnya penurunan bergantung pada karakteristik tanah dan penyebaran tekanan fondasi ke tanah di bawahnya. Penurunan fondasi bangunan dapat diestimasi dari hasil-hasil pengujian laboratorium pada contoh-contoh tanah tak terganggu yang diambil dari pengeboran atau dari persamaan-persamaan empiris yang dihubungkan dengan hasil pengujian di lapangan secara langsung. (Hardiyatmo,1996)

b. Penurunan Diizinkan

Beberapa contoh tipe penurunan bangunan diperlihatkan dalam Gambar 3. Gambar 3.a. menyajikan penurunan seragam yang banyak ditemui pada bangunan yang sangat kaku. Gambar 3.b. memperlihatkan bangunan yang miring akibat beda penurunan ujung ke ujung bangunan yang besar sehingga bangunan berotasi. Gambar 3.c. menunjukkan kondisi yang banyak ditemui pada struktur yang mengalami penurunan tak seragam. (Hardiyatmo,1996).



Gambar 3. Tipe Penurunan: (a) Penurunan Seragam (b) Penggulingan (c) Penurunan tak seragam. Hardiyatmo,1996

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan atau besarnya penurunan yang ditoleransikan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Rancangan dibutuhkan untuk dapat memperkirakan besarnya penurunan maksimum dan beda penurunan yang masih dalam batas toleransi. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkakan (creep). Oleh karena itu, dengan alasan tersebut kriteria penurunan fondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda. Penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai (namun tidak untuk penurunan tak seragam), umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diizinkan dengan penurunan maksimum. Skempton dan MacDonald (1955) menyarankan nilai batas-batas penurunan maksimum, seperti yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Batas Penurunan Maksimum

Jenis Pondasi	Batas Penurunan Maksimum (mm)
Fondasi terpisah pada tanah lempung	65
Fondasi terpisah pada tanah pasir	40
Fondasi rakit pada tanah lempung	65-100
Fondasi rakit pada tanah pasir	40-65

3. Metode Penelitian

3.1. Prosedur Eksperimen Menggunakan Meja Getar

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

- Siapkan perangkat meja getar dan atur wadah plexiglass di atasnya agar stabil dan tidak bergoyang.
- Masukkan air ke dalam kotak plexiglass hingga mencapai setengah volume dari wadah.
- 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 mold tepat berada di tengah- tengah area pasir, kemudian tancapkan batang kayu satu persatu ke dalam lubang mold. Pastikan semua batang kayu rata dengan permukaan pasir.
- f. Letakkan model rumah di atas mold (untuk variasi rumah yang sudah ada sebelumnya, model rumah di letakkan di atas mold yang telah dilubangi bagian tengahnya).
- 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.
- j. Ulangi prosedur pengujian untuk masing- masing variasi eksperimen.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. 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 lama dengan perkuatan satu lapis dan 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.

4.2. Perbandingan Penurunan Model Rumah di Setiap Variasi Perkuatan

Setelah melakukan pengujian didapatkan nilai penurunan model rumah di tiap lima titik tinjauan. Nilai penurunan dihitung dari selisih antara jarak awal model rumah dengan jarak akhir model rumah yang ditinjau dari titik nol seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Nilai penurunan di tiap lima titik model rumah pada setiap variasi perkuatan dapat dilihat pada tabel 3.

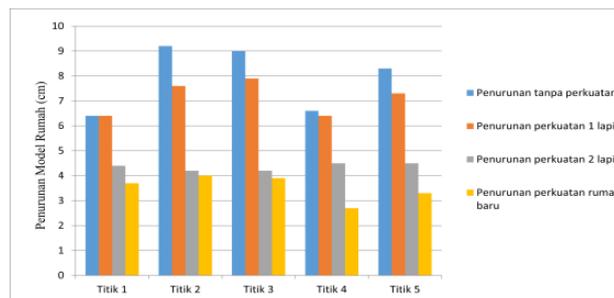
Tabel 3. Penurunan Model Rumah Pada Setiap Variasi Perkuatan

Titik	Penurunan Tanpa Perkuatan	Penurunan Perkuatan 1 lapis	Penurunan perkuatan 2 lapis	Penurunan Perkuatan Rumah Baru
1	6,4	6,4	4,4	3,7
2	9,2	7,6	4,2	4,0
3	9,0	7,9	4,2	3,9
4	6,6	6,4	4,5	2,7
5	8,3	7,3	4,5	3,3

Untuk menghitung perbandingan efektifitas dari setiap variasi perkuatan diambil nilai penurunan paling besar dari tiap titik, nilai ini disebut sebagai nilai kritis. Nilai kritis akan dibandingkan dengan nilai penurunan maksimum yang diizinkan berdasarkan penurunan maksimum untuk pondasi terpisah pada tanah pasir di Tabel 2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan dari setiap variasi memenuhi syarat penurunan atau tidak.

Dari gambar 6. berikut nilai-nilai kritis dari setiap variasi perkuatan :

- Nilai kritis pada variasi tanpa perkuatan sebesar 9,2 cm (tidak memenuhi syarat)
- Nilai kritis pada variasi perkuatan satu lapis sebesar 7,9 cm (tidak memenuhi syarat)
- Nilai kritis pada variasi perkuatan dua lapis sebesar 4,5 cm (tidak memenuhi syarat)
- Nilai kritis pada variasi perkuatan untuk rumah baru sebesar 4,0 cm (memenuhi syarat)



Gambar 6. Grafik Perbandingan Penurunan Model Rumah di Lima Titik Tinjauan pada Setiap Variasi Perkuatan

Persentase efektifitas didapat dari perbandingan variasi tanpa perkuatan dengan variasi yang menggunakan perkuatan. berikut persentase efektifitas setiap variasi dengan perkuatan apabila dibandingkan dengan variasi tanpa perkuatan :

- Persentase efektifitas variasi perkuatan satu lapis untuk rumah lama adalah sebesar 14,13%
- Persentase efektifitas variasi perkuatan dua lapis untuk rumah lama adalah sebesar 51,08%
- Persentase efektifitas variasi perkuatan untuk rumah baru adalah sebesar 58,52%

Dilihat dari persentase efektifitas masing-masing variasi dengan perkuatan maka dapat disimpulkan bahwa variasi perkuatan untuk rumah baru lebih efektif dalam mengurangi penurunan akibat likuifaksi.

Pola instalasi batang kayu juga mempengaruhi tingkat keefektifan dari setiap variasi. Pada variasi perkuatan satu lapis untuk rumah lama, batang kayu ditancapkan satu lapis mengelilingi sekitar model rumah sehingga persentase yang didapatkan hanya 14,13% . Pada variasi perkuatan dua lapis

untuk rumah lama, batang kayu ditancapkan dua lapis mengelilingi sekitar model rumah sehingga tingkat keefektifan yang didapatkan lebih besar yaitu 51,08% dan untuk variasi perkuatan untuk rumah baru lebih efektif sebesar 58,52% karena batang kayu ditancapkan di bawah model rumah yang baru akan diletakkan dengan memberi jarak untuk area pondasi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- a. Pada pengujian dengan variasi perkuatan satu lapis untuk rumah lama penurunan terbesar yang terjadi adalah sebesar 7,9 cm. Jika dibandingkan dengan variasi tanpa perkuatan, persentase efektifitas dari perkuatan satu lapis batang kayu adalah sebesar 14,13% tetapi tidak memenuhi syarat batas maksimum penurunan pondasi.
- b. Pada pengujian dengan variasi perkuatan dua lapis untuk rumah lama penurunan terbesar yang terjadi adalah sebesar 4,5 cm. Jika dibandingkan dengan variasi tanpa perkuatan, persentase efektifitas dari perkuatan dua lapis batang kayu adalah
- c. sebesar 51,08% tetapi tidak memenuhi syarat batas maksimum penurunan pondasi.
- d. Pengujian dengan variasi perkuatan untuk rumah baru rata-rata penurunan yang terjadi adalah sebesar 4,0 cm. Jika dibandingkan dengan variasi tanpa perkuatan, persentase efektifitas dari perkuatan batang kayu untuk rumah baru adalah sebesar 58,52% dan memenuhi syarat batas maksimum penurunan pondasi.
- e. Penurunan permukaan pasir pada pengujian dengan semua variasi sama yaitu 1,5 cm untuk selisih permukaan awal pasir dan permukaan pasir setelah dilakukan penggetaran.
- f. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efektifitas pengaruh penggunaan batang kayu meningkat apabila jumlah lapisan batang kayu yang ditancapkan lebih dari satu lapis dan tingkat efektifitasnya lebih tinggi untuk rumah yang akan baru dibangun.

5.2. Saran

- a. Perlu persiapan yang baik untuk menyediakan alat dan bahan yang berperan paling penting saat pengujian, misalnya kondisi alat meja getar, kotak plexiglass dan alat tambahan yang sewaktu-waktu dibutuhkan saat pengujian.
- b. Perlu adanya ketelitian saat akan menjenuhkan pasir ketika berada dalam kotak plexiglass, terutama saat menguras kembali air sisa dari menjenuhkan pasir.
- c. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menghitung menggunakan alat meja getar yang pengaturannya lebih lengkap terutama untuk frekuensi kekuatan getaran.

Daftar Pustaka

- Alaffa, W.M., dan Prasetya, Y.N. (2019). Analisis Likuifaksi Akibat Gempa 7,5 Sr Di Daerah Petobo Kota Palu Menggunakan Program Liqit. Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Das, B.M. (1993). Principle of Soil Dynamic, California State University, Sacramento. USA.
- Hardiyatmo, H.A. (1996). Teknik Fondasi 1, Gramedia Pustaka Utama. Jakarta .
- Merdeka. (2018). TNI AL teliti air tanah di Petobo dan Balaroa. (<https://www.merdeka.com/peristiwa/tni-al-teliti-air-tanah-di-petobo-dan-balaroa.html>).Diakses 05 Agustus 2019 pukul 12.00 Wita.
- Setiawan, H., Serikawa, Y., Sugita, W., Kawasaki, H., and Miyajima, M. (2018). Experimental Study On Mitigation Of Liquefaction-Induced Vertical Ground Displacement By Using Grave and Geosynthetics. Disertasi, Kanazawa University. Japan. Siahaan, S.P.O. (2015), Percobaan Potensi Likuifaksi Pada Tanah Pasir Seragam Dengan Permodelan Alat Di Laboratorium. Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Tandirerung, R. (2017). Kajian Potensi Likuifaksi di Daerah Pantai Pandansimo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tesis, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Widyaningrum, R. (2012). Penyelidikan Geologi Teknik Potensi Liquifaksi Daerah Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi, Bandung.
- Wikipedia. (2018). Gempa bumi dan tsunami Sulawesi 2018. (https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_dan_tsunami_Sulawesi_2018). Diakses 01 Agustus 2019 pukul 13.26 Wita.