

# POTENSI LIKUIFAKSI TANAH PASIR DIATAS TANAH LUNAK DENGAN VARIASI TEBAL TIMBUNAN PASIR MELALUI UJI MODEL LABORATORIUM

Bahrul Junaidi<sup>(1)</sup>, Agus Ika Putra<sup>(2)</sup> Soewigno Agus Nugroho<sup>(3)</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [bahrul.junaidi@student.unri.ac.id](mailto:bahrul.junaidi@student.unri.ac.id)

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [agusip@eng.unri.ac.id](mailto:agusip@eng.unri.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [nugroho.sa@eng.unri.ac.id](mailto:nugroho.sa@eng.unri.ac.id)

## Abstract

*Buildings in Riau, especially Pekanbaru City, are generally established on peatlands covered in sand embankment. Earthquakes often occur in the western region of the island of Sumatra due to its position along with two tectonic plate collision of earth, Indian and Eurasian plate. One of earthquake activity aftermath is liquefaction. Liquefaction can be defined as the loss of shear strength of soil due to an increase in excess pore water pressure caused by cyclical load, therefore the total stress of ground is almost entirely replaced by pore water pressure. The aim of this research is to know the influence of embankment thickness and acceleration of vibration against pore water pressure increment and soil settlement. This research was conducted by laboratory model test using shaking table. The acceleration variation used were 0.25 g and 0.32 g. The thickness variation of sand embankment used were 10 cm, 15 cm, and 20 cm placed on a 10 cm peat soil layer and given a load 40 kg/m<sup>2</sup>. Water level elevation as high as the sand layer each variation. The results of this research show that with the addition of the sand embankment thickness takes longer time to reach maximum pore water pressure increment. The thicker of sand embankment take longer time to reach maximum soil settlement during liquefaction. The addition of acceleration values leads to larger increment of pore water pressure and soil settlement, but the time it takes for pore water pressure begin to stabilize tends to be faster.*

**Keyword :** *Liquefaction, embankment, peat soil, excess pore water pressure, shaking table*

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki intensitas gempa yang cukup tinggi. Gempa yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan yang cukup parah pada suatu bangunan baik dari struktur bangunan maupun lapisan tanahnya. Salah satu akibat dari adanya aktivitas gempa adalah terjadinya likuifaksi.

Likuifaksi dapat didefinisikan sebagai peristiwa hilangnya kuat geser tanah akibat peningkatan tegangan air pori yang timbul akibat beban siklis, sehingga tegangan tanah total hampir seluruhnya tergantikan oleh tegangan air pori. Penelitian mengenai likuifaksi mulai didalami oleh para insinyur semenjak

peristiwa gempa yang menghancurkan kota pelabuhan Nigata. Prefektur Nigata mengalami gempa besar yang terjadi pada tanggal 16 Juni 1964 dengan kekuatan 7,3 skala Richter dengan pusat gempa sekitar 56 km dari kota Niigata. Gempa tersebut menyebabkan terjadinya pencairan tanah pasir pada area yang cukup luas, air mengalir melalui celah-celah tanah dan menggulingkan gedung-gedung yang berdiri di kota tersebut (Seed and Idriss, 1982)

Berdasarkan data BMKG tahun 2015, gempa yang terjadi pada 06 Maret 2007 di Sumatera Barat dengan magnitudo 6,4 SR menimbulkan kerusakan yang

cukup parah. Tercatat nilai kerusakan fisik bangunan mencapai Rp 146,1 Milyar dan jumlah korban yang tewas mencapai 52 orang. Guncangan yang ditimbulkan dari gempa tersebut dirasakan di berbagai daerah seperti Pekanbaru, Duri, Jambi, Kepulauan Riau, Dumai, Malaysia hingga Singapura.

Di Provinsi Riau, khususnya kota Pekanbaru, bangunan umumnya didirikan pada timbunan pasir di atas lahan gambut. Tanah gambut terbentuk dari sisa-sisa pelapukan tumbuhan dengan kedalaman lebih dari 50 cm. Tanah gambut memiliki kadar air yang sangat tinggi dengan kompresibilitas yang tinggi. Jika dikaitkan dengan konstruksi bangunan di atas tanah gambut dikhawatirkan akan mengalami kegagalan konstruksi dikarenakan daya dukung tanah gambut yang sangat rendah.

Stewart dan Shafiee (2013) melalui penelitiannya di University of California, mengatakan bahwa gambut tergolong dalam kategori tanah “non-liquefable”, karena tanah gambut secara signifikan tidak berkontribusi pada resiko pembebanan saat ini pada Delta di wilayah California. Tanah non-liquefable tidak menunjukkan kehilangan kekuatan yang signifikan selama undrained shearing dan hasil analisisnya menunjukkan bahwa tanah non-liquefable relatif jarang menyebabkan kegagalan tanggul.

Potensi dan karakteristik likuifaksi pada suatu wilayah sangat penting untuk diketahui, khususnya pada wilayah rawan gempa. Potensi dan karakteristik likuifaksi ini dapat diketahui dengan berbagai metode, salah satunya yaitu melalui uji model laboratorium menggunakan mesin getar analisis satu arah.

Simulasi fenomena likuifaksi pada studi ini dilakukan dengan membuat model fisik skala laboratorium dengan kajian seberapa besar pengaruh variasi ketebalan tanah timbunan pada tanah gambut terhadap potensi likuifaksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh perubahan ketebalan timbunan pasir terhadap

penurunan permukaan tanah dan kenaikan air pori. Selain itu juga untuk mengamati pengaruh perubahan ketebalan timbunan pasir terhadap tegangan vertikal efektif tanah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Gempa Bumi

Aktivitas gempa di Indonesia terbilang cukup tinggi di antara kawasan-kawasan cincin api. Hal ini dikarenakan Indonesia terletak diantara pertemuan lempeng Hinda dan Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Cincin api adalah daerah yang mengelilingi cekungan Samudra Pasifik yang sering mengalami gempa bumi dan letusan gunung berapi. Daerah ini mencakup wilayah sepanjang 40.000 km dan berbentuk seperti tapal kuda. Lempeng Hindia-Australia bergerak ke utara dan bertumbukan dengan Lempeng Eurasia dengan kecepatan 50 mm sampai 70 mm per tahun. Zona tumbukan kedua lempeng ini terletak di sepanjang Palung laut Sumatera – Jawa – Bali – Lombok. Lempeng Australia bertumbukan dengan busur kepulauan di sepanjang tepi benua dari tepian selatan Timor Timur hingga ke timur dan melingkar berlawanan arah jarum jam di Lautan Banda. Lempeng Pasifik bergerak dengan kecepatan 120 mm/tahun kearah barat daya dan bertumbukan dengan tepian utara dari Pulau Papua Nugini – Irian Jaya dan terus ke arah barat sampai ke daerah tepian timur sulawesi. Gerakan dari tabrakan dan pergeseran lempeng-lempeng besar inilah yang menyebabkan gempa bumi. (Natawidjaja, 2007).

Wilayah barat pulau Sumatera sering terjadi gempa dikarenakan posisinya berada di sepanjang jalur tumbukan dua lempeng bumi yaitu lempeng Hindia yang bergerak menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Lempeng Hindia menunjam di bawah Sumatera dengan kecepatan 50 mm sampai 60 mm per tahun dan kemiringan dari zona penunjamannya sekitar  $12^{\circ}$  (Natawidjaja, 2007).

Berdasarkan laporan KLH oleh Natawidjaja (2007), dalam beberapa tahun terakhir, bencana gempa bumi sering terjadi di pulau Sumatera, baik gempa berskala besar, maupun gempa berskala kecil. Rangkaian gempa yang terjadi bermula dari gempa Aceh-Andaman yang terjadi pada 24 Desember 2004 dengan kekuatan Mw 9,2 dan memicu terjadinya bencana tsunami. Setelah itu terjadi gempa Nias-Simelue pada 28 Maret 2005 dengan kekuatan Mw 8,7. Sebelumnya pada tahun 2002 juga telah terjadi gempa bumi di daerah Simelue dengan kekuatan Mw 7,4. Gempa juga terjadi di Padang pada 30 September 2009 dengan magnitudo Mw 7,6. Pada tanggal 12 September 2007, gempa bumi berkekuatan Mw 8,4 terjadi di kawasan Kepulauan Mentawai – Bengkulu yang mengguncang wilayah Sumatera dan pada 25 Oktober 2010 gempa terjadi lagi di kawasan ini dan mengakibatkan banyak kerusakan bangunan serta kepanikan penduduk.

## 2. Tanah

Menurut Das (1988), tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (trikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Komponen-komponen penyusun tanah terdiri dari 3 yaitu bahan padat, air dan udara. Komponen udara dianggap tidak memiliki pengaruh teknis, sedangkan komponen air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang antar agregat sebagian atau seluruhnya dapat diisi oleh air dan atau udara. Tanah dikatakan kondisi jenuh apabila rongga antar agregat terisi oleh air seluruhnya. Sedangkan tanah dikatakan jenuh sebagian (*partially saturated*) apabila rongga terisi udara dan air. Tanah kering adalah tanah yang ruang antar agregatnya tidak mengandung air sama sekali atau dapat dikatakan kadar airnya nol.

## 2.1 Tanah Gambut

*American Standard Testing and Material* mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kadar serat dan kadar abunya. Berdasarkan kadar seratnya, tanah gambut dibedakan menjadi 3 jenis *Fibric*, *Hemic*, dan *Sapric*. Sedangkan klasifikasi gambut berdasarkan kadar abunya dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *Low Ash*, *Medium Ash*, dan *High Ash*. Kriteria klasifikasi gambut dapat dilihat pada Tabel 1 Dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi gambut berdasarkan kadar serat

Klasifikasi	Keterangan
<i>Fibric</i>	bila kadar serat lebih besar dari 67%
<i>Hemic</i>	bila kadar serat antara 33-67%
<i>Sapric</i>	bila kadar serat lebih kecil dari 33%

Sumber : ASTM D 4427-92

Tabel 2. Klasifikasi gambut berdasarkan kadar abu

Klasifikasi	Keterangan
<i>Low Ash</i>	bila kadar abu $\leq 5\%$
<i>Medium Ash</i>	bila kadar abu antara 5 – 15%
<i>High Ash</i>	bila kadar abu $\geq 15\%$

Sumber : ASTM D 4427-92

Komposisi bahan organik yang dominan menyebabkan gambut mampu menyerap air dalam jumlah yang relatif tinggi. Elon *et al.* (2011) menyatakan air yang terkandung dalam tanah gambut bisa mencapai 300-3.000% bobot keringnya, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral yang kemampuan menyerap airnya hanya berkisar 20-35% bobot keringnya. Mutalib *et al.* (1991) melaporkan kadar air gambut pada kisaran yang lebih rendah yaitu 100-1.300%, yang artinya gambut dapat menyerap air 1 sampai 12 kali bobot keringnya.

## 2.2 Tanah Pasir

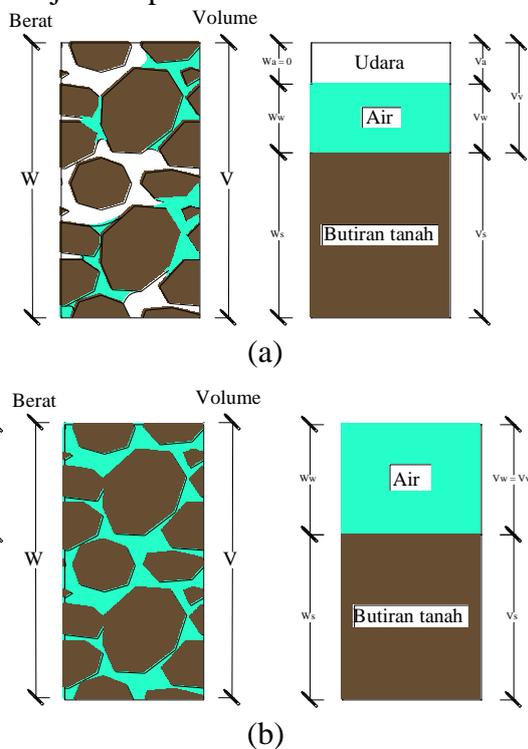
Pasir merupakan tanah yang tidak kohesif. Pasir sebagian besar terdiri atas mineral quartz dan feldspar (Das, 1988).

Menurut Hardyatmo (1992), ketika air berada pada lapisan pasir yang tidak padat, beban dinamis akan sangat mempengaruhi kekuatan gesernya. Penelitian yang dilakukan oleh

Tanah non kohesif merupakan butiran-butiran tanah yang terpisah-pisah dan hanya melekat apabila berada dalam kondisi basah. Tanah tak kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air (Bowles, 1989).

### 2.3 Berat Volume Tanah

Tanah secara alamiah terdiri dari partikel padat, air dan udara. Saat kondisi jenuh (fully saturated soil), tanah hanya terdiri dari dua bagian yaitu bagian padat atau butiran dan air pori yang dikenal dengan two-phase systems. Sedangkan pada saat tanah dalam kondisi tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian yaitu bagian padat atau butiran, air pori dan pori-pori udara yang dikenal dengan fase tiga tanah atau three-phase systems sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



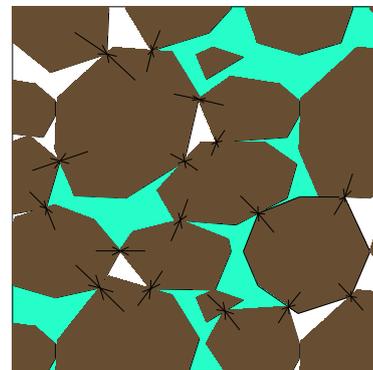
Gambar 1. Diagram fase tanah (a) kondisi tidak jenuh dan (b) kondisi jenuh

### 3. Likuifaksi

Likuifaksi merupakan suatu peristiwa hilangnya kekuatan tanah yang disebabkan oleh peningkatan tegangan air pori akibat adanya beban siklis atau getaran.

Likuifaksi umumnya terjadi pada tanah yang jenuh air dimana seluruh rongga-rongga dari tanah dipenuhi oleh air. Sebelum mengalami getaran, tekanan air pada suatu tanah secara relatif rendah. Namun, pada saat tanah mengalami getaran, tekanan air dalam tanah meningkat, partikel tanah tertekan oleh air sehingga mempengaruhi kepadatan tanah.

Suatu endapan tanah terdiri dari partikel-partikel yang saling berdekatan dan setiap partikel memiliki kontak dengan partikel lain. Akibat adanya kontak antar partikel tersebut, partikel tanah secara bersamaan akan memiliki kemampuan untuk memikul beban yang terdapat di atasnya. Beban tersebut akan disalurkan hingga ke lapisan batuan dasar yang terletak di bagian bawah lapisan tanah tersebut.

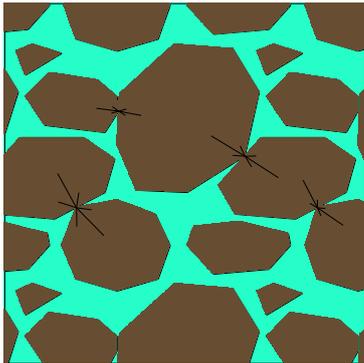


Gambar 2. Kondisi partikel tanah pada kondisi normal (sebelum terjadi kenaikan air pori)

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa kondisi tanah terdapat rongga antar partikel tanah yang terisi air. Pada kondisi normal, tekanan air yang dimiliki oleh air relatif rendah sehingga tanah masih memiliki kemampuan untuk menopang beban di atasnya.

Saat menerima tekanan dari getaran secara tiba-tiba, tekanan air pori akan meningkat karena air mendesak partikel

tanah untuk mencari jalan keluar. Pada saat terjadi gempa, air tidak memiliki cukup waktu untuk berdisipasi keluar dari tanah melalui rongga-rongga tanah, sehingga air mendorong partikel-partikel tanah dan menyebabkan kontak antar partikel tanah hilang dan partikel-partikel tanah saling menjauh (Gambar 3). Akhirnya partikel tanah tidak dapat mendistribusikan beban secara optimal.



Gambar 3. Kondisi tanah saat mengalami getaran (saat terjadi kenaikan tegangan air pori)

Pada kondisi tanah mengalami getaran, sebagian besar beban dipikul oleh air sehingga beban yang dipikul oleh tanah menjadi tidak stabil. Kondisi dapat dianalogikan seperti beban kapal yang mengapung di atas air. Apabila air tidak mampu memikul beban kapal tersebut, maka kapal akan tenggelam ke dalam air. Begitu pula dengan beban gedung pada tanah yang mengalami likuifaksi, gedung tersebut akan tenggelam ke dalam tanah.

Tokimatsu (1979) melakukan penelitian mengenai potensi likuifaksi dengan mengamati perilaku peningkatan tegangan air pori pada tanah pasir akibat pembebanan dinamik. Penurunan tegangan air pori yang lambat mengindikasikan bahwa likuifaksi dapat terjadi. Beberapa kelebihan yang diperoleh pada pengujian *shaking table* adalah :

1. Kotak tempat sampel tanah terbuat dari kaca tebal atau *flexiglass* sehingga semua proses dan fase tegangan selama pengujian dapat dilihat dan dibaca.
2. Memungkinkan adanya suatu sampel pasir jenuh air yang homogen dalam

jumlah besar, sehingga lebih mendekati keadaan yang sebenarnya dilapangan.

3. Pengaruh pemusatan tegangan dapat dibatasi dan hanya terjadi pada lokais yang relatif kecil, sehingga pengaruhnya dapat diabaikan.
4. Memungkinkan untuk dilengkapi dengan alat-alat pencatat (*transducer*) yang memadai, sehingga distribusi tegangan air pori yang terjadi selama pengujian dan setelah pengujian dapat diamati dan dicatat dengan teliti.
5. Penentuan tebal atau tinggi sampel, dari pengujian *shaking table* terdahulu yang dilaksanakan oleh para ahli geoteknik dengan menggunakan sampel yang tidak sama.

Singh dkk. (2008) meneliti potensi likuifaksi pasir Solani India menggunakan alat *shaking table* mini. Hasil penelitian mereka menjelaskan bahwa pengaruh percepatan gempa akan mempercepat terjadinya likuifaksi dan memperlama durasi likuifaksi.

Hasmar (2007) meneliti potensi likuifaksi pasir Kali Krasak, Daerah Istimewa Yogyakarta. Desain pembebanan yang dilakukan yaitu dengan memodelkan pengujian dengan variasi beban siklik. Hasil dari penelitian Hasmar menunjukkan bahwa beban siklik (N) 20 siklik dan 32 siklik berpotensi memicu likuifaksi pasir Kali Krasak.

Aldi (2011) meneliti potensi likuifaksi menggunakan meja getar satu arah pada tanah pasir dengan memodelkan pengujian berdasarkan variasi beban dan percepatan getar. Hasil dari penelitian Aldi menunjukkan bahwa penambahan beban dapat memperlambat proses penurunan muka tanah akibat likuifaksi dan juga mengakibatkan perubahan kepadaan yang tinggi. Penambahan beban mempengaruhi kecepatan kenaikan air pori maksimum dan kecepatan penurunan tegangan vertikal efektif tanah, beban yang besar dapat memperlambat kenaikan air pori dan penurunan tegangan vertikal efektif pada tanah.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bak uji yang dipasang diatas meja getar satu arah dengan dimensi bak uji, panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 35 cm. Dinding bak uji terbuat dari bahan *acrylic* dengan ketebalan 0,5 cm.



Gambar 4. Bak uji *acrylic*

Meja getar dibuat menggunakan bahan dasar baja yang dihubungkan menggunakan las dan baut. Meja getar satu arah merupakan model dari gerakan siklik dinamik dari terjadinya tegangan geser pada lapisan tanah pada saat terjadi gempa bumi.



Gambar 5. Meja getar satu arah

Beban pengujian yang digunakan berbahan baja dengan berat masing-masing 10 kg sebanyak 2 buah. Beban diletakkan di atas multiplex dengan ukuran 100 cm x 50 cm sehingga dengan mengabaikan berat multiplex didapatkan beban merata sebesar  $40 \text{ kg/m}^2$ .



Gambar 6. Beban pengujian

Tanah gambut yang dipakai berasal dari daerah Kampar. Sampel tanah berupa tanah terganggu yang dibawa dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium. Sebelum dipakai untuk pengujian, sampel tanah diuji terlebih dahulu, baik karakteristik maupun sifat fisiknya.



Gambar 7. Sampel tanah gambut

Tanah pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir bersih yang berasal dari Sungai Kampar. Sampel tanah pasir yang dipakai berupa pasir sedang yang lolos saringan nomor 10 dan tertahan saringan nomor 20.



Gambar 8. Sampel tanah pasir

Langkah-langkah pengujian pemodelan laboratorium menggunakan meja getar satu arah antara lain sebagai berikut :

1. Sebelum pengujian dilakukan, pengujian quality control dilakukan terlebih dahulu. Beberapa parameter yang diperoleh dari hasil pengujian antara lain kadar air, berat volume dan specific gravity. Data tersebut digunakan untuk mencari kebutuhan air untuk menjenuhkan sampel tanah gambut.
2. Pengujian ini dimulai dengan mengisi bak uji dengan tanah gambut yang

kemudian dijenuhkan dengan menggunakan air.

3. Bak kemudian diisi dengan tanah pasir dengan ketebalan sesuai variasi.
4. Pipa kaca diletakkan sedalam setengah kedalaman timbunan masing-masing variasi dari permukaan tanah timbun.
5. Beban merata sebesar 40 kg/m<sup>2</sup> kemudian diletakkan di atas lapisan pasir.
6. Pengujian dimulai dengan memutar *pulley* menggunakan mesin induksi kapasitas 220V 50Hz.
7. Pengamatan dilakukan secara manual, baik pembacaan ketinggian air pori, maupun pembacaan penurunan muka tanah.
8. Pengujian dilakukan selama 120 detik dengan pembacaan ketinggian air pori dan pembacaan penurunan muka tanah dilakukan setiap 5 detik.
9. Tanah gambut yang selesai diuji kemudian disimpan didalam kotak styrofoam untuk pengujian selanjutnya.

Data hasil pengujian laboratorium berupa karakteristik dan sifat fisik tanah, pembacaan tekanan air pori dan penurunan muka tanah disusun dalam bentuk tabel dan grafik agar mempermudah dalam menganalisa data untuk kemudian diambil suatu kesimpulan. Potensi likuifaksi dievaluasi berdasarkan hasil pembacaan penurunan muka tanah dan kenaikan air pori.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 1. Pengujian Karakteristik Tanah

###### 1.1 Hasil Pengujian Tanah Pasir

Tanah pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang telah digunakan sebelumnya pada penelitian Rudy Suryadi (2016) tentang Pengaruh Beban Vertikal Terhadap Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang. Hasil analisa ukuran butiran metode mekanik pada penelitian tersebut ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian karateristik tanah pasir

Pengujian	Nilai
Kadar Air (w)	0,071 %
Berat Jenis (Gs)	2,649
D10	0,190 mm
D30	0,324 mm
D60	0,563 mm
<i>Coefficient of uniform (Cu)</i>	2,96
<i>Coefficient of curvature (Cc)</i>	0,98

(Sumber: Rudy Suryadi, 2016)

Berdasarkan nilai Cu dan Cc yang didapat dari hasil pengujian, maka klasifikasi tanah berdasarkan ASTM D2487 termasuk dalam klasifikasi pasir dengan pembagian ukuran butiran buruk atau *Poorly Graded Sand (SP)*.

##### 1.2 Hasil Pengujian Tanah Gambut

Pada penelitian ini tanah gambut yang digunakan berasal dari daerah Rimbo Panjang kabupaten Kampar, Riau. Hasil uji karakteristik tanah gambut asli dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik tanah gambut

Karakteristik Tanah	Satuan	Hasil	Keterangan
Kadar Air, w	gr/cm <sup>3</sup>	442,933	<i>Moderate</i>
Berat Volume	kN/m <sup>3</sup>	1,011	
Basah, $\gamma_b$			
Berat Jenis, Gs	-	1,48	
Kadar Abu, Ac	%	0,797	<i>Low ash</i>
Kadar Organik, Oc	%	99,203	
Kadar Serat	%	1,183	<i>Sapric</i>

(Sumber: Hasil pengujian, 2017)

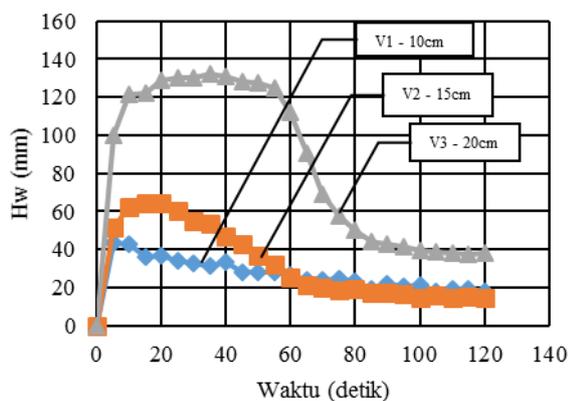
Tanah gambut diklasifikasikan mengacu pada ASTM D 4427-92 berdasarkan beberapa karakteristik seperti kadar abu, kadar serat dan kadar organik. Berdasarkan tabel di atas, tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini tergolong gambut *Sapric low ash* (kadar abu rendah).

## 2. Hasil Uji Permodelan Likuifaksi menggunakan Meja Getar 1 Arah

Setelah melakukan pengujian karakteristik tanah pasir dan tanah gambut, pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian menggunakan meja getar satu arah. Data-data hasil pengujian yang telah dilakukan di rekapitulasi dan di interpretasikan ke dalam bentuk tabel dan grafik.

### 2.1 Penurunan Muka Tanah dan Kenaikan Air Pori (Percepatan, $a = 0,25g$ )

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan diinterpretasikan dalam grafik antara penurunan tanah dan kenaikan air pori terhadap waktu. Masing-masing kenaikan air pori dan penurunan muka tanah diukur dari ketinggian mula-mula muka tanah dan muka air tiap variasi ketebalan timbunan. Grafik perbandingan kenaikan air pori ( $H_w$ ) terhadap waktu untuk pengujian dengan percepatan 0,25 dapat dilihat pada Gambar 9. Sedangkan grafik perbandingan penurunan tanah ( $\Delta H$ ) terhadap waktu untuk 3 variasi ketebalan timbunan dapat dilihat pada Gambar 10.

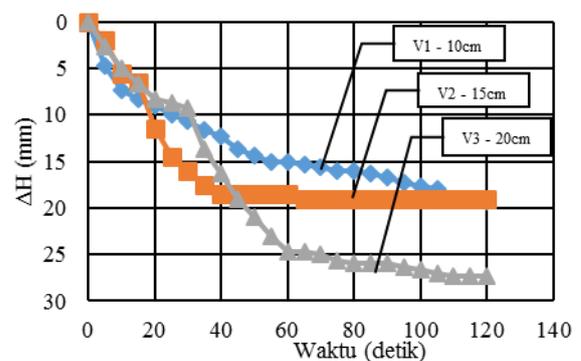


Gambar 9. Grafik kenaikan air pori pada percepatan 0,25g

Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan penambahan tebal timbunan pasir kenaikan air pori yang terjadi semakin besar. Selain itu, seiring penambahan tebal timbunan pasir, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori

maksimum juga semakin lama. Pada percepatan 0,25 untuk Variasi 1 dengan tebal timbunan 10 cm, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah 5 detik dengan nilai kenaikan air pori maksimum yang terjadi sebesar 43 mm. Untuk Variasi 2 dengan tebal timbunan 15 cm, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah pada 15 detik dengan nilai kenaikan air pori sebesar 65 mm. Sedangkan untuk Variasi 3 dengan tebal timbunan 20 cm, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah pada 35 detik dengan nilai kenaikan air pori sebesar 133 mm.

Gambar 9 juga menunjukkan bahwa semakin tebal timbunan pasir maka waktu yang diperlukan agar tekanan air pori kembali menjadi normal semakin lama. Variasi 1 tekanan air pori mulai terdisipasi pada waktu 10 detik. Sedangkan untuk Variasi 2, tekanan air pori mulai terdisipasi pada waktu 35 detik. Untuk Variasi 3 waktu yang diperlukan tekanan air pori untuk terdisipasi adalah 60 detik.



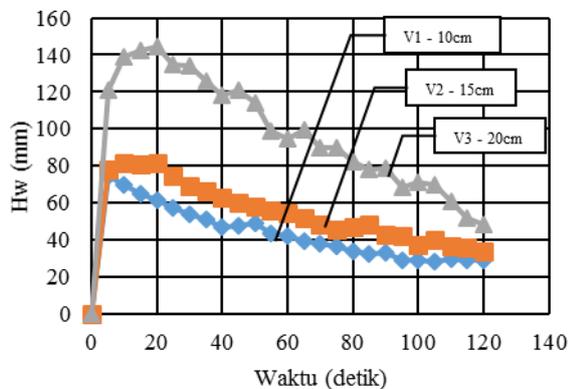
Gambar 10. Grafik penurunan tanah total pada percepatan 0,25g

Pada Gambar 10 dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan ketebalan timbunan, maka penurunan yang terjadi juga semakin besar. Untuk Variasi 1 dengan tebal timbunan 100 mm, penurunan maksimum yang terjadi pada 55 detik. Untuk variasi 2 dengan tebal timbunan 150

mm waktu yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 65 detik. Sedangkan untuk variasi 3, waktu yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 95 detik.

## 2.2 Penurunan Muka Tanah dan Kenaikan Air Pori (Percepatan, $a = 0,32g$ )

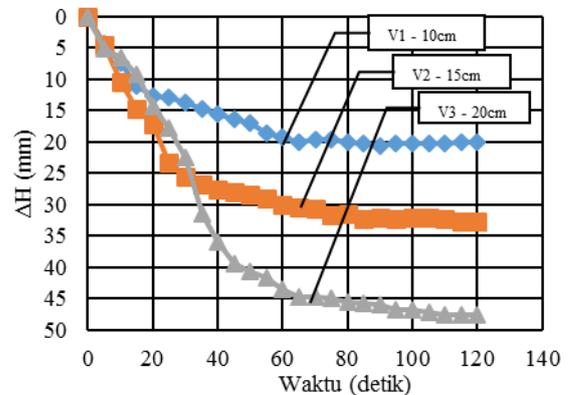
Grafik perbandingan kenaikan air pori ( $H_w$ ) terhadap waktu untuk pengujian dengan percepatan  $0,32g$  dapat dilihat pada Gambar 11. Sedangkan grafik perbandingan penurunan tanah ( $\Delta H$ ) terhadap waktu untuk 3 variasi ketebalan timbunan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Grafik kenaikan air pori pada percepatan  $0,32g$

Gambar 11 menunjukkan bahwa dengan penambahan tebal timbunan pasir kenaikan air pori yang terjadi semakin besar dan waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum juga semakin lama. Pada percepatan  $0,32g$ , waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum untuk Variasi 1 adalah 5 detik dengan nilai kenaikan air pori maksimum sebesar 74 mm. Sedangkan pada Variasi 2, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah pada 20 detik dengan nilai kenaikan air pori maksimum sebesar 82 mm. Untuk Variasi 3, waktu yang diperlukan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah pada 20 detik nilai kenaikan air pori maksimum sebesar

145 mm. Namun pada percepatan  $0,32g$ , waktu yang diperlukan agar tekanan air pori yang terdisipasi mulai menjadi tekanan yang stabil lebih cepat dibandingkan pada percepatan  $0,25g$ .

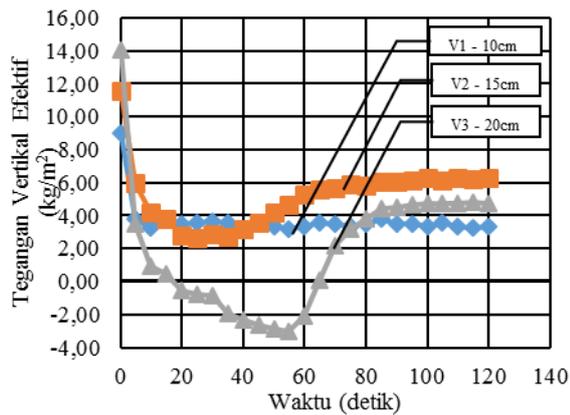


Gambar 12. Grafik penurunan tanah pada percepatan  $0,32g$

Gambar 12 menunjukkan dengan percepatan getar  $0,32g$ , untuk Variasi 1 mengalami penurunan maksimum pada 65 detik. Pada Variasi 2 waktu yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 85 detik. Sedangkan untuk Variasi 3, waktu yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 105 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi tebal timbunan maka semakin besar penurunan yang terjadi.

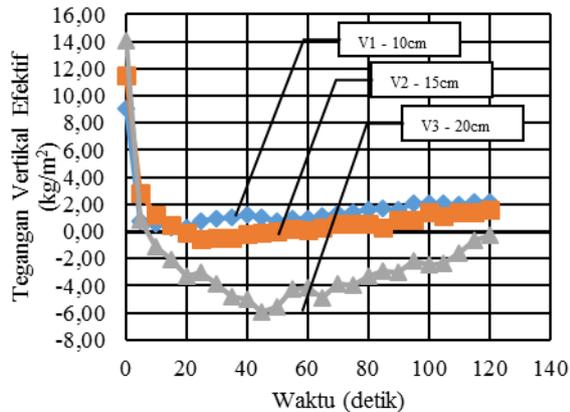
## 2.3 Perhitungan Tekanan Vertikal Efektif

Saat tanah mencapai puncak kehilangan kekuatannya, perhitungan tekanan vertikal efektif tanah akan menunjukkan hasil yang negatif. Likuifaksi dapat terjadi jika peningkatan tekanan air pori bernilai sama atau lebih dari tekanan vertikal tanah total. Dengan kata lain nilai tekanan tanah efektif bernilai nol atau negatif. Grafik perbandingan untuk variasi percepatan  $0,25g$  dapat dilihat pada Gambar 13 dan untuk variasi percepatan  $0,32g$  dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Grafik Tekanan Vertikal Efektif ( $\sigma'v$ ) pada percepatan 0,25g

Gambar 13 diatas menunjukkan bahwa semakin besar pertambahan tebal timbunan pasir, maka waktu yang diperlukan tanah untuk kehilangan daya dukungnya cenderung semakin lama. Pada variasi tebal timbunan 10 cm cenderung lebih cepat mengalami likuifaksi yaitu pada detik ke-40. Sedangkan untuk variasi timbunan 20 cm membutuhkan waktu lebih lama yaitu pada detik ke-55.



Gambar 14. Grafik Tekanan Vertikal Efektif ( $\sigma'v$ ) pada percepatan 0,32g

Hal serupa juga ditunjukkan pada Gambar 4.6 bahwa seiring penambahan tebal timbunan maka waktu yang dibutuhkan cenderung lebih lama untuk kehilangan daya dukungnya. Pada pengujian dengan variasi percepatan 0,32g pada tebal timbunan 10 cm mengalami likuifaksi pada detik ke-20. Sedangkan pada tebal timbunan 20 cm cenderung

lebih lama mengalami likuifaksi yaitu dimulai dari detik ke-5 hingga mencapai titik tekanan vertikal paling rendah yaitu pada detik ke-45. Selanjutnya tekanan vertikal mulai kembali menjadi normal saat tekanan air pori mulai menurun.

Selain itu dari kedua grafik diatas dapat disimpulkan pula bahwa seiring bertambahnya percepatan getar yang diberikan, maka waktu yang diperlukan untuk mengalami likuifaksi cenderung lebih cepat.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan antara lain :

1. Hasil pengukuran kenaikan air pori terhadap waktu menunjukkan bahwa semakin bertambah tebal timbunan maka kenaikan air pori maksimum yang terjadi memerlukan waktu lebih lama.
2. Hasil pengukuran penurunan muka tanah terhadap waktu menunjukkan bahwa semakin bertambah tebal timbunan cenderung memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai penurunan maksimum saat terjadi likuifaksi.
3. Hasil perbandingan variasi percepatan getar menunjukkan bahwa semakin besar percepatan getar yang terjadi mengakibatkan kenaikan air pori dan penurunan muka tanah yang lebih besar. Namun seiring bertambah besar percepatan getar, waktu yang dibutuhkan agar air pori yang terdisipasi mulai menjadi stabil lebih cepat.
4. Hasil perbandingan variasi ketebalan timbunan pasir menunjukkan bahwa semakin tebal timbunan pasir maka waktu yang dibutuhkan tanah untuk kehilangan daya dukungnya cenderung lebih lama. Namun seiring bertambah besar percepatan getar, maka waktu yang diperlukan untuk mengalami likuifaksi cenderung lebih cepat.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, agar penelitian selanjutnya memperoleh hasil yang lebih baik, maka disarankan :

1. Pengamatan pada pengujian menggunakan peralatan atau teknologi sensor atau digital, baik untuk mengamati kenaikan air pori maupun penurunan tanah sehingga diperoleh data yang lebih akurat.
2. Melakukan pengujian Quality Control tanah sebelum dan sesudah pengujian pada meja getar.
3. Agar sebaran data yang didapat lebih lengkap, perulangan pengujian sebaiknya dilakukan lebih banyak lagi sehingga pola pengamatan dapat ditentukan lebih mudah.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Materials. (2010). *Annual Book of ASTM Standards Volume 04.08, Soil and Rock (1): D420 - D5876*. Philadelphia.
- Aldi, M. (2011). *Variasi Beban dan Percepatan Getar untuk Potensi Likuifaksi pada Pasir dengan Uji Model Laboratorium*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Mekanika Tanah) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Elon, S., Boelter, D., J. Palvanen, Nichols, D., Malterer, T., & Gafni, A. (2011). *Physical Properties of Organic Soils*. Taylor and Francis Group.
- Hasmar, H. A. (2007). *Evaluasi Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Tektonik Lapisan Pasir Jenuh Air dengan Metode Shaking Table (Studi Kasus pada Lapisan Pasir Kali Krasak Yogyakarta)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Hardiyatmo, H. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Mutalib, A., Lim, J., Wong, M., & Koonvai, L. (6-10 May 1991). Characterization, Distribution and Utilization of Peat in Malaysia. *International Symposium on Tropical Peatland*, (hal. 153-158). Kuching.
- Natawidjaja, D. H. (2007). *Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam*.
- Seed, H., & Idriss, I. (1971). Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *J. Soil Mech. Foundat. Div.*, 1249-1273.
- Seed, H., Idriss, I., & Arango, I. (1983). Evaluation of Liquefaction Potential using Field Performance Data. *J. Geotech. Eng, Vol.109*, 458-482.
- Singh, H., Maheshwari, B., Saran, S., & Paul, D. (2008). Evaluation of Liquefaction Potential of Pond Ash. *14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing.
- Stewart, J. P., & Shafiee, S. J. (2013). *Laboratory Evaluation of Seismic Failure Mechanisms of Levees on Peat*. California: University of California.
- Suryadi, R., Nugroho, S., & Muhandi. (2016). *Pengaruh Beban Vertikal Terhadap Daya Dukung Lateral*

*Pondasi Tiang.* Pekanbaru:  
Universitas Riau.

Tokimatsu, K. (1979). *Generation and Dissipation of Pore Water Pressure in Sand Deposits During Earthquakes.* Oh-okayasa: Tokyo Institute of Technology.

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