

POTENSI LIKUIFAKSI PADA TANAH PASIR DI ATAS TANAH GAMBUT DENGAN VARIASI KUARI MELALUI UJI MODEL LABORATORIUM

Ridho Ilahi¹⁾, Agus Ika Putra²⁾, Muhamad Yusa²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : ridho.ilahi@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is a country that surrounded by three continental plate. The wave dispersion of this tectonic plate caused the bearing capacity of soil decreased until liquefaction is emerged. Some of area in Sumatera, like Aceh, Padang, Bengkulu and also Pekanbaru is nearby with the boundary fault, which is very risk to get the geotechnical problems caused by liquefaction. This research are using shaking table models have function to determine how big is the effect of sand from varies area and vibration acceleration for liquefaction potential. The vibration acceleration varies is using 0,25 g and 0,32 g. The sand from varies area are came from Danau Binkuang, Garuda Sakti and Sungai Tonang that has different percentage of fine course, medium course and rough course. According to test results, conclusions that can be determined are that Danau Binkuang has mostly fine course as 54,27% is get the maximum increasing pore water pressure and maximum soil settlement, and include as the one of most potentially to liquefied.

Keywords: *Liquefaction, Shaking Table, Quarry, r_u Rasio, Embankment.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di daerah jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga sangat berpotensi mengalami gempa. Hal ini menyebabkan Indonesia masuk dalam kawasan cincin api (*ring of fire*) (Pramata dkk, 2014).

Menurut USGS (*United States Geological Survey*), gempa bumi di Padang Sumatera Barat pada Tahun 2009, memiliki kekuatan 7,9 Skala Richter dengan kedalaman fokus 80 km dan berjarak 45 km. Proses pergerakan lempeng bumi tersebut tidak hanya mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan saja, tetapi juga menimbulkan masalah-masalah pada geoteknik seperti likuifaksi tanah.

Likuifaksi merupakan proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya

tekanan air pori (*pore water pressure*) yang disebabkan oleh beban gempa (*cyclic*), sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol. Akibatnya, kekuatan tanah pada kondisi ini menurun sehingga dapat menyebabkan kegagalan dalam mendukung bangunan diatasnya (Lestari dkk, 2014).

Di Provinsi Riau, pada umumnya bangunan didirikan di atas lahan gambut yang ditimbun dengan pasir. Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari sisa-sisa pelapukan tumbuhan dengan kedalaman lebih dari 50 cm. Tanah gambut memiliki kadar air yang sangat tinggi dengan kompresibilitas yang tinggi sehingga jika suatu konstruksi bangunan di atas tanah gambut dikhawatirkan akan mengalami kegagalan konstruksi. Hal ini disebabkan daya dukung tanah gambut yang sangat rendah.

Melihat potensi kerusakan struktur yang ditimbulkan dari peristiwa likuifaksi, dapat dievaluasi dengan beberapa metode analisis, baik di lapangan maupun uji laboratorium. Metode analisis likuifaksi dengan menggunakan data pengujian lapangan antara lain uji sondir (*cone penetration test*), uji standar penetrasi, uji *boring*, serta beberapa metode-metode yang telah diperkenalkan oleh para ahli geoteknik. Sedangkan untuk metode analisis potensi likuifaksi dapat dilakukan berdasarkan uji laboratorium seperti analisis butiran.

Novarja (2009) melakukan analisis perilaku likuifaksi pada pasir gradasi seragam dengan pemodelan di laboratorium, dengan variasi distribusi ukuran butiran tanah yang berbeda (kasar, sedang, dan halus). Pengujian dimodelkan dengan bejana kaca sebagai tempat uji sampel tanah dengan kondisi jenuh. Pencatatan terhadap getaran dilakukan dengan menggunakan *accelegram*, kemudian *output* ditulis dengan *acceleregraf* menggunakan program *G-Trace*. Penurunan yang terjadi pada distribusi pasir pun berbeda-beda. Penurunan terbesar terjadi pada tanah berbutir halus (lolos saringan no.100) sebesar 6 cm. Sedangkan penurunan pada gradasi sedang dan kasar terjadi penurunan sebesar 4 cm dan 3 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah pasir dengan gradasi butiran halus lebih mudah terjadi likuifaksi dibandingkan dengan gradasi butir sedang ataupun gradasi kasar.

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh variasi timbunan tanah pasir terhadap potensi likuifaksi?
2. Bagaimana dampak likuifaksi terhadap bangunan yang dibangun di atasnya?

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah dengan diketahuinya karakteristik likuifaksi melalui simulasi fenomena likuifaksi, diharapkan dapat menjadi acuan dan referensi bagi yang memerlukan informasi mengenai potensi

likuifaksi terhadap perencanaan bangunan di atas tanah gambut dengan timbunan tanah pasir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Gempa Bumi

Prager (2006) mengemukakan bahwa gempa bumi adalah getaran seismik yang disebabkan oleh pecahan atau bergesernya bebatuan di suatu tempat di dalam kerak bumi. Menurut Daniel L. Schodek (1999), gempa bumi dapat terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Ada dua tipe dari *body waves*, yaitu :

- 1) *Primary wave (P wave)* adalah gelombang longitudinal yang bergerak kedua arah, yaitu muka dan belakang. Gelombang P merupakan gelombang yang sangat cepat dengan kecepatan 4 sampai 7 kilometer per detik. Gelombang ini merupakan gelombang pertama yang mengikuti gempa bumi.
- 2) *Secondary wave (S wave)* adalah gelombang yang bergerak keempat arah, kiri-kanan, atas-bawah. Gelombang S mengikuti gelombang P dan bergerak dengan kecepatan 2 sampai 5 kilometer per detik. Di antara keduanya, gelombang S inilah yang paling merusak. Gelombang ini mampu mendorong lapisan tanah ke beberapa sisi dan membuatnya merekah.
- 3) *Surface waves* merupakan gelombang yang paling lambat. Pada umumnya gelombang ini lebih

merusak dari pada *body waves*, karena lebih banyak menghasilkan pergerakan tanah dan berjalan lambat. Ada dua tipe utama dari *surface waves*, yaitu :

- a) *Loves waves*, gelombang ini berjalan pada cairan dan akan tidak terasa pada tubuh air. Karena pergerakan horisontal gelombang ini merusak bangunan-bangunan pada pondasinya.
- b) *Rayleigh waves*, gelombang ini menyerupai pergerakan gelombang samudera.

2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah sangat diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai sifat-sifat tanah di dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu konstruksi. Dalam mekanika tanah telah banyak dibuat metode pengklasifikasian sesuai dengan dasar yang dipakai untuk mendasari metode yang dibuat. Walaupun terdapat berbagai sistem pengklasifikasian tanah, tetapi tidak satupun dari sistem-sistem tersebut yang memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi (M Das, 1988).

Adapun beberapa metode klasifikasi tanah yang ada antara lain:

1. Klasifikasi tanah berdasarkan asalnya
2. Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir penyusunnya
3. Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur
4. Klasifikasi tanah berdasarkan pemakaian

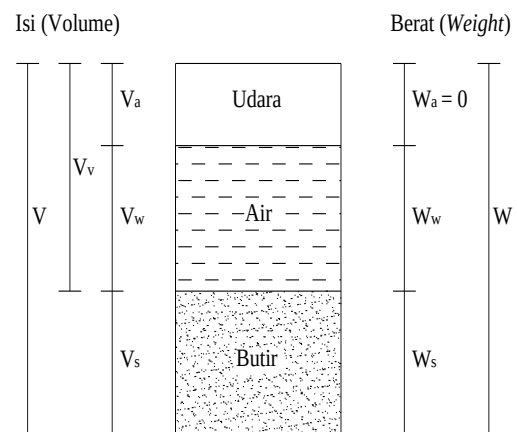
2.1 Komposisi Tanah

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 (Hardiyatmo, 2006).

2.2 Hubungan antara Jumlah Butir, Air dan Udara dalam Tanah

Secara umum tanah yang jenuh terdiri atas dua bagian, yaitu bagian padat (butiran) dan air pori. Sedangkan dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian yaitu bagian padat (butiran), pori-pori udara dan air pori yang diketahui sebagai sistem tiga fase tanah, sebagaimana pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Penampang Fase Tanah

2.3 Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah yang pada umumnya terjadi dari fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan mempunyai kadar organik yang tinggi. Menurut ASTM(1984), tanah gambut berbeda dengan tanah organik lain karena mempunyai kandungan abu (*ash content*) yang rendah kurang dari 25% dari berat keringnya dan juga berbeda dengan material phytogenic yang lain (seperti batu bara) karena kandungan calorific yang rendah.

Syarat terbentuknya gambut adalah pertumbuhan vegetasi pada keadaan iklim dan topografi sedemikian sehingga akumulasi organik lebih cepat daripada destruksi bahan organik. Rawa merupakan tempat yang cocok untuk akumulasi endapan organik, karena lingkungannya adalah tempat yang subur untuk menumbuhkan berbagai macam tumbuhan air yang setelah mengalami sejumlah generasi tumbuh, mati dan tenggelam didalam air. Air akan menghalangi udara yang diperlukan bagi oksidasi bahan organik. Perubahan bahan ini sebagian besar atas bantuan bakteri anaerob, algae, dan beberapa jenis hewan akuatik. Jasad-jasad renik memecahkan bahan-bahan organik, membebaskan gasnya sehingga menyebabkan terbentuknya humus.

3. Likuifaksi

Likuifaksi merupakan suatu peristiwa hilangnya kekuatan tanah yang disebabkan oleh peningkatan tegangan air pori akibat adanya beban siklis atau getaran. Getaran yang dimaksud dapat berupa getaran yang berasal dari gempa bumi yang dapat menyebabkan perubahan sifat lapisan tanah menjadi seperti cairan sehingga tidak mampu menopang beban struktur baik di dalam maupun diatas lapisan tanah.

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.

Peningkatan tekanan air dalam tanah membuat partikel-partikel tanah dapat bergerak dengan mudah. Setelah digerakkan oleh air, partikel tanah kehilangan kekuatan atau daya dukungnya, sehingga daya dukung tanah sepenuhnya berasal dari tegangan air pori. Kondisi ini membuat tanah berbentuk cairan yang tidak lagi memiliki kestabilan sehingga

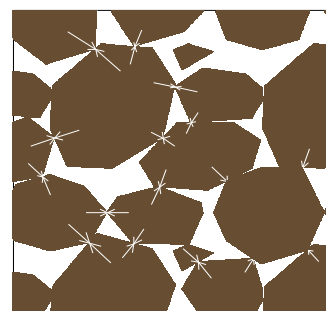
beban-beban yang diterima oleh tanah seperti beban struktur bangunan akan mengalami kegagalan dan amles ke dalam tanah. Sebaliknya, tangki-tangki yang berada didalam tanah akan muncul ke permukaan tanah.

Selain penggetaran tanah yang memicu peningkatan tegangan air pori yang berasal dari gempa bumi, aktivitas-aktivitas yang berkaitan dengan konstruksi seperti peledakan (*blasting*) juga dapat menyebabkan peningkatan tegangan air pori.

Tanaka *et al*, (1991) mengemukakan bahwa bahaya likuifaksi ini dapat ditanggulangi dengan dua teknik yaitu memperbaiki sifat-sifat tanah dan memperbaiki kondisi yang berkaitan dengan tegangan, deformasi, dan tekanan air pori.

3.1 Proses Terjadinya Likuifaksi

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.



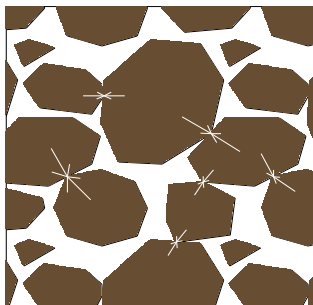
Gambar 2. Kondisi partikel tanah pada kondisi normal

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, seperti yang diperlihatkan Gambar 3 Akhirnya partikel tanah tidak dapat mendistribusikan beban secara optimal.

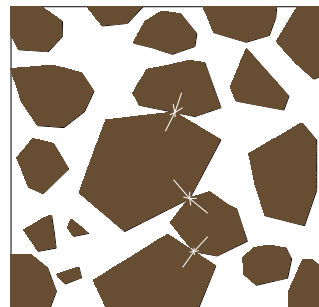
Gambar 2 dapat dilihat bahwa kondisi tanah terdapat rongga antar partikel tanah yang terisi air. Pada kondisi normal, tekanan air yang dimiliki oleh air relatif rendah sehingga tanah masih memiliki kemampuan untuk menopang beban di atasnya.



Gambar 3 Kondisi tanah saat mengalami getaran

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, seperti yang diperlihatkan Gambar 3 Akhirnya partikel tanah tidak dapat mendistribusikan beban secara optimal.

Setelah mengalami getaran, maka kontak antara butir-butir tanah menjadi sangat sedikit yang kemudian sebagian besar diambil alih oleh air (Gambar 4). 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.



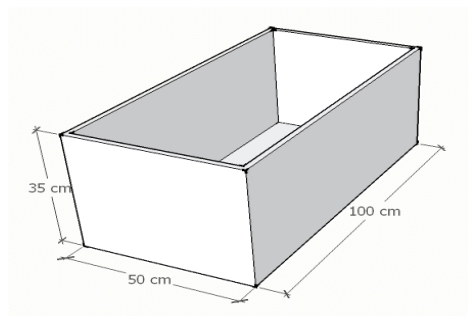
Gambar 4 Kondisi tanah setelah mengalami getaran

3.2 Dampak Likuifaksi

Secara umum dampak likuifaksi adalah penurunan permukaan tanah, kehilangan daya dukung tanah, pergeseran tanah, rembesan air tanah melalui rekahan, guncangan permukaan tanah, semburan pasir, dan kelongsoran lereng. Guncangan akibat gempa dapat membuat bangunan yang terdapat di atas lapisan tanah rusak karena hilangnya kekuatan tanah akibat likuifaksi. Sedangkan untuk bangunan di dalam tanah seperti tangki minyak dapat muncul ke permukaan tanah akibat dari tekanan ke atas lapisan tanah.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan bak uji yang terbuat dari akrilik setebal 0,5 cm yang dipasang di atas meja getar satu arah. Dimensi bak uji berukuran panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 35 cm.



Gambar 5 Bak Uji Penelitian

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 6 Meja Getar Satu Arah

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 7 Beban Pengujian

Setiap unit beban pengujian yang digunakan berukuran panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tinggi 0,5 cm dengan berat 10

kg dan total berat beban 40 kg. Beban pengujian yang digunakan berbahan baja dan diletakkan di atas multipleks ukuran 100 cm x 50 cm.

Tanah gambut yang dipakai berasal dari Desa Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar. Sampel tanah berupa tanah terganggu yang dibawa dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium dengan menggunakan mobil pick-up yang kemudian dimasukkan kedalam kotak *styrofoam*. Karakteristik sifat fisik tanah diuji terlebih dahulu, sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 8 Sampel Tanah Gambut



Gambar 9 Tanah Pasir Kuari Danau Bingkuang



Gambar 10 Tanah Pasir Sungai Tonang

Tanah pasir yang dipakai berasal dari berbagai daerah. Variasi pertama diambil dari kuari Danau Bingkuang,

Kampar. Variasi tanah pasir kedua diambil dari kuari Garuda Sakti, Pekanbaru. Variasi tanah pasir ketiga berasal dari kuari Sungai Tonang, Kampar.



Gambar 10 Tanah Pasir Garuda Sakti

Pengujian pemodelan laboratorium menggunakan meja getar satu arah memiliki langkah – langkah yang dilakukan. Tetapi sebelum pengujian dilakukan, dilakukan beberapa pengujian propertis terhadap Tanah Pasir dan Tanah Gambut. Salah satunya yaitu pengujian angka pori minimum dan angka pori maksimum. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai pori maksimum dan nilai pori minimum dalam keadaan lepas hingga keadaan padat. Berikut penjelasan langkah-langkah pengujian angka pori maksimum dan angka pori minimum.

1. Menyiapkan sampel pasir yang akan diuji secukupnya.
2. Menyiapkan alat pengujian angka pori. Adapun alat yang digunakan bukanlah ring standar yang biasa digunakan mould CBR. Hal ini dikarenakan sampel pasir yang diuji merupakan pasir kering. Selain itu, untuk pengujian angka pori maksimum dan angka pori minimum pada ASTM D-4254 dan ASTM D-4253 menggunakan wadah dengan volume 2839 cm^3 . Karena keterbatasan alat, maka digunakanlah mould CBR standar dalam pengujian ini.
3. Mengukur volume wadah yang digunakan pada pengujian
4. Menimbang berat wadah kosong kemudian dicatat

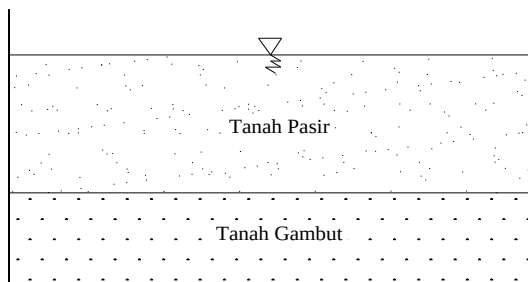
5. Memasukkan sampel pasir kedalam wadah hingga penuh dengan cara menjatuhkan pasir dari ketinggian tertentu. Untuk pengujian ini, dilakukan beberapa variasi tinggi jatuh pasir, mulai dari 50 cm, 40 cm, 30 cm, 20 cm, dan 10 cm.
6. Untuk mencari angka pori maksimum, pasir dimasukkan ke dalam wadah dengan cara menjatuhkan pasir dengan ketinggian dari 0 cm dari permukaan wadah sampai memenuhi wadah.
7. Untuk mencari angka pori minimum, pasir dimasukkan ke dalam wadah kemudian digetarkan dengan alat penggetar selama lebih kurang 10 menit agar pasir mencapai kepadatan maksimum.

Setelah mendapatkan angka pori maksimum dan angka pori minimum, kemudian didapatkan massa pasir kering yang akan dimasukkan ke dalam bak pengujian. Maka langkah-langkah pengujian dengan menggunakan meja getar satu arah selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian ini dimulai dengan mengisi bak uji dengan tanah gambut yang kemudian dijenuhkan dengan menggunakan air.
2. Bak pengujian kemudian diisi tanah pasir dengan variasi kuari dan massa pasir yang telah ditentukan.
3. Pengamatan dilakukan menggunakan alat digital seperti kamera, telepon genggam dengan merekam pembacaan ketinggian air pori, maupun pembacaan penurunan muka tanah.
4. Pengujian dilakukan selama 120 detik dengan pembacaan ketinggian air pori dan pembacaan penurunan muka tanah yang dilakukan setiap 5 detik.

5. Tanah gambut yang selesai diuji kemudian disimpan didalam kotak styrofoam untuk pengujian selanjutnya.
6. Tanah pasir yang selesai diuji kemudian dikeringkan dan dioven kembali untuk pengujian selanjutnya.

Gambar 11 menampilkan sketsa pemodelan bak pengujian menggunakan meja getar satu arah sebagai berikut:



Gambar 11 Sketsa Pemodelan Bak Pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

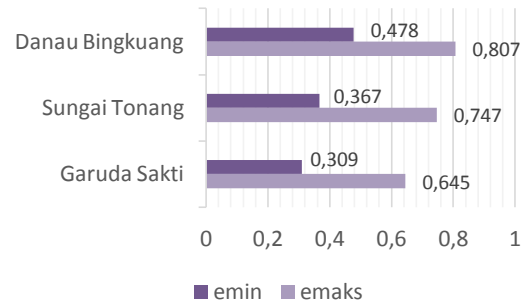
1. Hasil Pengujian Karakteristik dan Sifat Fisik Tanah

Adapun hasil pengujian karakteristik dan sifat fisik tanah berbagai kuari dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

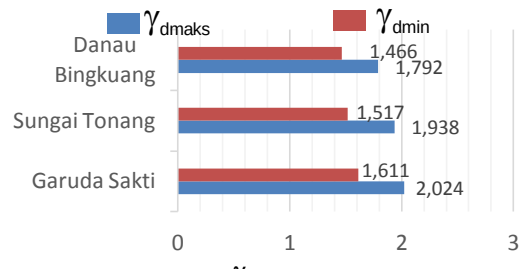
No	Parameter	Hasil Pengujian		
		Danau Bingkuang	Garuda Sakti	Sungai Tonang
1	Gs	2,65	2,65	2,65
2	e_{maks}	0,807	0,645	0,747
3	e	0,643	0,477	0,558
4	e_{min}	0,478	0,309	0,367
5	Distribusi Ukuran Butiran			
	% Kerikil	-	-	4,62
	% Pasir	98,40	96,30	95,75
	% Pasir Kasar	0,15	26,93	10,77
	% Pasir Sedang	43,98	38,54	36,09
	% Pasir Halus	54,27	30,82	49,81
	% Lempung / Lanau	1,60	3,70	3,33
6	Cu	2,56	7,06	3,50
7	Cc	1,02	0,71	1,23
8	$\gamma_{dmaks} (gr/cm^3)$	1,792	2,024	1,938
9	$\gamma_d (gr/cm^3)$	1,615	1,794	1,706
10	$\gamma_{dmin} (gr/cm^3)$	1,466	1,611	1,517

2. Kontrol Kualitas Tanah

Untuk membedakan antara variasi satu kuari dengan kuari yang lainnya, maka parameter angka pori maksimum, angka pori minimum dan berat volume kering maksimum dan berat volume minimum menjadi parameter yang dijadikan acuan, sehingga massa tanah pasir yang dimasukkan ke dalam bak pengujian berbeda-beda.



Gambar 12 Grafik Angka Pori Maksimum dan Minimum Setiap Kuari



Gambar 13 Grafik Berat Volume Kering Maksimum dan Minimum Setiap Kuari

Dari hasil angka pori maksimum dan angka pori minimum yang didapat, serta berat volume maksimum dan berat volume minimum, maka massa tanah kering yang diperlukan dalam setiap pengujian ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Kuari	Massa Pasir Kering dalam Pengujian (Kg)
Danau Bingkuang	118,72
Garuda Sakti	125,46
Sungai Tonang	131,89

3. Hasil Pengujian Karakteristik dan Sifat Fisik Tanah Gambut

Pengujian propertis pada tanah gambut juga dilakukan seperti pada tanah

pasir. Tabel 4.3 menampilkan hasil pengujian propertis yang dilakukan.

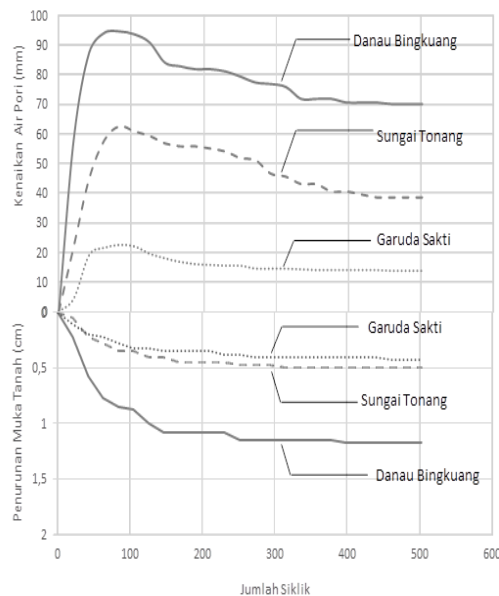
Karakteristik Tanah	Satuan	Hasil	Keterangan
Kadar Air, w	%	442,933	Moderat
Berat Volume Basah, γ_b	kN/m ³	1,011	
Berat Jenis, Gs		1,48	
Kadar Abu, Ac	%	0,797	Low Ash
Kadar Organik, Oc	%	99,203	
Kadar Serat	%	1,183	Sapric

Sumber: Hasil Pengujian

4. Pembahasan Pengujian Menggunakan Meja Getar Satu Arah

4.1 Pengukuran Kenaikan Air Pori dan Penurunan Muka Tanah

Hasil pengujian kenaikan air pori dan penurunan muka tanah pada tanah pasir ditampilkan dalam bentuk grafik.

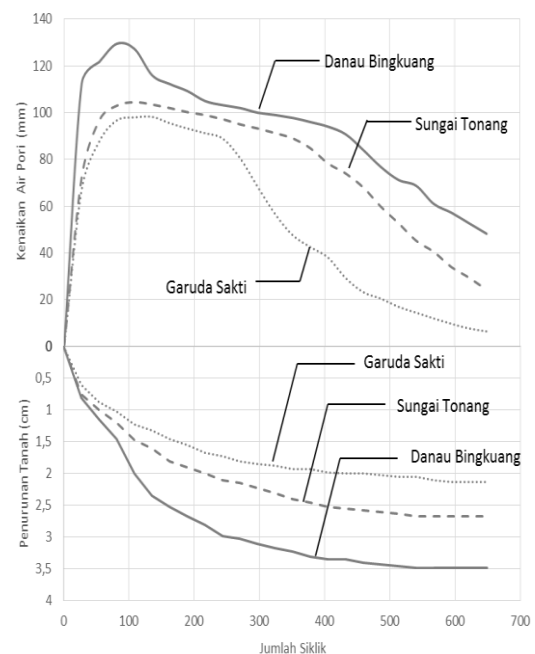


Gambar 14 Grafik Kenaikan Air Pori dan Penurunan Muka Tanah Percepatan 0,25 g

Gambar 14 menampilkan grafik hasil pengujian dengan percepatan 0,25 g dengan menunjukkan bahwa kuari Danau Bingkuang (DB) berpotensi likuifaksi lebih tinggi daripada kuari lainnya, dimana kuari ini mengalami kenaikan air pori yang paling tinggi di antara kuari lainnya. Kenaikan air pori maksimum terjadi pada siklik ke-84 dengan nilai 96,5 mm. Sedangkan pada kuari Sungai Tonang, kenaikan air pori maksimum terjadi pada siklik ke-84, dengan nilai kenaikan air pori

sebesar 62,5 mm. Untuk kuari Garuda Sakti, mengalami kenaikan air pori yang paling rendah di antara kuari lainnya, jumlah siklik yang dibutuhkan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum adalah 84 siklik dengan nilai kenaikan air pori sebesar 22,5 mm.

Gambar 14 juga menunjukkan penurunan muka tanah percepatan 0,25 g, dimana kuari yang mempunyai persentase butiran halus lebih banyak berpotensi mengalami penurunan yang lebih besar. Hal ini dibuktikan dengan penurunan terbesar terjadi pada kuari Danau Bingkuang. Penurunan muka tanah maksimum kuari ini terjadi pada siklik ke-397 dengan nilai penurunan muka tanah 1,18 cm. Sementara untuk kuari Sungai Tonang jumlah siklik yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 314 siklik, dengan nilai penurunan maksimum sebesar 0,5 cm. Sedangkan untuk kuari Garuda Sakti jumlah siklik yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 460 siklik, dengan nilai penurunan sebesar 0,43 cm.



Gambar 15 Grafik Kenaikan Air Pori dan Penurunan Muka Tanah Percepatan 0,32 g

Gambar 15 menampilkan grafik hasil pengujian dengan percepatan 0,32 g

dengan menunjukkan bahwa kuari Danau Bingkuang (DB) juga mengalami kenaikan air pori yang paling tinggi di antara kuari lainnya. Kenaikan air pori maksimum kuari Danau Bingkuang terjadi pada siklus ke- 81 dengan nilai sebesar 129,5 mm. Sedangkan pada kuari Sungai Tonang, kenaikan air pori maksimum terjadi pada siklus ke-108, dengan nilai kenaikan air pori maksimum sebesar 104,5 mm. Untuk kuari Garuda Sakti, mengalami kenaikan air pori yang paling rendah di antara kuari lainnya, jumlah siklus yang dibutuhkan untuk mencapai kenaikan air pori maksimum pada kuari ini adalah 135 siklus dengan nilai kenaikan air pori maksimum sebesar 98,3 mm.

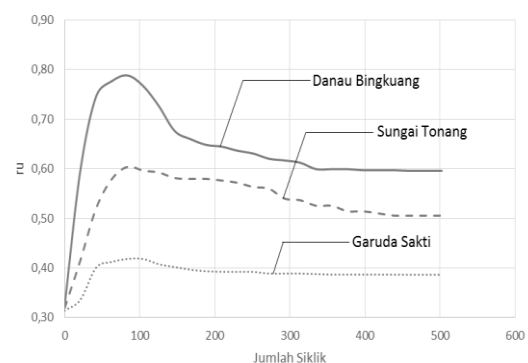
Untuk penurunan muka tanah pada percepatan 0,32 g memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada percepatan 0,25 g. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penurunan tanah terbesar juga terjadi pada kuari Danau Bingkuang, seperti pada percepatan 0,25 g sebelumnya. Dimana kuari ini mengalami penurunan maksimum pada siklus ke- 541 dengan nilai penurunan sebesar 3,48 cm. Sementara untuk kuari Sungai Tonang jumlah siklus yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 514 siklus dengan nilai penurunan sebesar 2,63 cm. Sedangkan untuk kuari Garuda Sakti, jumlah siklus yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum adalah 595 siklus, dengan nilai penurunan maksimum mencapai 2,13 cm.

4.2 Rasio Tekanan Vertikal Tanah dengan Tekanan Air Pori (r_u)

Menurut Gupta (1977), bahwa nilai $r_u \geq 1$ berarti tanah pasir mengalami likuifaksi. Sementara apabila nilai $r_u \leq 1$ berarti pasir tersebut tidak mengalami likuifaksi. Penelitian juga dilakukan Liu dan Qiao (1984) menyebutkan bahwa dengan nilai $r_u = 0,6$ merupakan angka kritis terjadinya likuifaksi.

Gambar 16 menjelaskan bahwa peningkatan rasio r_u tertinggi terjadi pada kuari Danau Bingkuang dan peningkatan

rasio r_u terendah terjadi pada kuari Garuda Sakti. Angka rasio r_u maksimum yang diperoleh pada percepatan 0,25 g pada pengujian ini adalah sebesar 0,79 dan angka rasio r_u minimum yang diperoleh adalah sebesar 0,42. Kuari Danau Bingkuang dengan mengalami kenaikan rasio r_u tertinggi terjadi pada siklus ke- 84 dengan nilai 0,79. Untuk kuari Sungai Tonang mengalami kenaikan rasio r_u tertinggi pada siklus ke- 84, dengan nilai 0,60. Sementara untuk kuari Garuda Sakti mengalami kenaikan rasio r_u tertinggi pada siklus ke 84 dengan nilai 0,42.

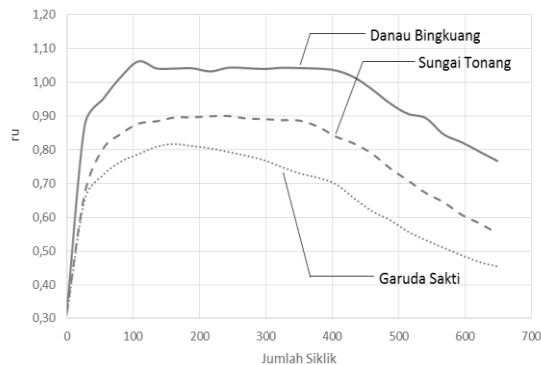


Gambar 16 Rasio Tekanan Air Pori dengan Tekanan Vertikal Tanah Percepatan 0,25 g

Dari hasil perbandingan rasio r_u yang didapatkan, maka kuari Danau Bingkuang dengan nilai $r_u = 0,79$, kuari Sungai Tonang dengan nilai $r_u = 0,60$, kuari Garuda Sakti dengan nilai $r_u = 0,42$, maka likuifaksi hanya terjadi pada kuari Danau Bingkuang dan Sungai Tonang. Sementara kuari Garuda Sakti tidak mengalami peristiwa likuifaksi.

Untuk percepatan 0,32 g yang terdapat pada Gambar 17, dapat dijelaskan bahwa peningkatan rasio r_u tertinggi juga terjadi pada kuari Danau Bingkuang dan peningkatan rasio r_u terendah terjadi pada kuari Garuda Sakti. Angka rasio r_u maksimum yang diperoleh pada percepatan 0,32 g pada pengujian ini adalah sebesar 1,06 dan angka rasio r_u minimum yang diperoleh adalah sebesar 0,90. Kuari Danau Bingkuang mengalami

kenaikan rasio r_u tertinggi yang terjadi pada siklus ke- 108 dengan nilai 1,06. Untuk kuari Sungai Tonang mengalami kenaikan rasio r_u tertinggi yang pada siklus ke- 162, dengan nilai 0,90. Sementara untuk kuari Garuda Sakti mengalami kenaikan rasio r_u yang tertinggi pada siklus ke- 162 dengan nilai 0,82.

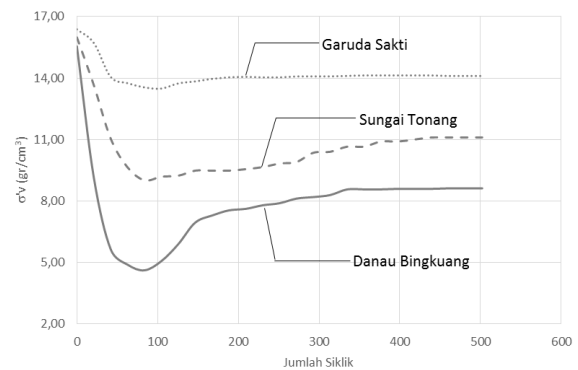


Gambar 17 Rasio Tekanan Air Pori dengan Tekanan Vertikal Tanah Percepatan 0,32 g

Dari hasil perbandingan rasio r_u yang didapatkan, maka kuari Danau Bingkuang dengan nilai $r_u = 1,06$, kuari Sungai Tonang dengan nilai dengan nilai $r_u = 0,90$, kuari Garuda Sakti dengan nilai $r_u = 0,82$, maka semua pasir dari ketiga kuari telah mengalami likuifaksi.

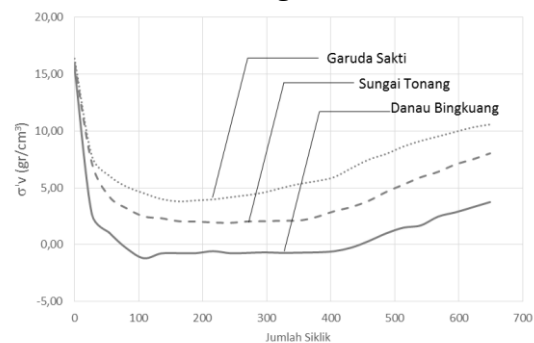
4.3 Tegangan Efektif

Gambar 18 menunjukkan bahwa nilai tegangan efektif percepatan 0,25 g pada kuari Danau Bingkuang memiliki nilai yang paling rendah. Pada kuari ini, jumlah siklus terendah ini yaitu 63 siklus, dengan nilai tekanan efektif 4,90 gr/cm². Sedangkan untuk kuari Sungai Tonang mempunyai jumlah siklus dan nilai tegangan efektif terendah yaitu pada siklus ke 84 dengan nilai tekanan efektif 9,02 gr/cm². Sementara untuk variasi kuari Garuda Sakti memiliki jumlah siklus dengan nilai tegangan efektif terendah yakni pada siklus ke 105 dengan nilai tekanan efektif 13,49 gr/cm².



Gambar 18 Grafik Tekanan Vertikal Efektif (σ'_v) pada percepatan 0,25 g

Hal serupa juga ditunjukkan pada Gambar 19 bahwa kuari Danau Bingkuang memiliki nilai tegangan efektif yang paling rendah. Pada kuari Garuda Sakti jumlah siklus yang diperlukan untuk mengalami likuifaksi yaitu 162 siklus, dengan nilai tekanan efektif 3,81 gr/cm². Sedangkan untuk kuari Sungai Tonang mengalami likuifaksi pada siklus ke 243 dengan nilai tekanan efektif 1,93 gr/cm². Sementara untuk kuari Danau Bingkuang mengalami likuifaksi pada siklus ke 108, dengan nilai tekanan efektif -1,19 gr/cm².



Gambar 19 Grafik Tekanan Vertikal Efektif (σ'_v) pada percepatan 0,32 g

Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan pengujian dengan percepatan getar 0,32 g kuari Danau Bingkuang mempunyai nilai tegangan efektif minus, sementara kuari Sungai Tonang dan kuari Garuda Sakti memiliki angka tegangan efektif mendekati nol. Data ini menunjukkan bahwa pada kuari Danau Bingkuang telah terjadi likuifaksi. Dan kuari Sungai Tonang dan kuari

Garuda Sakti sangat berpotensi untuk mengalami terjadinya likuifaksi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran kenaikan air pori terhadap waktu menunjukkan bahwa semakin besarnya persentase pasir halus maka kenaikan air pori maksimum yang terjadi akan semakin besar.
2. Hasil pengukuran penurunan muka tanah terhadap waktu menunjukkan semakin besarnya persentase pasir halus memerlukan waktu yang lebih cepat 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 kuari menunjukkan bahwa semakin banyak pasir kasar maka waktu yang dibutuhkan tanah untuk kehilangan daya dukungnya cenderung lebih lama.
5. Hasil perbandingan rasio r_u menunjukkan bahwa semakin banyak persentase pasir kasar, maka potensi untuk terjadi likuifaksi juga semakin kecil.

SARAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan maka dapat dituliskan beberapa saran sebagai berikut:

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldi, M. (2011). *Variasi Beban dan Percepatan Getar untuk Potensi Likuifaksi pada Pasir dengan Uji Model Laboratorium*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Braja, M. D. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Mekanika Tanah) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Edward, B. J. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Edward, I. A. (2015). *Bahaya Gempa Bumi Zona Patahan Sumatera*. Tim Pusdalops PB BPBD, 9.
- Hardiyatmo, H. C. (1999). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Badan Standar Indonesia. (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Badan Standarisasi Nasional.
- K Ishihara, S. Y. (n.d.). *Sand Liquefaction Under Random Earthquake Loading Condition*.
- Lestari A, dkk. (2014). *Kajian Potensi Likuifaksi Berdasarkan Konsep Critical State dan Uji Piezocone Pada Sedimen Pasiran Kota Padang*.
- Liu H, Qiau T. (1984). *Liquefaction potential of saturated sand deposits underlying foundation of structure*. 199-206.
- Gupta M. (1977). *Liquefaction of Sands During Earthquakes*.

- Materials, A. S. (2010). *Annual Book of ASTM Standards 04.08, Soil and Rock*. Philadelphia.
- Meita, S. (2016). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta*.
- Natawidjaja, D. (2007). *Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam*.
- Novarja, Wimra. (2009). *Analisis Perilaku Likuifaksi pad Pasir Seragam dengan Pemodelan di Laboratorium*.
- Poulus, et all. (1985). *Liquefaction Evaluation Procedure*.
- Pratama F, dkk (2014). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software Etabs*.
- R M Varghese, M. L. (2014). *Shaking Table Studies on the Conditions of Sand Liquefaction*.
- Schodek, D. L. (1999). *Struktur Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Seed H, I. I. (n.d.). *Evaluation of Liquefaction Potential using Field Performance*.
- Siahaan, S. P. (2015). *Percobaan Potensi Likuifaksi pada Tanah Pasir Seragam dengan Permodelan Alat di Laboratorium*. Padang: Universitas Andalas.
- Suryadi, R. (2016). *Pengaruh Beban Vertikal Terhadap Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang*.
- Vesariany, R. (2012). *Potensi Likuifaksi pada Pasir ditinjau dari Gradasi, Ukuran Butiran, dan Kandungan Air dengan Uji Model Laboratorium*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Y Yoshimi, K. T. (1977). *Settlement of buildings on saturated sand during earthquake*. In *Soils and Found* Vol 17(1) (pp. 23-38)