

**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT
PERUBAHAN FREKUENSI GETAR MENGGUNAKAN
*SHAKING TABLE (MODEL LABORATORIUM)***

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Program
Studi Teknik Sipil S1



Oleh

Hadrian Javas Nibroos

1504467

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2021

**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT
PERUBAHAN FREKUENSI GETAR MENGGUNAKAN
*SHAKING TABLE (MODEL LABORATORIUM)***

Oleh
Hadrian Javas Nibroos

Sebuah tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

©Hadrian Javas Nibroos 2021
Universitas Pendidikan Indonesia
Januari 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Tugas akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Dengan judul

**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT
PERUBAHAN FREKUENSI GETAR MENGGUNAKAN SHAKING
TABLE (MODEL LABORATORIUM)**

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH

PEMBIMBING:

Pembimbing I



Herwan Dermawan, ST., MT

NIP:19800128 200812 1 001

Pembimbing II



Dr H. Nanang Dalil Herman, ST.,MPd

NIP: 19620202 198803 1 002

Diketahui Oleh:

Ketua Departemen
Pendidikan Teknik Sipil



.Dr Rina Marina Masri, MP.
NIP: 19650530 199109 2 001

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1



Dr H. Nanang Dalil Herman, ST.,MPd
NIP: 19620202 198803 1 002

Hadrian Javas Nibroos, 2021

**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT PERUBAHAN FREKUENSI GETAR
MENGGUNAKAN SHAKING TABLE (MODEL LABORATORIUM)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT PERUBAHAN FREKUENSI GETAR MENGGUNAKAN SHAKING TABLE (MODEL LABORATORIUM)**” ini beserta seluruh isi adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/ sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini

Bandung, Januari 2021
Yang membuat pernyataan,



Hadrian Javas Nibroos
NIM. 1504467

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal yang berjudul “Perilaku Tekanan Air Pori Tanah Pasir Akibat Perubahan Frekuensi Getar Menggunakan *Shaking Table* (Model Laboratorium)”. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya sampai akhir zaman dan semoga kita termasuk didalamnya. Aamiin

Dalam penyusunan dan penulisan Proposal ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Herwan Dermawan S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan pengertian kepada penulis dengan selalu sabar dalam membimbing penulis.
2. Bapak Muhammad Riza H S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dalam membimbing penulis serta selalu memberikan pesan moril kepada penulis sehingga menjadi motivasi tersendiri bagi penulis.
3. Bapak Odih Supratman ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis.
4. Bapak Dr. Nanang Dalil Herman, ST, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Ibu Dr. Rina Marina Masri, M.P., selaku kepala Departemen Pendidikan Teknik Sipil.
6. Seluruh Dosen pengajar, staff, dan karyawan Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia beserta Dosen Pembimbing Tugas Akhir Penulis yang selama ini telah memberikan ilmu pengetahuan dan membantu bagi penulis.

7. Kepada Bapak dan Ibu selaku Orang tua penulis, terima kasih telah memberikan untaian doa, kasih sayang dan semangat yang tulus serta dorongan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Eka Nur Fitriyana selaku pasangan penulis, terimakasih untuk dukungan, kesabaran, doa, usaha, serta waktu yang telah diluangkan bagi penulis.
9. M Jihad Ihsan selaku partner yang senantiasa selalu mengingatkan serta memberi dorongan dalam setiap hal positif kepada penulis.
10. Rian Arta Prahesa selaku partner diskusi yang turut membantu dibidang mekanik dalam perancangan dan pembuatan *shaking table*.
11. Haekal Audi F selaku partner diskusi yang turut membantu dibidang perangkat keras (*hardware*) dalam perancangan dan pembuatan *shaking table*.
12. Rizki Mochamad Fauzi selaku ketua UKM KOMPOR UPI yang telah mengizinkan saya melakukan kegiatan dan menggunakan fasilitas dalam pembuatan alat *shaking table* di Sekretariat UKM KOMPOR UPI
13. Bahha Hamzah H M selaku partner yang memiliki jiwa solidaritas tinggi sehingga dapat menempuh pengalaman yang lebih jauh bersama – sama.
14. Teman – teman kelas Teknik Sipil B angkatan 2015 yang setiap individunya memiliki kesan tersendiri dihati penulis selama menjalani masa studi ini.
15. UKM KOMPOR UPI beserta anggotanya yang selalu senantiasa memberikan bantuan dan fasilitas kepada penulis dalam belajar hal baru, pengalaman yang tak terlupakan, pengembangan diri, hingga pengembangan karakter yang sangat bermanfaat bagi penulis.

Akhir kata, penulis berharap Proposal ini bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi semua pihak. Semoga Allah SWT membalas jasa dan budi baik semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Aamiin Ya Rabbal Alaamiin.

Bandung, Januari 2021

Penulis

**PERILAKU TEKANAN AIR PORI TANAH PASIR AKIBAT
PERUBAHAN FREKUENSI GETAR MENGGUNAKAN *SHAKING TABLE*
(MODEL LABORATORIUM)**

Hadrian Javas N, Herwan Dermawan¹, Muhammad Riza H², Nanang Dalil H²

Program Studi Teknik Sipil
Departemen Pendidikan Teknik Sipil
Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Indonesia
Email : hadrianjavas12@gmail.com

ABSTRAK

Data merupakan komponen paling menadaskan dalam kemajuan zaman, permintaan kuantitas dan kualitas data terus meningkat, data dapat digunakan untuk mempelajari fenomena likuifaksi yang dapat menyebabkan kerugian yang tidak sedikit. Likuifaksi terjadi kerena tekanan air pori yang meningkat hingga mengakibatkan tanah kehilangan kekakuan dan keuatanya, tekanan air pori tanah dapat meningkat dengan signifikan ketika tanah yang perpotensi likuifaksi menerima beban siklik atau pada alam berupa gempa bumi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku tekanan air pori tanah pada frekuensi yang berbeda menggunakan *shaking table*. Penelitian ini meliputi pengumpulan data sekunder sifat fisik tanah dan stratifikasi lapisan penampang tanah, pembuatan alat *shaking table*, lalu pengujian tekanan air pori tanah menggunakan *shaking table* yang dilengkapi sensor untuk mengukur tekanan air pori menggunakan percepatan 0.4g dengan frekuensi 1.4 Hz, 1.6 Hz, 1.8 Hz, 2 Hz, dan dengan *time history* El-Centro N-S yang sudah dirambatkan. Dari hasil pengambilan data sekunder didapat gradasi butir sampel berpotensi likuifaksi dengan kerapatan relatif 40% sehingga perubahan tekanan air pori tanah dapat terlihat jelas ketika dilakukan pengujian, persiapan sampel 20.48 kg tanah dengan tinggi 17 cm dalam kontainer berukuran 18 cm x 15 cm x 25 cm menggunakan metode pluviasi dengan tinggi jatuh 19 cm. Dari hasil pengujian didapat perilaku tekanan air pori tanah, tekanan air pori tanah meningkat seiring bertambahnya beban siklus pada beban siklik, semakin besar frekuensi yang diberikan semakin besar pula tekanan air pori maksimum dan koefisien regresi kenaikan tekanan air pori terhadap waktu, sedangkan pada pengujian menggunakan beban dinamis perubahan kenaikan tekanan air pori meningkat hanya pada saat beban siklik membesar.

Kata Kunci : Data, Likuifaksi, *Shaking Table*, Sensor tekanan, Frekuensi, Getar, Tekanan air pori, Beban statis, Beban Dinamis

1. Dosen Pembimbing kesatu
2. Dosen Pembimbing kedua

PORE WATER PRESSURE BEHAVIOR OF SAND IMPACT FROM VIBRATION FREQUENCY CHANGE USE SHAKING TABLE (LABORATORY MODEL)

Hadrian Javas N, Herwan Dermawan¹, Muhammad Riza H², Nanang Dalil H²

Study Program of Civil Engineering
Department of Civil Engineering Education
Faculty of Technology and Vocational Skills Education
Indonesia University of Education
Email : hadrianjavas12@gmail.com

ABSTRACT

Data is the most basic component in the progress of time, the demand for quantity and quality of data continues to increase, data can be used to study the phenomenon of liquefaction which can cause significant losses. Liquefaction occurs because the pore water pressure increases so as to cause the soil to lose its stiffness and strength, the soil pore water pressure can increase significantly when the soil with the potential for liquefaction receives a cyclic load or in a natural form of an earthquake. This research was conducted to determine the behavior of soil pore pressures at different frequencies using a shaking table. This research includes collecting secondary data on soil physical properties and stratification of soil cross-sectional layers, making a shaking table, then testing the pore water pressure using a shaking table equipped with sensors to measure pore water pressure using 0.4g acceleration with a frequency of 1.4 Hz, 1.6 Hz, 1.8 Hz, 2 Hz, and with a propagated El-Centro N-S time history. From the results of secondary data collection, it is obtained that the gradation of the sample grain has the potential for liquefaction with a relative density of 40% so that changes in soil pore pressure can be seen clearly when testing, sample preparation of 20.48 kg of soil with a height of 17 cm in containers measuring 18 cm x 15 cm x 25 cm using the pluviation method with a drop height of 19 cm. From the test results, it is found that the behavior of soil pore water pressure, soil pore water pressure increases with increasing cycle loads at cyclic loads, the greater the frequency given the greater the maximum pore pressure and the regression coefficient of the increase in pore water pressure with time, while the test uses load dynamic changes increase in pore water pressure only when the cyclic load increases.

Kata Kunci : Data, Liquefaction, Shaking Table, Pressure sensor, frequency, Vibration, pore water pressure, Dynamic load, Static load

1. First Supervisor
2. Second Supervisor

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Tekanan Air Pori Tanah.....	5
2.1.1 Likuifaksi Tanah Pasir	6
2.1.1.1 Cyclic Mobility.....	6
2.1.1.2 <i>Flow liquefaction</i>	7
2.1.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Kerentanan Likuifaksi.....	7
2.2 Sifat Fisik Tanah	9
2.2.1 Berat Isi & Berat Jenis	9
2.2.2 Distribusi Ukuran butir.....	9
2.2.3 Kerapatan Relatif.....	14
2.3 Beban Gempa.....	16
2.3.1 Getaran Gerak Periodik.....	21
2.4 Pengujian <i>Shaking Table</i>	23
2.4.1 Aktuator dan Sensor pada <i>Shaking Table</i>	26
2.4.1.1 Aktuator	26

2.4.1.2 <i>Rotary Encoder</i>	27
2.4.1.3 Sensor Tekanan	28
2.4.1.4 Mikrokontroler	29
2.4.2 Desain Sistem Mekanik Menggunakan Program Solidworks	30
2.4.3 Desain Perangkat Keras Menggunakan Program EAGLE.....	31
2.4.4 Pembuatan GUI Menggunakan Microsoft Visual Studio	32
2.4.5 Studi Terdahulu Pengujian Menggunakan <i>Shaking Table</i>	33
2.4.5.1 <i>Liquefaction of Sands During Earthquakes</i>	33
2.4.5.2 <i>Investigation of Liquefaction and Pore Water Pressure Development in Layered Sands</i>	33
2.4.5.3 <i>Earthquake Induced Liquefaction Using Shake Table Test</i>	35
2.4.5.4 <i>Shaking Table Studies on the Condition of Sand Liquefaction</i>	36
2.4.5.5 <i>Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta</i>	38
2.4.5.6 <i>Shaking Table Test and Numerical Modeling of Liquefaction of Kasai River Sand</i>	40
2.4.5.7 Pengaruh Frekuensi Getaran Terhadap Potensi Likuifaksi .	41
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1 Lokasi Penelitian.....	43
3.2 Waktu Penelitian.....	43
3.3 Metode Penelitian	43
3.4 Populasi, Teknik Pengambilan dan Teknik Pengumpulan Sampel.....	44
3.5 Instrumen Penelitian	44
3.6 Sumber Data.....	45
3.7 Teknik Dalam Penelitian.....	45
3.7.1 Pengujian Berat Isi Kering menggunakan Sand Cone (SNI-03-2828-1992)	46
3.7.2 Pengujian Berat Jenis (ASTM D-854-02).....	48
3.7.3 Pengujian <i>Grain Size Analysis</i> (ASTM D-1140)	50
3.7.4 Pengujian Berat Isi Maksimal dan Berat Isi Minimal	51
3.7.5 Desain Mekanik dan Perangkat Keras	52

3.7.6 Perakitan Mekanik dan Perangkat Keras	57
3.7.7 Pembuatan Program Perangkat Keras	58
3.7.8 Pembuatan Program <i>GUI</i>	59
3.7.9 Kalibrasi Sensor dan Aktuator	61
3.7.10 Persiapan Tanah Pasir	62
3.7.11 Merambatkan Beban Gempa ke Permukaan	63
3.7.12 Pengujian Tekanan Air Pori Tanah Menggunakan <i>Shaking Table</i>	65
3.8 Kerangka Berpikir.....	68
3.9 Diagram Alir Penelitian	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	70
4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	70
4.1.1 Berat Isi dan Kadar Air	70
4.1.2 Uji Berat Jenis	71
4.1.3 Pengujian Distribusi Ukuran Tanah	72
4.1.4 Pengujian Berat Isi Maksimal dan Berat Isi Minimal	73
4.1.5 Karakteristik Tanah Sampel	73
4.2 Perancangan dan Pembuatan <i>Shaking Table</i>	75
4.2.1 Desain Mekanikal dan Perangkat Keras.....	75
4.2.2 Perakitan <i>Shaking Table</i>	77
4.2.3 Pemrograman Perangkat Keras	80
4.2.4 Pembuatan Program Antarmuka Grafis	81
4.2.5 Melakukan Kalibrasi Aktuator dan Sensor Tekanan.....	83
4.2.6 Pengecekan Hasil Kalibrasi.....	84
4.3 Pengujian Tekanan Air Pori Menggunakan <i>Shaking Table</i>	88
4.3.1 Merambatkan Beban Gempa ke Permukaan	88
4.3.2 Persiapan Sampel Uji dalam Box	91
4.3.3 Pengujian Tekanan Air Pori	93
4.3.4 Perilaku Tekanan Air Pori	106
4.3.5 Kelayakan Alat.....	108
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	109
5.1 Simpulan	109
5.2 Implikasi.....	110

5.3 Rekomendasi.....	110
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Cyclic mobility</i>	6
Gambar 2.2 <i>Flow liquefaction</i>	7
Gambar 2.3 Perbedaan tipe kurva distribusi partikel	12
Gambar 2.4 Gradasi tanah yang dapat terlikuifaksi	12
Gambar 2.5 Distribusi ukuran butir pasir telah diuji di Roorke oleh After Gupta (1979)	13
Gambar 2.6 Pengujian tampilan mikroskopik pasir di Roorke oleh After Gupta (1979)	14
Gambar 2.7 Tekanan air pori vs kerapatan relatif pada pasir After Gupta (1979)	16
Gambar 2.8 Percepatan yang tercatat didua lokasi di Gilroy California selama gempa bumi loma prieta 1989. Gilroy No. 1 (batu) dan Gilroy No. 2 (tanah)	17
Gambar 2.9 Percepatan, kecepatan, dan pergeseran bagian pencatatan dari E-W Gilroy No.1 dan Gilroy No. 2	18
Gambar 2.10 Tekanan pori vs jumlah siklus pada percepatan 0.1g oleh After Gupta (1979)	19
Gambar 2.11 Tekanan pori pada kedalaman 25cm vs percepatan pada 3 jenis pasir After Gupta (1979).....	19
Gambar 2.12 Tekanan air pori vs percepatan After Gupta (1997).....	20
Gambar 2.13 <i>Time history El-Centro N-S</i>	21
Gambar 2.14 Gerak harmonis membentuk grafik sinus atau sinusodial.....	22
Gambar 2.15 Desain sistem <i>shaking table</i> dengan gerak osilasi sederhana oleh F.J Rogers	24
Gambar 2.16 <i>Shaking table</i> menggunakan pendulum dan pegas milik Jacobsen.	24
Gambar 2.17 Diagram <i>shaking table</i> menggunakan piston hidraulik yang dibangun oleh <i>University of Illinois</i>	24
Gambar 2.18 Komponen <i>input</i> dan kontrol <i>shaking table University of Illinois</i> ..	25
Gambar 2.19 6 <i>DOF shaking table SAMSON</i>	25
Gambar 2.20 Bentuk masukan percepatan pada umumnya.	26
Gambar 2.21 Macam – macam aktuator	27
Gambar 2.22 Pulsa (sinyal) <i>Rotary Encoder</i>	28

Gambar 2.23 <i>Rotary encoder</i>	28
Gambar 2.24 Prinsip operasi pada sensor tekanan.....	29
Gambar 2.25 Sensor tekanan.....	29
Gambar 2.26 Mikrokontroler	30
Gambar 2.27 Program solidworks untuk mendesain mekanik.....	31
Gambar 2.28 Tampilan program eagle.....	32
Gambar 2.29 Tampilan program visual stdio.....	32
Gambar 2.30 Dokumentasi keadaan studi oleh (Özener, Özaydin, & Berilgen, 2009)	34
Gambar 2.31 (a) <i>input</i> percepatan, (b) posisi sensor, (c) tekanan air pori (Özener, Özaydin, & Berilgen, 2009)	34
Gambar 2.32 Dokumentasi keadaan studi oleh (Pathak, Dalvi, & Katdare, 2010).....	35
Gambar 2.33 Tekanan air pori, DR < 70% 3Hz (Pathak, Dalvi, & Katdare, 2010)	35
Gambar 2.34 Tekanan air pori, DR > 70% 3Hz (Pathak, Dalvi, & Katdare, 2010)	36
Gambar 2.35 Pasir sebelum dan sesudah likuifaksi	36
Gambar 2.36 Tahap pertama penelitian oleh (Varghese & Latha, 2014)	37
Gambar 2.37 Tahap kedua penelitian oleh (Varghese & Latha, 2014).....	37
Gambar 2.38 Tahap ketiga penelitian oleh (Varghese & Latha, 2014)	37
Gambar 2.39 Mekanisme <i>shaking table</i> (Mase, Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta, 2017)	38
Gambar 2.40 ru pada percepatan 3m/s ² oleh (Mase, Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta, 2017)	39
Gambar 2.41 ru pada percepatan 3.5m/s ² oleh (Mase, Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta, 2017)	39
Gambar 2.42 ru pada percepatan 4m/s ² oleh (Mase, Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta, 2017)	39
Gambar 2.43 Dokumendasi keadaan studi likuifaksi (Banerjee, Konai, Sengupta, & Deb, 2017).....	40
Gambar 2.44 Tekanan air pori terhadap waktu menggunakan <i>shaking table</i> (Banerjee, Konai, Sengupta, & Deb, 2017)	41

Gambar 2.45 Tekanan air pori terhadap waktu menggunakan <i>software FLAC</i> (Banerjee, Konai, Sengupta, & Deb, 2017)	41
Gambar 2.46 Peningkatan tekanan air pori beban gempa 0.4g selama 32 detik, (a) 1.4 Hz, (b) 1.6 Hz, dan (c) 1.8 Hz (Mase, Fathani, & Adi, 2017)	42
Gambar 3.1 Peta mikrozonasi kerentanan likuifaksi Merak – Anyer	44
Gambar 3.2 Menggambar <i>part</i> pada Solidwork.....	52
Gambar 3.3 Menggambar 2 dimensi pada Solidwork.....	53
Gambar 3.4 Menggambar 3 dimensi pada Solidwork.....	53
Gambar 3.5 Menggabungkan bagian – bagian menggunkana <i>assembly</i>	54
Gambar 3.6 Memasukan <i>part</i> yang telah digambar	54
Gambar 3.7 Menasukan semua <i>part</i> untuk digabungkan	54
Gambar 3.8 Memasangkan <i>part – part</i>	55
Gambar 3.9 Gambar semua bagian yang sudah digabungkan	55
Gambar 3.10 Tampilan awal eagle.....	56
Gambar 3.11 Menambahkan komponen	56
Gambar 3.12 Gambar semua komponen yang telah ditambahkan.....	57
Gambar 3.13 Gambar perangkat lunak yang sudah dihubungkan	57
Gambar 3.14 Tampilan awal program Arduino	58
Gambar 3.15 Tampilan program dalam menggunakan arduino.....	58
Gambar 3.16 Memilih <i>PORT</i>	59
Gambar 3.17 Tampilan awal program Visual Studio.....	59
Gambar 3.18 Membuat proyek baru	60
Gambar 3.19 Membuat tampilan pengguna	60
Gambar 3.20 Pemrograman pada <i>form</i>	61
Gambar 3.21 Tampilan pengguna	61
Gambar 3.22 Microsoft excel yang sudah terinstal NERA	63
Gambar 3.23 Menjalankan makro NERA	64
Gambar 3.24 Memilih input yang sudah sesuai format	64
Gambar 3.25 Hasil perambatan.....	64
Gambar 3.26 Tampilan awal GUI <i>Shaking Table</i>	65
Gambar 3.27 Contoh penggunaan <i>shaking table</i> menggunakan beban periodik ..	66
Gambar 3.28 Contoh penggunaan <i>shaking table</i> menggunakan beban aperiodik	67

Gambar 3.29 Kerangka berfikir	68
Gambar 3.30 Diagram Alir Penelitian	69
Gambar 4.1 Hasil Pengujian distribusi ukuran	73
Gambar 4.2 Gradasi butir sampel tanah dalam batas kurva potensi likuifaksi (Koester & Tsuchida, 1988).....	75
Gambar 4.3 Desain mekanikal menggunakan aplikasi solidwork	76
Gambar 4.4 Ukuran kontainer.....	76
Gambar 4.5 Desain PCB untuk perangkat keras.....	77
Gambar 4.6 Perakitan mekanik <i>shaking table</i>	78
Gambar 4.7 Perakitan perangkat keras pada PCB	79
Gambar 4.8 Pemasangan komponen perangkat keras pada <i>shaking table</i>	79
Gambar 4.9 Diagram alir program mikrokontroller.....	80
Gambar 4.10 Pemrograman perangkat keras menggunakan Arduino IDE	81
Gambar 4.11 Pemrograman antarmuka grafik menggunakan aplikasi visual studio	81
Gambar 4.12 Diagram alir program antarmuka grafis	83
Gambar 4.13 Penampilan program antarmuka grafis <i>shaking table</i>	83
Gambar 4.14 Proses pengecekan hasil kalibrasi	85
Gambar 4.15 Proses pengecekan hasil kalibrasi sensor	87
Gambar 4.16 Penampang stratifikasi tanah, batuan bawah permukaan dan nilai N-SPT untuk daerah Merak – Anyer, Banten	89
Gambar 4.17 <i>Time History</i> El-Centro S-N sebelum dirambatkan	89
Gambar 4.18 Percepatan El-Centro N-S yang sudah dirambatkan	90
Gambar 4.19 Kecepatan El-Centro N-S yang sudah dirambatkan.....	90
Gambar 4.20 Pergeseran El-Centro N-S yang sudah dirambatkan	91
Gambar 4.21 Corong yang digunakan untuk memasukan sampel kedalam box (pluviasi)	92
Gambar 4.22 Proses memasukan sampel kedalam box (pluviasi)	92
Gambar 4.23 Pengisian air menggunakan pompa kedalam sampel	93
Gambar 4.24 Pengujian tekanan air pori tanah menggunakan <i>shaking table</i>	94
Gambar 4.25 Tampilan hasil pengujian dengan frekuensi 1.4Hz	94
Gambar 4.26 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.4 Hz	96

Gambar 4.27 Tampilan hasil pengujian dengan frekuensi 1.6Hz	97
Gambar 4.28 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.6 Hz	99
Gambar 4.29 Tampilan hasil pengujian dengan frekuensi 1.8Hz	99
Gambar 4.30 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.8 Hz	101
Gambar 4.31 Tampilan hasil pengujian dengan frekuensi 2 Hz	102
Gambar 4.32 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 2 Hz .	103
Gambar 4.33 Tampilan hasil pengujian dengan beban El-Centro N-S.....	104
Gambar 4.34 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu beban El-Centro N-S	106
Gambar 4.35 Koefisien regresi kenaikan tekanan air pori terhadap frekuensi	107
Gambar 4.36 Tekanan air pori maksimal terhadap frekuensi	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi umum tanah berdasarkan ukuran butir	10
Tabel 3.1 Jenis data dan Sumber Data Penelitian	45
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Isi Tanah.....	70
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air	71
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah.....	71
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Distribusi Ukuran Tanah	72
Tabel 4.5 Karakteristik potensi likuifaksi tanah sampel berdasarkan sifat fisik...	74
Tabel 4.6 Pengecekan hasil kalibrasi aktuator	85
Tabel 4.7 Pengecekan hasil kalibrasi sensor	87
Tabel 4.8 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.4 Hz	95
Tabel 4.9 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.6 Hz	97
Tabel 4.10 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 1.8 Hz ...	100
Tabel 4.11 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada 0.4g dan 2 Hz	102
Tabel 4.12 Perubahan tekanan air pori terhadap waktu pada beban El-Centro N-S	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Panduan Penggunaan <i>Shaking Table</i>	114
Lampiran 2. Video Penggunaan <i>Shaking Table</i>	121
Lampiran 3. Video Contoh Pengujian menggunakan <i>Shaking Table</i>	121
Lampiran 4. Video Pengecekan Hasil Kalibrasi Aktuator	122
Lampiran 5. Video Pengecekan Hasil Kalibrasi Sensor	122
Lampiran 6. Contoh Hasil Eksport Data Pembacaan Sensor.....	123
Lampiran 7. Lembar Bimbingan	124

DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee, R., Konai, S., Sengupta, A., & Deb, K. (2017). Shake Table Tests and Numerical Modeling of Liquefaction. *Geotech Geol Eng.*
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*. Amerika Serikat: Cengage Learning.
- Day, R. W. (2012). *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook*. London: McGraw-Hill.
- Geotechnical Design Procedure : Liquefaction Potential of Cohesionless Soils Revision 3. (2015). State of New York: Department of Transportation. Geotechnical Engineering Bureau.
- Haryadhi, Y. (2020). *Pemodelan Pengaruh Frekuensi Getaran Terhadap Deformasi Pada Lereng Yanf Berpotensi Likuifaksi*. Bandung: Universitas Penididikan Indonesia.
- Johnson, B. (2017). *Professional Visual Studio 2017*. Amerika Serikat: Wrox.
- Koester, J. P., & Tsuchida, T. (1988). Earthquake-Induced Liquefaction of Fine-Grained Soils-Considerations From Japanese Research. *Miscellaneous Paper*.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Amerika Serikat: Prentice-Hall.
- Look, B. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. London: Taylor & Francis.
- Mase, L. Z. (2017). Shaking Table Test of Soil Liquefaction in Southern Yogyakarta. *International Journal of Technology*, 747-760.
- Mase, L. Z., Fathani, T. F., & Adi, A. D. (2017). Pengaruh Frekuensi Getaran Terhadap Potensi Likuifaksi. *Teknosia*, 16-22.
- Musbikhin. (2014, Mei 7). *Sensor Linear Variable Differential Transformers (LVDT)*. Diambil kembali dari Musbikhin.com: <https://www.musbikhin.com/sensor-linear-variable-differential-transformers-lvdt/>
- Naufal, A. (2008). Grapichal User Interface (GUI). Tangerang, Banten, Indonesia.
- Norton, H. N. (1989). *Handbook of Transducer*. California: Prentice-Hall.

- Özener, P. T., Özaydin, K., & Berilgen, M. M. (2009). Investigation of liquefaction and pore water pressure. *Bull Earthquake Eng*, 199-219.
- Pathak, S. R., Dalvi, R. S., & Katdare, A. D. (2010). Earthquake Induced Liquefaction Using Shake. *International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamic*, 1-8.
- Pepperl+Fuchs Group. (n.d.). Rotary Encoder.
- Prakash, S. (1981). *Soil Dynamic*. Amerika Serikat: McGraw-Hill.
- Prasad, S. K., Towhata, I., Chandradhara, G. P., & Nanjundaswamy, P. (2004). Shaking Table Test in Earthquake Geotechnical Engineering. *Current Science*, 1397-1404.
- Setiawan, I. (2009). *Buku Ajar Sensor dan Transduser*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Severn, R. T. (2011). The Development of Shaking Tables-A Historical Note. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 195-213.
- SNI – 1726. (2002). Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. In PUPR. Bandung.
- Soebowo, E., Dwisarah, Syahbana, A. J., & Kumoro, Y. (2009). Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT dan SPT di Daerah Anyer, Banten. *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology)*, 117-124.
- The University of Edinburgh. (t.thn.). *Liquefaction Characteristics*. Diambil kembali dari Soil Improvement for Liquefaction Mitigation Using Nanoparticles: <https://liquefactionmitigation.weebly.com/liquefaction-characteristics.html>
- Varghese, R. M., & Latha, G. M. (2014). Shaking Table Studies on the Conditions of Sand Liquefaction. *Geo-Congress*, 1244-1253.
- vibrationdata. (2020, Desember 27). Diambil kembali dari www.vibrationdata.com: <http://www.vibrationdata.com/elcentro.html>