



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ALAT SIMULATOR LIKUEFAKSI TANAH BERBASIS  
LABVIEW**

**Sub Judul:**

**Sistem Pengukuran *Excess Pore Water Pressure* dan Pengaturan  
Frekuensi Getaran Pada Model Alat Simulator Likuefaksi Tanah**

**SKRIPSI**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Dea Aulia Sakinah  
1903431020**

**PRODI D-IV INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ALAT SIMULATOR LIKUEFAKSI TANAH BERBASIS  
LABVIEW**

**Sub Judul:**

**Sistem Pengukuran *Excess Pore Water Pressure* dan Pengaturan  
Frekuensi Getaran Pada Model Alat Simulator Likuefaksi Tanah**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Dea Aulia Sakinah**

**1903431020**

**PRODI D-IV INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2023**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Dea Aulia Sakinah

NIM : 1903431020

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juli 2023

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Dea Aulia Sakinah  
NIM : 1903431020  
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri  
Judul Skripsi : Sistem Pengukuran *Excess Pore Water Pressure* dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Model Alat Simulator Likuefaksi Tanah

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Rabu, 26 Juli 2023 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : **Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.** (  )  
NIP. 199302232019032027

Depok, 08 Agustus 2023

**POLITEKNIK**

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.**

NIP. 197011142008122001



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini, Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rika Novita Wardhani, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. Ketua Program Sudi Instrumentasi dan Kontrol Industri sekaligus selaku Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. A'isyah Salimah, S.T., M.T. dan Yelvi, S.T., M.T. selaku Pembimbing dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam menciptakan kolaborasi antara bidang Teknik Elektro dan Teknik Sipil.
4. Endang Wijaya, S.T., M.Si., Gutami, M.Tr.T., dan Satria Arief Aditya, S.T., M.Tr.T. yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikirannya dalam pembuatan alat terlebih pada aspek penggunaan LabVIEW untuk skripsi ini.
5. Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UP2M) PNJ yang telah membantu finansial untuk penyelesaian skripsi ini.
6. Bagas Adha Pratama, Mahmud Abdul Karim, dan Dian Fajria Zahrah selaku teman skripsi yang rela saling membantu dan mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.
7. M. Zaky Alvaro, Akfa Satrio W., M Ikram Ajib Y. M. selaku rekan satu tim dari Teknik Sipil yang rela saling membantu dan mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Teman-teman *Next Trip* dan IKI 2019 yang sama-sama berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi selama empat tahun terakhir.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Teman-teman D2HW, Jejunum, dan Kons IKI yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
10. Mama, keluarga padang, dan orang terdekat penulis yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, bantuan dukungan material serta moral yang sangat luar biasa tiada habisnya.
11. Dan yang paling utama, terima kasih kepada diri saya sendiri yang tidak pernah menyerah dalam menyelesaikan berbagai rintangan dan kesulitan dari awal hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Akhir kata, penulis berharap Allah Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengemban ilmu.

Depok, 10 Mei 2023

Penulis



## Sistem Pengukuran *Excess Pore Water Pressure* dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah

### ABSTRAK

*Shaking table* merupakan salah satu alat yang dapat merepresentasikan kondisi lapangan saat adanya guncangan gempa untuk menunjang studi mendalam terkait kemungkinan peristiwa likuefaksi tanah yang dapat terjadi saat adanya gempa bumi. Pengamatan peristiwa likuefaksi tanah pada penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan memberikan guncangan selama 60 detik pada *plant* untuk melihat respon tekanan air pori (*excess pore water pressure*) berdasarkan nilai frekuensi getaran atau guncangan yang diberikan pada *plant*. Hasil penelitian ini diperoleh sistem yang dirancang dapat terintegrasi dengan LabVIEW dengan rata-rata kesalahan untuk nilai deviasi pada *pressure transmitter* 1 dengan teori sebesar  $\pm 0.35$ , *pressure transmitter* 2 dengan teori sebesar  $\pm 0.19$ , *pressure transmitter* 3 dengan teori sebesar  $\pm 0.25$ , frekuensi yang diterima motor tanpa beban dengan frekuensi VFD sebesar  $\pm 0.64$ , dan pada frekuensi yang diterima motor diberi beban dengan frekuensi VFD sebesar  $\pm 0.90$ . Berdasarkan hasil dari penelitian, sistem yang dibuat dapat diterapkan untuk memanfaatkan teknologi *software* LabVIEW dalam mengakuisisi, mengolah, dan menyajikan data, sehingga dapat menunjang keberhasilan pengamatan.

**Kata Kunci:** frekuensi getaran, likuefaksi tanah, *shaking table*, tekanan air pori



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



*Excess Pore Water Pressure Measurement System and Vibration Frequency  
Setting for Soil Liquefaction Simulator*

**ABSTRACT**

*Shaking table is one of the tools that can represent field conditions during earthquake shocks to support in-depth studies related to the possibility of soil liquefaction events that can occur during an earthquake. Observation of soil liquefaction events in this study was carried out on a laboratory scale by giving shocks for 60 seconds to the plant to see the response of excess pore water pressure based on the value of the vibration frequency or shock given to the plant. The results of this study obtained the designed system can be integrated with LabVIEW with an average error for the deviation value of pressure transmitter 1 with a theory of  $\pm 0.35$ , pressure transmitter 2 with a theory of  $\pm 0.19$ , pressure transmitter 3 with a theory of  $\pm 0.25$ , the frequency received by the motor without load with a VFD frequency of  $\pm 0.64$ , and at the frequency received by the motor given a load with a VFD frequency of  $\pm 0.90$ . Based on the results of the research, the system created can be applied to utilize LabVIEW software technology in acquiring, processing, and presenting data, so that it can support the success of observations.*

**Keyword:** *excess pore water pressure, shaking table, soil liquefaction, vibration frequency*

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.4.1 Tujuan Umum .....	4
1.4.2 Tujuan Khusus .....	4
1.5 Luaran .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 <i>State of The Art</i> .....	5
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 Sistem Pengukuran .....	9
2.2.2 Pengaturan Frekuensi .....	11
2.2.3 <i>Shaking Table</i> .....	11
2.2.1.1 Komponen Shaking Table .....	12
2.2.4 Likuefaksi Tanah .....	13



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.4.1	Syarat Terjadinya Likuefaksi Tanah .....	14
2.2.4.2	Faktor yang Dapat Meningkatkan Terjadinya Likuefaksi Tanah	14
2.2.4.3	Kelebihan Tekanan Air Pori Tanah ( <i>Excess Pore Water Pressure</i> ) .....	15
2.2.5	LabVIEW 2015 .....	17
2.2.5.1	<i>Formula Node</i> .....	17
2.2.5.2	<i>Global Variable</i> .....	19
2.2.5.3	<i>FPGA Target</i> .....	19
2.2.5.4	<i>Front Panel</i> .....	21
2.2.6	Teknik Analisis Data.....	22
2.2.6.1	Rata-rata ( <i>Mean</i> ) .....	23
2.2.6.2	Standar Deviasi .....	23
2.2.6.3	Regresi Linear .....	23
2.2.7	Komponen.....	24
2.2.7.1	<i>Pressure Transmitter</i> .....	24
2.2.7.2	<i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> .....	25
2.2.7.3	<i>Motor 3-Phase</i> .....	27
2.2.7.4	<i>Gearbox</i> .....	27
2.2.7.5	NI 9208 .....	28
2.2.7.6	NI 9265 .....	29
2.2.7.7	cRIO-9025 .....	29

**BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI .....** 30

3.1	Rancangan Alat .....	31
3.1.1	Deskripsi Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	31
3.1.2	Cara Kerja Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	33
3.1.3	Deskripsi Alat Sub-Sistem Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah..	38



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.4	Cara Kerja Alat Sub-Sistem Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	40
3.1.5	Spesifikasi Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	41
3.1.6	Diagram Blok Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	49
3.1.7	Diagram Blok Sub-Sistem Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah..	55
3.2	Realisasi Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	57
3.2.1	Realisasi <i>Hardware</i> .....	58
3.2.2	Realisasi <i>Software</i> .....	61
3.2.2.1	Realisasi Program FPGA .....	62
3.2.2.2	Realisasi Program Real Time .....	63
3.2.2.3	Realisasi Program Host .....	64
BAB IV PEMBAHASAN.....		66
4.1	Pengujian Sistem Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	68
4.1.1	Deskripsi Pengujian .....	69
4.1.2	Prosedur Pengujian .....	70
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	71
4.1.3.1	Hasil Pengujian Proses <i>Scaling Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	71
4.1.3.2	Hasil Validasi Proses <i>Scaling Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	72
4.1.3.3	Hasil Pengujian Proses Pengukuran <i>Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	77
4.1.4	Analisis Data.....	81
4.1.4.1	Analisis Data Proses <i>Scaling Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	81



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.4.2	Analisis Data Proses Validasi <i>Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	82
4.1.4.3	Analisis Data Proses Pengukuran <i>Pressure Transmitter</i> Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	84
4.2	Pengujian Sistem Pengaturan Frekuensi Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	86
4.2.1	Deskripsi Pengujian .....	87
4.2.2	Prosedur Pengujian .....	87
4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	88
4.2.3.1	Hasil Proses <i>Scaling</i> VFD Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	88
4.2.3.2	Hasil Proses Validasi Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah ....	90
4.2.4	Analisis Data .....	92
4.2.4.1	Analisis Data Proses <i>Scaling</i> VFD Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	93
4.2.4.2	Analisis Data Proses Validasi VFD Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah .....	94
BAB V	PENUTUP .....	97
5.1.	Simpulan.....	97
5.2.	Saran.....	98
DAFTAR	PUSTAKA .....	99
LAMPIRAN	.....	xvii



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Proses Pengukuran .....	9
Gambar 2. 2 Sketsa Shaking Table .....	12
Gambar 2. 3 <i>Sand Rainer Box</i> .....	13
Gambar 2. 4 Ilustrasi Efek Likuefaksi Tanah .....	14
Gambar 2. 5 <i>Function Formula Node</i> .....	18
Gambar 2. 6 <i>Scaling Pressure Transmitter</i> menggunakan Regresi Linier Pada LabVIEW .....	18
Gambar 2. 7 <i>Global Variable</i> .....	19
Gambar 2. 8 <i>I/O Node</i> Pada FPGA LabVIEW .....	19
Gambar 2. 9 <i>Loop Timer</i> .....	20
Gambar 2. 10 <i>Open FPGA VI Reference</i> .....	20
Gambar 2. 11 <i>Mean</i> .....	21
Gambar 2. 12 <i>Read/Write Control</i> .....	21
Gambar 2. 13 HMI ( <i>Human Machine Interface</i> ) Pengaturan dan Pengukuran Pada LabVIEW .....	22
Gambar 2. 14 (a) <i>Pressure Transmitter Connector Cable Type</i> , (b) <i>Pressure Transmitter DIN Connector Type</i> .....	25
Gambar 2. 15 <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> .....	26
Gambar 2. 16 <i>Wiring Diagram</i> Operasi Dasar <i>Input 1 Fasa Output 3 Fasa</i> .....	26
Gambar 2. 17 <i>Motor 3-Phase</i> .....	27
Gambar 2. 18 <i>Gearbox 1:10</i> .....	28
Gambar 2. 19 NI 9208 .....	28
Gambar 2. 20 NI 9265 .....	29
Gambar 2. 21 cRio-9025 .....	29
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Perancangan Alat.....	31
Gambar 3. 2 <i>Arsitektur Sistem</i> .....	34
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Keseluruhan Alat (1).....	35
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Keseluruhan Alat (2).....	36
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Keseluruhan Alat (3).....	36



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Sub-Sistem 2 .....	40
Gambar 3. 7 Diagram Blok Alat Keseluruhan .....	50
Gambar 3. 8 Diagram Blok Sub-Sistem.....	56
Gambar 3. 9 Bagian-Bagian Instalasi Komponen Pada <i>Box Panel</i> .....	58
Gambar 3. 10 Bagian-Bagian Instalasi Komponen Pada <i>Box Panel</i> .....	58
Gambar 3. 11 Bagian-Bagian Instalasi Komponen Pada <i>Box Acrylic WSN Node</i> .....	59
Gambar 3. 12 Konfigurasi Motor Metode Sambungan <i>Delta</i> .....	59
Gambar 3. 13 Keseluruhan Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	60
Gambar 3. 14 Sub Program FPGA.....	62
Gambar 3. 15 Sub Program <i>Real Time</i> .....	63
Gambar 3. 16 Sub Program <i>Host</i> .....	64
Gambar 3. 17 Tampilan <i>Front Panel Host</i> atau HMI.....	65
Gambar 4. 1 Pengujian Sistem Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> .....	66
Gambar 4. 2 Letak Ketinggian Masing-Masing <i>Pressure Transmitter</i> dan Tinggi <i>Sample</i> Penelitian.....	68
Gambar 4. 3 Grafik Validitas <i>Excess Pore Water Pressure</i> Terukur dan <i>Excess Pore Water Pressure</i> Teori Pada <i>Pressure Transmitter 1</i> .....	76
Gambar 4. 4 Grafik Validitas <i>Excess Pore Water Pressure</i> Terukur dan <i>Excess Pore Water Pressure</i> Teori Pada <i>Pressure Transmitter 2</i> .....	76
Gambar 4. 5 Grafik Validitas <i>Excess Pore Water Pressure</i> Terukur dan <i>Excess Pore Water Pressure</i> Teori Pada <i>Pressure Transmitter 3</i> .....	77
Gambar 4. 6 Perubahan <i>Excess Pore Water Pressure</i> Saat Pengujian 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70% .....	79
Gambar 4. 7 Perubahan <i>Excess Pore Water Pressure</i> Saat Pengujian 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40% .....	80
Gambar 4. 8 <i>Excess Pore Water Pressure (ru)</i> Saat 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70% .....	85
Gambar 4. 9 <i>Excess Pore Water Pressure (ru)</i> Saat 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40% .....	85
Gambar 4. 10 Letak VFD dan Motor 3 Fasa .....	86
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Arus (mA) Terhadap Frekuensi (Hz).....	90

Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Putaran Motor (rpm) Terhadap Frekuensi (Hz) Tanpa Beban .....	91
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Putaran Motor (rpm) Terhadap Frekuensi (Hz) Dengan Beban .....	92
Gambar 4. 14 Realisasi Program <i>Scaling</i> Untuk Pengaturan Frekuensi Pada LabVIEW .....	94
Gambar 4. 15 Tampilan HMI Dengan VFD Pada Pengaturan Frekuensi.....	94



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Perangkat Lunak yang Digunakan .....	42
Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen Fisik yang Digunakan.....	42
Tabel 3. 3 Spesifikasi Perangkat Keras yang Digunakan .....	42
Tabel 4. 1 Peralatan Yang Diperlukan Dalam Pengujian Sistem .....	67
Tabel 4. 2 Data Perbandingan mA Dengan mbar Pressure Transmitter 1 .....	71
Tabel 4. 3 Data Perbandingan mA Dengan mbar <i>Pressure Transmitter</i> 2 .....	72
Tabel 4. 4 Data Perbandingan mA Dengan mbar Pressure Transmitter 3 .....	72
Tabel 4. 5 Data Hasil Validasi Pengujian Scaling Pressure Transmitter .....	73
Tabel 4. 6 Ketinggian Elevasi Masing – Masing <i>Pressure Transmitter</i> .....	75
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> (mbar) Frekuensi 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70% .....	78
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> (mbar) Frekuensi 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40% .....	79
Tabel 4. 9 Perhitungan Persentase Kesalahan Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> Pada <i>Pressure Transmitter</i> 1.....	83
Tabel 4. 10 Perhitungan Persentase Kesalahan Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> Pada <i>Pressure Transmitter</i> 2.....	83
Tabel 4. 11 Perhitungan Persentase Kesalahan Pengukuran <i>Excess Pore Water Pressure</i> Pada <i>Pressure Transmitter</i> 3.....	83
Tabel 4. 12 Hasil Data Proses Scaling Frekuensi Terhadap Arus Pada VFD.....	89
Tabel 4. 13 Hasil Proses Pengujian Validasi VFD Dengan Tachometer Tanpa Beban .....	90
Tabel 4. 14 Hasil Proses Pengujian Validasi VFD Dengan Tachometer Dengan Beban .....	91
Tabel 4. 15 Batas Atas dan Batas Bawah Toleransi Frekuensi Pada Motor .....	92
Tabel 4. 16 Perhitungan Persentase Kesalahan Pengaturan Frekuensi Pada Motor 3 Fasa Tanpa Beban .....	95
Tabel 4. 17 Perhitungan Persentase Kesalahan Pengaturan Frekuensi Pada Motor 3 Fasa Dengan Beban.....	95

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis.....	xvii
Lampiran 2 Keseluruhan Data Pengujian Pengukuran .....	xviii
Lampiran 3 Dokumentasi Selama Pengujian Validasi Pengukuran .....	xxiii
Lampiran 4 Dokumentasi Selama Pengujian Validasi Pengaturan.....	xxvii
Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian Pengukuran dan Pengaturan Saat Kondisi <i>Shaking</i> .....	xxviii



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peristiwa likuefaksi adalah salah satu dampak besar bahaya seismik akibat gempa bumi yang membuat tanah atau pasir yang jenuh atau agak jenuh kehilangan kekuatan dan kekakuannya akibat adanya tegangan, seperti getaran atau guncangan gempa bumi atau adanya perubahan ketegangan lain secara mendadak, sehingga menimbulkan kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) pada tanah yang berakibat tanah padat bertingkah sebagai cairan (Howell et al., 2012). Peristiwa likuifaksi sendiri dapat diketahui melalui pengukuran lapangan atau melalui sistem jarak jauh yang disediakan oleh server USGS (*United States Geological Survey*) (Wijayandaru, 2020). Namun kerentanan tanah terhadap potensi likuifaksi tidak dapat terlihat secara langsung, sehingga diperlukannya studi mendalam mengenai tingkat kerentanan suatu kawasan terhadap peristiwa tersebut (Ondang, 2020).

*Shaking table* merupakan salah satu alat yang dapat merepresentasikan kondisi lapangan saat adanya guncangan gempa untuk menunjang studi mendalam terkait kemungkinan peristiwa yang dapat terjadi saat adanya gempa bumi. *Shaking table* dapat menjadi salah satu upaya yang penting untuk melakukan pengamatan terhadap peristiwa likuefaksi tanah yang dapat diaplikasikan pada lapangan dalam mengurangi dampak dari likuefaksi tanah. Pada umumnya terdapat berbagai jenis metode yang digunakan dalam mengatur kecepatan gerak *shaking table*, salah satunya penggunaan VFD (*Variable Frequency Drive*) sebagai pengatur kecepatan motor dengan memanfaatkan sinyal frekuensi dalam menggerakkan *shaking table*. Penggunaan VFD menjadi salah satu pilihan terbaik sebagai pengatur kecepatan motor karena dengan menggunakan pengatur kecepatan lainnya, seperti VSD (*Variable Speed Drive*), yang memanfaatkan sinyal tegangan dapat mengurangi keefektifan kerja motor dan dapat menimbulkan panas saat dalam kondisi torsi rendah.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengamatan peristiwa likuefaksi tanah yang dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan shaking table ini untuk mengidentifikasi perilaku tanah saat adanya guncangan. Adapun respon yang diamati dalam pengujian *shaking table*, yaitu respon tekanan air pori (*excess pore water pressure*) berdasarkan nilai frekuensi yang diberikan pada plant. Respon tekanan air pori menjadi tanda terjadi atau tidaknya peristiwa likuefaksi. Pentingnya pengamatan terhadap respon tekanan air pori (*excess pore water pressure*) ini menjadi salah satu bahan pertimbangan perlunya menggunakan suatu sistem pengukuran yang efektif dan responsif serta akurasi tinggi terhadap setiap perubahan tekanan yang terjadi pada rongga tanah. Selain itu, pengaturan frekuensi juga menjadi penting mengingat tidak semua gempa atau guncangan dapat menyebabkan peristiwa likuefaksi. Pengintegrasian sistem pengukuran tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan sistem pengaturan frekuensi pada *shaking table* pada pengujian likuefaksi tanah ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam memberikan performa sistem yang cukup mumpuni untuk mengidentifikasi respon tanah.

Sebagai pengembangan sistem, alat ini memanfaatkan teknologi software LabVIEW dalam mengakuisisi, mengolah, dan menyajikan data, sehingga dapat menunjang keberhasilan pengamatan. Pengaplikasian software LabVIEW pada sistem pengaturan dan pengukuran tersebut menjadi aspek yang melatarbelakangi pembuatan skripsi yang berjudul “Sistem Pengukuran *Excess Pore Water Pressure* dan Pengaturan Frekuensi Getaran Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.”

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bagaimana merancang sistem pengukuran kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran untuk menguji karakteristik perilaku tanah saat dan setelah gempa pada alat simulator likuefaksi tanah?



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- b. Bagaimana mengintegrasikan pemrograman sistem pengukuran kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran menggunakan *software* LabVIEW 2015?
- c. Bagaimana menganalisis performansi respon hasil pengukuran kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran pada alat simulator likuefaksi tanah?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam pembahasan tugas akhir ini, terdapat batasan masalah untuk memfokuskan pembahasan. Berikut batasan masalah yang diterapkan:

- a. *Software* yang digunakan adalah LabVIEW 2015.
- b. Pengujian dilakukan dalam ruangan dan tidak memperhatikan suhu ruang.
- c. Besar nilai frekuensi pengujian pada *shaking table* adalah 1.0 dan 1.2 Hz.
- d. Menggunakan *speed controller* (VFD) dengan *input* 1 fasa *output* 3 fasa untuk mengatur kecepatan motor induksi dalam menghasilkan guncangan pada alat.
- e. Menggunakan *gearbox* 1:10 yang terhubung pada *rotation to linear translator* untuk menghasilkan gerak linear sehingga membentuk suatu guncangan pada alat.
- f. Menggunakan 3 (buah) buah *pressure transmitter* dengan *output* 4 – 20 mA untuk mengukur kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) pada tanah.
- g. Variabel yang diatur adalah frekuensi getaran (Hz) yang dihasilkan oleh *speed controller* VFD untuk menggerakkan motor.
- h. Variabel yang diukur adalah *excess pore water pressure* (mbar).
- i. Dimensi *rigid box* tanah pada alat simulator 40 x 40 x 50 cm (P x L x T).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### 1.4.1 Tujuan Umum

- a. Pembuatan skripsi sebagai persyaratan kelulusan dari Program Studi Sarjana Terapan Instrumentasi dan Kontrol Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta
- b. Dapat mengaplikasikan dan merealisasikan ilmu yang diperoleh selama pembelajaran

### 1.4.2 Tujuan Khusus

- a. Mampu merancang sistem pengukuran kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran untuk menguji karakteristik perilaku tanah saat dan setelah gempa pada alat simulator likuefaksi tanah.
- b. Mampu mengintegrasikan pemrograman sistem pengukuran kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran menggunakan *software* LabVIEW.
- c. Menguji kemampuan pendeteksian sensor yang dihasilkan pada sistem kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) dan pengaturan frekuensi getaran menggunakan *software* LabVIEW.

### 1.5 Luaran

Luaran dari pembuatan skripsi ini adalah:

- a. Laporan skripsi.
- b. Publikasi jurnal.
- c. Purwarupa Alat Simulator Likuefaksi Tanah Berbasis LabVIEW yang dibangun di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- d. Membantu melengkapi peralatan pengajaran di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta berupa alat simulator likuefaksi tanah untuk mata kuliah dengan sub topik mengarakterisasi perilaku tanah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Penulisan tidak meruikan kepentingan vana walar Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V PENUTUP

### 5.1.Simpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang didapatkan pada skripsi ini, yaitu sebagai berikut.

- a. Sistem dirancang menggunakan *pressure transmitter* sebagai alat ukur *excess pore water pressure* dan VFD sebagai pengaturan frekuensi dalam mengatur kecepatan motor 3 fasa.
- b. Sistem yang dirancang dapat terintegrasi LabVIEW dengan baik. Hal tersebut, dapat dibuktikan dengan hasil pengukuran ketiga *pressure transmitter* dapat ditampilkan pada HMI sistem dan pengaturan frekuensi juga dapat melalui HMI sistem.
- c. Dapat diketahui keandalan atau kemampuan pada sistem pengukuran dan pengaturan seperti berikut.
  - Berdasarkan perhitungan nilai deviasi (*error*) dari pengujian pengukuran *pressure transmitter* 1 dapat diketahui untuk nilai deviasi (*error*) dari *pressure transmitter* 1 sebesar  $\pm 0.35$  dengan akurasi 90.67%, *pressure transmitter* 2 sebesar  $\pm 0.19$  dengan akurasi 98.04%, dan *pressure transmitter* 3 dengan teori sebesar  $\pm 0.25$  dengan akurasi 98.38%
  - Berdasarkan perhitungan nilai deviasi (*error*) dan persentase kesalahan dari pengujian pengaturan frekuensi, dapat diketahui nilai deviasi pada frekuensi yang diterima motor tanpa beban dengan frekuensi VFD sebesar  $\pm 0.64$  dan pada frekuensi yang diterima motor diberi beban dengan frekuensi VFD sebesar  $\pm 0.90$ .

## 5.2.Saran

Adapun saran yang dapat membuat sistem pada alat simulator likuefaksi tanah menjadi lebih baik maka dapat dilakukan hal-hal seperti berikut.

- a. Untuk mendapatkan hasil validasi yang lebih akurat dibutuhkan pembanding alat ukur lain untuk memperkuat keakurasian *pressure transmitter* seperti *pressure gauge*.
- b. Mengganti VFD dari jenis VFD *open loop* ke VFD *close loop* agar dapat digunakan untuk pengendalian frekuensi sehingga frekuensi yang dihasilkan lebih stabil, karena VFD *open loop* tidak dapat dilakukan pengendalian.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR PUSTAKA

- Denis, Sukmadi, T., & Christyono, Y. (2013). Pengasutan Balik Putaran Motor Induksi 3 Fasa Berbasis SMS Controller Menggunakan Bahasa Pemrograman Bascom. *Transient*, 2 NO.4(ISSN 2302-9927, 907).
- Farichah, H., & Kumala Sari, P. T. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Deterministik di Wilayah Surabaya. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 4(1), 68. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1195>
- Gunterus, F. (1994). *Falsafah Dasar: SISTEM PENGENDALIAN PROSES*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Hakam, A., & Darjanto, H. (2013). Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 33. <https://doi.org/10.5614/jts.2013.20.1.4>
- Hore, R., Chakraborty, S., Bari, M. F., Shuvon, A. M., & Ansary, M. A. (2020). Soil Zonation and The Shaking Table Test of The Embankment on Clayey Soil. *Geosfera Indonesia*, 5(2), 196. <https://doi.org/10.19184/geosi.v5i2.17873>
- Howell, R., Rathje, E. M., Kamai, R., & Boulanger, R. (2012). Centrifuge Modeling of Prefabricated Vertical Drains for Liquefaction Remediation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 138(3), 262–271. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gt.1943-5606.0000604](https://doi.org/10.1061/(asce)gt.1943-5606.0000604)
- Islami, S., Candra, O., Aswardi, & Maulana, R. (2019). *MODUL 3 INSTALASI TENAGA LISTRIK Kegiatan*.
- Khotimah, O., Darmawan, D., & Rosdiana, E. (2022). Perangkat dan Metoda Kalibrasi Sensor Universal. *E-Proceeding of Engineering*, 9(3), 866–874.
- Kristina, E., Siang, J. J., & Santosa, G. (2011). Penerapan Metode Statistik Dan Average Energy. *Informatika*, 7(1).
- Mase, L. Z., Fathani, T. F., & Adi, A. D. (2021). A simple shaking table test to measure liquefaction potential of prambanan area, yogyakarta, Indonesia. *ASEAN Engineering Journal*, 11(3), 89–108. <https://doi.org/10.11113/AEJ.V11.16874>
- METODE STATISTIK DALAM ANALISIS DATA*. (2022). Algoritma Data Science Academy. <https://algorit.ma/blog/contoh-metode-statistik-2022/>
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Sudirman, S. (2018). Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt (Studi Kasusproyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari ). *Jurnal Fondasi*, 7(1), 11–21. <https://doi.org/10.36055/jft.v7i1.3298>
- Ondang, K. K. (2020). *Perencanaan Stone Column Untuk Meningkatkan Daya*

## Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



*Dukung Tanah Terhadap Potensi Likui-faksi (Studi Kasus Badan Jalan Sirkuit Internasional Motogp Mandalika Lombok Tengah STA 3+800 – 4+100).* <https://eprints.umm.ac.id/79113/>

- Pathak, P. S. R., & Patki, M. A. (2013). Strain Criterion For Initiation Of Liquefaction Using Shake Table Test. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 30(5), 162–174. <http://scholarsmine.mst.edu/icrageesd%0Ahttp://www.mendeley.com/research/geology-volcanic-history-eruptive-style-yakedake-volcano-group-central-japan/%0Ahttp://dx.doi.org/10.1080/19386362.2016.1250978>
- Sompie, O. B. A., & Pontoring, C. (2014). Analisis Tegangan-Regangan, Tekanan Air Pori Dan Stabilitas Model Dam Timbunan Tanah. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(4), 205–214.
- Sulaeman, C., & Kusnadi. (2019). Kalibrasi Sensor Temperatur Dengan Metoda Perbandingan Dan Simulasi. *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(2), 6–7.
- Susanti, R., & Setiawan, H. (2021). *Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Batang Kayu Yang Dimiringkan Terhadap Deformasi Tanah Akibat Likui-faksi*. 6(1), 1–11.
- Wijayandaru, H. K. (2020). *Analisis Zona Potensi Likui-faksi Berdasarkan Model Geospasial di Kecamatan Kretek Kabupaten Bantul*. <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/39215/>

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

Hak Cipta :

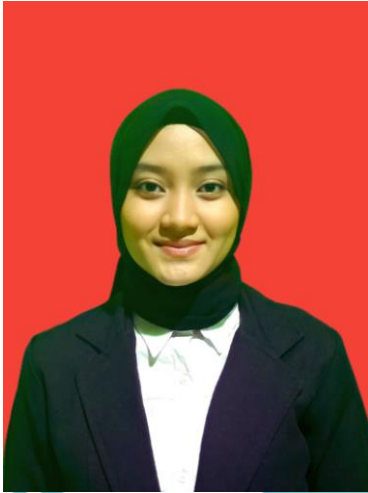
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Penulis bernama Dea Aulia Sakinah, seorang anak tunggal yang lahir di Depok, 23 Februari 2001. Latar belakang Pendidikan formal penulis adalah lulusan sekolah dasar islam di SDI Bina Insani tahun 2013. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMP Harapan Bangsa dan lulus pada tahun 2016. Kemudian, melanjutkan Pendidikan ke sekolah menengah atas di SMAN 13 Depok dan lulus pada 2019.

Selanjutnya, penulis melanjutkan Pendidikan ke jenjang perkuliahan Sartjana Terapan (S.Tr.) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* [deaauliasakinah@gmail.com](mailto:deaauliasakinah@gmail.com)

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## Lampiran 2 Keseluruhan Data Pengujian Pengukuran

1. Tabel Ketinggian Elevasi Masing – Masing *Pressure Transmitter*

Ketinggian <i>Sample</i> (cm)	Ketinggian Elevasi PT 1 (cm)	Ketinggian Elevasi PT 2 (cm)	Ketinggian Elevasi PT 3 (cm)
40	8.2	20.2	32.3
39	7.2	19.2	31.3
38	6.2	18.2	30.3
37	5.2	17.2	29.3
36	4.2	16.2	28.3
35	3.2	15.2	27.3
34	2.2	14.2	26.3
33	1.2	13.2	25.3
32	0.2	12.2	24.3
31	0	11.2	23.3
30	0	10.2	22.3
29	0	9.2	21.3
28	0	8.2	20.3
27	0	7.2	19.3
26	0	6.2	18.3
25	0	5.2	17.3
24	0	4.2	16.3
23	0	3.2	15.3
22	0	2.2	14.3
21	0	1.2	13.3
20	0	0.2	12.3
19	0	0	11.3
18	0	0	10.3
17	0	0	9.3
16	0	0	8.3
15	0	0	7.3
14	0	0	6.3
13	0	0	5.3
12	0	0	4.3
11	0	0	3.3
10	0	0	2.3
9	0	0	1.3
8	0	0	0.3

## Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Ketinggian <i>Sample</i> (cm)	Ketinggian Elevasi PT 1 (cm)	Ketinggian Elevasi PT 2 (cm)	Ketinggian Elevasi PT 3 (cm)
7	0	0	0
6	0	0	0
5	0	0	0
4	0	0	0
3	0	0	0
2	0	0	0
1	0	0	0
0	0	0	0

## 2. Tabel Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar) Pada Frekuensi 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70%

Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar) Frekuensi 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70%						
Siklus	PT 1	PT 2	PT 3	ru 1	ru 2	ru 3
1	7.51	20.8	32.53	0.103991359	0.035884267	0.021255928
2	9.44	23.64	36.38	0.138257673	0.183688934	0.14764253
3	10.74	23.635	37.87	0.301430597	0.183428714	0.196555787
4	11.705	23.63	38.77	0.422555114	0.183168495	0.226100707
5	12.67	23.53	39.58	0.54367963	0.177964105	0.252691134
6	13.96	23.92	40.66	0.705597377	0.198261225	0.288145038
7	14.77	24.58	41.82	0.757059607	0.232610197	0.326225157
8	15.16	26.9	42.21	0.806011484	0.353352038	0.339027956
9	15.19	27.26	42.47	0.809777013	0.372087841	0.347563155
10	15.25	27.76	43.26	0.817308071	0.398109789	0.373497029
11	15.38	27.62	43.89	0.833625364	0.390823643	0.394178473
12	15.56	26.09	44.5	0.856218538	0.311196481	0.414203363
13	15.535	26.05	44.43	0.853080597	0.309114725	0.411905425
14	15.51	26.15	44.52	0.849942656	0.314319115	0.414859917
15	15.4	26.18	44.46	0.836135716	0.315880432	0.412890256
16	15.36	26.13	44.4	0.831115011	0.313278237	0.410920594
17	15.305	26.11	44.37	0.824211541	0.312237359	0.409935764
18	15.25	26.02	44.34	0.817308071	0.307553409	0.408950933
19	15.2	25.83	44.49	0.81103219	0.297665068	0.413875086
20	15.04	25.55	43.98	0.790949368	0.283092777	0.397132965
21	14.985	25.51	43.68	0.784045898	0.281011021	0.387284659
22	14.93	25.52	43.14	0.777142429	0.28153146	0.369557707

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar)  
Frekuensi 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70%**

Siklus	PT 1	PT 2	PT 3	ru 1	ru 2	ru 3
23	14.88	25.15	42.48	0.770866547	0.262275218	0.347891432
24	14.43	24.33	41.64	0.764590665	0.219599223	0.320316173
25	14.3	24.35	41.16	0.748273373	0.220640101	0.304558883
26	13.98	23.55	41.84	0.70810773	0.179004983	0.326881711
27	13.82	23.58	40.76	0.688024909	0.1805663	0.291427807
28	13.66	23.33	39.26	0.667942087	0.167555326	0.242186274
29	12.67	22.92	39.26	0.54367963	0.146217328	0.242186274
30	11.68	23.09	38	0.419417173	0.155064791	0.200823386
31	11.655	22.63	38.41	0.416279232	0.131124598	0.214282739
32	11.63	21.91	38.45	0.413141291	0.093652992	0.215595846
33	11.18	21.97	37.95	0.356658356	0.096775626	0.199182002
34	10.99	21.99	38.07	0.332810006	0.097816504	0.203121324
35	10.64	21.82	37.38	0.288878834	0.088969042	0.180470219
36	9.93	21.32	36.32	0.199761314	0.062947093	0.145672869
37	9.85	20.63	36.38	0.189719903	0.027036804	0.14764253
38	9.765	20.86	36.25	0.179050904	0.039006901	0.143374931
39	9.68	20.92	36.26	0.168381905	0.042129535	0.143703208
40	9.13	20.94	35.58	0.099347207	0.043170412	0.121380379
41	9.12	20.7	34.5	0.098092031	0.030679877	0.085926475
42	9.11	20.91	34.68	0.096836854	0.041609096	0.091835459
43	9.1	21.27	35.13	0.095581678	0.060344898	0.106607919
44	9.09	21.1	35.16	0.094326502	0.051497436	0.10759275
45	9.08	21.01	35.605	0.093071325	0.046813485	0.122201072
46	9.11	20.76	35.57	0.096836854	0.033802511	0.121052102
47	9.2	20.93	36.05	0.108133441	0.042649973	0.136809393
48	9.09	20.91	35.61	0.094326502	0.041609096	0.12236521
49	8.97	21.13	35.46	0.079264386	0.053058753	0.117441057
50	8.9	20.84	35.24	0.070478151	0.037966023	0.110218965
51	8.9	20.93	35.34	0.070478151	0.042649973	0.113501734
52	8.95	20.87	35.43	0.076754033	0.03952734	0.116456226
53	9.12	20.83	35.74	0.098092031	0.037445584	0.12663281
54	8.92	20.82	35.34	0.072988504	0.036925145	0.113501734
55	8.69	20.89	35.32	0.044119448	0.040568218	0.11284518
56	8.73	21.18	35.1	0.049140154	0.055660948	0.105623089
57	8.7	20.83	34.99	0.045374625	0.037445584	0.102012043
58	8.72	20.82	35.06	0.047884977	0.036925145	0.104309981
59	9.02	20.89	34.99	0.085540267	0.040568218	0.102012043

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar)  
Frekuensi 1 Hz Dengan Kerapatan Relatif 70%**

Siklus	PT 1	PT 2	PT 3	ru 1	ru 2	ru 3
60	9.04	21.18	35.06	0.08805062	0.055660948	0.104309981

**3. Tabel Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar) Pada Frekuensi 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40%**

**Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar)  
Frekuensi 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40%**

Siklus	PT 1	PT 2	PT 3	ru 1	ru 2	ru 3
1	5.87	20.14	33.30	0.020781709	0.005895709	0.047705379
2	14.53	21.81	42.68	1.114362822	0.089102576	0.363385421
3	15.81	27.93	46.53	1.279072339	0.41563417	0.492955588
4	15.83	27.94	46.92	1.281645925	0.415900945	0.506080878
5	15.72	27.94	47.65	1.267491201	0.416034332	0.530648727
6	15.735	27.94	47.42	1.269421391	0.416167719	0.522908172
7	15.75	28.55	49.14	1.27135158	0.448714169	0.580794064
8	16.01	28.93	49.81	1.304808201	0.468989006	0.603342639
9	16.52	29.20	50.26	1.370434649	0.483394812	0.618487204
10	16.57	30.52	52.00	1.376868614	0.553823195	0.677046188
11	16.62	32.46	52.70	1.38330258	0.657331576	0.7006044
12	16.6	31.05	52.65	1.380728993	0.582101258	0.698921671
13	16.35	30.99	52.35	1.348559166	0.578899968	0.688825294
14	16.37	30.80	51.79	1.351132752	0.568762549	0.669978725
15	16.13	30.49	51.77	1.320249718	0.55222255	0.669305633
16	16.23	30.16	51.12	1.333117649	0.534615454	0.64743015
17	16.225	29.73	50.93	1.332474252	0.511672875	0.641035778
18	16.22	29.79	50.84	1.331830856	0.514874165	0.637838592
19	16.38	29.82	50.74	1.352419545	0.51647481	0.634641406
20	16.12	29.58	50.25	1.318962925	0.503669649	0.618150658
21	16.13	29.27	49.64	1.320249718	0.48712965	0.597621359
22	16.14	29.03	49.17	1.321536511	0.47432449	0.581803702
23	15.915	28.78	47.60	1.292583666	0.460985781	0.528965998
24	15.802	28.32	47.58	1.278107244	0.436442556	0.528292906
25	15.746	28.48	47.66	1.270869033	0.44497933	0.530817
26	15.718	28.32	47.73	1.267249927	0.436442556	0.533341094
27	15.69	28.15	47.64	1.263630822	0.427372234	0.530312181
28	15.76	27.90	47.29	1.272638373	0.414033525	0.518533075

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Hasil Pengukuran Tekanan Air Pori (mbar)  
Frekuensi 1.2 Hz Dengan Kerapatan Relatif 40%**

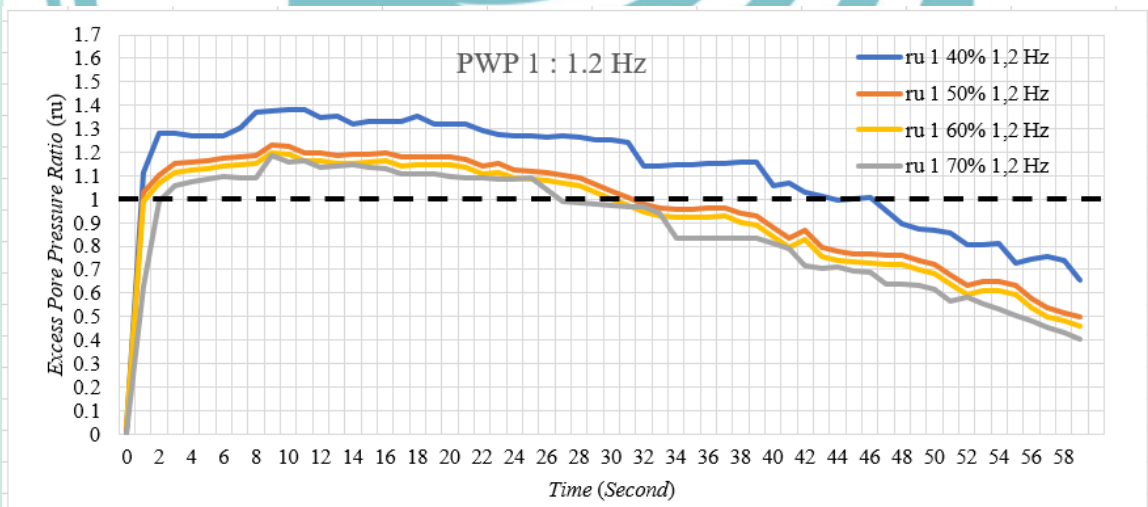
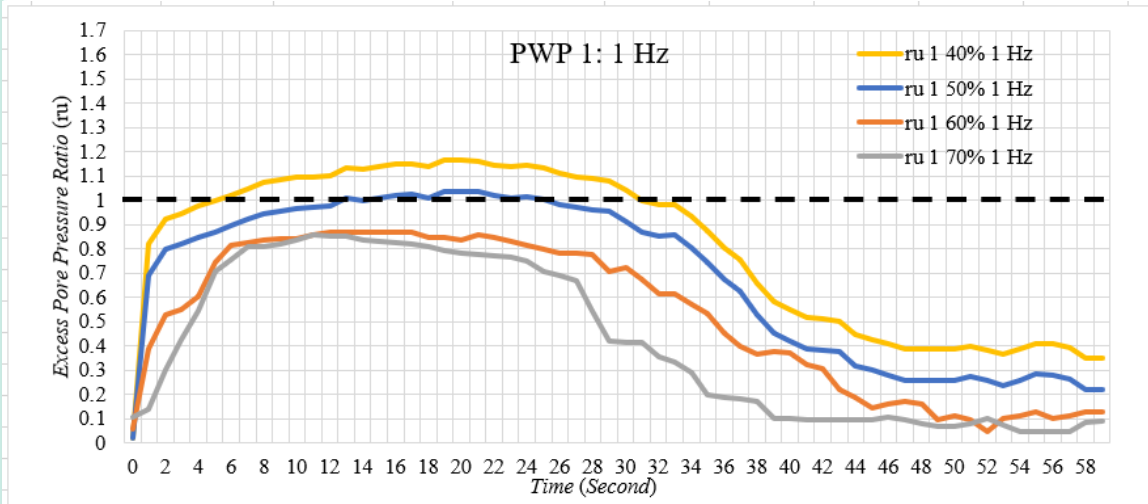
Siklus	PT 1	PT 2	PT 3	ru 1	ru 2	ru 3
29	15.695	27.82	46.40	1.264274218	0.409765139	0.488580491
30	15.61	27.82	46.89	1.253336477	0.409765139	0.50507124
31	15.63	27.70	46.55	1.255910063	0.403362558	0.49362868
32	15.52	27.63	45.88	1.241755339	0.39962772	0.471080105
33	14.75	27.47	44.91	1.14267227	0.391090946	0.438435154
34	14.76	27.50	44.52	1.143959064	0.392691591	0.425141592
35	14.787	26.91	44.12	1.147497745	0.361212238	0.411848029
36	14.801	27.19	44.23	1.149267085	0.376151592	0.415550034
37	14.808	27.04	44.34	1.150151755	0.368148367	0.419252039
38	14.815	26.95	44.20	1.151036426	0.363346431	0.414540396
39	14.87	26.80	43.85	1.158113788	0.355343206	0.40276129
40	14.87	26.76	43.72	1.158113788	0.353209013	0.398386194
41	14.09	26.34	42.95	1.057743926	0.330799982	0.37247216
42	14.18	26.26	42.90	1.069325064	0.326531595	0.370789431
43	13.89	26.21	42.60	1.032008064	0.323863853	0.360693054
44	13.745	25.05	42.14	1.013349564	0.261972244	0.345043671
45	13.6	25.63	41.67	0.994691064	0.292918048	0.329394287
46	13.655	25.37	41.31	1.001768426	0.279045791	0.317278635
47	13.71	25.39	40.61	1.008845788	0.280112888	0.293720423
48	13.28	24.36	39.91	0.953513685	0.225157407	0.270162211
49	12.85	24.62	39.92	0.898181582	0.239029664	0.270498757
50	12.65	24.45	39.93	0.87244572	0.229959342	0.270835303
51	12.595	23.80	39.89	0.865368358	0.195278699	0.269489119
52	12.54	24.42	39.85	0.858290996	0.228358697	0.268142935
53	12.15	23.95	39.29	0.808106065	0.203281924	0.249296366
54	12.15	24.02	39.29	0.808106065	0.207016763	0.249296366
55	12.17	23.99	39.29	0.810679651	0.205416118	0.249296366
56	11.54	23.21	39.61	0.729611686	0.297079725	0.260065834
57	11.645	22.86	39.93	0.743123014	0.278405533	0.270835303
58	11.75	23.46	39.89	0.756634341	0.310418434	0.269489119
59	11.61	23.39	39.85	0.738619238	0.306683596	0.268142935
60	10.96	22.73	39.93	0.654977687	0.271469404	0.270835303

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 3 Grafik Data Pengukuran Setiap Kerapatan Percobaan

#### 1. Excess Pore Water Pressure Pada Pressure Transmitter 1



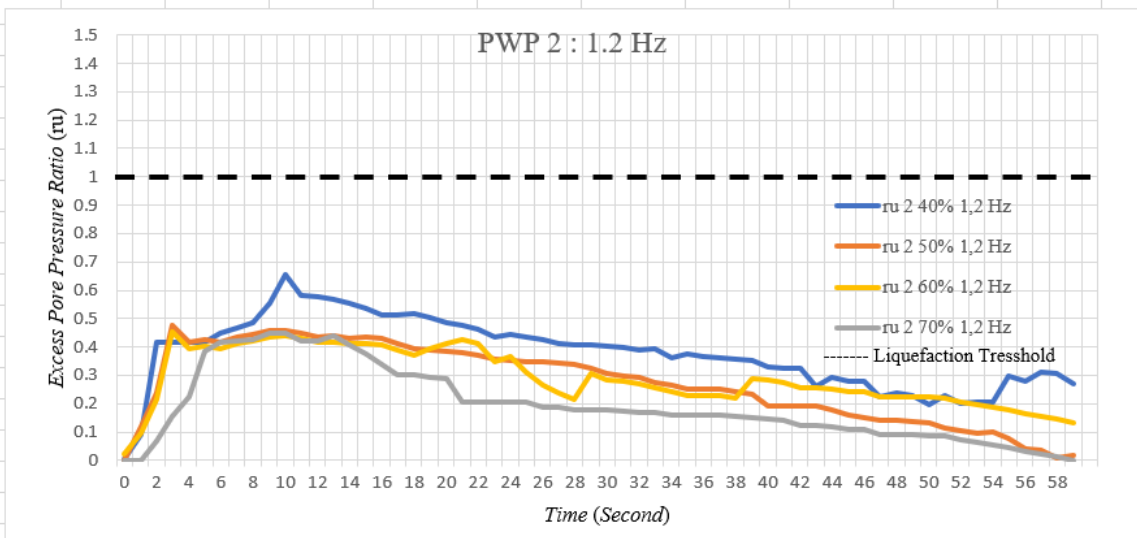
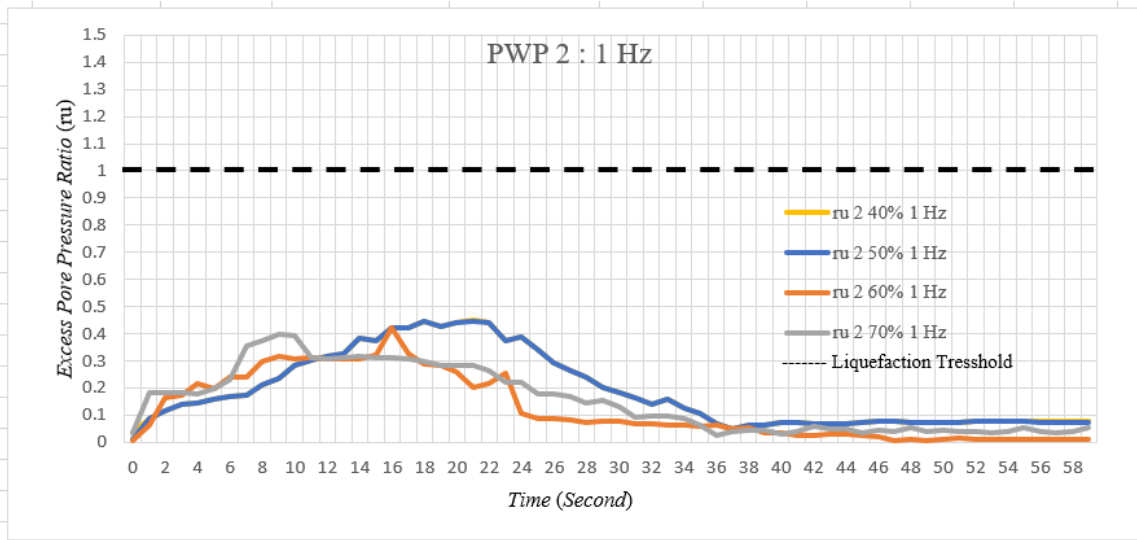
#### Hak Cipta :

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## 2. Excess Pore Water Pressure Pada Pressure Transmitter 2

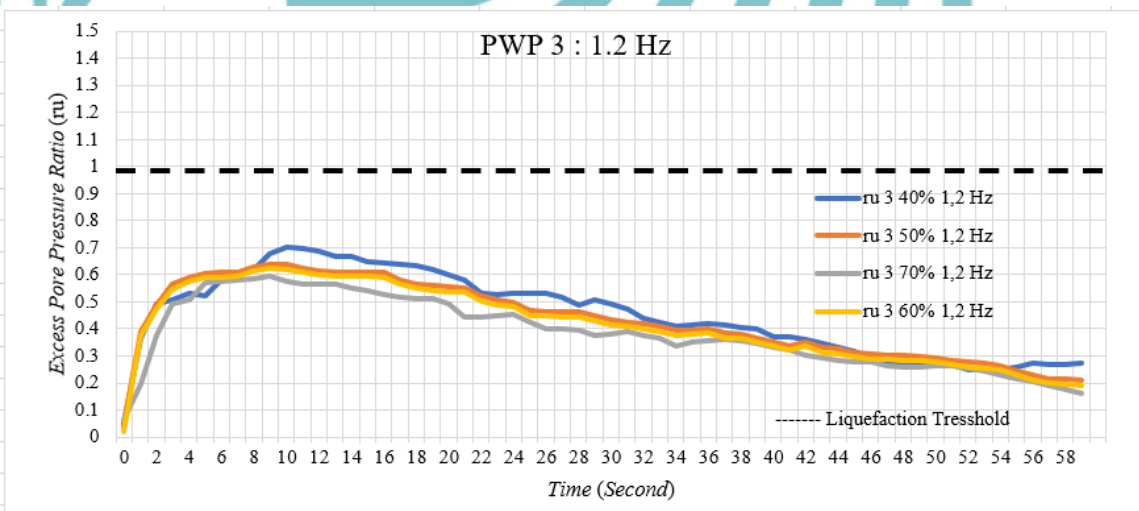
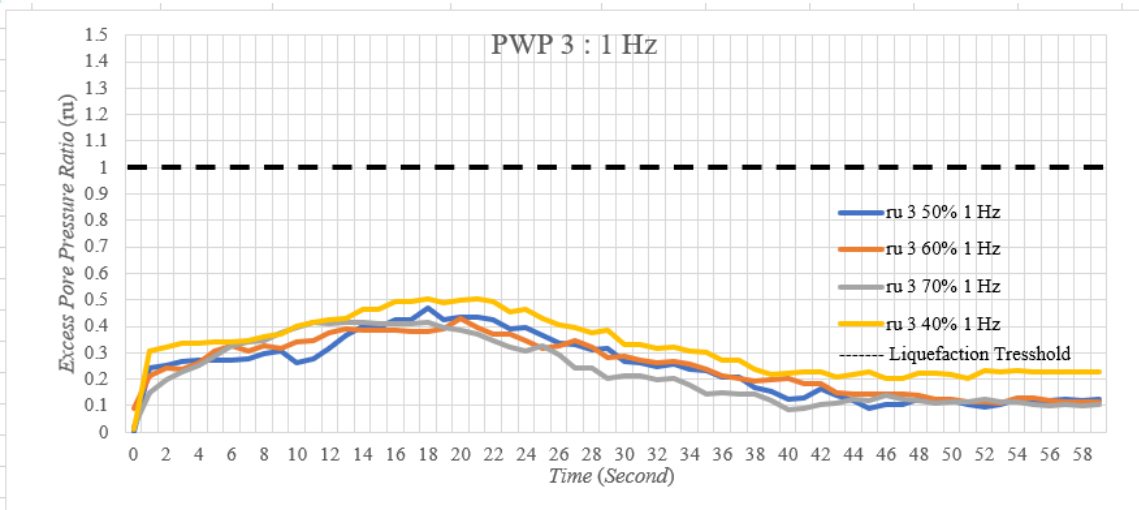


### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 3. Excess Pore Water Pressure Pada Pressure Transmitter 3

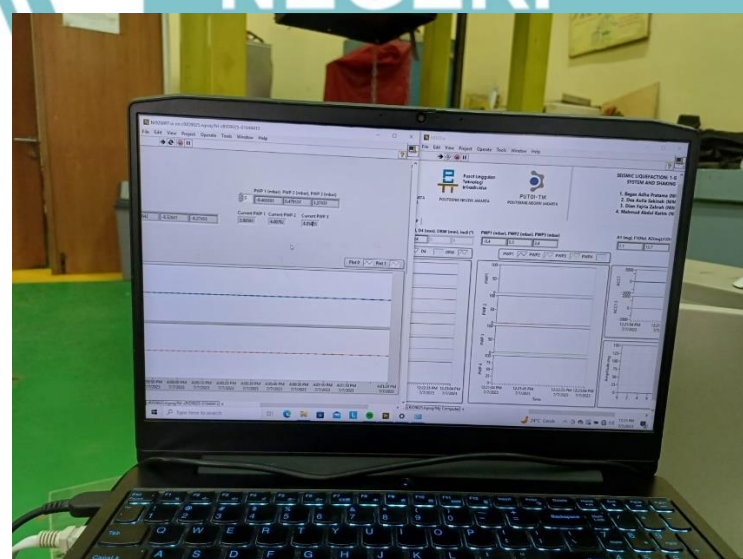
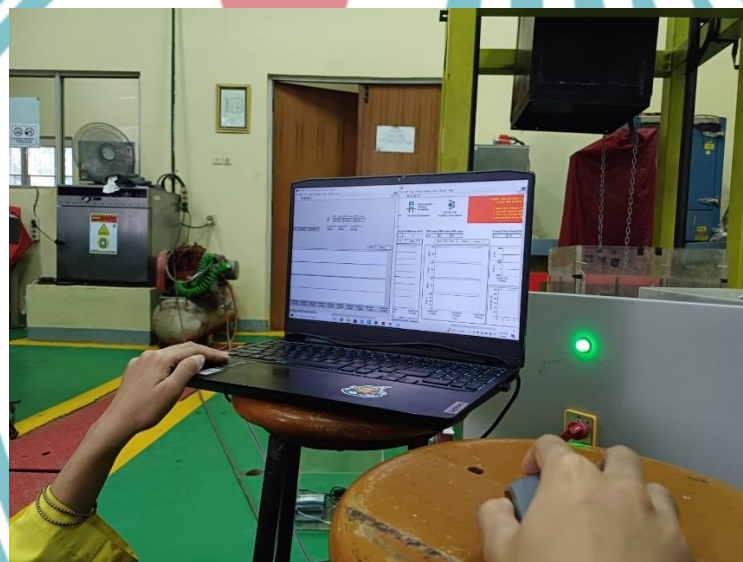


#### Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

## Lampiran 4 Dokumentasi Selama Pengujian Validasi Pengukuran

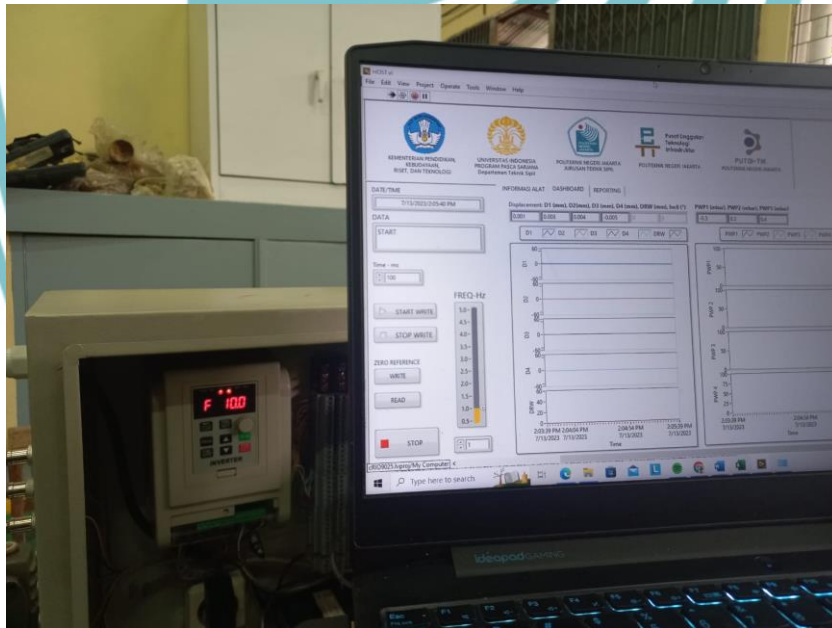


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian Validasi Pengaturan

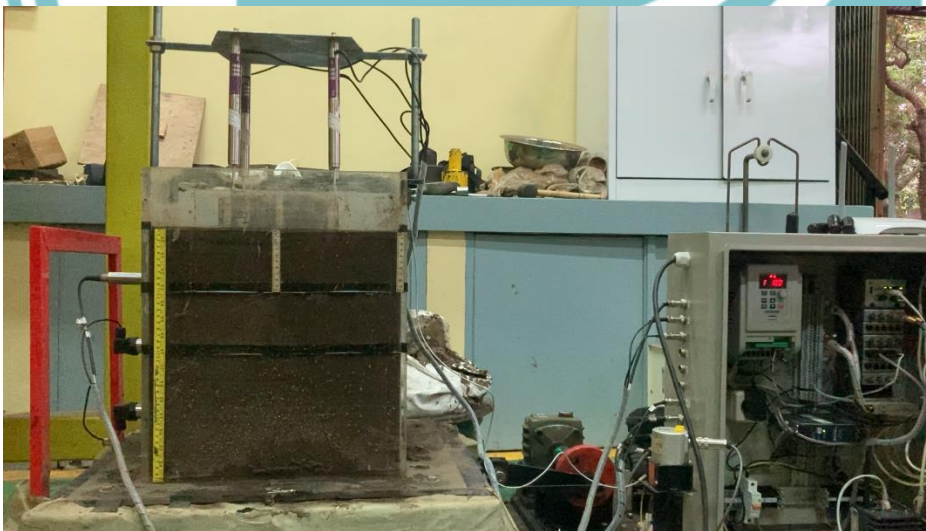


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## Lampiran 6 Dokumentasi Selama Pengujian Pengukuran dan Pengaturan Saat Kondisi *Shaking*



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

