



© 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



**PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN ANALISIS KELAYAKAN
FONDASI UJI LIKUEFAKSI**

Sub Judul:

**Sistem Kontrol Getaran *Shaking Table* Dengan Metode PID pada Alat
Simulator Likuefaksi Tanah**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

SKRIPSI

Agung Sanubari

2003431026

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

2024



© 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



**PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN ANALISIS KELAYAKAN
FONDASI UJI LIKUEFAKSI**

Sub Judul:

**Sistem Kontrol Getaran *Shaking Table* Dengan Metode PID pada Alat
Simulator Likuefaksi Tanah**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana terapan**

Agung Sanubari

2003431026

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

2024



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 : Agung Sanubari

NIM : 2003431026

Tanda Tangan :

Tanggal : 14 Agustus 2024

**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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :
Nama : Agung Sanubari
NIM : 2003431026
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Pengukuran Analisis Kelayakan Fondasi Uji Likuefaksi

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 30 Juli 2024 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing 1 : **Elitaria Bestri Agustina Siregar, S.S., M.A**

NIP. 199302232019032027

(*Elitaria*)

Pembimbing 2 : **Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.**

NIP. 199302232019032027

(*Sulis*)

Depok, 13 Agustus 2024

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



KATA PENGANTAR

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

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sekaligus Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk mengarahkan penulis dalam Menyusun skripsi ini.
3. Elitaria Bestri Agustina S, S.S., M.A. Selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk mengarahkan penulis dalam Menyusun skripsi ini.
4. 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.
5. Endang Wijaya, S.T., M.Si. yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikirannya dalam pembuatan alat terlebih pada aspek penggunaan LabVIEW untuk skripsi ini.
6. Fadhil Muhammad Rizqi, Firly Nuraulia Rahmah, Yosefa Novinati Palan Asan selaku teman skripsi yang membantu dan mendukung dalam pengerjaan skripsi ni.
7. Nizar Ferdinand, Satria Eka Satya, Meidi Andienti selaku rekan satu tim dari Teknik Sipil yang rela saling membantu dan mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Teman – teman IKI 2020 yang sama – sama berjuang dalam meyelesaikan 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 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

9. Orang tua dan keluarga penulis yan gtelah memberikan cinta dan kasih sayang, serta bantuan dukungan material serta moral yang sangat luar biasa.
10. Terima kasih kepada diri saya sendiri yang telah berusaha semaksimal mungkin dan tidak menyerah dalam menyelesaikan berbagai kesulitan dalam menegerjakan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.

Akhir kata, penulis berharap atas segala bantuan dari semua pihak semoga terbalaskan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu Instrumentasi dan Kontrol Industri dalam bidang sisitem kontrol di masa yang akan mendatang.

Depok , 2024

Agung Sanubari

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Sistem Kontrol Getaran *Shaking Table* Dengan Metode PID Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.

ABSTRAK

Alat simulator likuefaksi tanah menggunakan metode *shaking table* 1 axis bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta perilaku tanah yang terindikasi likuefaksi tanah, sehingga dapat diketahui upaya yang dapat dilakukan dalam mereduksi perilaku tanah yang terindikasi likuefaksi tersebut. Beberapa variabel pengukuran yang diamati pada saat shaking merujuk pada kondisi yang mengakibatkan likuefaksi. pengukuran dan pengaturan variabel tersebut menggunakan software LabVIEW 2015. Hasil menunjukkan bahwa nilai parameter PID tuning ziegler Nichols $K_p = 1$, $T_i = 12$, dan $T_d = 3$. Kemudian untuk parameter PID trial and error $K_p = 1$, $T_i = 0.01$ dan $T_d = 0.003$, dari hasil penelitian yang dilakukan dengan respon transien single loop didapat nilai rise time 8 detik, delay time 13 detik, overshoot 6% settling time, dan error steady state 2%. Sementara nilai respon transien dengan metode Trial and Error didapat nilai rise time 9 detik, delay time 3 detik, settling time 14 detik, overshoot 3% dan error steady state 1%

Kata kunci : getaran, frekuensi, PID (Propotional, Integral, Dervative). Ziegler Nichols.

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



Vibration Control System of Shaking Table Using PID Method on Soil Liquefaction Simulator.

ABSTRACT

The soil liquefaction simulator using a 1-axis shaking table aims to understand the characteristics and behavior of soil indicated to be prone to liquefaction, so that measures can be identified to reduce the behavior of such soil. Several measurement variables observed during shaking refer to conditions that cause liquefaction. The measurement and adjustment of these variables are done using LabVIEW 2015 software. The results show that the PID tuning parameters using the Ziegler-Nichols method are $K_p = 1$, $T_i = 12$, and $T_d = 3$. Meanwhile, the PID parameters using the trial and error method are $K_p = 1$, $T_i = 0.01$, and $T_d = 0.003$. From the research conducted, the transient response for a single loop showed a rise time of 8 seconds, delay time of 13 seconds, overshoot of 6%, settling time, and steady-state error of 2%. Meanwhile, the transient response with the Trial and Error method showed a rise time of 9 seconds, delay time of 3 seconds, settling time of 14 seconds, overshoot of 3%, and steady-state error of 1%.

Keywords: vibration, frequency, PID (Proportional, Integral, Derivative), Ziegler-Nichols.

**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 ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Umum.....	3
1.3.2 Tujuan Khusus.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran	4
BAB II	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Likuefaksi Tanah	8
2.3 Sistem Pengendalian.....	9
2.3.1 Sistem Kondali Loop Terbuka (Open Loop).....	9
2.3.2 Sistem Kendali Loop Tertutup (<i>Close Loop</i>).....	10
2.4 Metode Kontrol PID	11

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

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

2.4.1 <i>Process Reaction Curve (PRC)</i>	13
2.4.2 <i>First Orde Dead Time</i>	14
2.4.3 Metode Ziegler Nichols Ordo 1	14
2.4.4 Respon Transien Sistem	15
2.5 Getaran.....	16
2.6 Frekuensi.....	16
2.7 LabVIEW 2015.....	17
2.7.1 PID LabVIEW	17
2.8 NI cRIO-9025	18
2.9 NI cDAQ 9174.....	19
2.10 Modul NI 9265	20
2.11 Modul NI 9234	20
2.12 Variable Frequency Driver (VFD).....	21
2.13 Accelerometer Sensor	22
2.14 Motor 3 phasa	22
2.15 <i>Gearbox</i>	23
BAB III	24
3.1 Rancangan Alat.....	25
3.1.1 Deskripsi Sistem	25
3.1.2 Cara kerja Alat.....	27
3.1.3 Spesifikasi Alat Simulator Likuefaksi Tanah	42
3.1.4 Blok Diagram Sub Sistem	49
3.1.5 Cara Kerja Sub Sistem.....	50
3.2 Realisasi Alat Simulator Likuefaksi Tanah	51
3.2.1 Realisasi Hardware	52
3.2.2 Realisasi Software	57



© 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

BAB IV	61
4.1 Pengujian	61
4.1.1 Deskripsi Pengujian	61
4.1.2 Prosedur Pengujian	62
4.1.3 Pengambilan data dengan pengujian tanpa kontrol PID	63
Perancangan Sistem Kontrol PID	65
4.1.4 Pemodelan matematika	65
4.1.5 Perancangan Pengendalian PID	67
4.1.6 Analisis Pengujian Respon Sistem Dengan Kontrol P	68
4.1.7 Analisis Pengujian Respon Sistem Dengan Kontrol PI	70
4.1.8 Analisis Pengujian Respon Sistem Dengan Kontrol PID	72
4.2 Pengujian dengan Metode Trial and Error	75
4.3 Pengujian dengan VFD pada Frekuensi 1 Hz dan 1.2 Hz	79
BAB V	83
5.1 Simpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	xiv



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Dampak Likuefaksi	9
Gambar 2. 2 Blok Diagram <i>Open loop</i>	10
Gambar 2. 3 Blok Diagram <i>Close Loop</i>	11
Gambar 2. 4 Kontrol PID.....	12
Gambar 2. 5 <i>Process Reaction Curve</i>	13
Gambar 2. 6 Grafik Respon Sistem	15
Gambar 2. 7 <i>Software</i> LabVIEW 2015.....	17
Gambar 2. 8 PID.vi LabVIEW	18
Gambar 2. 9 NI cRIO-9025	19
Gambar 2. 10 NI cDAQ 9174.....	19
Gambar 2. 11 Modul NI-9065	20
Gambar 2. 12 Modul NI-9065	21
Gambar 2. 13 VFD Danfoss FC 51	21
Gambar 2. 14 Accelerometer TMR	22
Gambar 2. 15 motor 3 phasa.....	23
Gambar 2. 16 <i>Gearbox</i> 1:10	23
Gambar 3. 1 Flowchart Perancangan Alat.....	25
Gambar 3. 2 Arsitektur Sistem Keseluruhan	28
Gambar 3. 3 Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	29
Gambar 3. 4 Flowchart Keseluruhan Sistem (A).....	34
Gambar 3. 5 Flowchart Keseluruhan Sistem (B).....	35
Gambar 3. 6 Flowchart Keseluruhan Sistem (C).....	36
Gambar 3. 7 Flowchart Keseluruhan Sistem (D).....	37
Gambar 3. 8 Flowchart Sistem Secara Keseluruhan (E)	38
Gambar 3. 9 Flowchart Sistem Secara Keseluruhan (F).....	39
Gambar 3. 10 Flowchart Sistem Secara Keseluruhan (G).....	40
Gambar 3. 11 Blok Diagram Sub Sistem.....	49
Gambar 3. 12 Flowchart Cara Kerja Sub Sistem.....	50
Gambar 3. 13 Realisasi Bagian Plant	52
Gambar 3. 14 Realisasi Bagian Dalam Panel Box	53
Gambar 3. 15 Realisasi Bagian Luar Panel Box.....	55

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

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

Gambar 3. 16 Realisasi Bagian Dalam Panel VFD	56
Gambar 3. 17 Realisasi Penggerak Alat Simulator.....	56
Gambar 3. 18 Program FPGA	57
Gambar 3. 19 Realisasi Program Host.....	58
Gambar 3. 20 Program Host	59
Gambar 3. 21 Program kontrol PID LabVIEW	60
Gambar 4. 1 grafik pengujian open loop	64
Gambar 4. 2 Grafik Akselerasi Sistem Open Loop	64
Gambar 4. 3 Grafik Metode Kontrol P Pengujian 1 Hz	68
Gambar 4. 4 Grafik Akselerasi Metode Kontrol P Pengujian 1 Hz.....	69
Gambar 4. 5 Grafik Metode Kontrol PI Pengujian 1 Hz	70
Gambar 4. 6 Grafik Akselerasi Metode Kontrol PI Pengujian 1 Hz	70
Gambar 4. 7 Grafik Metode Ziegler Nichols Pengujian 1 Hz	72
Gambar 4. 8 Grafik Akselerasi Metode Ziegler Nichols Pengujian 1 Hz	72
Gambar 4. 9 Grafik Metode Ziegler Nichols Pengujian 1.2 Hz	74
Gambar 4. 10 Grafik Akselerasi Metode Ziegler Nichols Pengujian 1.2 Hz	74
Gambar 4. 11 Grafik Pengujian Trial and Error 1 Hz	76
Gambar 4. 12 Grafik Akselerasi Trial and Error Pengujian 1 Hz	76
Gambar 4. 13 Grafik Pengujian Trial and Error 1.2 Hz	77
Gambar 4. 14 Grafik Akselerasi Trial and Error Pengujian 1.2 Hz	78
Gambar 4. 15 Grafik Pengujian Melalui VFD 1 Hz	79
Gambar 4. 16 Grafik Akselerasi Pengujian Melalui VFD 1 Hz	80
Gambar 4. 17 Grafik Pengujian Melalui VFD 1.2 Hz	81
Gambar 4. 18 Grafik Akselerasi Pengujian Melalui VFD 1.2 Hz	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 1	5
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 2	7
Tabel 2. 3 Tanggapan Respon Kontrol PID terhadap Perubahan Parameter	12
Tabel 2. 4 Tuning Metode Ziegler Nichols Orde 1	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi Perangkat Lunak	42
Tabel 3. 2 Spesifikasi Media Uji likuefaksi Tanah	43
Tabel 3. 3 Spesifikasi Komponen Alat Simulator	43
Tabel 3. 4 Keterangan Realisasi Bagian Plant	52
Tabel 3. 5 Keterangan Realisasi Bagian Dalam Panel Box	53
Tabel 3. 6 Keterangan Realisasi Bagian Luar Panel Box	55
Tabel 3. 7 Keterangan Realisasi Bagian Dalam Panel VFD	56
Tabel 3. 8 Keterangan Realisasi Penggerak Alat Simulator	57
Tabel 4. 1 Peralatan Yang Digunakan Dalam Pengujian Sistem	62
Tabel 4. 2 Analisis Respon Sistem Metode Kontrol P dengan Frekuensi 1 Hz .	69
Tabel 4. 3 Analisis Respon Sistem Metode Kontrol PI dengan Frekuensi 1 Hz	71
Tabel 4. 4 Analisis Respon Sistem Metode Ziegler Nichols dengan Frek 1 Hz	72
Tabel 4. 5 Analisis Respon Sistem Metode Ziegler Nichols dengan Frek 1.2 Hz	74
Tabel 4. 6 Analisis Respon Sistem Metode Trial and Error 1 Hz	76
Tabel 4. 7 Analisis Respon Sistem Metode Trial and Error 1.2 Hz	78
Tabel 4. 8 Analisis Respon Sistem dengn VFD 1 Hz	80
Tabel 4. 9 Analisis Respon Sistem dengn VFD 1.2 Hz	81



© 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 LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup	xiv
Lampiran 2 Datasheet Sensor	xv
Lampiran 3 Datasheet Variabel Frequency Drive (VFD).....	xvii
Lampiran 4 Data Pengujian	xix
Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian.....	xxx





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

Fenomena likuefaksi tanah merupakan ancaman geoteknik yang serius dan sering terjadi di daerah rawan gempa. Likuefaksi terjadi ketika tanah berpasir yang jenuh air kehilangan kekuatannya dan berubah menjadi kondisi seperti cairan akibat tekanan dinamis, seperti gempa bumi. Fenomena ini dapat menyebabkan kerusakan parah pada infrastruktur, bangunan, dan fasilitas umum lainnya, seperti yang terjadi selama gempa bumi di Palu pada tahun 2018. Oleh karena itu, dalam perencanaan pembangunan di Indonesia, penting untuk mempertimbangkan risiko gempa, termasuk kegagalan struktur tanah yang mendukung beban di atasnya.

Untuk memahami dan mengurangi dampak likuefaksi, diperlukan studi eksperimental yang mendalam mengenai perilaku tanah di bawah kondisi tekanan dinamis. Salah satu metode efektif untuk melakukan studi ini adalah dengan menggunakan alat simulator likuefaksi tanah, seperti meja getar. Meja getar dapat mensimulasikan getaran horizontal maupun vertikal yang menyerupai gempa bumi, memungkinkan peneliti untuk mengukur respon tanah terhadap tekanan dinamis dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya likuefaksi (Towhata, 2008).

Penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) dalam kontrol meja getar telah menjadi solusi yang efektif untuk kontrol presisi gerakan dan frekuensinya. VFD memungkinkan penyesuaian frekuensi dan kecepatan motor listrik yang menggerakkan meja getar, sehingga dapat mensimulasikan berbagai kondisi getaran dengan lebih akurat dan efisien (Wang et al., 2018). Selain itu, penggunaan *software* LabVIEW dalam kontrol meja getar dengan VFD memberikan keuntungan dalam hal fleksibilitas dan kemampuan *monitoring* secara *real-time* (Travis & Kring, 2006).



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

Integrasi VFD dengan *software* LabVIEW memungkinkan peneliti untuk mengontrol meja getar secara lebih presisi melalui antarmuka grafis yang intuitif, mempermudah konfigurasi, pemantauan, dan analisis data secara *real-time* (Doebelin, 2004). Selain itu, metode kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) sering digunakan untuk mencapai kontrol yang lebih stabil dan responsif. Implementasi PID dalam LabVIEW memungkinkan *tunning* parameter secara *real-time* dan otomatis, sehingga memastikan operasi meja getar tetap optimal dan akurat selama eksperimen (Åström & Hägglund, 2006).

Implementasi sistem kontrol meja getar menggunakan VFD, LabVIEW, dan metode PID memberikan keandalan dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode kontrol konvensional. Dengan kemampuan untuk mengotomatisasi dan menyesuaikan kondisi eksperimen secara dinamis, peneliti dapat melakukan berbagai uji coba dengan kondisi getaran yang berbeda secara lebih cepat dan akurat. Hal ini sangat penting dalam penelitian geoteknik untuk mendapatkan data yang valid dan dapat diandalkan, yang pada gilirannya dapat digunakan untuk mengembangkan desain bangunan dan infrastruktur yang lebih tahan gempa (Kramer, 1996).

Oleh karena itu, implementasi sistem kontrol meja getar menggunakan VFD dengan *software* LabVIEW dan metode PID menjadi aspek yang melatarbelakangi pembuatan skripsi berjudul “Sistem Kontrol Getaran *Shaking Table* Dengan Metode PID Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah”. Diharapkan, melalui pengembangan ini, dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku tanah dan struktur di bawah pengaruh getaran gempa, serta metode yang lebih efektif untuk mengontrol dan memitigasi dampak likuefaksi tanah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang tersebut maka diruliskan beberapa masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bagaimana merancang sistem pengaturan frekuensi pada alat simulator likuefaksi tanah dengan menggunakan VFD?



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

- b. Bagaimana mengontrol kecepatan motor menggunakan metode PID?
- c. Bagaimana mengintegrasikan sistem kontrol pada alat simulator likuefaksi tanah dengan menggunakan *software* LabVIEW?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka diperoleh tujuan penelitian ini yang terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus, sebagai berikut:

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan yang dicapai dari penelitian ini secara umum dijabarkan sebagai berikut.

- a. Penyelesaian skripsi sebagai persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan dari Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
- b. Dapat mengimplementasikan ilmu yang telah didapat selama pembelajaran saat perkuliahan.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang dicapai dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas secara khusus sebagai berikut:

- a. Mengontrol frekuensi *shaking table* pada alat simulator likuefaksi tanah menggunakan VFD dengan metode PID.
- b. Mengintegrasikan sistem kontrol pada alat simulator likuefaksi tanah dengan menggunakan *software* LabVIEW.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah untuk memfokuskan pembahasan, sehingga topik yang dibahas tidak meluas. Berikut Batasan masalah yang diterapkan:

- a. *Software* yang digunakan adalah LabVIEW 2015.
- b. Besar nilai frekuensi pengujian pada *shaking table* adalah 1 Hz dan 1.2 Hz.
- c. Menggunakan *speed controller* (VFD) dengan input 1 fasa output 3 fasa untuk mengatur kecepatan motor induksi dalam menghasilkan guncangan pada *shaking table*.



- d. Menggunakan gearbox 1:10 yang terhubung pada *rotation to linear translator* untuk menghasilkan gerak linear sehingga membentuk suatu guncangan pada alat.
- e. Variabel yang diatur adalah frekuensi getaran (Hz) yang dihasilkan oleh VFD untuk menggerakkan motor.
- f. Sistem Kontrol menggunakan PID dengan metode Ziegler Nichols.
- g. Menggunakan sensor TMR accelerometer untuk mengukur frekuensi sebagai *feedback* dari sistem control.
- h. Dimensi rigid box tanah pada alat simulator 40 x 40 x 50 cm (P x L x T).

1.5 Luaran

Luaran dari pembuatan skripsi ini adalah:

- a. Laporan skripsi dan jurnal ilmiah.
- b. Purwarupa model alat simulator likuefaksi tanah berbasis LabVIEW yang dibangun di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan pembahaasn dan data Analisa dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem pengendalian frekuensi metode kontrol PID menggunakan VFD untuk dapat mencapai kondisi *setpoint* 1 Hz dan 1.2 Hz brhasil dilakukan dan dapat beroperasi dengan stabil.
2. Integrasi sistem kontrol pada alat simulator likufaksi tanah menggunakan *software* Labview dan pengujian dilakukan secara *real – time* dengan sampling rate sebesar 100 sampel per detik².
3. Pada metode tunning Ziegler Nichols untuk frekuensi 1.2 Hz dengan parameter $K_p = 1$ $T_i = 12$ dan $T_d = 3$ didapat hasil rise time 8 detik, delay time 3 detik, settling time 13 detik, overshoot 6%, dan steady state error 2%. Sedangkan pada metode tunning PID trial and error untuk frekuensi 1.2 Hz dengan Parameter $K_p = 1$, $T_i = 0.01$ dan $T_d = 0.03$ didapat hasil rise time 9 detik, delay time 4 detik, settling time 14 detik, overshoot 3%, dan steady state error 1%. Berdasarkan respon data hasil dari sistem kontrol PID metode tunning trial and error memiliki respon yang baik disbandingkan metode tunning ziegler Nichols dengan menghasilkan perbedaan nilai overshoot 3% steady state error 1% dan settling time 1 detik.



5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisis data oleh penulis, Adapun beberapa saran untuk sistem pengendalian frekuensi pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.

1. Dalam penggunaan sensor *accelerometer* perlu diperhatikan noise dari pembacaan sensor yang mengganggu dalam pengaturan frekuensi *shaking table*. penambahan filter dan menaikkan jumlah *sampling* data dapat mengurangi noise sehingga pembacaan frekuensi dapat lebih akurat. Namun pengaruh dari menaikkan jumlah *sampling* membuat respon sensor dalam membaca frekuensi menjadi lebih lambat. Pada pengujian Alat Simulator yang berlangsung hanya 30 detik – 60 detik disarankan untuk melakukan pengaturan pada program *accelerometer* agar sensor dapat merespon frekuensi dengan cepat dengan akurasi yang baik.
2. Memperhatikan beban yang di uji dengan spesifikasi motor yang digunakan agar tidak membebani kinerja dari motor AC.
3. Melakukan pengaturan pada *Variable Frequency Drive* sesuai dengan spesifikasi komponen dan kebutuhan pengguna sebelum menjalankan alat simulator.

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 PUSTAKA

- Åström, K. J., & Hägglund, T. (2005). Advanced PID control. Semantic Scholar. Diakses dari <https://doi.org/10.1109/CDC.2005.1582177>
- Dea, B., Dian, M., & Mahmud. (2023). Model alat simulator likuefaksi tanah berbasis LabVIEW (Skripsi Sarjana, Politeknik Negeri Jakarta). Diakses dari <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/13185>
- Doebelin, E. O. (2011). *Measurement systems: Application and design* (5th ed.). Zlib. Diakses dari <https://zlib.pub/book/measurement-systems-application-and-design-6v75dsb2kp80>
- Kramer, S. L. (1996). Geotechnical earthquake engineering. Prentice Hall. Diakses https://books.google.co.id/books/about/Geotechnical_Earthquake_Engineering.html?id=ws5HtVum3g8C&redir_esc=y
- National Instruments. (n.d.). LabVIEW. Diakses dari <https://www.ni.com/en/shop/labview/data-storage-reporting-labview.html>
- Ogata, K. (2010). Modern control engineering (5th ed.). Prentice Hall. Diakses dari <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/146272/modern-control-engineering-5-ed-.html>
- Putri, N. A. I. E. (2022). Rancang bangun simulator gempa bumi (Tesis). Universitas Hasanuddin. Diakses dari <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/14590>
- Seed, H. B., & Idriss, I. M. (2020). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 123-134. <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001662>



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 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

Ramadhanty, A. M. (2021). Sistem pengaturan level tangki terhadap laju aliran air pada sistem pengolahan air (Tesis).

Towhata, I. (2008). Geotechnical earthquake engineering. Springer. Diakses dari <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35783-4>

Travis, J., & Kring, J. (2006). LabVIEW for everyone: Graphical programming made easy and fun. Pearson. Diakses dari <https://doi.org/10.5555/1207034>

Wang, Z., Zhang, J., Liu, S., & Wang, L. (2018). Research on control system of shaking table based on VFD and PLC. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2871234>

Ziegler, J. G., & Nichols, N. B. (1993). Optimum settings for automatic controllers. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 115(2B), 220-222. Diakses dari <https://doi.org/10.1115/1.2919338>

**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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup



Penulis Bernama Agung Sanubari, Anak kedua dari dua bersaudara yang lahir di Jakarta, 14 Agustus 2001,. Latar belakang Pendidikan formal penulis adalah lulusan Sekolah Dasar Hang Tuah 7 Bogor lulus pada tahun 2013. Melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 24 Kota Bekasi dan lulus pada tahun 2016. Kemudian, melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Menengah Atas di SMAN 7 Kota Bekasi dan lulus pada tahun 2019. Selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2020 hingga tahun 2024. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail Agung.snbr@gmail.com

**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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Datasheet Sensor

TMR-Analog Accelerometer Module

- Capacitive Micromachined
- Nitrogen Damped
- $\pm 4V$ Differential Output or 0.5V to 4.5V Single Ended Output
- Fully Calibrated
- Low Power Consumption
- -55 to +125°C Operation
- +9 to +32V DC Power
- Simple Four Wire Connection
- Low Impedance Outputs Will Drive Up To 15 Meters of Cable
- Responds to DC and AC Acceleration
- Non Standard g Ranges Available
- Rugged Anodized Aluminum Module
- Low Noise
- Serialized for Traceability



Available G-Ranges

Full Scale Acceleration	Model Number
± 2 g	2220-002
± 5 g	2220-005
± 10 g	2220-010
± 25 g	2220-025
± 50 g	2220-050
± 100 g	2220-100
± 200 g	2220-200

DESCRIPTION

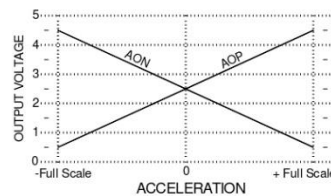
This rugged module combines an integrated SDI low noise accelerometer with high drive, low impedance buffering for measuring acceleration in commercial/industrial environments. It is tailored for zero to medium frequency instrumentation applications. The anodized aluminum case is epoxy sealed and is easily mounted via two #4 (or M3) screws. On-board regulation is provided to minimize the effects of supply voltage variation. It is relatively insensitive to temperature changes and gradients. The cable's shield is electrically connected to the case while the ground (GND) wire is isolated from the case. An initial calibration sheet (2220-CAL) is included and periodic calibration checking is available.

OPERATION

TMR-accelerometer module produces two analog voltage outputs, which vary with acceleration as shown in the graph on the next page. The sensitive axis is perpendicular to the bottom of the package, with positive acceleration defined as a force pushing on the bottom of the package. The signal outputs are fully differential about a common mode voltage of approximately 2.5 volts. The output scale factor is independent from the supply voltage of +9 to +32 volts. At zero acceleration the output differential voltage is nominally 0 volts DC; at \pm full scale acceleration the output differential voltage is ± 4 volts DC respectively.

APPLICATIONS

- Flight Tests
- Vibration Monitoring
- Vibration Analysis
- Robotics
- Machine Control
- Modal Analysis
- Crash Testing
- Instrumentation



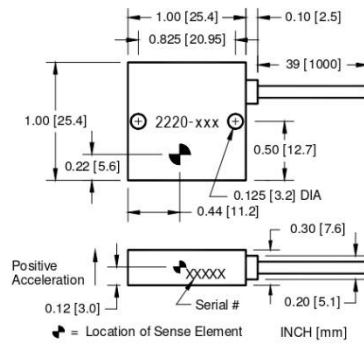
Hak Cipta :

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

SIGNAL DESCRIPTIONS

Vs and GND (Power): Red and Black wires respectively. Power (+9 to +32 Volts DC) and ground.

AOP and AON (Output): Green and White wires respectively. Analog output voltages proportional to acceleration; AOP voltage increases (AON decreases) with positive acceleration. At zero acceleration both outputs are nominally equal to 2.5 volts. The device experiences positive (+1g) acceleration with its lid facing up in the Earth's gravitational field. Either output can be used individually or the two outputs can be used differentially. (See output response plot below)



PERFORMANCE - By Model: $V_s=+9$ to +32VDC, $T_c=25^\circ\text{C}$								
MODEL NUMBER	2220-002	2220-005	2220-010	2220-025	2220-050	2220-100	2220-200	UNITS
Input Range	±2	±5	±10	±25	±50	±100	±200	g
Frequency Response (Nominal, 3 dB) ¹	0 - 400	0 - 600	0 - 1000	0 - 1500	0 - 2000	0 - 2500	0 - 3000	Hz
Sensitivity, Differential ²	2000	800	400	160	80	40	20	mV/g
Output Noise, Differential (RMS, typical)	8	9	10	25	50	100	200	µg/(root Hz)
Max. Mechanical Shock (0.1 ms)	2000							g

PERFORMANCE - All Models: Unless otherwise specified, $V_s=+9$ to +32VDC, $T_c=25^\circ\text{C}$, Differential Mode.					
PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Cross Axis Sensitivity		1	2	%	
Bias Calibration Error	-002		4.0	% of span	
Bias Temperature Shift ($T_c = -40$ to +80°C)	-005 thru -200		1.5		
	-002	100	200	(ppm of span)/°C	
Scale Factor Calibration Error ³		1	2	%	
Scale Factor Temperature Shift ($T_c = -40$ to +80°C)	-002 thru -010	-250			
	-025 thru -200	-150	+150	ppm/°C	
Non-Linearity (-90 to +90% of Full Scale) ^{3,4}	-002 thru -050		0.15	%	
	-100		0.25		
	-200		0.40		
Power Supply Rejection Ratio	50	>65		dB	
Output Impedance		1		Ω	
Output Common Mode Voltage		2.45		VDC	
Operating Voltage	9		32	VDC	
Operating Current (AOP & AON open)		12	14	mA DC	
Mass (not including cable)		10		grams	
Cable Mass		25		grams/meter	

Note 1: 250Hz ±100Hz, -3dB bandwidth, optionally available.
 Note 2: Single ended sensitivity is half of values shown.
 Note 3: 100g versions and above are tested from -65g to +65g.
 Note 4: Tighter tolerances available upon request.

- 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 Datasheet Variabel Frequency Drive (VFD)

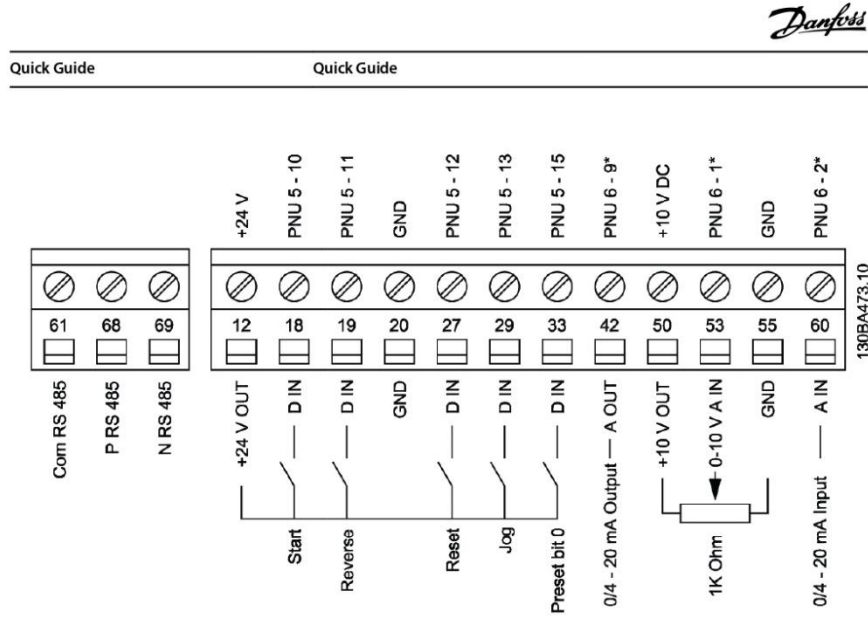


Illustration 1.5 Overview of Control Terminals in PNP-configuration with Factory Setting

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

1.8 General Technical Data

Protection and features

- Electronic motor thermal protection against overload.
- Temperature monitoring of the heat sink ensures that the frequency converter trips if there is overtemperature.
- The frequency converter is protected against short circuits between motor terminals U, V, W.
- When a motor phase is missing, the frequency converter trips and issues an alarm.
- When a mains phase is missing, the frequency converter trips or issues a warning (depending on the load).
- Monitoring of the DC-link voltage ensures that the frequency converter trips when the DC-link voltage is too low or too high.
- The frequency converter is protected against ground faults on motor terminals U, V, W.

Mains supply (L1/L, L2, L3/N)

Supply voltage	200–240 V ±10%
Supply voltage	380–480 V ±10%
Supply frequency	50/60 Hz
Maximum imbalance temporary between mains phases	3.0% of rated supply voltage
True power factor	≥0.4 nominal at rated load
Displacement power factor (cosφ) near unity	(>0.98)
Switching on input supply L1/L, L2, L3/N (power-ups)	Maximum 2 times/minute
Environment according to EN60664-1	Overvoltage category III/pollution degree 2

The unit is suitable for use on a circuit capable of delivering not more than 100000 RMS symmetrical Amperes, 240/480 V maximum.

Motor output (U, V, W)

Output voltage	0–100% of supply voltage
Output frequency	0–200 Hz (VVC*), 0–400 Hz (u/f)
Switching on output	Unlimited
Ramp times	0.05–3600 s

Cable length and cross-section

Maximum motor cable length, shielded/armored (EMC-correct installation)	15 m (49 ft)
Maximum motor cable length, unshielded/unarmored	50 m (164 ft)
Maximum cross-section to motor, mains ¹⁾	
Connection to load sharing/brake (M1, M2, M3)	6.3 mm insulated Faston plugs
Maximum cross-section to load sharing/brake (M4, M5)	16 mm ² /6 AWG
Maximum cross-section to control terminals, rigid wire	1.5 mm ² /16 AWG (2x0.75 mm ²)
Maximum cross-section to control terminals, flexible cable	1 mm ² /18 AWG
Maximum cross-section to control terminals, cable with enclosed core	0.5 mm ² /20 AWG
Minimum cross-section to control terminals	0.25 mm ² (24 AWG)

1) See chapter 1.7 Specifications for more information.



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

Lampiran 4 Data Pengujian

Pengujian Open Loop

Data	TMR 1 (mg)	Freq TMR (Hz)
1	0,36	0
2	0,3	0
3	0,46	0
4	0,35	0
5	0,49	0
6	62,87	0
...
54	-4,82	0,36
55	-6,82	0,36
56	-13,55	0,36
57	-2,08	0,36
58	-4,4	0,36
59	4,99	0,36
60	-6,62	0,36
...
108	-48,25	1,23
109	203,84	1,23
110	160,38	1,23
111	70,69	1,23
112	-38,58	1,23
113	-397,57	1,23
114	-230,14	1,23
...
162	-50,95	1,5
163	-4,08	1,5
164	114,95	1,5
165	118,88	1,5
166	103,11	1,5
167	25,52	1,5
168	-144,15	1,5
...
213	147,37	1,49
214	41,59	1,49
215	-75,17	1,49
216	-263,15	1,49



© 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

217	-103,81	1,49
218	20,01	1,49
219	301,92	1,49
...
266	-38,68	1,5
267	142,68	1,5
268	107,37	1,5
269	102,4	1,5
270	3,2	1,5
271	-287,09	1,5
...
319	-106,96	1,51
320	-27,15	1,51
321	8,19	1,51
322	74,1	1,51
323	153,2	1,51
...
372	179,69	1,5
373	48,86	1,5
374	-58,37	1,5
375	-382,18	1,5
376	-195,85	1,5
377	264,4	1,5
...
527	0,58	1,5
528	0,48	1,5
529	0,44	1,5

Pengujian dengan Metode Kontrol PI untuk Frekuensi 1 Hz

Pengujian 1 Hz Metode Zeigler Nichols			
Sampel	Acc (mg)	Frekuensi (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,3	0	1
2	0,32	0	1
3	0,43	0	1
4	0,16	0	1
5	0,42	0	1
6	0,27	0	1
...
21	0,24	0,44	1
22	0,32	0,44	1
23	0,44	0,44	1
24	0,29	0,44	1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

25	0,2	0,44	1
26	0,39	0,44	1
...
68	21,22	0,67	1
69	-46,37	0,67	1
70	-14,49	0,67	1
71	-18,83	0,67	1
72	41,22	0,67	1
73	27,26	0,67	1
...
121	13,75	0,6	1
122	16,34	0,6	1
123	-18,34	0,6	1
124	2,59	0,6	1
125	17,61	0,6	1
126	4,16	0,6	1
...
174	-9,79	0,71	1
175	-14,26	0,71	1
176	-20,58	0,71	1
177	-54,05	0,71	1
178	-33,16	0,71	1
179	-20,65	0,71	1
...
226	48,7	1,21	1
227	338,41	1,21	1
228	58,2	1,21	1
229	42,81	1,21	1
230	-21,36	1,21	1
231	-77,29	1,21	1
...
279	-46,02	1,27	1
280	-320,32	1,27	1
281	-98,39	1,27	1
282	-32,77	1,27	1
...
331	-78,77	1,21	1
332	-2,44	1,21	1
333	48,86	1,21	1
334	214,73	1,21	1
335	53,93	1,21	1
336	57,86	1,21	1

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 :

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

Pengujian dengan Metode Kontrol PI untuk Frekuensi 1 Hz

Pengujian 1 Hz Metode Zeiegler Nichols			
Sampel	Acc (mg)	Frekuensi (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,04	0	1
2	0	0	1
3	0,02	0	1
4	0	0	1
5	0,04	0	1
...	...	...	1
40	0,46	0,44	1
41	0,23	0,44	1
42	1,18	0,44	1
43	0,41	0,44	1
44	0,9	0,44	1
45	0,4	0,44	1
46	-0,03	0,44	1
...	...	...	1
81	-13,04	0,71	1
82	-4,57	0,71	1
83	2,65	0,71	1
84	8,07	0,71	1
85	8,99	0,71	1
86	20,61	0,71	1
...	...	...	1
88	-19,98	0,7	1
89	-34,06	0,7	1
90	1,2	0,7	1
91	-12,83	0,7	1
92	3,64	0,7	1
...	...	...	1
124	-3,04	0,7	1
125	-18,21	1,03	1
126	-4,08	1,03	1
127	14,62	1,03	1
128	107,95	1,03	1
129	8,54	1,03	1
...
165	-84,91	0,98	1
166	-27,16	0,98	1
167	-5,03	0,98	1
168	4,99	0,98	1
...
247	-23,4	0,95	1



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

248	-76,46	0,95	1
249	-19,63	0,95	1
250	1,59	0,95	1
251	-5,84	0,95	1
252	10,55	0,95	1
253	82,04	0,95	1
254	9,4	0,95	1
...
328	100,21	0,91	1
329	5,83	0,91	1
330	7,46	0,91	1
331	0,15	0,91	1
332	-8,1	0,91	1
333	-26,87	0,91	1

Pengujian dengan Metode Ziegler Nichols untuk Frekuensi 1 Hz

Pengujian 1 Hz Metode Zeiegler Nichols			
Sampel	Acc (mg)	Frekuensi (Hz)	Setpoint (Hz)
1	-2.47	0	1
2	-10.21	0	1
3	1.26	0	1
4	-9.35	0	1
...
20	10.3	0.46	1
21	5.59	0.46	1
22	2.68	0.46	1
23	4.99	0.46	1
...
73	-22.86	1.23	1
74	54.46	1.23	1
75	95.2	1.23	1
76	54.93	1.23	1
77	39.06	1.23	1
...
126	-55.17	1.12	1
127	-127.33	1.12	1
128	17.7	1.12	1
129	-2.89	1.12	1
130	103.12	1.12	1
131	69.87	1.12	1
...
179	1.28	1.13	1
180	-60.12	1.13	1



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

181	-173.01	1.13	1
182	-124.83	1.13	1
183	13.42	1.13	1
184	0.64	1.13	1
...
231	101.7	1.11	1
232	99.74	1.11	1
233	72.47	1.11	1
234	29.44	1.11	1
235	-20.21	1.11	1

Pengujian dengan Metode Ziegler Nichols untuk Frekuensi 1.2 Hz

Pengujian 1 Hz Metode Zeiegler Nichols			
Sampel	Acc (mg)	Frekuensi (Hz)	Setpoint (Hz)
1	-0.2	0	1.2
2	6.86	0	1.2
3	-3.91	0	1.2
4	-0.19	0	1.2
5	-8.68	0	1.2
...
22	8.3	0.48	1.2
23	12.69	0.48	1.2
24	7.5	0.48	1.2
25	3.12	0.48	1.2
26	0.73	0.48	1.2
27	7.59	0.48	1.2
28	8.02	0.48	1.2
...
75	-123.46	1.27	1.2
76	-111.79	1.27	1.2
77	-62.2	1.27	1.2
78	5.7	1.27	1.2
79	122.12	1.27	1.2
80	94.78	1.27	1.2
...
128	-193.22	1.16	1.2
129	-58.57	1.16	1.2
130	-43.13	1.16	1.2
131	36.16	1.16	1.2
132	107.18	1.16	1.2
...
180	-69.55	1.18	1.2
181	-227.3	1.18	1.2
182	-93.69	1.18	1.2



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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

183	-4.72	1.18	1.2
184	35.7	1.18	1.2
185	172.51	1.18	1.2
...
233	-76.71	1.17	1.2
234	-63.53	1.17	1.2
235	-84.4	1.17	1.2
236	-8.41	1.17	1.2
...
347	-99.66	1.18	1.2
348	-104.41	1.18	1.2
349	-29.86	1.18	1.2

Pengujian dengan Metode *Trial and Error* untuk Frekuensi 1 Hz

Pengujian Frekuensi 1 Hz Metode Trail and Error			
Sampel	Acc (mg)	Frekuensi (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,03	0	1
2	0,1	0	1
...
26	-2,38	0,43	1
27	-1,69	0,43	1
28	-3,47	0,43	1
...
50	-3,4	0,7	1
51	-8,41	0,7	1
52	-12,44	0,7	1
53	-28,12	0,7	1
...
67	-45,79	0,89	1
68	-14,37	0,89	1
69	-21,03	0,89	1
...
109	109,99	0,98	1
110	20,95	1	1
111	15,68	1	1
112	-7,73	1	1
113	-37,64	1	1
...
150	110,86	0,99	1
151	19,96	0,99	1
152	-1,57	0,99	1



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

153	-2,13	0,99	1
154	-25,08	0,99	1
...
191	16,99	0,98	1
192	84,79	0,98	1
193	3,68	0,98	1
194	18,72	0,98	1
195	-4,74	0,98	1
...
232	-0,43	0,99	1
233	16,76	0,99	1
234	63,24	0,99	1
235	11,55	0,99	1
...
274	1,74	1	1
275	59,65	1	1
276	6,8	1	1
277	26,93	1	1
278	12,61	1	1

Pengujian dengan Metode *Trial and Error* untuk Frekuensi 1.2 Hz

Pengujian 1.2 Hz Metode PID Trial and Error			
Data	TMR 1 (mg)	Freq TMR (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,4	0	1,2
2	0,44	0	1,2
3	0,53	0	1,2
4	30,06	0	1,2
5	-9,44	0	1,2
...
41	-2,46	0,43	1,2
42	4,96	0,43	1,2
43	36,7	0,43	1,2
44	6,36	0,43	1,2
45	-26,47	0,43	1,2
...
93	-28,36	1,26	1,2
94	-284,85	1,26	1,2
95	-151,13	1,26	1,2
96	-51,92	1,26	1,2
97	5,04	1,26	1,2
...



© 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

146	38,94	1,17	1,2
147	-4,8	1,17	1,2
148	-281,1	1,17	1,2
149	-91,09	1,17	1,2
...
199	85,27	1,13	1,2
200	62,3	1,13	1,2
201	-48,92	1,13	1,2
202	-208,47	1,13	1,2
203	-111,47	1,13	1,2
...
252	14,79	1,21	1,2
253	-60,53	1,21	1,2
254	-54,98	1,21	1,2
255	-84,27	1,21	1,2
256	60,61	1,21	1,2

Pengujian melalui VFD untuk Frekuensi 1 Hz

Pengujian 1 Hz Melalui VFD			
Data	TMR 1 (mg)	Freq TMR (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,38	0	1
2	0,32	0	1
3	0,42	0	1
4	0,37	0	1
5	0,38	0	1
6	0,35	0	1
...
33	0,43	0,45	1
34	0,24	0,45	1
35	0,44	0,45	1
36	0,32	0,45	1
37	-12,03	0,45	1
...
87	-48,2	1,02	1
88	1,25	1,02	1
89	63,13	1,02	1
90	84,54	1,02	1
91	46,12	1,02	1
...
139	30,37	1,01	1
140	84,17	1,01	1
141	58,23	1,01	1



© 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

142	48,34	1,01	1
143	19,47	1,01	1
144	-15,8	1,01	1
145	-39,42	1,01	1
146	-140,4	1,01	1
147	-87,28	1,01	1
148	-21,68	1,01	1
149	-4,16	1,01	1
150	66,01	1,01	1
151	103,47	1,01	1
152	54,39	1,01	1
153	28,84	1,01	1
154	20,12	1,01	1
155	-22,4	1,01	1
156	-121,51	1,01	1
157	-46,99	1,01	1
...
314	86,14	1,01	1
315	71,7	1,01	1

Pengujian melalui VFD untuk Frekuensi 1.2 Hz

Pengujian 1 Hz Melalui VFD			
Data	TMR 1 (mg)	Freq TMR (Hz)	Setpoint (Hz)
1	0,37	0	1,2
2	0,41	0	1,2
3	0,39	0	1,2
4	0,44	0	1,2
5	0,39	0	1,2
...
29	0,41	0,47	1,2
30	0,42	0,47	1,2
31	0,36	0,47	1,2
32	0,35	0,47	1,2
...
81	-128,05	1,23	1,2
82	-28,96	1,23	1,2
83	50,51	1,23	1,2
84	173,78	1,23	1,2
85	100,98	1,23	1,2
...
133	-53,93	1,2	1,2
134	-0,5	1,2	1,2



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

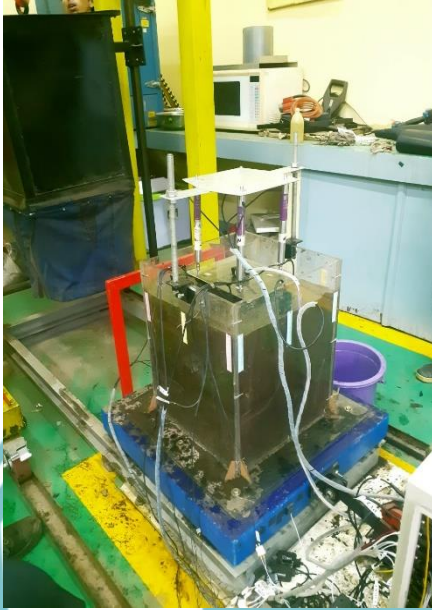
135	108,01	1,2	1,2
136	80,98	1,2	1,2
137	63,96	1,2	1,2
138	43,8	1,2	1,2
139	-19,91	1,2	1,2
...
239	87,57	1,21	1,2
240	55,86	1,21	1,2
241	-29,35	1,21	1,2
242	-211,58	1,21	1,2
243	-113,01	1,21	1,2
...
292	7,35	1,2	1,2
293	-60,14	1,2	1,2
294	-137,45	1,2	1,2
295	-65,67	1,2	1,2
296	-2,5	1,2	1,2

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

Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian



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