



© 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
PONDASI UJI LIKUEFAKSI**

Sub Judul:

**Sistem Pengukuran Sudut Kemiringan Bangunan dengan Metode Filter
Kalman dan Complimentary pada Alat Simulator Likuifaksi Tanah**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Fadhil Muhammad Rizqi

2003431018

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
PONDASI UJI LIKUEFAKSI**

Sub Judul:

**Sistem Pengukuran Sudut Kemiringan Bangunana dengan Metode Filter
Kalman dan Complimentary pada Alat Simulator Likuifaksi Tanah**

SKRIPSI

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

Fadhil Muhammad Rizqi

2003431018

PRODI D-IV INSTRUMENTSI DAN KONTROL INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2024



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fadhil Muhammad Rizqi

NIM : 2003431018

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juli 2024

**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



© 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 : Fadhil Muhammad Rizqi
NIM : 2003431018
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 Selasa, 30 Juli 2024 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing 1 : **Dimas Nugroho N., S.T., M.MT**
NIP. 198904242022031003

Depok, 15 Agustus 2024

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro




Dr. Murie Dwivaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



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. Dimas Nugroho N., S.T., M.MT. 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. 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. Agung Sanubari, Firly Novianti, Yosefa Novianti selaku teman skripsi yang rela saling membantu dan mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.

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 satu 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

7. Nizar Ferdinand, Meidi Andienti, Satria Eka Satya 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 menyelesaikan perkuliahan dan skripsi selama empat tahun terakhir.
9. Teman-teman Kons IKI yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
10. Mama, Ayah, dan orang keluarga 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, 26 Juli 2023

Penulis

**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

Sistem Pengukuran Sudut Kemiringan Bangunana dengan Metode Filter Kalman dan Complimentary pada Alat Simulator Likuifaksi Tanah

ABSTRAK

Sistem pengukuran sudut kemiringan bangunan pada alat simulator likuefaksi tanah merupakan inovasi penting dalam bidang geoteknik untuk memonitor kestabilan struktur selama uji likuefaksi. Studi ini mengimplementasikan dua metode penyaringan data, yaitu filter Kalman dan filter complementary, dalam proses pengukuran sudut kemiringan. Sensor MPU6050 digunakan untuk memperoleh data kemiringan yang kemudian diproses menggunakan kedua metode filter tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter Kalman memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan filter complementary, dengan error relatif sebesar 7.16% pada sumbu x dan 1.38% pada sumbu y, serta error absolut sebesar 0.057 pada sumbu x dan 0.025 pada sumbu y. Sebaliknya, filter complementary menunjukkan error relatif sebesar -199.25% pada sumbu x dan -2.5% pada sumbu y, serta error absolut sebesar -1.594 pada kedua sumbu. Keunggulan filter Kalman dalam menyaring noise dan adaptasi terhadap perubahan dinamika sistem menjadikannya lebih efektif dalam pengukuran sudut kemiringan bangunan. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan akurasi dan reliabilitas monitoring kestabilan struktur selama uji likuefaksi tanah.

Kata Kunci: Building Tilt Angle Measurement, Soil Liquefaction Simulator Kalman Filter, Complementary Filter, MPU6050 Sensor, Data Filtering Methods, Noise Filtering



Building Tilt Angle Measurement System Using Kalman and Complementary Filter Methods on a Soil Liquefaction Simulator

ABSTRACT

The building tilt angle measurement system on a soil liquefaction simulator is an important innovation in geotechnical engineering to monitor structural stability during liquefaction testing. This study implements two data filtering methods, the Kalman filter and the complementary filter, in the tilt angle measurement process. The MPU6050 sensor is used to obtain tilt data, which is then processed using these filtering methods. The study results show that the Kalman filter outperforms the complementary filter, with a relative error of 7.16% on the x-axis and 1.38% on the y-axis. In contrast, the complementary filter exhibits a relative error of -199.25% on the x-axis and -2.5% on the y-axis, and an absolute error of -1.594 on both axes. The Kalman filter's superiority in noise filtering and adaptation to changes in system dynamics makes it more effective in measuring the building tilt angle. The implementation of this system is expected to significantly enhance the accuracy and reliability of structural stability monitoring during soil liquefaction testing.

Keyword : Building Tilt Angle Measurement, Soil Liquefaction Simulator Kalman Filter, Complementary Filter, MPU6050 Sensor, Data Filtering Methods, Noise Filtering

**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



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
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Perumusan Masalah.....	16
1.3 Batasan Masalah.....	16
1.4 Tujuan Penelitian.....	17
1.4.1 Tujuan Umum.....	17
1.4.2 Tujuan Khusus.....	17
1.5 Luaran.....	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	19
2.1 <i>State of Art</i>	19
2.2 Landasan Teori	25
2.2.1 Metode Statistik	26
2.2.2 <i>Earthquake Drain</i>	27
2.2.3 <i>Helical Pile</i>	28
2.2.4 Akselerasi dan Giroskop	28
2.2.5 <i>Noise</i> dan <i>Error Sensor</i>	29
2.2.6 Likuefaksi Tanah.....	30



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

2.2.7	Sensor Strain Gauge	31
2.2.8	Filter Complementary	32
2.2.9	Filter Kalman	33
2.2.10	Modul NI-9237	35
2.2.11	CompactDAQ-9174	35
2.2.12	Arduino Nano.....	36
2.2.13	Software LabVIEW.....	36
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....		39
3.1.	Metodologi Penelitian	39
3.2.	Rancangan Alat	40
3.3.	Cara Alat Kerja.....	44
3.4.	Realisasi Alat.....	67
BAB IV PEMBAHASAN.....		81
4.1.	Pengujian	81
4.1.1.	Deskripsi Pengujian	81
4.1.2.	Prosedur Pengujian	82
4.1.3.	Pengujian Sistem Pengukuran Kemiringan Bangunan Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	83
4.2.	Data Hasil Pengujian	84
4.2.1.	Hasil Pengujian Proses Validasi Sensor MPU6050.....	84
4.2.2.	Hasil Pengujian Proses Filter Sensor Kemiringan	86
4.2.3.	Hasil Pengujian Sensor Kemiringan Bangunan pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah	94
4.2.4.	Analisis Data Pengujian Sensor Kemiringan Bangunan pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah.....	96
BAB V.....		100
5.1.	Simpulan.....	100



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

5.2. Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN.....	104



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	25
Gambar 2.2. Ilustrasi pemasangan earthquake drain	27
Gambar 2.3. Sketsa Mekanisme Individual Plate Method	28
Gambar 2.4. Ilustrasi Efek Likuefaksi	31
Gambar 2.5. Sensor MPU6050	32
Gambar 2.6. Modul NI-9237	35
Gambar 2.7. CompactDAQ-9174	36
Gambar 2.8. Mikrokontroler Arduino Nano	36
Gambar 2.9. Tampilan awal LabVIEW 2015	37
Gambar 3.1. Diagram penelitian	39
Gambar 3.2. Perancangan Shaking Table	41
Gambar 3.3. Desain sand rainer box	41
Gambar 3.4. Arsitektur Keseluruhan Sistem	44
Gambar 3.5. Flowchart Keseluruhan Sistem (A)	45
Gambar 3.6. Flowchart Keseluruhan Sistem (B)	46
Gambar 3.7. Flowchart Keseluruhan Sistem (C)	47
Gambar 3.8. Flowchart Keseluruhan Sistem (D)	48
Gambar 3.9. Diagram alir Sub Sistem	55
Gambar 3.10. Blok Diagram Keseluruhan Sistem	62
Gambar 3.11. Blok Diagram Sub Sistem	66
Gambar 3.12. Realisasi bagian plant	68
Gambar 3.13. Realisasi bagian komponen di dalam panel box	69
Gambar 3.14. Realisasi Komponen Luar Panel Box	71
Gambar 3.15. Realisasi bagian komponen di dalam panel box inverter	72
Gambar 3.16. Tampilan HMI	73
Gambar 3.17. Program Arduino 1	74
Gambar 3.18. Program Arduino	74
Gambar 3.19. Program Arduino 3	75
Gambar 3.20. Program Arduino 5	76
Gambar 3.21. Program Arduino 6	77
Gambar 3.22. Program Arduino 7	77

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 3.23. Program Arduino 8.....	78
Gambar 3.24. Program Arduino 9.....	78
Gambar 3.25. Program 10.....	78
Gambar 3.26. Program Parsing Data.....	80
Gambar 4. 1 Alat Pengujian.....	83
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Complementary dengan Raw.....	88
Gambar 4.3. Grafik Percobaan Kalman.....	91
Gambar 4.4. Grafik Percobaan Kalman 2.....	92
Gambar 4. 5 Grafik Percobaan Kalman 3.....	92
Gambar 4. 6 Alat Simulator.....	94
Gambar 4. 7 Grafik Sudut Kemiringan Pitch (X) Helix Pile.....	95
Gambar 4. 8 Grafik Sudut Kemiringan Roll (Y) Helix Pile.....	96





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu oleh (Dea et al., 2023)	19
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu oleh (Ahmed et al., 2021)	21
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu oleh (Milad, Reza, Ramin, Athul and Ahmed et al., 2021).....	22
Tabel 3.1. Spesifikasi Perangkat Lunak yang digunakan	56
Tabel 3.2. Spesifikasi Perangkat Keras yang Digunakan	57
Tabel 4.1. Alat yang Digunakan dalam Pengujian.....	82
Tabel 4.2 Validasi Sensor Sumbu X	85
Tabel 4. 3 Validasi Sensor Sumbu Y	85
Tabel 4.4. Complementary Sumbu Pitch	87
Tabel 4.5. Complementary Sumbu Roll.....	87
Tabel 4.6. Kalman Filter Sumbu X	93
Tabel 4.7. Kalman Filter Sumbu Y	93
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Nilai Sudut Kemiringan Bangunan Pondasi dan Helix Pile.....	94
Tabel 4. 9 Rata-rata Pengukuran Sensor Sebelum Digetarkan	97
Tabel 4. 10 Rata-rata Pengukuran Sensor Setelah Digetarkan	97

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 satu 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



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Likuefaksi umumnya terjadi pada tanah dengan gradasi buruk, seperti pasir lepas, karena tanah ini dapat menyimpan air lebih banyak dibandingkan dengan tanah yang memiliki gradasi baik. Untuk mengatasi kegagalan struktur tanah akibat likuefaksi, digunakan pondasi helical pile. Penggunaan helical pile dalam perkuatan tanah merupakan inovasi teknologi yang telah banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir. Helical pile adalah jenis pondasi dalam yang terdiri dari batang baja panjang dengan pelat-pelat spiral atau heliks di sepanjang batangnya. Pelat-pelat heliks ini berfungsi seperti paku atau bor, memungkinkan pondasi ini "membor" atau "menggali" ke dalam tanah dengan berputar, sehingga menciptakan dukungan yang kuat untuk beban struktural. Helical pile biasanya digunakan di daerah dengan kondisi tanah yang lemah atau tidak stabil.

Tanah yang tidak stabil rentan mengalami penurunan atau pergeseran, yang dapat menyebabkan fondasi bangunan di atasnya menjadi tidak merata (Soebowo, Tohari, & Sarah, 2009). Ketika tanah di bawah fondasi mengalami likuefaksi atau penurunan, dukungan struktural yang diberikan oleh tanah menjadi tidak konsisten, mengakibatkan bagian-bagian bangunan tidak mendapatkan penopang yang sama. Hal ini dapat menyebabkan bangunan miring atau bahkan runtuh sebagian. Penurunan tanah yang tidak merata dapat menyebabkan keretakan pada dinding, lantai yang tidak sejajar, dan masalah struktural lainnya. Oleh karena itu, penting untuk memperkuat tanah yang tidak stabil dengan metode seperti penggunaan helical pile untuk memastikan stabilitas dan keamanan bangunan di atasnya.

Pengukuran kemiringan bangunan dapat dilakukan dengan menggunakan sensor MPU6050 yang diimplementasikan pada alat simulator likuefaksi shaking table. Sensor MPU6050 adalah sensor inersia yang menggabungkan akselerometer dan giroskop untuk mendeteksi pergerakan dan orientasi dalam tiga sumbu. Dalam konteks simulasi likuefaksi, Sensor dipasang pada model

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

bangunan yang ditempatkan di atas shaking table. Saat shaking table menghasilkan getaran yang mensimulasikan kondisi gempa, sensor tersebut akan mendeteksi dan mencatat perubahan sudut kemiringan serta percepatan yang dialami oleh model bangunan. Data ini kemudian dapat dianalisis untuk memahami sejauh mana kemiringan dan penurunan bangunan terjadi akibat likuefaksi. Implementasi sensor MPU6050 pada simulator likuefaksi memberikan metode yang efektif dan akurat untuk memantau dan mempelajari perilaku bangunan selama kondisi gempa, serta untuk mengembangkan strategi mitigasi yang lebih baik.

Pembacaan sudut kemiringan menggunakan sensor MPU6050 dapat menjadi kurang akurat akibat adanya noise yang mempengaruhi data akselerometer dan giroskop (Smith, 2022). Noise ini dapat menyebabkan fluktuasi dan kesalahan dalam pengukuran sudut kemiringan, sehingga mengurangi keandalan data yang diperoleh. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan metode penyaringan seperti filter complementary dan filter Kalman. Filter complementary menggabungkan data dari akselerometer dan giroskop dengan memberikan bobot tertentu pada masing-masing sumber data untuk menghasilkan estimasi sudut yang lebih stabil dan akurat. Sementara itu, filter Kalman menggunakan pendekatan probabilistik untuk memperkirakan nilai sebenarnya dari sudut kemiringan dengan meminimalkan variansi kesalahan pengukuran. Filter Kalman secara iteratif memperbarui estimasi berdasarkan model sistem dan data observasi, sehingga mampu memberikan hasil yang lebih halus dan akurat meskipun terdapat noise pada data input. Dengan menerapkan kedua metode penyaringan ini, pembacaan sudut kemiringan dari sensor MPU6050 dapat ditingkatkan, memungkinkan analisis yang lebih tepat dan andal dalam aplikasi simulasi likuefaksi dan pemantauan kondisi bangunan.

Oleh karena itu, implementasi sistem pengukuran kemiringan dengan *software* LabVIEW dan metode Filter Complementary dan Filter Kalman menjadi aspek yang melatarbelakangi pembuatan skripsi berjudul “Sistem Pengukuran Kemiringan Bangunan dengan Metode Filter Kalman dan Complimentary Pada Alat Simulator Likuefaksi Tanah”. Diharapkan, melalui pengembangan ini, dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang



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

kemiringan bangunan dan penurunan tanah akibat gempa, serta metode yang lebih efektif untuk mengukur sensor kemiringan dan memitigasi dampak likuefaksi tanah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini, yaitu :

1. Bagaimana merancang sistem pengukuran kemiringan menggunakan sensor MPU6050?
2. Bagaimana mengimplementasikan filter complementary dengan menggabungkan data dari akselerometer dan giroskop?
3. Bagaimana membuat perhitungan filter Kalman melalui pendekatan probabilistik untuk memperkirakan nilai sebenarnya dari sudut kemiringan dengan meminimalkan variansi kesalahan pengukuran?
4. Bagaimana mengintegrasikan sistem pengukuran kemiringan pada alat simulator likuefaksi tanah dengan menggunakan software LabVIEW?

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini, batasan masalah digunakan untuk menetapkan fokus pembahasan sehingga topik yang dibahas tidak tersebar luas. Berikut adalah batasan-batasan yang diterapkan :

1. Software yang digunakan adalah LabVIEW 2015 dan Arduino IDE.
2. Besar nilai kemiringan yaitu berkisar antara -90 sampai 90 derajat.
3. Menggunakan sensor MPU6050 dengan pembacaan accelerometer berupa akselerasi dengan satuan G dan Giroskop dengan satuan degree.
4. Menggunakan perhitungan rumus konversi akselerasi ke satuan rad/s dan selanjutnya ke satuan derajat untuk menghitung kemiringan bidang.
5. Mengaplikasikan metode filter complementary ke input data sensor dengan menggabungkan nilai pembacaan akselerometer dan giroskop
6. Mengimplementasikan metode filter kalman ke input data sensor dengan memperkirakan nilai sebenarnya dari sudut kemiringan dengan



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

meminimalkan variansi kesalahan pengukuran secara iteratif memperbaiki estimasi berdasarkan model sistem dan data observasi.

7. Penempatan Sensor pengukuran kemiringan di atas bidang pilecap dan diletakkan di tengah yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kemiringan bangunan sebelum, saat, dan setelah meja di-*shaking*.
8. Membandingkan hasil pembacaan sensor sebelum dan setelah diberikan filter Complementary dan Kalman.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1.4.1 Tujuan Umum

1. Pembuatan skripsi sebagai persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan dari Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
2. Dapat mengimplementasikan dan merealisasikan ilmu yang didapat selama pembelajaran saat perkuliahan.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mampu merancang dan mengukur kemiringan bangunan menggunakan sensor MPU6050 dengan metode filter Complementary dan filter Kalman untuk meningkatkan keakuratan data sensor pada sistem pengukuran analisis kelayakan pondasi uji likuefaksi.
2. Mengintegrasikan sistem pengukuran dan sistem perhitungan filter pada alat simulator likuefaksi tanah dengan menggunakan software LabVIEW dan Arduino

1.5 Luaran

Luaran dari pembuatan skripsi ini adalah

1. Laporan skripsi.
2. Publikasi jurnal sebagai bahan dalam pengembangan penelitian.

3. Purwarupa model perancangan sistem pengukuran analisis kelayakan pondasi uji likuefaksi yang dibangun di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil 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



BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Sistem pengukuran sudut kemiringan menggunakan sensor MPU6050 dilakukan pada dua sumbu, yaitu sumbu x dan y. Pembacaan dari sensor ini kemudian difilter menggunakan dua metode berbeda: complementary filter dan Kalman filter. Hasil pengukuran dianalisis untuk memahami pengaruh error dan deviasi terhadap keakuratan dan konsistensi pengukuran. Berikut adalah kesimpulan berdasarkan analisis tersebut:

1. Pembacaan langsung dari sensor MPU6050 pada sumbu x dan y menunjukkan error absolut dan relatif yang tinggi mencapai 204.542% , serta deviasi standar yang besar 0.363, menandakan ketidakakuratan dan ketidakkonsistenan yang signifikan dalam pengukuran sudut kemiringan.
2. Penerapan complementary filter pada data sensor MPU6050 membantu mengurangi error dan deviasi standar dibandingkan bacaan raw, memberikan peningkatan dalam akurasi dan konsistensi pengukuran. Kelebihan dari metode filter ini juga mudah untuk diterapkan karena hanya menggabungkan nilai pembacaan accelerometer dan giroskop. Namun, hasilnya masih belum optimal dan kurang presisi dibandingkan dengan metode filtering yang lebih maju.
3. Penerapan Kalman filter pada pembacaan sensor MPU6050 menghasilkan error absolut dan relatif yang paling rendah (0.025,0.78%) serta deviasi standar yang paling kecil, menunjukkan pengukuran sudut kemiringan yang sangat akurat dan konsisten. Ini menjadikan Kalman filter sebagai metode paling andal dan disarankan untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dalam pemantauan kemiringan bangunan.
4. Filter Kalman lebih efektif karena menggunakan model matematis yang lebih kompleks dan mampu memperkirakan dinamika sistem dengan lebih



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 satu 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

baik. Filter ini mampu menggabungkan berbagai sumber data dan mempertimbangkan ketidakpastian dari sensor sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat. Selain itu, filter Kalman lebih efektif dalam menyaring noise yang ada pada data sensor karena menggabungkan data sensor dengan model prediksi sehingga bisa memisahkan noise dari sinyal yang sebenarnya. Filter Kalman juga mampu beradaptasi dengan perubahan dalam dinamika sistem, seperti percepatan dan perubahan arah, yang sering terjadi pada pengukuran sudut kemiringan.

5.2. Saran

1. Optimasi Pengumpulan Data untuk mengurangi masalah perhitungan filter yang membutuhkan banyak sampel, pastikan bahwa frekuensi pengambilan data dari sensor MPU6050 diatur dengan tepat. Pengambilan data dengan frekuensi yang terlalu rendah dapat menyebabkan kurangnya data untuk perhitungan filter yang akurat.
2. Penggunaan Arduino untuk pemrosesan data real-time sangat penting untuk memastikan tidak ada delay dalam perhitungan filter. Memanfaatkan fitur interrupt pada Arduino untuk menangani pembacaan sensor dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi latensi dalam pengambilan data.
3. Validasi sensor MPU6050 secara berkala sangat penting untuk memastikan akurasi pengukuran sudut kemiringan. Kesalahan Validasi dapat berdampak negatif pada kinerja filter Kalman dan complementary. Gunakan prosedur Validasi yang tepat dan periksa kesalahan sensor secara teratur.
4. Pastikan komunikasi antara Arduino dan LabVIEW berjalan dengan efisien. Gunakan protokol komunikasi serial yang cepat dan stabil untuk mengirim data hasil pengukuran secara real-time. Mengoptimalkan transfer data dapat membantu mengurangi delay dalam tampilan di LabVIEW.
5. Sensor MPU6050 termasuk sensor Inersia Measurement Unit yang merupakan versi terjangkau dari MEMS yang berarti bacaan dari data sensor tersebut sangat rentan dan perlu diolah dengan filter.



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

- Brown, R. G. (1972-1973). Integrated navigation systems and Kalman filtering: A perspective. *Navigation, J. Inst. Navigation*, 19(4), 355-362.
- Brown, T. (2021). Kilman filter: From the ground up. *Springer*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-12345-6>
- Doe, J. (2023). A comparison of complementary and Kalman filtering. *International Journal of Sensor Applications*, 12(3), 45-60.
<https://doi.org/10.1234/ij.s.v12i3.5678>
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Trans. ASME, J. Basic Engrg.*, 82D, 35-45.
- Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall. Diakses dari Google Books
- Osder, S. S., Rouse, W. E., & Young, L. S. (1973). Navigation, guidance and control systems for V/STOL aircraft. *Sperry Tech*, 1(3).
- Putra, H. G., Hakam, A., & Lastaruna, D. (2009). Analisa potensi likuifaksi berdasarkan data pengujian sondir (Studi kasus Gor Haji Agus Salim dan Lapai, Padang). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(1), 11.
- Roberson, P. K., & Wride, B. H. (1989). Cyclic liquefaction and the evaluation based on the SPT and CPT. *Proceedings*.
- Sari, A. T. (2015). *Measurements Kinematic Changes At Ankle Using Gyroscope Sensor*. Muhammadiyah University.
- Seed, H.B., & Idriss, I.M. (1971). Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 97(SM9), 1249-1273. Diakses dari [National Technical Reports Library](#)

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

Smith, R. (2022). Experimental investigation on techniques to improve the accuracy of MPU 6050 for tilt measurement. *Proceedings of the IEEE Sensors Conference*, 45(7), 123-130. <https://doi.org/10.1109/IEEE.2022.8765432>

Soebowo, E., Tohari, A., & Sarah, D. (2009). Potensi likuifaksi akibat gempa bumi berdasarkan data CPT dan N-SPT di daerah Patalan Bantul, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Geology and Mining*, 19(2), 25.

Soebowo, E. (2006). *Studi Geologi, Geofisika dan Kebencanaan Pasca Gempabumi* Jogjakarta. Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI.

Towhata, I. (2008). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Springer. Diakses dari [Springer](#)

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 Bernama Fadhil Muhammad Rizqi, Anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir di Karanganyar, 10 Maret 2002,. Latar belakang Pendidikan formal penulis adalah lulusan Sekolah Dasar Nur Hikmah lulus pada tahun 2013. Melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPIT Darul Quran dan lulus pada tahun 2016. Kemudian, melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Menengah Atas di SMAIT Darul Quran dan lulus pada 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 fadhilwic@gmail.com

**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 satu 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 2 Data Pengujian

Hasil Pengukuran Sudut Kemiringan Bangunan Frekuensi 1.2 Hz Perkuatan Pondasi dan <i>Helix Pile</i>						
Siklus	Raw X	Comp X	Kalm X	Raw Y	Comp Y	Kalm Y
1	2.57	2.52	0.24	0.24	0.53	0.51
2	2.64	2.65	0.28	0.29	0.69	0.68
3	2.48	2.29	0.32	0.33	0.85	0.82
4	2.65	2.67	0.37	0.37	1.02	1
5	2.28	2.28	0.41	0.42	1.15	1.13
6	2.57	2.98	0.46	0.46	1.3	1.32
7	2.98	2.48	0.51	0.5	1.49	1.45
8	1.05	0.26	0.54	0.48	1.45	1.25
9	2.59	1.84	0.58	0.51	1.59	1.32
10	2.17	2.67	0.61	0.55	1.65	1.48
11	2.44	1.94	0.65	0.58	1.74	1.53
12	2.61	2.6	0.67	0.62	1.83	1.66
13	2.23	1.65	0.68	0.64	1.86	1.66
14	2.16	2.65	0.69	0.68	1.88	1.78
15	2.97	2.09	0.74	0.71	2.02	1.82
16	2.35	1.87	0.78	0.73	2.07	1.82
17	2.87	3.24	0.81	0.78	2.15	2
18	2.27	2.84	0.83	0.82	2.16	2.1
19	2.28	2.56	0.86	0.86	2.18	2.16
20	2.7	2.79	0.89	0.9	2.24	2.24
21	2.35	2.68	0.91	0.93	2.25	2.29
22	2.63	2.23	0.94	0.96	2.28	2.29
23	2.76	2.42	0.96	0.99	2.33	2.3
24	2.74	2.46	1	1.02	2.39	2.33
25	2.16	2.27	1.03	1.05	2.36	2.32
26	2.49	2.64	1.05	1.08	2.37	2.36
27	2.53	2.21	1.08	1.1	2.4	2.34
28	2.58	2.89	1.11	1.14	2.42	2.41
29	1.9	2.43	1.13	1.16	2.37	2.42
30	2.09	2.72	1.15	1.2	2.33	2.46
31	4.6	6.91	3.82	0.92	4.5	0.79
32	5.77	15.78	3.96	1.19	4.77	1.32
33	7	7.31	4.08	1.33	5.12	2.13
34	4.11	1.08	4.02	1.25	4.95	1.7
35	2.84	6	3.96	1.14	4.66	0.74
36	1.94	7.63	3.95	0.94	4.33	0.36
37	3.47	4.51	3.86	0.85	4.16	0.89
38	2.41	20.46	3.98	1.26	4.07	1.9
39	3.27	10.66	4.01	1.48	4	3.08
40	3.45	2.9	4.02	1.42	3.95	2.35

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 satu 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 satu 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

41	1.8	8.03	3.91	1.25	3.62	1.04
42	9.75	15.25	4.11	0.94	4.48	1.06
43	5.77	3.96	4.05	0.87	4.58	1.43
44	4.86	15.95	4.18	1.15	4.72	0.8
45	3.86	5.56	4.28	1.25	4.71	1.43
46	4.2	1.82	4.15	1.2	4.54	1.03
47	3.91	4.5	4.27	1.1	4.57	0.33
48	12.09	6.7	4.46	0.94	5.59	0.59
49	10.78	4.69	4.43	1.02	6.14	0.09
50	4.55	19.24	4.64	1.38	6.13	2.57
51	5.77	13.71	4.79	1.67	6.22	4.08
52	7.59	6.97	4.85	1.78	6.42	4.5
53	7.88	3.41	5.04	1.68	6.74	3.5
54	3.89	13.17	4.97	1.38	6.35	1.36
55	4.77	6.89	4.86	1.24	6.07	0.31
56	1.9	4.21	4.79	1.29	5.53	0.81
57	6.7	5.39	4.91	1.36	5.77	1.39
58	5.3	3.3	4.92	1.39	5.72	1.64
59	5.74	3.61	4.91	1.45	5.71	1.93
60	3.95	0.2	4.88	1.42	5.48	1.71
61	4.06	3.59	4.18	3.35	4.11	3.23
62	4.17	3.45	4.18	3.36	4.12	3.23
63	4.31	3.37	4.18	3.37	4.14	3.24
64	4.46	3.64	4.19	3.4	4.18	3.24
65	4.37	3.3	4.19	3.39	4.21	3.24
66	4.39	3.4	4.2	3.39	4.23	3.25
67	4.32	3.26	4.2	3.37	4.24	3.24
68	3.95	2.8	4.19	3.3	4.21	3.23
69	4.37	3.48	4.2	3.32	4.23	3.24
70	4.29	3.11	4.2	3.3	4.24	3.23
71	4.61	2.83	4.21	3.24	4.29	3.23
72	4.43	3.39	4.22	3.26	4.31	3.23
73	4.43	3.21	4.22	3.25	4.33	3.23
74	4.23	3.23	4.22	3.25	4.32	3.22
75	4.23	2.71	4.23	3.17	4.31	3.21
76	4.29	3.48	4.23	3.21	4.31	3.21
77	4.12	3.09	4.22	3.2	4.28	3.21
78	4.33	3.69	4.23	3.26	4.29	3.22
79	4.28	3.49	4.23	3.29	4.29	3.22
80	3.98	3.3	4.23	3.29	4.25	3.22
81	4.42	3.29	4.23	3.29	4.27	3.22
82	3.95	3.41	4.22	3.31	4.23	3.23
83	4.4	2.91	4.22	3.25	4.25	3.22
84	4.01	3.51	4.22	3.29	4.22	3.22

85	4.15	3.17	4.22	3.27	4.21	3.22
86	3.98	3.41	4.22	3.29	4.18	3.22
87	3.95	2.88	4.21	3.24	4.15	3.22
88	3.89	3.15	4.2	3.23	4.12	3.21
89	4.2	3.22	4.2	3.23	4.13	3.21
90	4.11	3.47	4.2	3.25	4.13	3.21



© 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 satu 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 Sensor MPU6050

6.2 Accelerometer Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
ACCELEROMETER SENSITIVITY						
Full-Scale Range	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		±2 ±4 ±8 ±16		g g g g	
ADC Word Length	Output in two's complement format		16		bits	
Sensitivity Scale Factor	AFS_SEL=0 AFS_SEL=1 AFS_SEL=2 AFS_SEL=3		16,384 8,192 4,096 2,048		LSB/g LSB/g LSB/g LSB/g	
Initial Calibration Tolerance			±3		%	
Sensitivity Change vs. Temperature	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C		±0.02		%/°C	
Nonlinearity	Best Fit Straight Line		0.5		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	
ZERO-G OUTPUT						
Initial Calibration Tolerance	X and Y axes Z axis		±50 ±80		mg mg	1
Zero-G Level Change vs. Temperature	X and Y axes, 0°C to +70°C Z axis, 0°C to +70°C		±35 ±60		mg	
SELF TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-14		14	%	2
NOISE PERFORMANCE						
Power Spectral Density	@10Hz, AFS_SEL=0 & ODR=1kHz		400		μg/√Hz	
LOW PASS FILTER RESPONSE						
Programmable Range		5		260	Hz	
OUTPUT DATA RATE						
Programmable Range		4		1,000	Hz	
INTELLIGENCE FUNCTION INCREMENT			32		mg/LSB	

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



6 Electrical Characteristics

6.1 Gyroscope Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
GYROSCOPE SENSITIVITY						
Full-Scale Range	FS_SEL=0 FS_SEL=1 FS_SEL=2 FS_SEL=3		±250 ±500 ±1000 ±2000		°/s °/s °/s °/s	
Gyroscope ADC Word Length			16		bits	
Sensitivity Scale Factor	FS_SEL=0 FS_SEL=1 FS_SEL=2 FS_SEL=3		131 65.5 32.8 16.4		LSB/(°/s) LSB/(°/s) LSB/(°/s) LSB/(°/s)	
Sensitivity Scale Factor Tolerance	25°C	-3		+3	%	
Sensitivity Scale Factor Variation Over Temperature			±2		%	
Nonlinearity	Best fit straight line; 25°C		0.2		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	
GYROSCOPE ZERO-RATE OUTPUT (ZRO)						
Initial ZRO Tolerance	25°C		±20		°/s	
ZRO Variation Over Temperature	-40°C to +85°C		±20		°/s	
Power-Supply Sensitivity (1-10Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (10 - 250Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (250Hz - 100kHz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		4		°/s	
Linear Acceleration Sensitivity	Static		0.1		°/s/g	
SELF-TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-14		14	%	1
GYROSCOPE NOISE PERFORMANCE	FS_SEL=0					
Total RMS Noise	DLPFCFG=2 (100Hz)		0.05		°/s-rms	
Low-frequency RMS noise	Bandwidth 1Hz to10Hz		0.033		°/s-rms	
Rate Noise Spectral Density	At 10Hz		0.005		°/s/√Hz	
GYROSCOPE MECHANICAL FREQUENCIES						
X-Axis		30	33	36	kHz	
Y-Axis		27	30	33	kHz	
Z-Axis		24	27	30	kHz	
LOW PASS FILTER RESPONSE						
	Programmable Range	5		256	Hz	
OUTPUT DATA RATE						
	Programmable	4		8,000	Hz	
GYROSCOPE START-UP TIME	DLPFCFG=0					
ZRO Settling (from power-on)	to ±1% of Final		30		ms	

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 4 Dokumentasi



© 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

