



© 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



**MODEL ALAT UJI KERUSAKAN PADA POMPA SENTRIFUGAL  
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* UNTUK  
*PREDICTIVE MAINTENANCE***

**Sub Judul:**

**Sistem Pengukuran Sinyal Getaran Akibat Pengaruh *Misalignment***

**SKRIPSI**

**Ridwan Al Alif  
1903431013**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**MODEL ALAT UJI KERUSAKAN PADA POMPA SENTRIFUGAL  
MENGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER UNTUK  
*PREDICTIVE MAINTENANCE***

**Sub Judul:**

**Sistem Pengukuran Sinyal Getaran Akibat Pengaruh *Misalignment***

**SKRIPSI**

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

**Ridwan Al Alif  
1903431013**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2023**



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Ridwan Al Alif**

**NIM : 1903431013**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 11 Agustus 2023**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

### Hak Cipta :

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



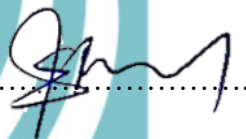
**Hak Cipta :**

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

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

Skripsi diajukan oleh :  
Nama : Ridwan Al Alif  
NIM : 1903431013  
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri  
Judul Skripsi : Sistem Pengukuran Sinyal Getaran Akibat Pengaruh  
*Misalignment*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada 11 Agustus 2023 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing 1 : Drs. Syafrizal Syarief, S.T., M.T (.....)  
NIP. 195905081986031002

Depok, 21 Agustus 2023

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197011142008122001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT karena rahmat dan karuniaNya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rika Novita Wardhani, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Drs. Syafrizal Syarief, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Orang tua yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Akhmad Danung Yudistira, selaku rekan satu tim dalam pelaksanaan penelitian ini yang telah mendukung, membantu, dan memotivasi dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini;
6. Sergianta Ginting, selaku kakak tingkat Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Angkatan 2015 yang membantu penulis dalam proses perancangan sistem;
7. Teman-teman *Next Trip*, KONSIKI, dan IKI 2019 yang saling mendukung dan berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi selama masa kuliah.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 10 Agustus 2023

Ridwan Al Alif



### Hak Cipta :

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



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 Sinyal Getaran Akibat Pengaruh *Misalignment*”

*Abstrak*

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang pada umumnya digunakan dalam berbagai industri pengolahan karena bentuknya yang sederhana dan biaya perawatan lebih murah. Namun, permasalahan yang sering terjadi pada pompa tersebut salah satunya adalah *misalignment* yang diakibatkan oleh getaran, sehingga hal tersebut dapat mengganggu produktivitas suatu sistem. Maka dari itu, untuk meminimalisir akibat dari adanya *misalignment* tersebut maka diperlukan suatu sistem pengukuran yang diimplementasikan dalam *predictive maintenance* untuk menganalisis pengaruh *misalignment* terhadap besarnya getaran. Adapun sistem pengukuran pada penelitian ini menggunakan sensor *Accelerometer* ADXL345 untuk mendeteksi getaran dengan metode FFT (*Fast Fourier Transform*) dalam memperoleh data spektrum vibrasi. Hasil dari sistem pengukuran pada penelitian ini dengan kondisi pada Sumbu X yang lebih merepresentasikan pengukuran oleh sistem diperoleh suatu keterkaitan, yaitu semakin besarnya nilai frekuensi yang dialami oleh pompa maka semakin besar nilai getaran yang akan terjadi. Dalam hal tersebut, pada kondisi *misalignment* dengan nilai frekuensi 15 Hz diperoleh rata-rata getaran sebesar 0.433601 mm/s yang mana berdasarkan ISO-10816-3 kondisi tersebut masih tergolong baik, saat frekuensi 20 Hz diperoleh rata-rata getaran sebesar 6.249186 mm/s di mana kondisi tersebut tergolong masih diizinkan (dapat ditoleransi), dan saat frekuensi 25 Hz diperoleh rata-rata getaran sebesar 10.55852 mm/s yang tergolong kondisi berbahaya.

**Kata Kunci:** Getaran, Pompa Sentrifugal, *Misalignment*, *Accelerometer* ADXL345



**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 kritisk 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

*“Measurement System of Vibration Signal due to Misalignment Effect”*

**Abstract**

*Centrifugal pumps are one type of pump that is generally used in various processing industries because of its simple form and cheaper maintenance costs. However, one of the problems that often occurs in these pumps is misalignment caused by vibration, so that it can interfere with the productivity of a system. Therefore, to minimize the consequences of the misalignment, a measurement system is needed that is implemented in predictive maintenance to analyze the effect of misalignment on the level of vibration. The measurement system in this study uses the ADXL345 Accelerometer sensor to detect vibrations with the FFT (Fast Fourier Transform) method in obtaining vibration spectrum data. The results of the measurement system in this study with conditions on the X Axis that better represent measurements by the system obtained a relationship, that is the greater the frequency value experienced by the pump, the greater the vibration value that will occur. In this case, due to misalignment condition with a frequency value of 15 Hz, an average vibration of 0.433601 mm/s is obtained which based on ISO-10816-3, the condition is still classified as good, when the frequency value is 20 Hz an average of vibration is 6.249186 mm/s which the condition is still permitted (tolerable), and when the frequency value is 25 Hz an average of vibration is 10.55852 mm/s which classified as a dangerous condition.*

**Keywords:** *Vibration, Centrifugal Pump, Misalignment, ADXL345 Accelerometer*



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
<i>Abstrak</i> .....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>State of the Art</i> Penelitian.....	4
2.2 Getaran ( <i>Vibration</i> ).....	5
2.2.1 Perpindahan Getaran ( <i>Vibration Displacement</i> ) .....	6
2.2.2 Kecepatan Getaran ( <i>Vibration Velocity</i> ).....	6
2.2.3 Percepatan Getaran ( <i>Vibration Acceleration</i> ) .....	6
2.3 <i>Misalignment</i> .....	7
2.3.1 <i>Parallel Misalignment</i> .....	7
2.3.2 <i>Angular Misalignment</i> .....	7
2.3.3 <i>Combination Misalignment</i> .....	8
2.4 Pompa Sentrifugal .....	8
2.5 <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> .....	11
2.6 Arduino UNO .....	11





2.7	MEMS ( <i>Micro-Electro Mechanical System</i> ) Accelerometer ADXL345.....	13
2.8	<i>Fast Fourier Transform</i> .....	15
2.9	LabVIEW 2015 .....	16
<b>BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....</b>		<b>18</b>
3.1	Perancangan Alat.....	18
3.1.1	Deskripsi Alat.....	18
3.1.2	Cara Kerja Alat.....	19
3.1.3	Spesifikasi Alat.....	20
3.1.4	Diagram Blok Sistem .....	22
3.1.5	<i>Electrical Wiring Diagram</i> .....	23
3.1.6	Diagram Blok Sub-Sistem Pengukuran .....	25
3.1.7	<i>Flowchart</i> Sub-Sistem Pengukuran.....	25
3.1.8	<i>Flowchart</i> Sub-Sistem Indikator.....	27
3.2	Realisasi Alat.....	27
3.2.1	Realisasi Rancang Bangun Alat .....	28
3.2.2	Realisasi Program.....	29
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Pengujian Sensor ADXL345 .....	40
4.1.1	Deskripsi Pengujian .....	40
4.1.2	Daftar Peralatan Pengujian.....	40
4.1.3	Prosedur Pengujian.....	41
4.1.4	Data Hasil Pengujian.....	41
4.1.5	Analisis Data Hasil Pengujian.....	43
4.2	Pengujian Kondisi Normal dan <i>Misalignment</i> .....	45
4.2.1	Deskripsi Pengujian .....	45
4.2.2	Daftar Peralatan Pengujian.....	45
4.2.3	Prosedur Pengujian.....	46
4.2.4	Data Hasil Pengujian.....	47
4.2.5	Analisis Data Hasil Pengujian.....	56
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>60</b>

**Hak Cipta :**

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

5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>viii</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>X</b>



© 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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik Getaran .....	5
Gambar 2. 2 <i>Parallel Misalignment</i> .....	7
Gambar 2. 3 <i>Angular Misalignment</i> .....	8
Gambar 2. 4 <i>Combination Misalignment</i> .....	8
Gambar 2. 5 Model Alat Uji Pompa Sentrifugal.....	9
Gambar 2. 6 Bentuk Fisik <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> .....	11
Gambar 2. 7 Arduino UNO .....	12
Gambar 2. 8 MEMS <i>Accelerometer</i> ADXL345 .....	13
Gambar 2. 9 Blok Diagram MEMS <i>Accelerometer</i> ADXL345 .....	14
Gambar 2. 10 Arah Sumbu <i>Acceleration</i> .....	14
Gambar 2. 11 Respon <i>Output</i> dan <i>Orientasi</i> Terhadap Gravitasi.....	15
Gambar 2. 12 Analisis <i>Fourier</i> .....	16
Gambar 2. 13 Contoh <i>Dashboard</i> Pada LabVIEW 2015.....	16
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat.....	19
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem .....	22
Gambar 3. 3 <i>Electrical Wiring Diagram</i> .....	24
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sub-Sistem Pengukuran Sinyal Getaran.....	25
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Sub-Sistem Pengukuran Sinyal Getaran.....	26
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> Sub-Sistem Program Indikator .....	27
Gambar 3. 7 Rancang Bangun Alat.....	28
Gambar 3. 8 <i>Wiring Panel</i> .....	28
Gambar 3. 9 <i>Wiring Panel Pilot Lamp</i> .....	29
Gambar 3. 10 Program Penerima Data .....	34
Gambar 3. 11 Program <i>Zero Axis</i> dan Konversi <i>Vibration Acceleration (mm/s<sup>2</sup>)</i> ....	35
Gambar 3. 12 Program <i>Build Array</i> .....	35
Gambar 3. 13 Program Pengolahan Data FFT ( <i>Fast Fourier Transform</i> ) .....	36
Gambar 3. 14 Program Konversi <i>Vibration Velocity (mm/s)</i> .....	36
Gambar 3. 15 Program Perbandingan Nilai Pengukuran Dengan Standar .....	37

### Hak Cipta :

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

Gambar 3. 16 Program Pengiriman Karakter ke Arduino UNO .....	38
Gambar 3. 17 Tampilan Utama HMI Sistem Pengukuran Sinyal Getaran.....	39
Gambar 3. 18 Tampilan Grafik Pengukuran Pada Sumbu X .....	39
Gambar 4. 1 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi Normal 15Hz (900 rpm).49	
Gambar 4. 2 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi Normal 20Hz (1200 rpm)50	
Gambar 4. 3 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi Normal 25Hz (1500 rpm)51	
Gambar 4. 4 Plat Alumunium 0.2mm .....	52
Gambar 4. 5 Motor Induksi yang Telah Dipasang Plat.....	53
Gambar 4. 6 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi <i>Misalignment</i> 15Hz (900 rpm).....	54
Gambar 4. 7 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi <i>Misalignment</i> 20Hz (1200 rpm).....	55
Gambar 4. 8 Grafik Rata-Rata <i>Vibration Velocity</i> Kondisi <i>Misalignment</i> 25Hz (1500 rpm).....	56
Gambar 4. 9 Posisi Penempatan Sensor <i>Accelerometer</i> ADXL345.....	59
Gambar 4. 10 Kerusakan Pada <i>Couple</i> .....	59



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

#### Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Skala Gelombang Sinusoidal .....	6
Tabel 2. 2 Standar ISO 2372 (10816).....	10
Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino UNO.....	12
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> .....	20
Tabel 3. 2 Keterangan Gambar Rancang Bangun Alat .....	29
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pengujian Sensor .....	40
Tabel 4. 2 Nilai Percepatan Pada Tiap Sumbu Kondisi X+ dan Kondisi X-.....	41
Tabel 4. 3 Nilai Percepatan Pada Tiap Sumbu Kondisi Y+ dan Kondisi Y-.....	42
Tabel 4. 4 Nilai Percepatan Pada Tiap Sumbu Kondisi Y+ dan Kondisi Y-.....	42
Tabel 4. 5 Rata-Rata Keluaran Percepatan Pada Setiap Kondisi .....	43
Tabel 4. 6 Perbandingan Nilai 0g Offset dari <i>Datasheet</i> dan Pengujian.....	44
Tabel 4. 7 Perbandingan Nilai <i>Sensitivity</i> dari <i>Datasheet</i> dan Pengujian .....	44
Tabel 4. 8 Daftar Peralatan Pengujian Kerusakan.....	46
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Kecepatan Motor Berdasarkan Frekuensi.....	48
Tabel 4. 10 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi Normal 15Hz (900 rpm) .....	49
Tabel 4. 11 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi Normal 20Hz (1200 rpm).....	50
Tabel 4. 12 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi Normal 25Hz (1500 rpm) .....	51
Tabel 4. 13 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi <i>Misalignment</i> 15Hz (900 rpm)	53
Tabel 4. 14 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi <i>Misalignment</i> 20Hz (1200 rpm)	54
Tabel 4. 15 Rata-Rata Nilai Pada Pengujian Kondisi <i>Misalignment</i> 25Hz (1500 rpm)	55
Tabel 4. 16 Rata-Rata Nilai Pada Kondisi Normal .....	57
Tabel 4. 17 Rata-Rata Nilai Pada Kondisi <i>Misalignment</i> .....	57



Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis.....	x
Lampiran 2 Datasheet Sensor <i>Accelerometer</i> ADXL345 .....	xi
Lampiran 3 Program Pada Arduino IDE.....	xiv
Lampiran 4 <i>Wiring</i> Delta Motor 3 Fasa .....	xvii
Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian Pengukuran .....	xviii





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

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolis. Secara umum pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan menaikkan tekanan fluida tersebut. Pada dasarnya prinsip kerja pompa adalah membuat tekanan rendah pada isap, sehingga fluida akan terhisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan atau sisi dengan tekanan yang lebih tinggi. Semua itu dilakukan dengan menggunakan elemen pompa penggerak yaitu *impeller* dan *plunger* atau *piston*. Untuk bekerja pompa membutuhkan energi yang diperoleh dari luar yang biasa diperoleh dari motor listrik atau motor bakar (Nugraha Gusniar, 2014).

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang sangat bannyak digunakan pada industri pengolahan, seperti industri pengolahan air minum, industri pengolahan minyak, dan pabrik kelapa sawit. Selain itu pompa sentrifugal bentuknya sederhana dan biaya perawatan lebih murah. Permasalahan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal adalah kerusakan pada bantalan poros yang diakibatkan oleh getaran, keausan, dan *misalignment*. Oleh karena itu perawatan terhadap pompa sentrifugal bersifat *predictive maintenance* sangat penting. Analisa getaran merupakan hal yang dapat digunakan untuk mengenali kerusakan yang terjadi pada bagian motor atau pompa. Data pengukuran getaran diperoleh dari penggunaan sensor *Accelerometer* yang dilakukan di beberapa sisi, baik di dalam dan luar motor serta pompa (Amanda Putra, 2016).

Penelitian dengan judul “Analisis Amplitudo Getaran Terhadap Jenis Kerusakan *Unbalance*, *Looseness*, dan Kerusakan *Bearing* Pada Motor Induksi 3 *Phase*” diketahui bahwa motor dengan kondisi *unbalance* bisa diredam dengan plat kuningan dengan ukuran 0,25 mm, sedangkan pada keadaan *looseness* bisa ditangani dengan

mengeraskan ulang baut *support* yang longgar atau bisa diganti, dan pada keadaan *bearing* rusak bisa dilakukan perawatan seperti *regrease* (Setiono et al., 2020).

Penelitian dengan judul “Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat” diketahui bahwa semakin besar nilai head pompa, maka debit air yang dihasilkan akan semakin kecil begitu juga sebaliknya, besar dan kecilnya menggunakan beban bola lampu 5 watt kecepatan putaran pompa sebesar 553 rpm dan kecepatan head pompa yang didapatkan juga dipengaruhi oleh adanya pemberian beban pada turbin (Lubis et al., 2020).

Penelitian dengan judul “Analisis Getaran Pengaruh Variabel *Misalignment*” diketahui bahwa mesin yang terus beroperasi dalam keadaan *misalignment* akan membuat getaran yang besar, sehingga jika terus dibiarkan akan mengakibatkan bearing menjadi cacat. Dalam hal ini mesin berputar pada 3000 rpm, dengan penyimpangan *misalignment* 0,19 mm bearing terindikasi cacat pada umur 15 hari dan dengan penyimpangan 0,09 mm bearing terindikasi cacat pada umur 42 hari (Akbar & Karmiadji, 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan pengembangan dari penelitian sebelumnya, dimana akan dibuat alat uji pompa sentrifugal dengan pengaruh *misalignment*. Metode yang digunakan adalah analisa getaran *Fast Fourier Transform* untuk mendapatkan data spektrum vibrasi. Hasil sinyal yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan tabel standar *machine vibration* ISO-10816-3 untuk menyatakan kondisi pompa sentrifugal dalam keadaan baik atau tidak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat pemodelan sistem pengukuran sinyal getaran?
2. Seberapa besar pengaruh *misalignment* pada vibrasi model alat uji kerusakan pompa sentrifugal?

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

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui cara pembuatan pemodelan sistem pengukuran sinyal getaran.
- b. Mengetahui seberapa besar pengaruh *misalignment* pada vibrasi model alat uji kerusakan pompa sentrifugal.

### 1.4 Batasan Masalah

- a. Parameter yang digunakan pada tingkat kondisi pompa sentrifugal adalah amplitudo (*vibration velocity*) dan frekuensi.
- b. Pada pengujian ini tidak membahas perhitungan atau desain dari mekanik pompa sentrifugal.
- c. Perancangan getaran hanya untuk mengetahui kondisi dan jenis kerusakan pompa sentrifugal.
- d. Pada penelitian ini membahas terkait pengukuran sinyal getaran. Sedangkan untuk *monitoring*, *data logging*, dan *predictive maintenance* dibahas oleh rekan Saya Akhmad Danung Yudistira.

### 1.5 Luaran

Luaran dari penelitian ini adalah berupa model alat uji kerusakan pada pompa sentrifugal berdasarkan vibrasi dan analisis yang ditulis pada laporan. Selain itu, diharapkan sistem ini dapat diimplementasikan pada proses penyedotan air yang menggunakan pompa jenis sentrifugal dengan spesifikasi 1 HP (0.75 kW), 2 *pole*, dan 2900 rpm. Untuk mengetahui kerusakan berdasarkan analisis vibrasi.

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 Kesimpulan

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

- a. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan sistem pengukuran sinyal getaran menggunakan metode *Fast Fourier Transform*. Nilai pengukuran frekuensi pada Sumbu X kondisi normal cenderung konstan dan nilainya mendekati nilai frekuensi yang diberikan pada VFD. Pada saat pengujian frekuensi VFD 15Hz, nilai frekuensi rata-rata yang didapatkan sebesar 13.43456Hz, frekuensi VFD 20Hz didapatkan nilai rata-rata sebesar 18.3428Hz, dan frekuensi VFD 25Hz didapatkan nilai rata-rata sebesar 23.61034Hz. Sedangkan pada selain Sumbu X kondisi normal, nilai frekuensi yang terukur berubah-ubah dan cenderung berbeda dengan frekuensi *input* VFD.
- b. Berdasarkan pengujian kondisi normal dan kondisi *misalignment*. Nilai rata-rata getaran pada pengujian kondisi normal frekuensi 15Hz sebesar 2.395093 mm/s tergolong kondisi baik, frekuensi 20Hz sebesar 3.51648 mm/s tergolong kondisi masih diizinkan, dan frekuensi 25Hz sebesar 6.738553 mm/s tergolong kondisi masih diizinkan. Sedangkan pada pengujian kondisi *misalignment* frekuensi 15Hz sebesar 0.433601 mm/s tergolong kondisi baik, frekuensi 20Hz sebesar 6.249186 mm/s tergolong kondisi masih diizinkan, dan frekuensi 25Hz sebesar 10.55852 tergolong kondisi bahaya.



### Hak Cipta :

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

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat membuat sistem pengukuran sinyal getaran akibat pengaruh *misalignment* menjadi lebih baik, maka dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut.

- a. Untuk mendapatkan hasil pengukuran sensor *accelerometer* yang lebih akurat dibutuhkan alat ukur lain untuk pembandingan keakuratan sensor yang digunakan. Contoh sensor pembandingan yang dapat digunakan adalah AKF 392.
- b. Pengujian pada kondisi *misalignment* menggunakan plat dengan tebal sekitar 0.1 mm. Agar pada saat pengujian tidak menimbulkan efek kerusakan yang berat pada bagian *couple* dan bisa melakukan pengujian pada kecepatan motor yang lebih tinggi.
- c. Sebaiknya dilakukan penggantian *couple* pada setiap pengujian kondisi *misalignment* agar didapat data yang lebih aktual ketika perubahan dari kondisi normal ke *misalignment*.

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., & Karmiadi, D. W. (2021). Analisis Getaran Pengaruh Variabel Misalignment. *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(3).
- Almuiz, M. H. (2021). *SISTEM TUNING NADA DAN DETEKSI AKOR PADA GITAR MENGGUNAKAN ALGORITMA FAST FOURIER TRANSFORM BERBASIS LABVIEW*.
- Amanda Putra, L. (2016). ANALISA KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL P-011C DI PT. SULFINDO ADIUSAHA DENGAN MENGGUNAKAN TRANSDUCER GETARAN ACCELEROMETER. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 05(3).
- Anggriawan, A., Huda, F., Mesin, L. K., Mesin, J. T., Teknik, F., Riau, U., Bina, K., Km, W., Panam, S. B., & 28293, P. (2018). DETEKSI KERUSAKAN MOTOR INDUKSI DENGAN MENGGUNAKAN SINYAL SUARA. *Jom FTEKNIK*, 5(1).
- Anjiko, R. R. (2015). *DETEKSI KETIDAKNORMALAN KOPLING PADA MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER BERBASIS RASPBERRY PI*.
- Devira Ramady, G. (2018). SISTEM MONITORING POWER BATERAI BLUETOOTH BEACON MENGGUNAKAN LABVIEW. *ISU TEKNOLOGI MANDALA*, 13.
- Ferrina, Q., Ratna Sulistiyanti, S., & Junaidi, dan. (2022). Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Akselerometer ADXL345. In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 10, Issue 02).
- Hajar, I., Mesin, J. T., Bengkalis, P., Alam, J. B., Alam, S., & Riau, B.-. (2018). PENGARUH TIPE BANTALAN BOLA PADA POROS POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP SINYAL GETARAN. *Jurnal Polimesin*, 16(1).
- Islami, S., Candra, O., Aswardi, & Maulana, R. (2019). MODUL 3 INSTALASI TENAGA LISTRIK. In *TEKNIK KETENAGALISTRIKAN*.
- Johar, L. W., Djufri, S. U., & Matalata, H. (2021). Perancangan VFD Motor Induksi 1 Phase Untuk Pengaturan Awal Kecepatan Mobil Listrik. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 4(2), 47. <https://doi.org/10.33087/jepca.v4i2.51>

### Hak Cipta :

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



**Hak Cipta :**

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

Khusnul Munfiqoh, M., & Aribowo, D. (2022). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Frequency-Drive (VFD) Untuk Mendeteksi Aliran dan Tekanan Air Pada Modul Pumps Training System PT. Festo Indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi (SAINTEK)*, 1(2).

Kresno Sunarko, B. (2010). *ANALISA GETARAN PADA MESIN SEPEDA MOTOR BERBASIS LABVIEW*.

Kusuma, D. T. (2020). Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik. *PETIR*, 14(1), 28–35. <https://doi.org/10.33322/petir.v14i1.1022>

Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 85–92. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5270>

Maerani, R., Teknologi, P., Keselamatan, D., & Nuklir-Batan, R. (2014). UJI KONDISI MOTOR AC 3-FASA PADA MESIN UNTAI UJI BETA MENGGUNAKAN TEKNIK VIBRASI. *Sigma Epsilon*, 18(1).

Nugraha Gusniar, I. (2014). OPTIMALISASI SISTEM PERAWATAN POMPA SENTRIFUGAL DI UNIT UTILITY PT.ABC. *Jurnal Ilmiah Solusi*, 1(1), 77–86.

Saputra, A. (2022). *PENGARUH ALIGNMENT TERHADAP SINYAL GETARAN PADA GEARBOX*.

Setiono, A. M., Rijanto, A., & Zulfika, D. N. (2020). Analisis Amplitudo Getaran Terhadap Jenis Kerusakan Unbalance, Looseness, dan Kerusakan Bearing Pada Motor Induksi 3 Phase. *Majamecha*, 2, 19–31.

Supriadi Adistya, I. (2014). *PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING VIBRASI PADA KIPAS PENDINGIN MENGGUNAKAN ACCELEROMETER ADXL345 DENGAN METODE FFT BERBASIS LABVIEW*.

Syarief, S. (2015). PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DENGAN LABVIEW 8.5 SEBAGAI PENGENDALI MAINTENANCE. *POLITEKNOLOGI*, 14.

**Hak Cipta :**

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

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Penulis bernama Ridwan Al Alif, anak pertama dari dua bersaudara dan lahir di Wonogiri, 12 September 2000. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah lulusan sekolah dasar di SDN 16 Kramat Jati Pagi tahun 2012. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN 150 Jakarta Timur dan lulus pada tahun 2015. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas di SMAN 51 Jakarta Timur dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr.) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail [ridwanalalief@gmail.com](mailto:ridwanalalief@gmail.com).

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## Lampiran 2 Datasheet Sensor *Accelerometer ADXL345*

### 3-Axis, $\pm 2\text{ g}/\pm 4\text{ g}/\pm 8\text{ g}/\pm 16\text{ g}$ Digital Accelerometer

#### FEATURES

- ▶ Ultralow power: as low as 23  $\mu\text{A}$  in measurement mode and 0.1  $\mu\text{A}$  in standby mode at  $V_S = 2.5\text{ V}$  (typical)
- ▶ Power consumption scales automatically with bandwidth
- ▶ User-selectable resolution
  - ▶ Fixed 10-bit resolution
  - ▶ Full resolution, where resolution increases with  $g$  range, up to 13-bit resolution at  $\pm 16\text{ g}$  (maintaining 4 mg/LSB scale factor in all  $g$  ranges)
- ▶ Embedded memory management system with FIFO technology minimizes host processor load
- ▶ Single tap/double tap detection
- ▶ Activity/inactivity monitoring
- ▶ Free-fall detection
- ▶ Supply voltage range: 2.0 V to 3.6 V
- ▶ I/O voltage range: 1.7 V to  $V_S$
- ▶ SPI (3- and 4-wire) and I<sup>2</sup>C digital interfaces
- ▶ Flexible interrupt modes mappable to either interrupt pin
- ▶ Measurement ranges selectable via serial command
- ▶ Bandwidth selectable via serial command
- ▶ Wide temperature range ( $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ )
- ▶ 10,000  $g$  shock survival
- ▶ Pb free/RoHS compliant
- ▶ Small and thin: 3 mm  $\times$  5 mm  $\times$  1 mm LGA package

#### APPLICATIONS

- ▶ Handsets
- ▶ Medical instrumentation

- ▶ Gaming and pointing devices
- ▶ Industrial instrumentation
- ▶ Personal navigation devices
- ▶ Hard disk drive (HDD) protection

#### GENERAL DESCRIPTION

The ADXL345 is a small, thin, ultralow power, 3-axis accelerometer with high resolution (13-bit) measurement at up to  $\pm 16\text{ g}$ . Digital output data is formatted as 16-bit two's complement and is accessible through either a SPI (3- or 4-wire) or I<sup>2</sup>C digital interface.

The ADXL345 is well suited for mobile device applications. It measures the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration resulting from motion or shock. Its high resolution (3.9 mg/LSB) enables measurement of inclination changes less than  $1.0^\circ$ .

Several special sensing functions are provided. Activity and inactivity sensing detect the presence or lack of motion by comparing the acceleration on any axis with user-set thresholds. Tap sensing detects single and double taps in any direction. Free-fall sensing detects if the device is falling. These functions can be mapped individually to either of two interrupt output pins. An integrated memory management system with a 32-level first in, first out (FIFO) buffer can be used to store data to minimize host processor activity and lower overall system power consumption.

Low power modes enable intelligent motion-based power management with threshold sensing and active acceleration measurement at extremely low power dissipation.

The ADXL345 is supplied in a small, thin, 3 mm  $\times$  5 mm  $\times$  1 mm, 14-lead, plastic package.

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

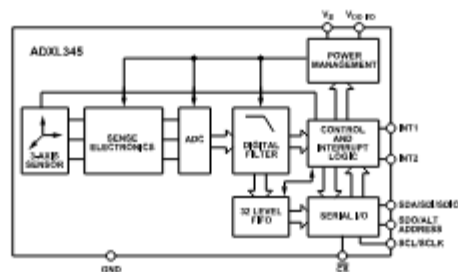


Figure 1.

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

**Hak Cipta :**

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

**SPECIFICATIONS**

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = 2.5\text{ V}$ ,  $V_{DD\text{ I/O}} = 1.8\text{ V}$ , acceleration = 0 g,  $C_S = 10\ \mu\text{F}$  tantalum,  $C_{I/O} = 0.1\ \mu\text{F}$ , output data rate (ODR) = 800 Hz, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ <sup>1</sup>	Max	Unit
<b>SENSOR INPUT</b>					
Measurement Range	Each axis User selectable		$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16$		g
Nonlinearity	Percentage of full scale		$\pm 0.5$		%
Inter-Axis Alignment Error			$\pm 0.1$		Degrees
Cross-Axis Sensitivity <sup>2</sup>			$\pm 1$		%
<b>OUTPUT RESOLUTION</b>					
All g Ranges	Each axis 10-bit resolution		10		Bits
$\pm 2$ g Range	Full resolution		10		Bits
$\pm 4$ g Range	Full resolution		11		Bits
$\pm 8$ g Range	Full resolution		12		Bits
$\pm 16$ g Range	Full resolution		13		Bits
<b>SENSITIVITY</b>					
Sensitivity at $X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}$	All g-ranges, full resolution	230	256	282	LSB/g
	$\pm 2$ g, 10-bit resolution	230	256	282	LSB/g
	$\pm 4$ g, 10-bit resolution	115	128	141	LSB/g
	$\pm 8$ g, 10-bit resolution	57	64	71	LSB/g
	$\pm 16$ g, 10-bit resolution	29	32	35	LSB/g
Sensitivity Deviation from Ideal	All g-ranges		$\pm 1.0$		%
Scale Factor at $X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}$	All g-ranges, full resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	$\pm 2$ g, 10-bit resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	$\pm 4$ g, 10-bit resolution	7.1	7.8	8.7	mg/LSB
	$\pm 8$ g, 10-bit resolution	14.1	15.6	17.5	mg/LSB
	$\pm 16$ g, 10-bit resolution	28.6	31.2	34.5	mg/LSB
Sensitivity Change Due to Temperature			$\pm 0.01$		%/°C
<b>0 g OFFSET</b>					
0 g Output for $X_{OUT}, Y_{OUT}$	Each axis	-150	0	+150	mg
0 g Output for $Z_{OUT}$		-250	0	+250	mg
0 g Output Deviation from Ideal, $X_{OUT}, Y_{OUT}$			$\pm 35$		mg
0 g Output Deviation from Ideal, $Z_{OUT}$			$\pm 40$		mg
0 g Offset vs. Temperature for X-, Y-Axes			$\pm 0.4$		mg/°C
0 g Offset vs. Temperature for Z-Axis			$\pm 1.2$		mg/°C
<b>NOISE</b>					
X-, Y-Axes			0.75		LSB ms
Z-Axis	ODR = 100 Hz for $\pm 2$ g, 10-bit resolution or all g-ranges, full resolution		1.1		LSB ms
	ODR = 100 Hz for $\pm 2$ g, 10-bit resolution or all g-ranges, full resolution				
<b>OUTPUT DATA RATE AND BANDWIDTH</b>					
Output Data Rate (ODR) <sup>3, 4, 5</sup>	User selectable	0.1		3200	Hz
<b>SELF-TEST<sup>6</sup></b>					
Output Change in X-Axis		0.20		2.10	g



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

## SPECIFICATIONS

Table 1.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ <sup>1</sup>	Max	Unit
Output Change in Y-Axis		-2.10		-0.20	g
Output Change in Z-Axis		0.30		3.40	g
<b>POWER SUPPLY</b>					
Operating Voltage Range ( $V_S$ )		2.0	2.5	3.6	V
Interface Voltage Range ( $V_{DD IO}$ )		1.7	1.8	$V_S$	V
Supply Current	ODR $\geq$ 100 Hz		140		$\mu$ A
	ODR < 10 Hz		30		$\mu$ A
Standby Mode Leakage Current			0.1		$\mu$ A
Turn-On and Wake-Up Time <sup>7</sup>	ODR = 3200 Hz		1.4		ms
<b>TEMPERATURE</b>					
Operating Temperature Range		-40		+85	$^{\circ}$ C
<b>WEIGHT</b>					
Device Weight			30		mg

<sup>1</sup> The typical specifications shown are for at least 68% of the population of parts and are based on the worst case of mean  $\pm 1 \sigma$ , except for 0 g output and sensitivity, which represents the target value. For 0 g offset and sensitivity, the deviation from the ideal describes the worst case of mean  $\pm 1 \sigma$ .

<sup>2</sup> Cross-axis sensitivity is defined as coupling between any two axes.

<sup>3</sup> Bandwidth is the -3 dB frequency and is half the output data rate, bandwidth = ODR/2.

<sup>4</sup> The output format for the 3200 Hz and 1600 Hz ODRs is different than the output format for the remaining ODRs. This difference is described in the [Data Formatting of Upper Data Rates](#) section.

<sup>5</sup> Output data rates below 6.25 Hz exhibit additional offset shift with increased temperature, depending on selected output data rate. Refer to the [Offset Performance at Lowest Data Rates](#) section for details.

<sup>6</sup> Self-test change is defined as the output (g) when the SELF\_TEST bit = 1 (in the DATA\_FORMAT register, Address 0x31) minus the output (g) when the SELF\_TEST bit = 0. Due to device filtering, the output reaches its final value after  $4 \times \tau$  when enabling or disabling self-test, where  $\tau = 1/(\text{data rate})$ . The part must be in normal power operation (LOW\_POWER bit = 0 in the BW\_RATE register, Address 0x2C) for self-test to operate correctly.

<sup>7</sup> Turn-on and wake-up times are determined by the user-defined bandwidth. At a 100 Hz data rate, the turn-on and wake-up times are each approximately 11.1 ms. For other data rates, the turn-on and wake-up times are each approximately  $\tau + 1.1$  in milliseconds, where  $\tau = 1/(\text{data rate})$ .

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



### Lampiran 3 Program Pada Arduino IDE

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>

Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified(12345);
const int buffer_size = 64;

unsigned long previousTime = 0;
unsigned long interval = 5; // Interval waktu antara pembacaan akselerometer

int var;
const int R1 = 8; //GREEN
const int R2 = 9; //YELLOW
const int R3 = 10; //RED

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!accel.begin()) {
    Serial.println("Failed to initialize ADXL345!");
    while (1);
  }
  accel.setRange(ADXL345_RANGE_2_G);
  accel.setDataRate(ADXL345_DATARATE_3200_HZ);
  pinMode(R1, OUTPUT);
  pinMode(R2, OUTPUT);
  pinMode(R3, OUTPUT);
}
```

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

#### Hak Cipta :

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

### 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

```
void loop() {
    static float accel_buffer[buffer_size][3];
    static int buffer_index = 0;

    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - previousTime >= interval) {
        previousTime = currentTime;

        // Pembacaan akselerometer
        sensors_event_t event;
        accel.getEvent(&event);

        accel_buffer[buffer_index][0] = event.acceleration.x;
        accel_buffer[buffer_index][1] = event.acceleration.y;
        accel_buffer[buffer_index][2] = event.acceleration.z;

        buffer_index++;

        if (buffer_index >= buffer_size) {
            access_buffer(accel_buffer, buffer_size);
            buffer_index = 0; // Reset buffer_index here, no need for a separate function
        }
    }
    if(Serial.available()){
        var=Serial.read();
        if(var=='A'){ //BAIK
            digitalWrite(R1, HIGH);
            digitalWrite(R2, LOW);
            digitalWrite(R3, LOW);
            //
        }
        if(var=='B'){ //MASIH DIIZINKAN
            digitalWrite(R1, LOW);
            digitalWrite(R2, HIGH);
            digitalWrite(R3, LOW);
        }
        if(var=='C'){ //BAHAYA
            digitalWrite(R1, LOW);
            digitalWrite(R2, LOW);
            digitalWrite(R3, HIGH);
        }
    }
}
```



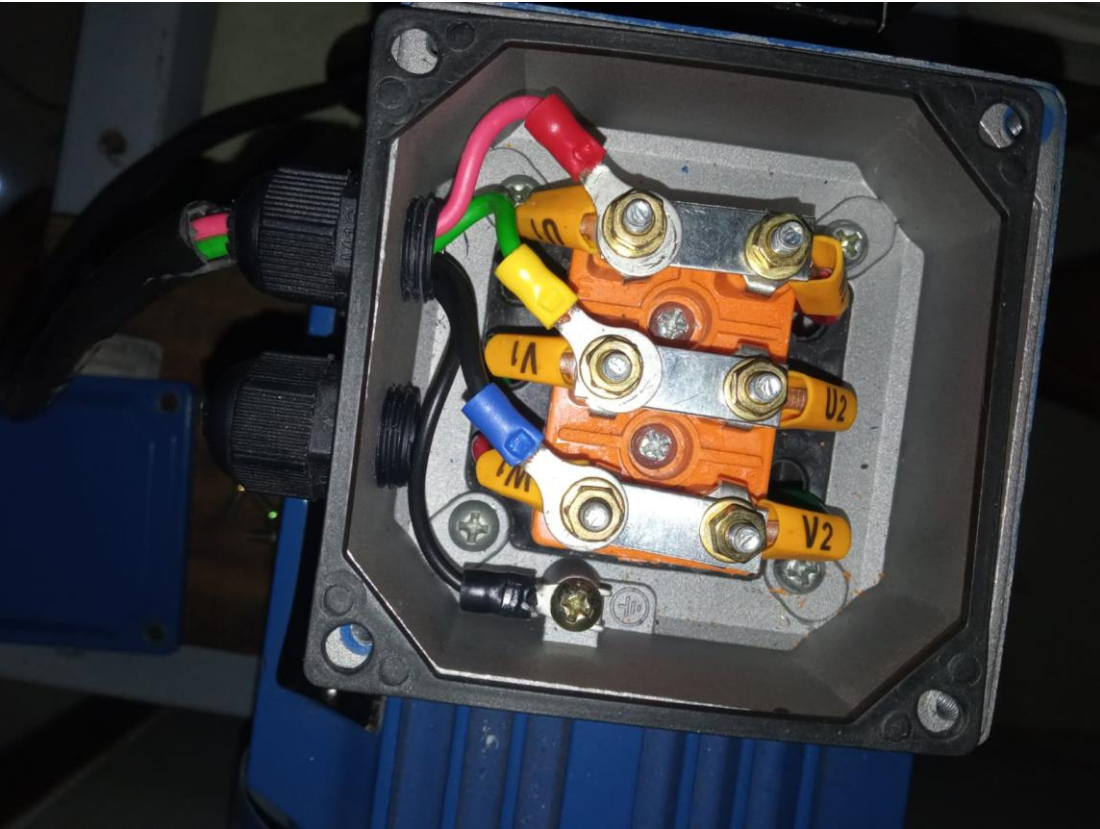
**Hak Cipta :**

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

```
void access_buffer(float buffer[][3], int size) {  
    for (int i = 0; i < size; i++) {  
        float accel_x = buffer[i][0];  
        float accel_y = buffer[i][1];  
        float accel_z = buffer[i][2];  
  
        //Serial.print("Buffer Index: ");  
        //Serial.print(i);  
        //Serial.print(", X=");  
        Serial.print(accel_x, 3); //dalam satuan m/s^2  
        Serial.print("#");  
        Serial.print(accel_y, 3);  
        Serial.print("#");  
        Serial.println(accel_z, 3);  
    }  
}
```



#### Lampiran 4 *Wiring* Delta Motor 3 Fasa



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

**Hak Cipta :**

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

## Lampiran 5 Dokumentasi Selama Pengujian Pengukuran



### Hak Cipta :

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