



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR - VE 180626**

***MONITORING ALAT GETARAN MENGGUNAKAN  
ACCELERO***

Moch Ilmal Yaqin  
NRP 10311500000093

Dosen Pembimbing  
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.

PROGRAM STUDI KOMPUTER KONTROL  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



**FINAL PROJECT - VE 180626**

***VIBRATION TOOL MONITORING USING ACCELERO***

Moch Ilmal Yaqin  
NRP 10311500000093

Advisor  
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.

COMPUTER CONTROL STUDY PROGRAM  
Electrical and Automation Engineering Department  
Vocational Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya dengan judul “*Monitoring* Alat Getaran Menggunakan *Accelero*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Desember 2018

Moch Ilmal Yaqin  
NRP 1031150000093

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**ITS**  
**MONITORING ALAT GETARAN MENGGUNAKAN  
ACCELERO**  
**ITS**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng  
NIP. 19621005 199003 1 003

**SURABAYA  
JANUARI 2019**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



## ***MONITORING ALAT GETARAN MENGGUNAKAN ACCELERO***

**Nama** : Moch Ilmal Yaqin  
**Pembimbing** : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng  
**NIP** : 19621005 199003 1 003

### **ABSTRAK**

Kerusakan alat yang diakibatkan oleh getaran dalam proses pemakaian dan faktor lingkungan sering terjadi dikarenakan kurangnya pengujian awal terhadap batas getaran yang mampu diterima oleh alat tersebut. Alat uji getaran secara fisik masih jarang dijual dipasaran, maka dari itu dibuatlah alat untuk *monitoring* getaran agar bisa menguji alat yang akan digunakan.

Proyek Akhir ini membahas tentang pembuatan *Monitoring* Alat Getaran Menggunakan *Accelero*. Cara kerja alat adalah dengan memanipulasi getaran yang dihasilkan motor 24 VDC dan menghitung getaran menggunakan sensor MMA7361 dengan metode *fast fourier transform*, cara kerjanya mengambil *sampling* hasil keluaran sensor kemudian mengkonversi hasil percepatan sebagai keluaran sensor menjadi getaran oleh Arduino Uno sebagai kontroler. Hasil dari konversi dikirim kepada arduino yang lain dan hasilnya tampilkan pada LCD (*Liquid Cristal Display*) dengan satuan *hertz*.

Getaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan motor, semakin tinggi kecepatan motor maka getaran yang dihasilkan jua semakin tinggi dari mulai 0-2322 RPM getaran yang diperoleh sebesar 0-1000Hz dan memiliki rata-rata nilai error sebesar 1,22%.

**Kata Kunci** : *Arduino Uno*, Getaran, Konversi, Sensor MMA7361, Uji Getaran

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## ***VIBRATION TOOL MONITORING USING ACCELERO***

***Name*** : Moch Ilmal Yaqin  
***Registration Number*** : 1031150000093  
***Supervisor*** : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng  
***ID Number*** : 19621005 199003 1 003

### ***ABSTRACT***

*Damage to the equipment caused by vibrations in the process of use and environmental factors often occurs due to the lack of initial testing of the vibration limits that can be accepted by the tool. Physical vibration testing equipment is rarely sold in the market, so a tool for vibration monitoring is made so that it can test the equipment to be used.*

*This Final Project discusses about making a Vibration Monitoring Tool Using Accelero. The way the tool works is by manipulating the vibrations produced by the 24 VDC motor and calculating vibrations using the MMA7361 sensor with the fast fourier transform method, the way it works takes sampling the sensor output and then converts the acceleration results as a sensor to Arduino Uno as a controller. The results of the conversion are sent to other Arduino and the results display on LCD (Liquid Cristal Display) in hertz units.*

*The resulting vibration is influenced by the speed of the motor, the higher the speed of the motor, the higher the vibration generated from 0-2322 RPM vibration obtained at 0-1000Hz and has an average error value of 1.22%.*

***Keyword*** : Arduino Uno, Vibration, Configuration, MMA7361 Sensor, Vibration Test

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul: **“MONITORING ALAT GETARAN MENGGUNAKAN ACCELERO”**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Proyek Akhir ini, Staff/Karyawan/Dosen Departemen Teknik Elektro Otomasi, Orang tua yang saya sayangi serta adik-adik dan juga sahabat dekat yang telah memberikan dukungan moral dan spiritual. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Proyek Akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk memperbaiki kekurangan dalam Proyek Akhir ini. Akhir kata semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 17 Januari 2018

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Relevansi.....	3
BAB II TEORI DASAR .....	5
2.1 Getaran.....	5
2.2 <i>Accelerometer</i> .....	5
2.3 MMA7361.....	6
2.4 <i>Liquid Cristal Display</i> .....	7
2.5 Arduino .....	8
2.6 Arduino Uno .....	8
2.7 IDE Arduino.....	9
2.8 <i>Power Supply Adaptor Switching</i> .....	10
2.9 <i>Driver Motor BTS7960 43A</i> .....	11
2.10 <i>Spring Tekan</i> .....	12
2.11 <i>Potensiometer</i> .....	13
2.12 <i>Metode Fast Fourir Transform</i> .....	14
2.13 Motor DC 24 Volt.....	16
BAB III PERANCANGAN ALAT.....	19
3.1 Cara Kerja Sistem Secara Umum.....	19
3.2 Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	20
3.2.1 Perancangan <i>Prototype</i> .....	21
3.2.2 <i>Wiring Diagram</i> .....	22
3.3 Perancangan <i>Software</i> .....	23
3.4 Perancangan Mekanik .....	24

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....	27
4.1 Realisasi Alat .....	27
4.2 Pengujian Sensor MMA7361 .....	28
4.3 Pengujian Sensor <i>Accelerometer National Instrument</i> .....	28
4.4 Pengambilan Data Pada Saat RPM Motor 2322 RPM .....	31
4.5 Pengambilan Hasil Data Frekuensi Sensor MMA7361 .....	33
BAB V PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	37
LAMPIRAN A.....	A-1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	A-21



## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
<b>Gambar 2. 1</b> Bentuk Fisik Sensor MA7361.....	7
<b>Gambar 2. 2</b> LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ).....	7
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Arduino Uno R3</i> .....	8
<b>Gambar 2. 4</b> IDE <i>Arduino</i> .....	10
<b>Gambar 2. 5</b> <i>Power Supply Adaptor Switching</i> .....	11
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Driver Motor BTS7960 43A</i> .....	12
<b>Gambar 2. 7</b> <i>Spring Tekan</i> .....	13
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Potensiometer 1K Ohm</i> .....	14
<b>Gambar 2. 9</b> Komplek Komputasi .....	15
<b>Gambar 2. 10</b> Motor DC 24 Volt.....	17
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Fungsional Monitoring Alat Getaran Menggunakan <i>Accelero</i> Secara Umum .....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Fungsional Monitoring Alat Getaran Menggunakan <i>Accelero</i> Secara Khusus .....	20
<b>Gambar 3. 3</b> Perancangan <i>Prototype</i> .....	21
<b>Gambar 3. 4</b> <i>Wiring</i> Diagram Sensor MMA7361 .....	22
<b>Gambar 3. 5</b> <i>Wiring</i> Diagram Komunikasi Serial.....	23
<b>Gambar 3. 6</b> <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat .....	24
<b>Gambar 4. 1</b> Realisasi Alat .....	27
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Pengukuran Sensor <i>Accelerometer</i> Terhadap Waktu.....	30

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR TABEL

HALAMAN

<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Pengukuran Awal Hasil Nilai Percepatan Sensor MMA7361.....	28
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Accelerometer National Instrument</i> .....	29
<b>Tabel 4.3</b>	Perubahan Nilai Simpangan Terhadap Waktu .....	30
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengukuran Sensor MMA7361 Pada Saat Motor 2322 RPM .....	32
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Perbandingan Sensor MMA7361 dengan Sensor <i>Accelerometer National Instrument</i> .....	33

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan pada hari ini semakin cepat. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan tersebut mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, tidak terkecuali dalam dunia elektronik.

Dalam dunia elektronik khususnya pembuatan komponen perkembangannya sangat pesat, mulai dari efisiensi tempat atau ukuran komponen dan akurasi komponen. Komponen elektronik memiliki batas maksimal getaran yang diterima karena sifat komponen yang peka terhadap getaran. Penempatan posisi serta pengaruh getaran lingkungan selalu menjadi pertimbangan penting dalam pemakaian komponen elektronik yang akan dipakai.

Pengujian komponen elektronik terhadap getaran berperan penting dalam pemilihan, Kerusakan alat yang diakibatkan oleh getaran dalam proses pemakaian dan faktor lingkungan sering terjadi dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang batas maksimal getaran yang mampu diterima alat yang menyebabkan umur alat lebih pendek dari batas umur yang telah ditetapkan.

Hal inilah yang membuat penulis perlu mengembangkan *Monitoring Alat Getaran Menggunakan Accelero*, untuk menampilkan nilai getaran yang terjadi pada alat penguji.

### **1.2 Permasalahan**

Belum ada alat uji yang digunakan untuk menguji perangkat terhadap getaran.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dari perumusan masalah alat penguji getaran dengan menggunakan sensor, ada beberapa hal yang perlu dibatasi, sehingga penelitian yang dilakukan dapat tercapai. Batasan masalah dalam pengerjaan Proyek Akhir ini, yaitu :

1. Batas maksimal beban yang dapat diuji 5kg
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah *arduino uno*
3. Menggunakan sensor *accelerometer MMA7361*
4. Alat yang dirancang berupa *prototype*

Dengan adanya batasan masalah ini diharapkan hasil akhir dari Proyek Akhir ini dapat tercapai.

#### **1.4 Tujuan**

1. Merancang dan membuat *prototype Monitoring* Alat Getaran Menggunakan *Accelero*
2. Menampilkan hasil getaran yang diukur sensor MMA7361 pada LCD (*Liquid Cristal Display*)

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan Proyek Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

#### **Bab I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi Proyek Akhir yang dibuat.

#### **Bab II TEORI DASAR**

Menjelaskan tentang teori-teori dasar yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

#### **Bab III PERANCANGAN ALAT**

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perencanaan dan pembuatan *hardware* yang meliputi desain mekanik dan perancangan *software* yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

#### **Bab IV PENGUKURAN DAN ANALISA**

Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

#### **Bab V PENUTUP**

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari Proyek Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

## **1.5 Relevansi**

Dengan membuat alat uji getaran ini semoga dapat digunakan untuk menguji ketahanan sebuah alat terhadap getaran sebelum digunakan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Getaran**

Setiap gerak yang berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Jika suatu partikel dalam gerak periodik bergerak bolak-balik melalui lintasan yang sama, geraknya disebut gerak osilasi. Getaran adalah gerak osilasi suatu benda terhadap suatu titik setimbang. Waktu yang ditempuh untuk melakukan satu getaran disebut perioda ( $T$ ). Sedangkan jumlah getaran yang terjadi tiap detik disebut frekuensi ( $f$ ). Bentuk getaran periodik yang paling sederhana pada umumnya adalah gerak harmonik[1]. Gerak harmonik sering juga dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar yang mempunyai kecepatan tetap pada suatu garis lurus dengan kecepatan sudut sebesar  $\omega$ , dengan perpindahan sepanjang  $x$ [2].

Sebuah *transducer* didefinisikan secara umum sebagai sebuah alat yang mengubah suatu bentuk energi menjadi bentuk energi yang lain. Accelerometer adalah sebuah transducer yang mengubah percepatan mekanik menjadi sebuah sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut dapat berupa *voltage*, *current*, atau *charge value*. Accelerometer merupakan sebuah sistem yang terdiri dari massa, pegas, dan peredam. Sensitivitas *accelerometer* didefinisikan sebagai perbandingan antara keluaran sinyal listrik dengan masukan percepatan mekanik.

#### **2.2 Accelerometer[3]**

*Accelerometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (*inklinasi*). *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. Accelerometer juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi.

Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut percepatan (*acceleration*). Namun jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (*deceleration*). Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena

merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan.

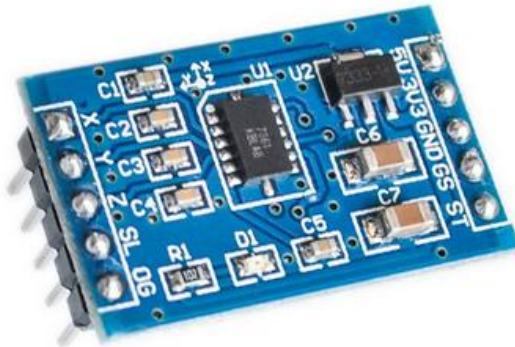
### 2.3 MMA7361[3]

MMA7361 *Module* adalah perangkat sebuah modul berinti MMA7361 IC 3-Axis *Motion Processing Unit* yang mengukur akselerasi, yang merupakan laju perubahan kecepatan suatu objek. Mereka mengukur dalam meter per detik kuadrat ( $m / s^2$ ) atau dalam G-forces (g), pengkondisian sinyal, *filter low-pass* 1-tiang, kompensasi suhu, dan deteksi-0g yang mendeteksi jatuh bebas *linear*, *Offset* dan sensitivitas nol-g adalah pengaturan pabrik dan tidak memerlukan perangkat eksternal.

Sensor ini dapat mengukur akselerasi statis (gravitasi bumi) atau dinamis pada ketiga sumbu. Aplikasi sensor di berbagai bidang dan banyak aplikasi dapat dikembangkan menggunakannya. Accelerometer mengukur tingkat akselerasi di mana ia dipasang, memungkinkan kita untuk mengukur akselerasi atau perlambatan suatu objek, atau kemiringan platform dengan sumbu.

Sensor MMA7361 memiliki keluaran analog pada setiap sumbunya, dan beroperasi pada tegangan 5V dengan konsumsi arus 400mA, Sensitifitas 800mV/g pada  $\pm 1.5g$ , dan dapat memilih sensitifitas  $\pm 1.5 \pm 6 g$

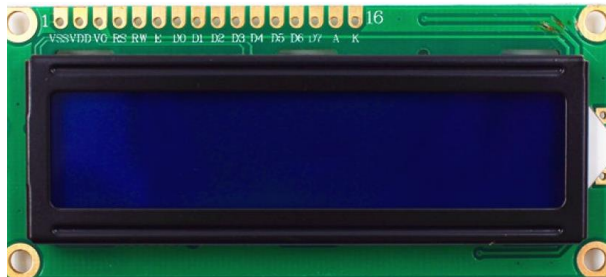
Papan ramah papan tempat memotong roti ini memecah setiap pin MMA736 ke header 10-pin. Sensor bekerja dengan daya antara 3.3V hingga 6VDC, Rentang catu daya yang lebar ini membantu Anda menggunakan modul ini dengan produk berbasis ARM (3V3) serta Arduino dan PIC 5V. Ketiga sumbu memiliki output analog sendiri dengan *filter low pass onboard*. Bentuk fisik sensor MMA7361 ditunjukkan Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Bentuk Fisik Sensor MA7361

#### 2.4 *Liquid Cristal Display*[4]

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD yang dipakai merupakan tipe berkarakter 16×2 baris, yang dapat menampilkan 16 karakter dengan 2 baris. Bentuk fisik dari LCD dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** LCD (*Liquid Cristal Display*)

## 2.5 Arduino

*Arduino* adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam *arduino* memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

## 2.6 Arduino Uno[5]

Perangkat keras dalam *arduino* memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis *Arduino* disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis *prosesor* yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis *controller* yang digunakan. Yang membedakan antara *arduino* yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap papan sirkuitnya dan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dalam Proyek Akhir perancangan *prototype* jenis *Arduino* yang digunakan adalah *Arduino Uno*, Sesuai dengan Gambar 2.3

Papan *Arduino Uno* dapat mengambil daya dari USB *port* pada komputer dengan menggunakan USB *charger* atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu DC *adapter* dengan tegangan 12 Volt. Jika tidak terdapat *power supply* yang melalui DC *adapter*, maka papan *arduino* akan mengambil daya dari USB *port*. Tetapi apabila diberikan daya melalui DC *adapter* secara bersamaan dengan USB *port* maka papan *arduino* akan mengambil daya melalui DC *adapter* secara otomatis.



**Gambar 2. 3** *Arduino Uno R3*

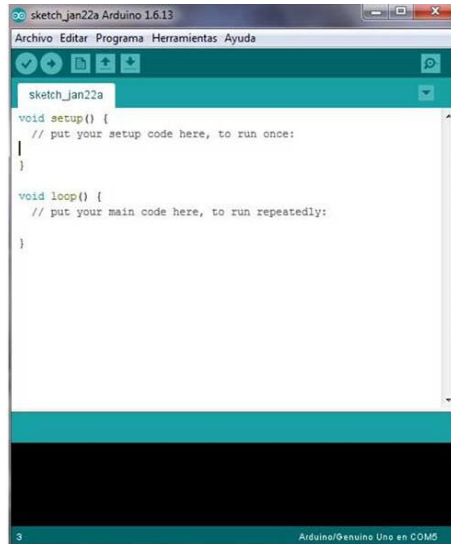
## 2.7 IDE Arduino[5]

IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui *sintaks* pemrograman. *Arduino* menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman *Arduino* (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler *Arduino* telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara compiler *Arduino* dengan mikrokontroler.

*Arduino* IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. *Arduino* IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. *Arduino* IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi *Arduino* IDE khusus untuk pemrograman dengan *Arduino*.

Program yang ditulis dengan menggunakan *Arduino Software* (IDE) disebut sebagai *sketch*. *Sketch* ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi *.ino*. *Teks editor* pada *Arduino Software* memiliki fitur” seperti *cutting/paste* dan *seraching/replacing* sehingga memudahkan kamu dalam menulis kode program.

Pada *Software Arduino IDE*, terdapat semacam *message box* berwarna hitam yang berfungsi menampilkan status, seperti pesan *error*, *compile*, dan *upload* program. Di bagian bawah paling kanan *Sotware Arduino IDE*, menunjukkan *board* yang terkonfigurasi beserta *COM Ports* yang digunakan. *Software Arduino* ditunjukkan pada Gambar 2.4



**Gambar 2. 4** IDE Arduino

## 2.8 *Power Supply Adaptor Switching*

*Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*.

*Power supply* 12V 3 A ini memiliki sumber tegangan input sebesar 86-240 V AC dan tegangan output sebesar 12V DC. Daya maksimal yang mampu dihasilkan adalah sebesar 3A (36W). Produk *power supply* ini didesain dengan dimensi P 8,5 x L 5,8 x T 3,4 (CM). Bentuk *power supply* ditunjukkan pada Gambar 2.5



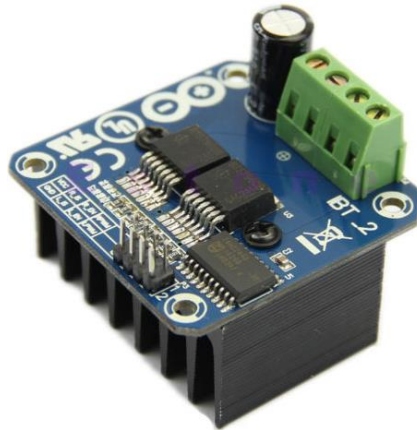
**Gambar 2. 5** Power Supply Adaptor Switching[1]

## 2.9 Driver Motor BTS7960 43A[6]

IBT-2 adalah jembatan H arus tinggi terintegrasi penuh untuk aplikasi penggerak motor menggunakan *Infineon* BTS7960 setengah jembatan arus tinggi. BTS7960 adalah bagian dari keluarga *NovalithICTM* yang mengandung satu MOSFET *high-channel pchannel* dan MOSFET *lowside channel* dengan IC *driver* terintegrasi dalam satu paket. Karena saklar *high-channel*, kebutuhan untuk pompa pengisian dihilangkan sehingga meminimalkan EMI. *Interfacing* ke mikrokontroler dipermudah oleh IC driver terintegrasi yang menampilkan input level logika, diagnosis dengan indra saat ini, penyesuaian laju perubahan tegangan, pembuatan waktu mati dan perlindungan terhadap suhu berlebih, tegangan lebih, *undervoltage*, arus berlebih, dan korsleting. IBT-2 memberikan solusi yang dioptimalkan biaya untuk drive motor PWM arus tinggi yang dilindungi dengan konsumsi ruang papan yang sangat rendah. Driver motor BTS7960 mempunyai spesifikasi dan bentuk fisik yang terdapat pada Gambar 2.6:

- Tegangan Pengoperasian 5,5 hingga 27V (B +)
- Jalur resistensi dari typ. 16 mOhm pada 25 ° C
- Arus diam rendah dari typ. 7 uA pada 25 ° C
- Kemampuan PWM hingga 25 kHz dikombinasikan dengan *freewheeling* aktif
- Batasan arus mode sakelar untuk mengurangi disipasi daya dalam arus lebih
- Level batasan saat ini dari 43 A typ.
- Diagnosis bendera status dengan kemampuan akal saat ini
- Suhu lebih rendah ditutup dengan perilaku kait

- Kunci tegangan lebih besar
- Tegangan rendah ditutup
- Sirkuit driver dengan input level logika
- Tingkat perubahan tegangan yang dapat disesuaikan untuk EMI yang dioptimalkan
- 74AHC244 *Schmitt-trigger Octal buffer / line driver* untuk perlindungan ESD (*Input* menerima tegangan lebih tinggi dari VCC)



**Gambar 2. 6** *Driver Motor BTS7960 43A*

## **2.10 Spring Tekan**

Pegas (*spring*) adalah perangkat *fleksibel* yang digunakan untuk menyimpan energi elastis dan melepaskannya ketika dibutuhkan. Gaya yang dihasilkan oleh Pegas bisa bersifat tekan (*compressive*) atau tarik (*tensile*) dan bisa juga linear atau radial. Betuk fisik spring tekan ditunjukkan pada Gambar 2.7





**Gambar 2. 7** *Spring* Tekan[1]

*Spring* tekan yang digunakan pada anjang bangun alat ini menggunakan bahan besi berukuran 3mm dengan diameter dalam spring 10mm dengan tinggi 100mm.

*Spring* tekan digunakan sebagai media dalam meneruskan getaran yang dihasilkan oleh motor menuju papan pengujian yang akan dipergunakan sebagai tempat menguji alat.

### **2.11** *Potensiometer*

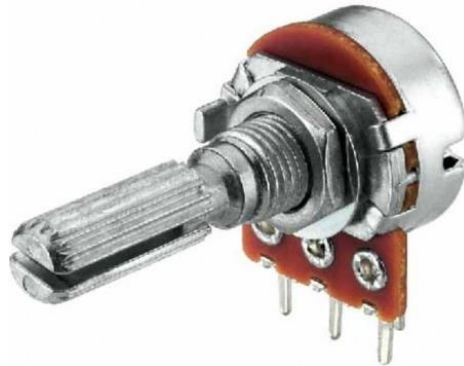
*Potensiometer* (POT) adalah salah satu jenis *Resistor* yang Nilai Resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan Rangkaian Elektronika ataupun kebutuhan pemakainya. *Potensiometer* merupakan Keluarga *Resistor* yang tergolong dalam Kategori Variable Resistor. Secara struktur, *Potensiometer* terdiri dari 3 kaki Terminal dengan sebuah shaft atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya.

*potensiometer* yang digunakan pada alat uji menggunakan jenis *potensiometer rotary* yaitu *potensiometer* yang nilai resistansinya dapat diatur dengan cara memutarakan *Wiper* sepanjang lintasan yang melingkar. *Potensiometer Rotary* sering disebut juga dengan Thumbwheel Potentiometer.

Sebuah *Potensiometer* (POT) terdiri dari sebuah elemen *resistif* yang membentuk jalur (*track*) dengan terminal dikedua ujungnya. Sedangkan terminal lainnya ditengah adalah Penyapu (*Wiper*) yang dipergunakan untuk menentukan pergerakan pada jalur elemen *Resistive*. Pergerakan Penyapu (*Wiper*) pada Jalur Elemen *Resistif* inilah yang mengatur naik-turunnya Nilai Resistansi sebuah *Potensiometer*.

Elemen *resistif* pada *potensiometer* umumnya terbuat dari bahan campuran metal (logam) dan keramik ataupun bahan Karbon (*Carbon*).

Berdasarkan *track* (jalur) elemen *resistif*-nya, *Potensiometer* dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu *Potensiometer Linear* (*Linear Potentiometer*) dan *Potensiometer Logaritmik* (*Logarithmic Potentiometer*). Betuk fisik *potensiometer* ditunjukkan pada Gambar 2.8



**Gambar 2. 8** *Potensiometer* 1K Ohm[1]

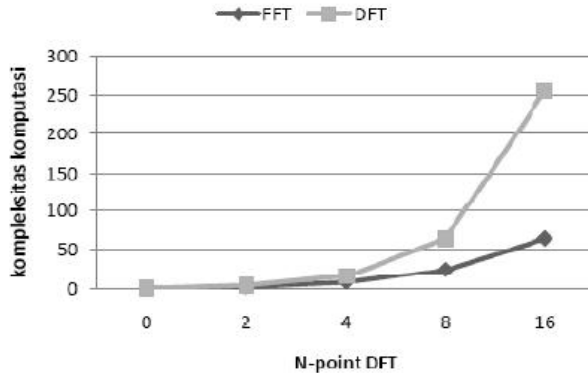
## 2.12 Metode *Fast Fourir Transform*

*Fast Fourier Transform* adalah suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. Sementara itu, IFFT adalah singkatan dari *Inverse Fast Fourier Transform*. Membahas mengenai FFT-IFFT tentunya tidak dapat dilepaskan dari DFT (*Discrete Fourier Transform*). DFT merupakan metode transformasi matematis untuk sinyal waktu diskrit ke dalam domain frekuensi. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa DFT merupakan metode transformasi matematis sinyal waktu diskrit, sementara FFT adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan transformasi tersebut[6].

FFT dipergunakan untuk mengurangi kompleksitas transformasi yang dilakukan dengan DFT. Sebagai perbandingan, bila kita menggunakan DFT, maka kompleksitas transformasi kita adalah sebesar  $O(N^2)$ , sementara dengan menggunakan FFT, selain waktu *transformasi* yang lebih cepat, kompleksitas transformasi pun menurun, menjadi  $O(N \log(N))$ . Untuk jumlah sample yang sedikit mungkin perbedaan

kompleksitas tidak begitu terasa, namun lain ceritanya bila kita mengambil jumlah sample yang sedikit lebih banyak.

Misalnya kita hanya mengambil 2 sample, dengan menggunakan DFT, tingkat kompleksitas transformasi kita adalah 4, sementara dengan menggunakan FFT kompleksitasnya sebesar 0,602. Perbedaan yang semakin mencolok tampak bila kita mengambil jumlah *sample* yang lebih banyak lagi, misalnya kita ingin meninjau 64 titik *sample*, maka kompleksitas dengan menggunakan DFT adalah sebesar 4096, sementara dengan menggunakan FFT kompleksitasnya menjadi 115,6. Perbedaan yang sangat mencolok melihat perbandingan yang mencapai hampir 40 kali lipatnya. Kompleksitas transformasi ini terutama menjadi vital saat diimplementasikan pada perangkat riil[7]. Komplek komputasi ditunjukkan pada Gambar 2.9



**Gambar 2. 9** Komplek Komputasi

Secara umum, terdapat dua buah pendekatan yang dijalankan dalam algoritma FFT. Pendekatan tersebut yaitu *Decimation in Time* (DIT) serta pendekatan *Decimation in Frequency* (DIF) [8].

Domain waktu diskrit (Periode) didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan sebuah isyarat atau gelombang untuk mencapai suatu gelombang penuh dan dapat menentukan nilai periodesitasnya. Perlu dicermati bahwa pengertian ini berlaku untuk isyarat monokromatis, isyarat yang dimaksud adalah gelombangnya bersifat tunggal, pasti memiliki sebuah priode. Dengan demikian isyarat itu dikenal dengan istilah priodis, pengamatan dapat dilakukan dengan memantau

gelombang kita dapat mengetahui nilai nilai yang terkandung dalam isyarat serta periodenya[9].

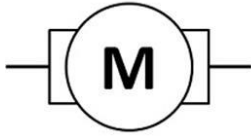
Domain frekuensi yang diartikan sebagai jumlah gelombang yang terjadi dalam 1 detik. Frekuensi didefinisikan secara sederhana sebagai kebalikan dari waktu. Sehingga waktu yang satuannya adalah detik (second) akan menjadi Hertz (1-per second) hanya akan memiliki tepat satu nilai *spektrum*. Yang dikenal dengan spektrum frekuensi. Pengertian frekuensi ini juga berlaku untuk gelombang *monokromatis*[10].

### **2.13 Motor DC 24 Volt[11]**

Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti *Vibrator* Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

Motor Listrik DC atau DC Motor ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Motor Listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor Listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan yang diberikan ke Motor Listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan operasional yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya akan menjadi rusak. Betuk fisik motor DC ditunjukkan pada Gambar 2.10

**Simbol Motor DC**



**Bentuk Motor DC**



**Gambar 2. 10 Motor DC 24 Volt**

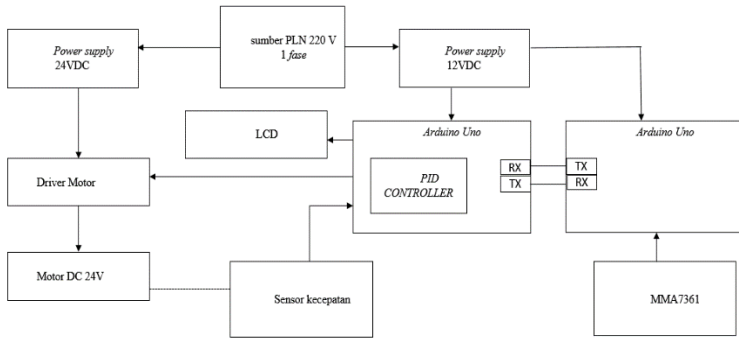
1

-----Halaman ini sengaja dikosongkan---

## BAB III PERANCANGAN ALAT

### 3.1 Cara Kerja Sistem Secara Umum

Pada perancangan dan pembuatan Proyek Akhir yang berjudul “*Monitoring Alat Getaran Menggunakan Accelero*” ini akan dijelaskan blok diagram dari perancangan sistem alat yang akan dibuat secara umum pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram Fungsional Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* Secara Umum

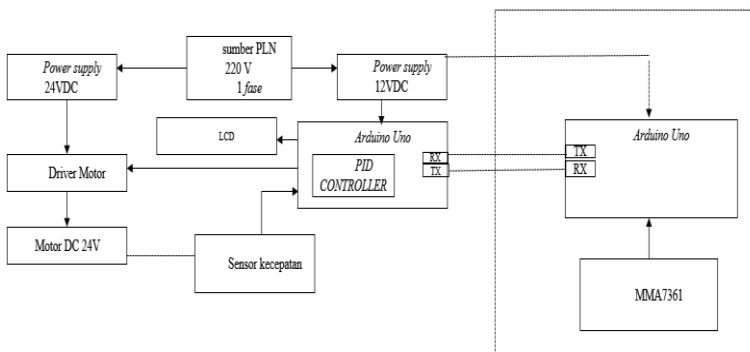
Sumber awal menggunakan sumber 220VAC yang dirubah menjadi tegangan DC dalam 2 *power supply adaptor switch*, yang pertama *power supply adaptor switch* dengan keluaran 24VDC 10A yang akan menjadi masukan motor 24V, yang kedua *power supply adaptor switch* dengan keluaran 12VDC yang menjadi masukan *Arduino Uno*.

Getaran yang timbul pada alat ini dihasilkan oleh manipulasi motor, dan kemudian hasil getaran motor akan diterima oleh *spring* tekan yang akan melanjutkan getaran menuju tempat pengujian alat yang berupa plat besi. Pada bagian bawah plat besi terdapat 2 sensor yakni sensor MMA7361 untuk mengambil data percepatan getaran yang terjadi pada plat besi, dan sensor *optocoupler* untuk menghitung *rotation per minute* (RPM). Data percepatan dan (RPM) yang diterima oleh sensor kemudian diolah dalam mikrokontroler *Arduino Uno*, hasil dari sensor MMA7361 yang berupa percepatan akan dikonversi menjadi getaran dengan satuan *hertz* (Hz) dan akan ditampilkan pada (LCD)

Adapun tampilan (LCD) yang disajikan diantaranya adalah nilai getaran yang dihasilkan oleh alat dan nilai KP, KI, KD, serta *set point* yang diatur sesuai yang diinginkan untuk pengujian alat.

### 3.1.1 Cara Kerja Sistem Secara Khusus

Pada perancangan dan pembuatan Proyek Akhir yang berjudul “*Monitoring Alat Getaran Menggunakan Accelero*” ini akan dijelaskan blok diagram dari perancangan sistem alat yang akan dibuat pada Gambar 3.2



**Gambar 3. 2** Diagram Fungsional Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* Secara Khusus

Setelah timbul getaran sensor MMA7361 mengeluarkan tegangan yang diolah *Arduino Uno* dengan metode *Fast Fourir Transform* (FFT).

Cara kerja metode FFT adalah *arduino uno* akan mengambil *sampling* data sebanyak 2 pangkat N, kemudian *sampling* tersebut diolah untuk mencari *fundamental* frekuensi, atau kenaikan tertinggi *magnitude* tegangan. Hasil *fundamental* frekuensi dikirim menuju *arduino* yang lain menggunakan komunikasi serial dan akan ditampilkan pada LCD.

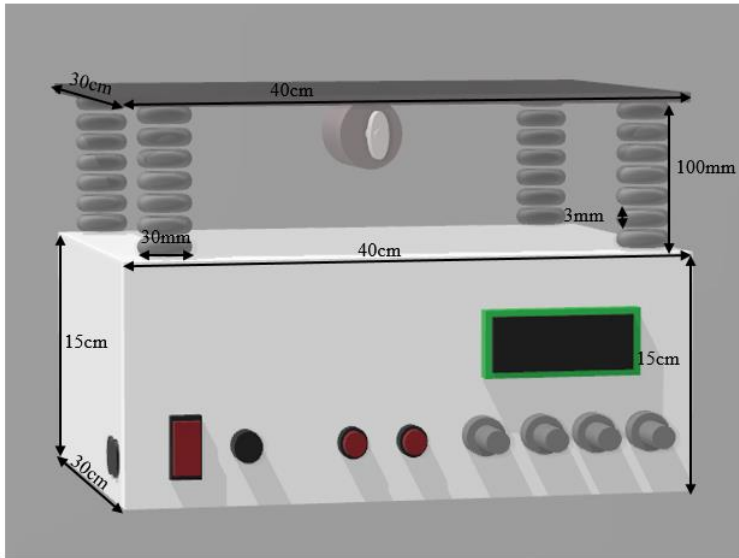
### 3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan *hardware* pada Proyek Akhir ini terdiri dari perancangan *prototype* alat uji getaran dengan menggunakan sensor MMA7361 sebagai sensor percepatan dan pengaturan kecepatan motor untuk menghasilkan getaran. Pada Proyek Akhir ini, penulis berfokus pada alat uji getaran.



### 3.2.1 Perancangan *Prototype*

Perancangan *prototype* Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* mempunyai batasan beban sebesar 5Kg. Perancangan desain dibuat menggunakan *software sketchup*, Adapun desain yang dibuat sedemikian rupa dengan tujuan menyesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan. Bentuk desain sesuai Gambar 3.3



**Gambar 3. 3** Perancangan *Prototype*

Rancangan *prototype* pada Gambar 3.3 menggunakan akrilik dengan ketebalan 5mm untuk menguatkan kerangka alat dengan ukuran 40cm x 30cm x 15cm. Plat besi dengan ketebalan 1mm dan ukuran 30cm x 40cm. pegas yang digunakan menggunakan bahas besi dengan ketebalan 3mm dan diameter dalam 30mm serta tinggi pegas tekan 100mm, sedangkan motor DC yang digunakan mempunyai tegangan input 24V dengan timbal beban untuk membuat getaran pada alat ini. Sensor Optocoupler dan sensor MMA7361 diletakkan dibawah plat besi.

Spesifikasi alat uji getaran :

Volume Modul : P x L x T

Panjang : 40 cm

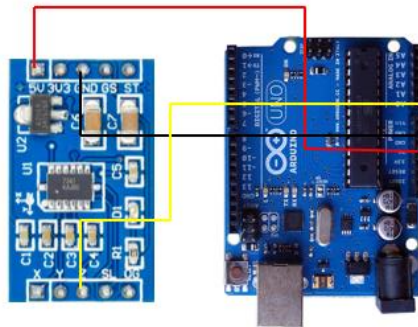
Lebar : 30 cm  
Tinggi : 15 cm  
:  $40 \times 30 \times 15 = 18,000 \text{ cm}^3$

Dimensi Plat Uji : P x L  
Panjang : 40 cm  
Lebar : 30cm  
:  $120 \text{ cm}^2$

Ukuran Pegas : dl x tebal x T  
dl : 30 mm  
Tebal : 3 mm  
Tinggi : 100 mm

### 3.2.2 Wiring Diagram

Dalam melakukan perancangan Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* dibutuhkan komponen elektronika yang digunakan untuk mendapatkan data hasil pengujian. *Wiring* diagram ditunjukkan pada Gambar 3.4

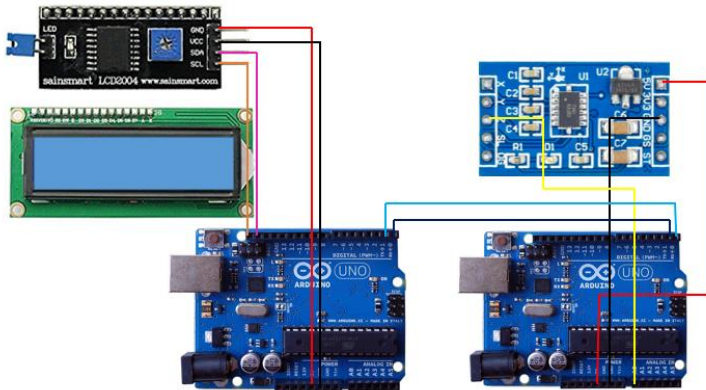


Gambar 3. 4 *Wiring* Diagram Sensor MMA7361

Gambar 3.4 adalah *wiring* diagram sensor MMA7361 dengan mikrokontroler arduino, *wiring* sensor hanya 3 pin *arduino* yang pertama VCC menggunakan 5V kemudia pin 2 GND dan terakhir pin 3 adalah pin A0 (*Analog input*) yang tersambung dengan sumbu Z pada sensor MMA7361 karena hanya menggunakan 1 sumbu.

Setelah hasil getaran dalam satuan Herzt telah didapat kemudian dikirim menuju arduino selanjutnya yang akan menampilkan nilai getaran

dengan satuan Herzt pada LCD. Gambar rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.5



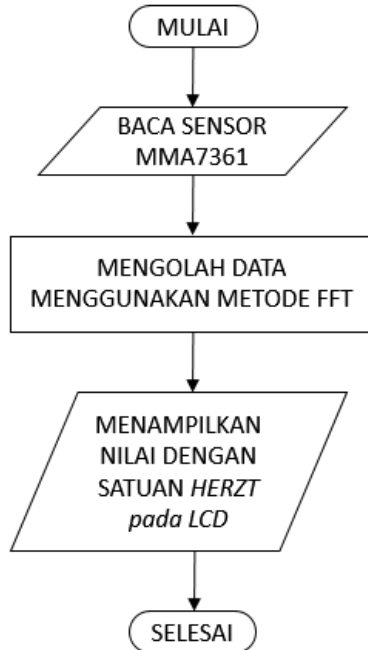
**Gambar 3.5** *Wiring* Diagram Komunikasi Serial

Gambar 3.5 menunjukkan *wiring* komunikasi serial antar *arduino* yang menggunakan pin TX dan RX, pin TX *arduino* sensor disambung dengan pin RX *arduino* LCD dan pin RX *arduino* sensor disambung dengan pin TX *arduino* yang digunakan untuk LCD.

Pin TX dan Pin RX berarti masing-masing TX sebagai *Transmitter* dan RX sebagai *Receiver*, menjadikan kedua kontroler *arduino* dapat berkomunikasi satu sama lainnya.

### 3.3 Perancangan Software

Perancangan *software* ini dibuat agar alat uji getaran ini dapat bekerja sesuai dengan tujuan pengerjaan Proyek Akhir Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelerometer*. Selain berbagai macam mekanik dan rangkaian yang dibutuhkan untuk membentuk suatu alat uji getaran juga diperlukan pemrograman pada *arduino uno* sebagai penerima data. Adapun sebelum memulai *programming* maka disusunlah *flowchart* program secara keseluruhan dari kerja sistem, dari awal memulai sistem tersebut hingga akhir (selesai). *Flowchart* ini akan menggambarkan alur pemrograman pada alat uji getaran. Berikut *flowchart* program alat uji getaran dari pengerjaan Proyek Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.6



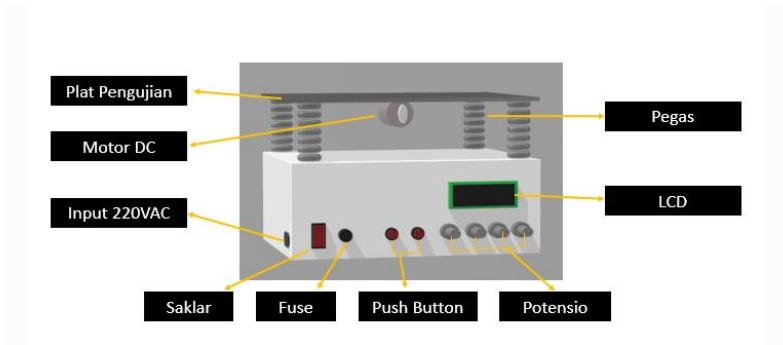
**Gambar 3. 6** *Flowchart* Sistem Kerja Alat

Dari perancangan *flowchart* yang telah dibuat seperti pada Gambar 3.6 dapat diketahui bahwa sistem dimulai dengan pembacaan sensor MMA7361 untuk mengetahui nilai ADC kemudian diolah *arduino* dengan pengambilan *sampling* data sebanyak  $2^N$  dalam waktu per *millisecond* untuk mencari nilai frekuensi yang diambil dari *magnitude* tertinggi yang kemudian diolah menjadi hasil nilai frekuensi. Setelah hasil diperoleh dalam satuan Hertz akan ditampilkan pada LCD.

### 3.4 Perancangan Mekanik

Pada pengerjaan Proyek Akhir ini, setelah berbagai macam rangkaian yang telah disebutkan di atas telah dikerjakan, langkah selanjutnya yakni membuat perancangan mekanik yang sesuai dengan pengerjaan Proyek Akhir ini. Adapun mekanik yang dibuat sedemikian rupa dengan tujuan menyesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan. Adapun desain mekanik yang telah dibuat yakni modul alat uji getaran

yang telah menyatu dengan tempat pengujian getaran ditunjukkan pada Gambar 3.7



**Gambar 3. 7** Perancangan Alat Uji Getaran

Dari Gambar 3.7 ditunjukkan rancangan Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* beserta ukuran dari mekanik yang akan dibuat. Ukuran tersebut di desain sedemikian rupa agar menghasilkan mekanik Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero*. Komponen-komponen yang digunakan pada Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* diletakkan sesuai dengan fungsinya agar dapat digunakan dengan mudah. Setelah melakukan proses perancangan Alat tersebut, selanjutnya merupakan proses pembuatan. Pembuatan mekanik Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* mengacu pada perancangan mekanik yang telah dibuat.

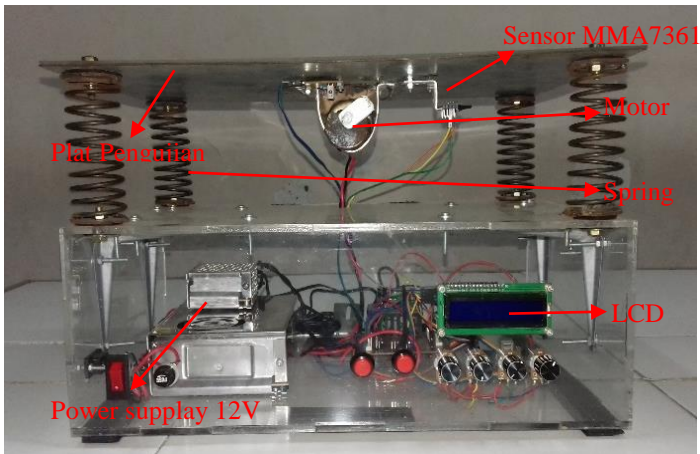
Desain mekanik terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 5mm, sehingga modul alat uji getaran kuat menahan beban getaran yang dihasilkan dan beban yang akan diuji. Bentuk fisiknya juga terdapat bagian yang ditunjukkan untuk pegas tekan dan motor DC yang diletakkan ditengah plat pengujian untuk menghasilkan getaran. Berikut adalah bentuk fisik dari mekanik yang telah dibuat. Perancangan mekanik yang telah dibuat ini secara keseluruhan pada akhirnya didapatkan desain yang baik dan tidak terkesan hanya sebatas sebagai alat untuk pengerjaan Proyek Akhir saja tetapi juga dapat langsung diterapkan pada kehidupan sehari-hari. Walaupun masih perlu adanya penyempurnaan dikemudian hari.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Realisasi Alat

Pada pengerjaan Proyek Akhir ini, setelah berbagai macam rangkaian yang telah disebutkan di atas telah dikerjakan, langkah selanjutnya yakni merealisasikan alat yang sesuai dengan perancangan Proyek Akhir ini. Adapun mekanik yang dibuat sedemikian rupa dengan tujuan menyesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan. Adapun desain yang telah dibuat yakni modul alat uji getaran yang telah menyatu dengan tempat pengujian getaran. Realisasi alat dapat dilihat pada Gambar 4.1



**Gambar 4. 1** Realisasi Alat

Pada Gambar 4.1 adalah gambar realisasi alat yang telah dibuat sesuai rancangan desain. Berikut bagian-bagian dari monitoring alat getaran menggunakan *accelero*, yang pertama adalah rangka yang dibuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 5mm. Kedua adalah tinggi *spring* tekan 10cm dengan tebal 3cm untuk menopang plat pengujian dengan luas 40x30cm dengan ketebalan 1mm. Sensor MMA7361 ditempatkan dibawah plat pengujian untuk menghitung nilai getaran yang terjadi dan nantinya tampil pada LCD (*Liquid Cristal Display*).

## 4.2 Pengujian Sensor MMA7361

Sensor MMA7361 perlu dilakukan pengambilan data saat diam untuk mengetahui titik nol dalam penentuan saat konversi ADC menjadi getaran ditulis pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Hasil Pengukuran Awal Hasil Nilai Percepatan Sensor MMA7361

NO	Nilai ADC	NILAI TEGANGAN (V)
	Sumbu Z	Sumbu Z
1	36	0,175953
2	35	0,171065
3	35	0,171065
4	35	0,171065
5	35	0,171065
6	36	0,175953
7	36	0,175953
8	36	0,175953
9	36	0,175953
10	35	0,171065
11	36	0,175953
12	37	0,180841
13	37	0,180841
14	38	0,185728
15	36	0,175953
16	37	0,180841
17	36	0,175953
18	37	0,180841
19	37	0,180841
20	36	0,175953
RATA- RATA		0,176468

Pada Tabel 4.1 diperoleh hasil pengukuran sensor MMA7361 dalam keadaan diam menunjukkan bahwa sensor MMA7361 mengeluarkan tegangan rata-rata 0,176468 yang akan digunakan sebagai titik awal untuk mendapatkan nilai getaran dalam metode FFT.

## 4.3 Pengujian Sensor *Accelerometer National Instrument*

Hasil pengujian sensor *accelerometer* dilakukan pada *Laboratorium* Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sebagai data awal yang akan diolah untuk dijadikan data pembandingan dengan data yang dihasilkan oleh sensor MMA7361.

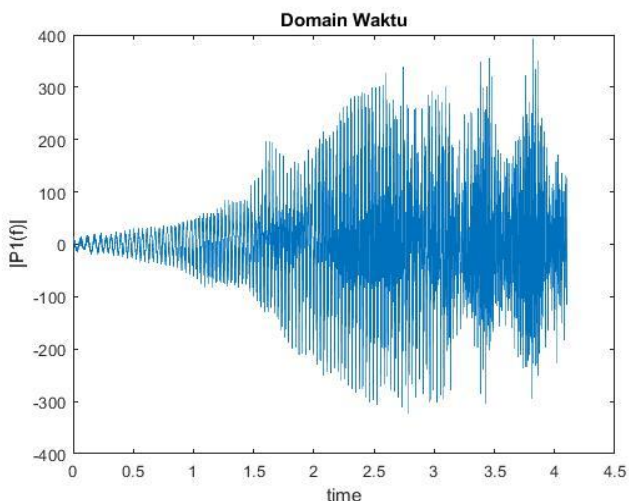


pengukuran hanya dilakukan pada sumbu Z, hasil pengambilan data sensor *accelerometer national instrument* ditulis pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran Sensor *Accelerometer National Instrument*

NO	Hasil Nilai ADC
	Sumbu Z
1	7,077,251
2	7,046,860
3	7,049,763
4	7,083,293
5	7,094,312
6	7,142,770
7	7,226,061
8	7,377,833
9	7,548,622
10	7,811,765
11	8,159,029
12	8,546,991
13	8,997,214
14	9,509,934
15	9,800,506
16	9,055,861
17	8,307,603
18	7,579,130
19	6,874,354
20	6,283,259
21	5,834,932
22	5,468,948
23	5,190,639
24	4,996,984
25	4,860,970
26	4,725,074
27	4,626,617
28	4,560,446
29	4,504,464
30	4,432,073
tabel lengkap pada lampiran	

Pada Tabel 4.2 diperoleh hasil pengukuran dari sensor *Accelerometer*. Pengujian dilakukan pada sumbu Z dengan mengambil hasil pengukuran sebanyak 1000 data dalam waktu 4 detik. Dari Tabel 4.2 diperoleh Gambar hasil pengukuran terhadap waktu seperti pada Gambar 4.1



**Gambar 4. 2** Hasil Pengukuran Sensor *Accelerometer* Terhadap Waktu

Gambar 4.2 diperoleh dengan merubah Tabel 4.2 yang berupa tabel hasil ADC sensor *accelero national instrument*, pengambilan data dilakukan dengan cara menaikkan kecepatan motor dari 0-2322 RPM selama 4 detik untuk mengambil sebanyak 1000 data.

Gambar 4.2 menunjukkan grafik perubahan nilai simpangan terhadap waktu, data perubahan nilai simpangan terhadap waktu ditunjukkan pada tabel 4.3

**Tabel 4.3** Tabel Perubahan Nilai Simpangan Terhadap Waktu

Waktu	Simpangan ( $10^{-2}$ ) m	Waktu	Simpangan ( $10^{-2}$ ) m
0,01	-1,76	0,02	1,76
0,03	-3,52	0,04	3,52
0,05	-5,28	0,06	5,28
0,07	-7,04	0,08	7,04
0,09	-8,8	0,1	8,8

Waktu	Simpangan	Waktu	Simpangan
0,11	-10,56	0,12	10,56
0,13	-12,32	0,14	12,32
0,15	-14,08	0,16	14,08
0,17	-15,84	0,18	15,84
0,19	-17,6	0,2	17,6
0,21	-19,36	0,22	19,36
0,23	-21,12	0,24	21,12
0,25	-22,88	0,26	22,88
0,27	-24,64	0,28	24,64
0,29	-26,4	0,3	26,4
0,31	-28,16	0,32	28,16
0,33	-29,92	0,34	29,92
0,35	-31,68	0,36	31,68
0,37	-33,44	0,38	33,44
0,39	-35,2	0,4	35,2
0,41	-36,96	0,42	36,96
0,43	-38,72	0,44	38,72
0,45	-40,48	0,46	40,48
0,47	-42,24	0,48	42,24
0,49	-44	0,5	44
RATA-RATA		3,91	
tabel lengkap pada lampiran			

Pada Tabel 4.3 diperoleh hasil simpangan terhadap waktu yang terjadi saat pengujian menggunakan sensor *accelerometer national instrument*. Pengujian dilakukan dengan cara menaikkan kecepatan motor dari 0-2400 RPM selama 4,16 detik.

Kenaikan simpangan paling tinggi 3,89 cm dan paling rendah -320,86 cm, dan rata-rata nilai perubahan simpangan yang terjadi sebesar 3,91.

#### 4.4 Pengambilan Data Pada Saat RPM Motor 2322 RPM

Pengujian sensor MMA7361 ini dilakukan yakni dengan menguji keluaran ADC pada sumbu Z sensor, data diperoleh pada saat motor dalam keadaan RPM maksimal. Hasil pengambilan data sensor MMA7361 terhadap RPM maksimal ditulis pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Tabel Hasil Pengukuran Sensor MMA7361 Pada Saat Motor 2322 RPM

NO	HASIL NILAI ADC	NILAI TEGANGAN (V)
	sumbu Z	Sumbu Z
1	39	0,19043
2	42	0,205078
3	47	0,229492
4	49	0,239258
5	51	0,249023
6	51	0,249023
7	49	0,239258
8	49	0,239258
9	44	0,214844
10	40	0,195313
11	36	0,175781
12	27	0,131836
13	23	0,112305
14	16	0,078125
15	11	0,053711
16	7	0,03418
17	1	0,004883
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	3	0,014648
28	8	0,039063
29	15	0,073242
30	19	0,092773
RATA-RATA		0,102051

Pada Tabel 4.3 diperoleh hasil pengukuran dari sensor MMA7361 pada kecepatan maksimal 2322 RPM untuk mengetahui respon sensor terhadap perubahan getaran. Pada Tabel 4.4 dapat diperoleh hasil pengukuran paling tinggi adalah 51 dengan tegangan 0,249023 V.

Tegangan rata-rata yang diperoleh dari Tabel 4.4 adalah 0,102 V pada saat motor berada dalam kecepatan maksimal.

#### 4.5 Pengambilan Hasil Data Frekuensi Sensor MMA7361

Pengambilan data frekuensi dilakukan untuk menjadi bukti pengujian, pengambilan data ini dilakukan tanpa beban dalam keadaan motor dari keadaan diam sampai RPM maksimal yang terjadi pada sumbu Z. Hasil frekuensi yang didapat kemudian dibandingkan dengan hasil frekuensi sensor *Accelerometer National Instrument* untuk mengetahui nilai eror dari pembacaan sensor MMA7361. Hasil pengambilan data frekuensi sensor MMA7361 dan perbandingan data frekuensi sensor *Accelerometer National Instrument* serta nilai eror yang telah dihitung kemudian ditulis pada Tabel 4.5

**Tabel 4.5** Hasil Pengukuran Sensor MMA7361 Terhadap RPM Maksimal

No	Nilai Frekuensi Sensor MMA7361 (Hz)	Nilai Frekuensi Sensor <i>Accelerometer National Instrument</i>	Error (%)
1	0	0	0
2	46	43,47826	5,8
3	83	86,95652	4,55
4	131	130,4348	0,43333
5	180	173,913	3,5
6	210	217,3913	3,4
7	266	260,8696	1,96667
8	302	304,3478	0,771429
9	350	347,8261	0,625
10	390	391,3043	0,333333
11	430	434,7826	1,1
12	520	521,7391	0,333333
13	566	565,2174	0,13846
14	610	608,6957	0,21429
15	655	652,1739	0,43333
16	699	695,6522	0,48125
17	741	739,1304	0,25294
18	783	782,6087	0,05
19	830	826,087	0,47368
20	870	869,5652	0,05
21	889	888,884	0,01305
22	981	956,5217	2,5591
RATA-RATA			1,224392

Pada Tabel 4.5 diperoleh hasil frekuensi dari sensor MMA7361 mulai 0 sampai 2322 RPM diperoleh hasil getaran minimal 0 Hz dan getaran maksimal 1000 Hz yang dibandingkan dengan pembacaan sensor *Accelerometer National Instrument* untuk mengetahui nilai *error*.

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus  $\frac{b-a}{b} * 100\%$  maka diperoleh nilai *error* sensor yang paling besar 5,8% dan nilai *error* paling kecil sebesar 0,01% dengan rata-rata nilai *error* sebesar 1,22%.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Setelah melakukan perencanaan, perancangan, pembuatan, dan pengujian alat maka dapat mengambil kesimpulan dan memberikan saran demi menyempurnakan Proyek Akhir ini.

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil dari perancangan alat serta pengukuran dari pembuatan Alat Uji Getaran Menggunakan Sensor dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dibuat Monitoring Alat Getaran Menggunakan *Accelero* menggunakan algoritma Fast Fourier Transform (FFT) yang nantinya bisa digunakan untuk mengetahui frekuensi getaran.
2. Hasil pembacaan maksimal sebesar 1000 Hz dan memiliki rata-rata nilai *error* dengan data pembanding sebesar 1,22%

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan dan penyempurnaan pembuatan Alat Uji Getaran Menggunakan Sensor, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor *accelerometer* yang lebih sensitiv. Dikarenakan pengambilan data sensor merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam pemrosesan sistem
2. Dalam peletakan sensor sangat disarankan untuk mengitung titik rata untuk menghindari kemiringan yang tidak diinginkan sehingga nilai pembacaan tidak mengalami perubahan nilai yang drastis.
3. Menggunakan *Human Machine Interface* untuk mengeluarkan data vibrasi yang diukur agar mempermudah untuk pembacaan hasil vibrasi

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BROCH, J.T. **Mechanical Vibration and Shock**. Brüel & Kjær. Nærum.Denmark, 1984.
- [2] Suwandi, A. **Pengukuran Getaran Lingkungan**. Puslit Metrologi-LIPI, 2016.
- [3] Endevo, **Practical understanding of key accelerometer specifications**. Technical Papers TP 328.Meggitt. San Juan Capistrano, 2013.
- [4] AJIE, **Komunikasi Serial Sinkron I2C dengan Arduino**. [Online] di : <http://saptaji.com/2015/07/24/komunikasi-serial-sinkron-i2c-iictwi-denganarduino/>, 2015.
- [5] M. Banzi, **Getting Started with Arduino**, California: O'Reilly, 2008.
- [6] D. H. Titterton, J. L. Weston, **Strapdown Inertial Navigation Technology**, Peregrinus, Ltd. London, 1997.
- [7] B Susetyo Bagas S dan Altedzar Riedho W.D, Aplikasi Pengenalan Gender Menggunakan Suara, **Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012 (SNATI 2012)**, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111, Universitas Widyatama, Yogyakarta, 2012,
- [8] Lyons, Richard G. **Understanding Digital Signal Processing**. Prentice Hall PTR, 1997.
- [9] Rinaldi Adi, Hendra, Derry Alamsyah, Pengenalan Gender Melalui Suara dengan Algoritma Support Vector Machine (SVM), **Tugas Akhir**, Program Studi Teknik Informatika, STMIK GI MDP Palembang, 2014.
- [10] Roger S. Pressman, **Software Engineering**, 2010.
- [11] Lyons, Richard G. **Understanding Digital Signal Processing**. Prentice Hall PTR, 1997.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Moch Ilmal Yaqin  
TTL : Gresik, 29 Oktober 1997  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Jl. Sekolah, RT 08 RW 02,  
Sukorejo. Kec. Bungah.  
Kab.Gresik  
Telp/HP : 083850215570  
E-mail : qiqinyeee@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 - 2009 : MI MA'ARIF NU ASSA'ADAH
2. 2009 - 2012 : MTS MA'ARIF NU ASSA'ADAH 1
3. 2012 - 2015 : SMA ASSA'ADAH
4. 2015 - Sekarang : Departemen Teknik Elektro Otomasi-  
Fakultas Vokasi (FV) –  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
(ITS)

### PENGALAMAN KERJA :

- Kerja Praktek PT. TOYOTA MOTOR MANUFACTURING  
INDONESIA

### PENGALAMAN ORGANISASI :

- Anggota Karang Taruna Ds. Sukorejo Kec. Bungah Kab. Gresik
- Staff IARC 2016
- Staff IARC 2017

## LAMPIRAN A

### LISTING PROGRAM

```
#include <Wire,h>
//#include <LCD,h>
#include <LiquidCrystal_I2C,h>
#include <SoftwareSerial,h>
#include <arduinoFFT,h>
int a, b;
//LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7); // 0x3F is the I2C bus
address for an unmodified backpack
arduinoFFT FFT = arduinoFFT(); // bikin FFT object

// Voltage Reference: AVCC pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) | (0<<ADLAR))

const uint16_t samples = 64; //harus selalu 2 pangkat N
const double samplingFrequency = 10000,0 / 2,0; // frekuensi sampling ADC
100us atau 10KHz --> f = 1/T
volatile byte buffer_full = 0; // flag buffer full untuk menandakan sampel data
telah terisi penuh
volatile byte index = 0; // untuk index sampel data

double vReal[samples]; // input dan output vectors
double vImag[samples]; // Input vectors untuk bagian imajiner

volatile unsigned long delta; // untuk mengetahui timing waktu antar konversi
ADC
volatile unsigned long sampleTime = 0;
char str[4];
unsigned long previousMillis = 0;

void setup() {
  SREG &= ~0x80; // Global interrupt enable flag
  |
  Serial,begin(9600);

  // Timer/Counter 1 initialization
  // Clock source: System Clock
  // Clock value: 16000,000 kHz
  // Mode: CTC top=OCR1A
  // OC1A output: Disconnected
  // OC1B output: Disconnected
```

```

// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer Period: 0,1 ms atau 100us
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: On
TCCR1A = (0 << COM1A1) | (0 << COM1A0) | (0 << COM1B1) | (0 <<
COM1B0) | (0 << WGM11) | (0 << WGM10);
TCCR1B = (0 << ICNC1) | (0 << ICES1) | (0 << WGM13) | (1 << WGM12) |
(0 << CS12) | (0 << CS11) | (1 << CS10);
TCNT1H = 0x00;
TCNT1L = 0x00;
ICR1H = 0x00;
ICR1L = 0x00;
OCR1AH = 0x06;
OCR1AL = 0x3F;
OCR1BH = 0x00;
OCR1BL = 0x00;

// Timer/Counter 1 Interrupt(s) initialization
TIMSK1 = (0 << ICIE1) | (1 << OCIE1B) | (0 << OCIE1A) | (0 << TOIE1);

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 125,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: Timer1 Compare Match B
// Digital input buffers on ADC0: On, ADC1: On, ADC2: On, ADC3: On
// ADC4: Off, ADC5: Off
DIDR0 = (1 << ADC5D) | (1 << ADC4D) | (0 << ADC3D) | (0 << ADC2D) |
(0 << ADC1D) | (0 << ADC0D);
ADMUX = ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA = (1 << ADEN) | (0 << ADSC) | (1 << ADIF) | (0 << ADIF) | (1
<< ADIF) | (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 << ADPS0);
ADCSRB = (1 << ADTS2) | (0 << ADTS1) | (1 << ADTS0);

SREG |= 0x80; // Global interrupt enable flag

// activate LCD module
// lcd,begin (16, 2); // for 16 x 2 LCD module
// lcd,setBacklightPin(3, POSITIVE);
// lcd,setBacklight(HIGH);
//

```

```

// lcd.home(); // set cursor to 0,0
// lcd.print("FFT");

}

void loop() {
  while (buffer_full != 1); // tunggu hingga buffer penuh
  FFT,Windowing(vReal, samples, FFT_WIN_TYP_HAMMING,
  FFT_FORWARD); // set mode windowing
  FFT,Compute(vReal, vImag, samples, FFT_FORWARD); // kalkulasi FFT
  FFT,ComplexToMagnitude(vReal, vImag, samples); // Hitung magnitude
  double fundamental_freq = FFT,MajorPeak(vReal, samples,
  samplingFrequency); // ambil fundamental frekuensi
  buffer_full = 0; // set buffer_full flag kembali ke 0
  index = 0; // reset index buffer
  b = fundamental_freq;

  a++;
  if (a > 10)
  {
    Serial.print("|"); Serial.print(b);
    Serial.print("|"); Serial.print("a");
    Serial.print("|"); Serial.print("a");
    Serial.print("|"); Serial.print("a");
    Serial.print("|"); Serial.print("a");
    Serial.print("|"); Serial.print("a");
    Serial.println();
    a = 0;
  }
  unsigned long currentMillis = millis();
  if (currentMillis - previousMillis >= 350) {
    previousMillis = currentMillis;

    // lcd.setCursor(0, 0);
    // lcd.print("Freq=");
    // lcd.print(fundamental_freq);
    // lcd.print(" ");

  }

  // Serial.println(delta);
}

ISR(ADC_vect) // Interrupt service routine untuk ADC

```

```

{
// unsigned long current_time = micros(); // waktu saat ini
// delta = current_time - sampleTime; // jeda waktu antar konversi ADC
// sampleTime = current_time; // set waktu sekarang jadi waktu sampleTime

if (index < samples) // jika buffer belum penuh maka tampung data
{
double vol_data = (double)ADCW * 5,0 / 1024; //convert analog_x--
>voltage value(v)
vReal[index] = vol_data; // tampung data adc ke dalam buffer data untuk
nantinya di olah oleh FFT
vImag[index] = 0,0; //data imajiner harus di set 0,0 untuk menghindari
kesalahan kalkulasi atau overflow
index++; // increment index buffer
}
else {
buffer_full = 1; // jika buffer sudah penuh maka variabel buffer_full di set 1
yang menandakan saatnya memproses perhitungan FFT
}

TIFR1 |= _BV(OCF1B); // clear Compare Match B interrupt agar konversi
ADC berikutnya dapat berjalan
}

ISR(TIMER1_COMPB_vect) // Timer 1 Interrupt service Routine
{
// ADCSRA |= 0x40;
}

```

**Lanjutan Tabel 4,2**

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
1	0,0016	7,206453	40	0,064	11,78332
2	0,0032	7,118126	41	0,0656	11,23334
3	0,0048	7,089987	42	0,0672	10,55866
4	0,0064	7,077251	43	0,0688	9,800506
5	0,008	7,04686	44	0,0704	9,055861
6	0,0096	7,049763	45	0,072	8,307603
7	0,0112	7,083293	46	0,0736	7,57913
8	0,0128	7,094312	47	0,0752	6,874354
9	0,0144	7,14277	48	0,0768	6,283259
10	0,016	7,226061	49	0,0784	5,834932
11	0,0176	7,377833	50	0,08	5,468948
12	0,0192	7,548622	51	0,0816	5,190639
13	0,0208	7,811765	52	0,0832	4,996984
14	0,0224	8,159029	53	0,0848	4,86097
15	0,024	8,546991	54	0,0864	4,725074
16	0,0256	8,997214	55	0,088	4,626617
17	0,0272	9,509934	56	0,0896	4,560446
18	0,0288	10,08504	57	0,0912	4,504464
19	0,0304	10,6083	58	0,0928	4,432073
20	0,032	11,11806	59	0,0944	4,39256
21	0,0336	11,6931	60	0,096	4,464537
22	0,0352	12,33556	61	0,0976	4,628513
23	0,0368	12,93471	62	0,0992	4,82507
24	0,0384	13,47385	63	0,1008	5,099351
25	0,04	13,97532	64	0,1024	5,531624
26	0,0416	14,39805	65	0,104	5,978589
27	0,0432	14,71724	66	0,1056	6,416904
28	0,0448	14,92114	67	0,1072	6,8926
29	0,0464	15,00224	68	0,1088	7,351886
30	0,048	14,97522	69	0,1104	7,810995
31	0,0496	14,82458	70	0,112	8,30624
32	0,0512	14,6189	71	0,1136	8,769081
33	0,0528	14,37074	72	0,1152	9,230678
34	0,0544	14,06382	73	0,1168	9,712712
35	0,056	13,76027	74	0,1184	10,23444
36	0,0576	13,43321	75	0,12	10,81398
37	0,0592	13,09069	76	0,1216	11,3626
38	0,0608	12,74402	77	0,1232	11,85192
39	0,0624	12,3044	78	0,1248	12,25339



No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
79	0,1264	12,58679	119	0,1904	8,655933
80	0,128	12,80349	120	0,192	9,111547
81	0,1296	12,82162	121	0,1936	9,57344
82	0,1312	12,7356	122	0,1952	10,03403
83	0,1328	12,63383	123	0,1968	10,43787
84	0,1344	12,48241	124	0,1984	10,80409
85	0,136	12,32472	125	0,2	11,16652
86	0,1376	12,13076	126	0,2016	11,49257
87	0,1392	11,8909	127	0,2032	11,71537
88	0,1408	11,5796	128	0,2048	11,79695
89	0,1424	11,17659	129	0,2064	11,79209
90	0,144	10,67803	130	0,208	11,7325
91	0,1456	10,10612	131	0,2096	11,62806
92	0,1472	9,470303	132	0,2112	11,51911
93	0,1488	8,80812	133	0,2128	11,40816
94	0,1504	8,111104	134	0,2144	11,31414
95	0,152	7,382513	135	0,216	11,25704
96	0,1536	6,67365	136	0,2176	11,17653
97	0,1552	5,994287	137	0,2192	11,11285
98	0,1568	5,349284	138	0,2208	10,97517
99	0,1584	4,739943	139	0,2224	10,7407
100	0,16	4,194996	140	0,224	10,45552
101	0,1616	3,749512	141	0,2256	10,05097
102	0,1632	3,430032	142	0,2272	9,491215
103	0,1648	3,236376	143	0,2288	8,85024
104	0,1664	3,147161	144	0,2304	8,181303
105	0,168	3,183238	145	0,232	7,495721
106	0,1696	3,343127	146	0,2336	6,742664
107	0,1712	3,616341	147	0,2352	5,967392
108	0,1728	3,971069	148	0,2368	5,237261
109	0,1744	4,360512	149	0,2384	4,501265
110	0,176	4,761506	150	0,24	3,80188
111	0,1776	5,208589	151	0,2416	3,169732
112	0,1792	5,65271	152	0,2432	2,594631
113	0,1808	6,08522	153	0,2448	2,118817
114	0,1824	6,508607	154	0,2464	1,794538
115	0,184	6,928795	155	0,248	1,66036
116	0,1856	7,351649	156	0,2496	1,668772
117	0,1872	7,804834	157	0,2512	1,783875
118	0,1888	8,225082	158	0,2528	2,057444

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
159	0,2544	2,48095	199	0,3184	4,793851
160	0,256	2,977558	200	0,32	4,107143
161	0,2576	3,506866	201	0,3216	3,460718
162	0,2592	4,005843	202	0,3232	2,88467
163	0,2608	4,511692	203	0,3248	2,407552
164	0,2624	5,006226	204	0,3264	1,983335
165	0,264	5,502359	205	0,328	1,626593
166	0,2656	6,009689	206	0,3296	1,367715
167	0,2672	6,54421	207	0,3312	1,195327
168	0,2688	7,111313	208	0,3328	1,10155
169	0,2704	7,723202	209	0,3344	1,035143
170	0,272	8,327922	210	0,336	1,007715
171	0,2736	8,9032	211	0,3376	1,044147
172	0,2752	9,440565	212	0,3392	1,128327
173	0,2768	9,95293	213	0,3408	1,269555
174	0,2784	10,42217	214	0,3424	1,410249
175	0,28	10,78697	215	0,344	1,59413
176	0,2816	11,08323	216	0,3456	1,819597
177	0,2832	11,33825	217	0,3472	2,079067
178	0,2848	11,60815	218	0,3488	2,354532
179	0,2864	11,86815	219	0,3504	2,624784
180	0,288	12,07532	220	0,352	2,904159
181	0,2896	12,2227	221	0,3536	3,192954
182	0,2912	12,29984	222	0,3552	3,474343
183	0,2928	12,29906	223	0,3568	3,698329
184	0,2944	12,19788	224	0,3584	3,900455
185	0,296	11,99054	225	0,36	4,082736
186	0,2976	11,68682	226	0,3616	4,321354
187	0,2992	11,3078	227	0,3632	4,577211
188	0,3008	10,92547	228	0,3648	4,831468
189	0,3024	10,51577	229	0,3664	5,15711
190	0,304	10,08675	230	0,368	5,569834
191	0,3056	9,635938	231	0,3696	6,051217
192	0,3072	9,157991	232	0,3712	6,547409
193	0,3088	8,650424	233	0,3728	7,018425
194	0,3104	8,116554	234	0,3744	7,44821
195	0,312	7,52386	235	0,376	7,842511
196	0,3136	6,862447	236	0,3776	8,195343
197	0,3152	6,175502	237	0,3792	8,464233
198	0,3168	5,489149	238	0,3808	8,654156

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
239	0,3824	8,773287	279	0,4464	6,515005
240	0,384	8,849173	280	0,448	6,75937
241	0,3856	8,877431	281	0,4496	6,960252
242	0,3872	8,81203	282	0,4512	7,164985
243	0,3888	8,655222	283	0,4528	7,364386
244	0,3904	8,428511	284	0,4544	7,51373
245	0,392	8,110453	285	0,456	7,609106
246	0,3936	7,719233	286	0,4576	7,631084
247	0,3952	7,260716	287	0,4592	7,612779
248	0,3968	6,739406	288	0,4608	7,553124
249	0,3984	6,212349	289	0,4624	7,414977
250	0,4	5,650696	290	0,464	7,195493
251	0,4016	5,10569	291	0,4656	6,903441
252	0,4032	4,542556	292	0,4672	6,577859
253	0,4048	3,989256	293	0,4688	6,231602
254	0,4064	3,482814	294	0,4704	5,855784
255	0,408	2,986562	295	0,472	5,446496
256	0,4096	2,542678	296	0,4736	5,017955
257	0,4112	2,119113	297	0,4752	4,601973
258	0,4128	1,736068	298	0,4768	4,178231
259	0,4144	1,433412	299	0,4784	3,710769
260	0,416	1,242364	300	0,48	3,222159
261	0,4176	1,143433	301	0,4816	2,675553
262	0,4192	1,124713	302	0,4832	2,097135
263	0,4208	1,192424	303	0,4848	1,517592
264	0,4224	1,379385	304	0,4864	0,920869
265	0,424	1,658405	305	0,488	0,357794
266	0,4256	2,005195	306	0,4896	-0,13958
267	0,4272	2,368809	307	0,4912	-0,57044
268	0,4288	2,771521	308	0,4928	-0,92368
269	0,4304	3,191887	309	0,4944	-1,17136
270	0,432	3,599339	310	0,496	-1,30341
271	0,4336	3,955489	311	0,4976	-1,33232
272	0,4352	4,343095	312	0,4992	-1,25454
273	0,4368	4,672232	313	0,5008	-1,0748
274	0,4384	5,003975	314	0,5024	-0,83607
275	0,44	5,325825	315	0,504	-0,51143
276	0,4416	5,623268	316	0,5056	-0,07353
277	0,4432	5,932678	317	0,5072	0,437472
278	0,4448	6,222657	318	0,5088	0,982893

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
319	0,5104	1,586132	359	0,5744	-2,8219
320	0,512	2,236053	360	0,576	-3,28012
321	0,5136	2,910794	361	0,5776	-3,69753
322	0,5152	3,56889	362	0,5792	-4,06766
323	0,5168	4,183207	363	0,5808	-4,36457
324	0,5184	4,725311	364	0,5824	-4,54258
325	0,52	5,234714	365	0,584	-4,64306
326	0,5216	5,754129	366	0,5856	-4,65366
327	0,5232	6,193274	367	0,5872	-4,57517
328	0,5248	6,554933	368	0,5888	-4,37861
329	0,5264	6,848881	369	0,5904	-4,06938
330	0,528	7,12405	370	0,592	-3,70878
331	0,5296	7,328368	371	0,5936	-3,34292
332	0,5312	7,420782	372	0,5952	-3,00993
333	0,5328	7,421197	373	0,5968	-2,63909
334	0,5344	7,317705	374	0,5984	-2,24058
335	0,536	7,191643	375	0,6	-1,90766
336	0,5376	7,002727	376	0,6016	-1,56963
337	0,5392	6,786027	377	0,6032	-1,22681
338	0,5408	6,50061	378	0,6048	-0,8805
339	0,5424	6,135752	379	0,6064	-0,53578
340	0,544	5,757209	380	0,608	-0,22365
341	0,5456	5,37452	381	0,6096	0,059285
342	0,5472	4,946927	382	0,6112	0,299858
343	0,5488	4,516075	383	0,6128	0,500325
344	0,5504	4,092866	384	0,6144	0,637466
345	0,552	3,690391	385	0,616	0,761988
346	0,5536	3,314277	386	0,6176	0,822116
347	0,5552	2,962392	387	0,6192	0,851203
348	0,5568	2,633907	388	0,6208	0,940714
349	0,5584	2,328526	389	0,6224	1,02987
350	0,56	1,991629	390	0,624	1,099714
351	0,5616	1,605682	391	0,6256	1,149179
352	0,5632	1,153622	392	0,6272	1,236025
353	0,5648	0,649788	393	0,6288	1,285727
354	0,5664	0,072021	394	0,6304	1,284542
355	0,568	-0,54247	395	0,632	1,257825
356	0,5696	-1,14903	396	0,6336	1,179806
357	0,5712	-1,74415	397	0,6352	1,098885
358	0,5728	-2,30895	398	0,6368	0,978154

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
399	0,6384	0,8499	439	0,7024	-0,04273
400	0,64	0,751562	440	0,704	-0,07809
401	0,6416	0,59813	441	0,7056	-0,06944
402	0,6432	0,400151	442	0,7072	-0,06133
403	0,6448	0,1376	443	0,7088	-0,03402
404	0,6464	-0,18366	444	0,7104	0,016277
405	0,648	-0,55456	445	0,712	0,057745
406	0,6496	-0,99625	446	0,7136	0,098028
407	0,6512	-1,45939	447	0,7152	0,117399
408	0,6528	-1,93959	448	0,7168	0,086476
409	0,6544	-2,44532	449	0,7184	0,025874
410	0,656	-2,94127	450	0,72	-0,06879
411	0,6576	-3,43024	451	0,7216	-0,10493
412	0,6592	-3,86085	452	0,7232	-0,11832
413	0,6608	-4,27814	453	0,7248	-0,20025
414	0,6624	-4,67291	454	0,7264	-0,26221
415	0,664	-4,98078	455	0,728	-0,42707
416	0,6656	-5,16105	456	0,7296	-0,60136
417	0,6672	-5,20607	457	0,7312	-0,83696
418	0,6688	-5,14606	458	0,7328	-1,16769
419	0,6704	-4,97557	459	0,7344	-1,53267
420	0,672	-4,70419	460	0,736	-1,83598
421	0,6736	-4,30675	461	0,7376	-2,24159
422	0,6752	-3,84551	462	0,7392	-2,64886
423	0,6768	-3,36987	463	0,7408	-2,98102
424	0,6784	-2,91728	464	0,7424	-3,30814
425	0,68	-2,50094	465	0,744	-3,59072
426	0,6816	-2,08407	466	0,7456	-3,78437
427	0,6832	-1,69576	467	0,7472	-3,89201
428	0,6848	-1,35039	468	0,7488	-3,91109
429	0,6864	-1,019	469	0,7504	-3,83603
430	0,688	-0,71534	470	0,752	-3,67727
431	0,6896	-0,4327	471	0,7536	-3,4678
432	0,6912	-0,17371	472	0,7552	-3,26129
433	0,6928	-0,02999	473	0,7568	-3,01532
434	0,6944	0,07137	474	0,7584	-2,73909
435	0,696	0,113015	475	0,76	-2,46883
436	0,6976	0,124804	476	0,7616	-2,2625
437	0,6992	0,101286	477	0,7632	-2,07667
438	0,7008	0,032627	478	0,7648	-1,88734

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
479	0,7664	-1,68645	519	0,8304	-6,69317
480	0,768	-1,53468	520	0,832	-6,85276
481	0,7696	-1,42924	521	0,8336	-6,92805
482	0,7712	-1,36052	522	0,8352	-6,9341
483	0,7728	-1,33884	523	0,8368	-6,91567
484	0,7744	-1,34861	524	0,8384	-6,85738
485	0,776	-1,42627	525	0,84	-6,74293
486	0,7776	-1,55956	526	0,8416	-6,61242
487	0,7792	-1,7175	527	0,8432	-6,44833
488	0,7808	-1,90434	528	0,8448	-6,28625
489	0,7824	-2,10599	529	0,8464	-6,11688
490	0,784	-2,33709	530	0,848	-5,91464
491	0,7856	-2,58027	531	0,8496	-5,71411
492	0,7872	-2,78233	532	0,8512	-5,4983
493	0,7888	-2,95537	533	0,8528	-5,33515
494	0,7904	-3,09607	534	0,8544	-5,22432
495	0,792	-3,20181	535	0,856	-5,10667
496	0,7936	-3,29363	536	0,8576	-4,9947
497	0,7952	-3,3518	537	0,8592	-4,94743
498	0,7968	-3,3582	538	0,8608	-4,92652
499	0,7984	-3,37734	539	0,8624	-4,94856
500	0,8	-3,39452	540	0,864	-4,96034
501	0,8016	-3,43065	541	0,8656	-4,94393
502	0,8032	-3,43462	542	0,8672	-4,93375
503	0,8048	-3,40548	543	0,8688	-4,94198
504	0,8064	-3,3582	544	0,8704	-4,95092
505	0,808	-3,36318	545	0,872	-4,90294
506	0,8096	-3,37254	546	0,8736	-4,83772
507	0,8112	-3,40299	547	0,8752	-4,7783
508	0,8128	-3,48746	548	0,8768	-4,71509
509	0,8144	-3,63337	549	0,8784	-4,70597
510	0,816	-3,85469	550	0,88	-4,70271
511	0,8176	-4,10729	551	0,8816	-4,7363
512	0,8192	-4,40539	552	0,8832	-4,81687
513	0,8208	-4,73665	553	0,8848	-4,92367
514	0,8224	-5,11318	554	0,8864	-5,07764
515	0,824	-5,51868	555	0,888	-5,26685
516	0,8256	-5,86944	556	0,8896	-5,48237
517	0,8272	-6,18086	557	0,8912	-5,74201
518	0,8288	-6,46462	558	0,8928	-6,06203

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
559	0,8944	-6,38909	599	0,9584	-6,37902
560	0,896	-6,76153	600	0,96	-6,34656
561	0,8976	-7,17799	601	0,9616	-6,33418
562	0,8992	-7,59113	602	0,9632	-6,31314
563	0,9008	-8,01392	603	0,9648	-6,2792
564	0,9024	-8,42054	604	0,9664	-6,28412
565	0,904	-8,82663	605	0,968	-6,28447
566	0,9056	-9,22792	606	0,9696	-6,2728
567	0,9072	-9,58751	607	0,9712	-6,23761
568	0,9088	-9,90764	608	0,9728	-6,20711
569	0,9104	-10,1504	609	0,9744	-6,16238
570	0,912	-10,3123	610	0,976	-6,12826
571	0,9136	-10,4187	611	0,9776	-6,0891
572	0,9152	-10,4625	612	0,9792	-6,07263
573	0,9168	-10,4081	613	0,9808	-6,05036
574	0,9184	-10,2432	614	0,9824	-6,03383
575	0,92	-10,0313	615	0,984	-6,06825
576	0,9216	-9,82571	616	0,9856	-6,12192
577	0,9232	-9,60972	617	0,9872	-6,21273
578	0,9248	-9,35618	618	0,9888	-6,32908
579	0,9264	-9,08225	619	0,9904	-6,51355
580	0,928	-8,80507	620	0,992	-6,69601
581	0,9296	-8,55105	621	0,9936	-6,8729
582	0,9312	-8,27167	622	0,9952	-7,03771
583	0,9328	-7,99556	623	0,9968	-7,22532
584	0,9344	-7,70196	624	0,9984	-7,39954
585	0,936	-7,43912	625	1	-7,54954
586	0,9376	-7,24996	626	1,0016	-7,68022
587	0,9392	-7,07965	627	1,0032	-7,82418
588	0,9408	-6,9306	628	1,0048	-7,99485
589	0,9424	-6,8078	629	1,0064	-8,17606
590	0,944	-6,74992	630	1,008	-8,3536
591	0,9456	-6,72457	631	1,0096	-8,53547
592	0,9472	-6,68831	632	1,0112	-8,69311
593	0,9488	-6,63565	633	1,0128	-8,87343
594	0,9504	-6,58375	634	1,0144	-9,03522
595	0,952	-6,5565	635	1,016	-9,17585
596	0,9536	-6,51936	636	1,0176	-9,27626
597	0,9552	-6,49323	637	1,0192	-9,38023
598	0,9568	-6,42795	638	1,0208	-9,53988

No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC	No	<i>Time (s)</i>	Nilai ADC
639	1,0224	-9,72483	679	1,0864	-8,630014
640	1,024	-9,88217	680	1,088	-8,919875
641	1,0256	-10,042	681	1,0896	-9,201264
642	1,0272	-10,2371	682	1,0912	-9,477144
643	1,0288	-10,462	683	1,0928	-9,712445
644	1,0304	-10,6693	684	1,0944	-9,90687
645	1,032	-10,8169	685	1,096	-10,074815
646	1,0336	-10,936	686	1,0976	-10,220841
647	1,0352	-11,02	687	1,0992	-10,374865
648	1,0368	-11,0536	688	1,1008	-10,5155
649	1,0384	-11,0515	689	1,1024	-10,643754
650	1,04	-10,9527	690	1,104	-10,819282
651	1,0416	-10,7748	691	1,1056	-11,039536
652	1,0432	-10,534	692	1,1072	-11,249718
653	1,0448	-10,2792	693	1,1088	-11,47169
654	1,0464	-9,99378	694	1,1104	-11,662561
655	1,048	-9,6692	695	1,112	-11,848633
656	1,0496	-9,36222	696	1,1136	-12,012372
657	1,0512	-9,1069	697	1,1152	-12,155792
658	1,0528	-8,8915	698	1,1168	-12,261416
659	1,0544	-8,68487	699	1,1184	-12,322611
660	1,056	-8,52261	700	1,12	-12,377112
661	1,0576	-8,39009	701	1,1216	-12,381022
662	1,0592	-8,25183	702	1,1232	-12,327232
663	1,0608	-8,0766	703	1,1248	-12,166573
664	1,0624	-7,87026	704	1,1264	-11,954909
665	1,064	-7,65901	705	1,128	-11,688449
666	1,0656	-7,43698	706	1,1296	-11,371812
667	1,0672	-7,22372	707	1,1312	-11,012581
668	1,0688	-7,04831	708	1,1328	-10,634335
669	1,0704	-6,91952	709	1,1344	-10,260887
670	1,072	-6,83215	710	1,136	-9,943539
671	1,0736	-6,83813	711	1,1376	-9,66138
672	1,0752	-6,91828	712	1,1392	-9,386803
673	1,0768	-7,05915	713	1,1408	-9,191727
674	1,0784	-7,23047	714	1,1424	-9,026566
675	1,08	-7,47282	715	1,144	-8,852342
676	1,0816	-7,75137	716	1,1456	-8,698733
677	1,0832	-8,07008	717	1,1472	-8,549093
678	1,0848	-8,35419	718	1,1488	-8,421727



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**Lanjutan Tabel 4,3**

Waktu	Simpangan ( $10^{-2}$ ) m	Waktu	Simpangan ( $10^{-2}$ ) m
0,01	-1,76	0,02	1,76
0,03	-3,52	0,04	3,52
0,05	-5,28	0,06	5,28
0,07	-7,04	0,08	7,04
0,09	-8,8	0,1	8,8
0,11	-10,56	0,12	10,56
0,13	-12,32	0,14	12,32
0,15	-14,08	0,16	14,08
0,17	-15,84	0,18	15,84
0,19	-17,6	0,2	17,6
0,21	-19,36	0,22	19,36
0,23	-21,12	0,24	21,12
0,25	-22,88	0,26	22,88
0,27	-24,64	0,28	24,64
0,29	-26,4	0,3	26,4
0,31	-28,16	0,32	28,16
0,33	-29,92	0,34	29,92
0,35	-31,68	0,36	31,68
0,37	-33,44	0,38	33,44
0,39	-35,2	0,4	35,2
0,41	-36,96	0,42	36,96
0,43	-38,72	0,44	38,72
0,45	-40,48	0,46	40,48
0,47	-42,24	0,48	42,24
0,49	-44	0,5	44
0,51	-45,76	0,52	45,76
0,53	-47,52	0,54	47,52
0,55	-49,28	0,56	49,28
0,57	-51,04	0,58	51,04
0,59	-52,8	0,6	52,8
0,61	-54,56	0,62	54,56
0,63	-56,32	0,64	56,32
0,65	-58,08	0,66	58,08
0,67	-59,84	0,68	59,84
0,69	-61,6	0,7	61,6
0,71	-63,36	0,72	63,36
0,73	-65,12	0,74	65,12
0,75	-66,88	0,76	66,88
0,77	-68,64	0,78	68,64

0,79	-70,4	0,8	70,4
0,81	-72,16	0,82	72,16
0,83	-73,92	0,84	73,92
0,85	-75,68	0,86	75,68
0,87	-77,44	0,88	77,44
0,89	-79,2	0,9	79,2
0,91	-80,96	0,92	80,96
0,93	-82,72	0,94	82,72
0,95	-84,48	0,96	84,48
0,97	-86,24	0,98	86,24
0,99	-88	1	88
1,01	-89,76	1,02	89,76
1,03	-87,71	1,04	90,19
1,05	-85,66	1,06	90,62
1,07	-83,61	1,08	91,05
1,09	-81,56	1,1	91,48
1,11	-79,51	1,12	91,91
1,13	-77,46	1,14	92,34
1,15	-75,41	1,16	92,77
1,17	-73,36	1,18	93,2
1,19	-71,31	1,2	93,63
1,21	-69,26	1,22	94,06
1,23	-67,21	1,24	94,49
1,25	-65,16	1,26	94,92
1,27	-63,11	1,28	95,35
1,29	-65,925	1,3	94,49
1,31	-68,74	1,32	94,92
1,33	-71,555	1,34	95,35
1,35	-74,37	1,36	94,49
1,37	-77,185	1,38	94,92
1,39	-80	1,4	95,35
1,41	-86,66	1,42	112,85
1,43	-93,32	1,44	130,35
1,45	-99,98	1,46	147,85
1,47	-106,64	1,48	165,35
1,49	-113,3	1,5	182,85
1,51	-119,96	1,52	200,35
1,53	-123,65	1,54	196,51
1,55	-127,34	1,56	192,67
1,57	-131,03	1,58	188,83
1,59	-134,72	1,6	184,99

1,61	-138,41	1,62	181,15
1,63	-142,1	1,64	177,31
1,65	-145,79	1,66	173,47
1,67	-149,48	1,68	169,63
1,69	-153,17	1,7	165,79
1,71	-156,86	1,72	161,95
1,73	-160,55	1,74	158,11
1,75	-164,24	1,76	154,27
1,77	-167,93	1,78	140,12
1,79	-171,62	1,8	144
1,81	-175,31	1,82	147,88
1,83	-179	1,84	151,76
1,85	-182,69	1,86	155,64
1,87	-186,38	1,88	159,52
1,89	-190,07	1,9	163,4
1,91	-193,76	1,92	167,28
1,93	-197,45	1,94	171,16
1,95	-201,14	1,96	175,04
1,97	-204,83	1,98	178,92
1,99	-208,52	2	182,8
2,01	-212,21	2,02	186,68
2,03	-215,9	2,04	190,56
2,05	-219,59	2,06	194,44
2,07	-223,28	2,08	198,32
2,09	-226,97	2,1	202,2
2,11	-230,66	2,12	206,08
2,13	-234,35	2,14	209,96
2,15	-238,04	2,16	213,84
2,17	-241,73	2,18	217,72
2,19	-245,42	2,2	221,6
2,21	-249,11	2,22	225,48
2,23	-252,8	2,24	229,36
2,25	-256,49	2,26	233,24
2,27	-260,18	2,28	237,12
2,29	-263,87	2,3	241
2,31	-267,56	2,32	244,88
2,33	-271,25	2,34	248,76
2,35	-274,94	2,36	252,64
2,37	-278,63	2,38	256,52
2,39	-282,32	2,4	260,4
2,41	-286,01	2,42	264,28

2,43	-289,7	2,44	268,16
2,45	-293,39	2,46	272,04
2,47	-297,08	2,48	275,92
2,49	-300,77	2,5	279,8
2,51	-304,46	2,52	283,68
2,53	-297,56	2,54	287,76
2,55	-290,66	2,56	291,84
2,57	-283,76	2,58	295,92
2,59	-276,86	2,6	300
2,61	-282,36	2,62	320
2,63	-287,86	2,64	308,34
2,65	-293,36	2,66	296,68
2,67	-298,86	2,68	285,02
2,69	-304,36	2,7	273,36
2,71	-309,86	2,72	261,7
2,73	-315,36	2,74	250,04
2,75	-320,86	2,76	330
2,77	-298,86	2,78	248,66
2,79	-293,36	2,8	252,41
2,81	-287,86	2,82	256,16
2,83	-282,36	2,84	259,91
2,85	-276,86	2,86	263,66
2,87	-279,75	2,88	267,41
2,89	-282,64	2,9	271,16
2,91	-285,53	2,92	274,91
2,93	-288,42	2,94	278,66
2,95	-291,31	2,96	282,41
2,97	-294,2	2,98	286,16
2,99	-297,09	3	289,91
3,01	-299,98	3,02	288,92
3,03	-290,57	3,04	287,93
3,05	-281,16	3,06	286,94
3,07	-271,75	3,08	285,95
3,09	-262,34	3,1	284,96
3,11	-252,93	3,12	283,97
3,13	-243,52	3,14	282,98
3,15	-234,11	3,16	281,99
3,17	-224,7	3,18	281
3,19	-215,29	3,2	280,01
3,21	-205,88	3,22	260
3,23	-196,47	3,24	239,99

3,25	-187,06	3,26	219,98
3,27	-177,65	3,28	199,97
3,29	-168,24	3,3	223,3
3,31	-158,83	3,32	246,63
3,33	-149,42	3,34	269,96
3,35	-140,01	3,36	293,29
3,37	-177,5	3,38	316,62
3,39	-214,99	3,4	339,95
3,41	-252,48	3,42	326,64
3,43	-289,97	3,44	313,33
3,45	-249,98	3,46	300,02
3,47	-209,99	3,48	350
3,49	-170	3,5	310
3,51	-166	3,52	260
3,53	-162	3,54	210
3,55	-158	3,56	160
3,57	-154	3,58	110
3,59	-150	3,6	60
3,61	-146	3,62	93,33
3,63	-142	3,64	126,66
3,65	-138	3,66	159,99
3,67	-134	3,68	178,74
3,69	-130	3,7	197,49
3,71	-150,62	3,72	216,24
3,73	-171,24	3,74	234,99
3,75	-191,86	3,76	253,74
3,77	-212,47	3,78	272,49
3,79	-233,09	3,8	291,24
3,81	-253,71	3,82	309,99
3,83	-274,33	3,84	349,99
3,85	-294,95	3,86	389,99
3,87	-282,63	3,88	343,33
3,89	-270,3	3,9	296,67
3,91	-257,97	3,92	250,01
3,93	-245,64	3,94	203,35
3,95	-233,3	3,96	156,69
3,97	-220,98	3,98	110,03
3,99	-208,65	4	135,01
4,01	-196,32	4,02	159,99
4,03	-183,99	4,04	153,33
4,05	-171,66	4,06	146,67

4,07	-159,3	4,08	140,01
4,09	-147	4,1	133,35
4,11	-134,67	4,12	126,69
4,13	-122,34	4,14	120,03
4,15	-110,01	4,16	113,37
RATA-RATA		3,91	

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Moch Ilmal Yaqin  
TTL : Gresik, 29 Oktober 1997  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Jl. Sekolah, RT 08 RW 02,  
Sukorejo. Kec. Bungah.  
Kab.Gresik  
Telp/HP : 083850215570  
E-mail : qiqinyeee@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 - 2009 : MI MA'ARIF NU ASSA'ADAH
2. 2009 - 2012 : MTS MA'ARIF NU ASSA'ADAH 1
3. 2012 - 2015 : SMA ASSA'ADAH
4. 2015 - Sekarang : Departemen Teknik Elektro Otomasi-  
Fakultas Vokasi (FV) –  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
(ITS)

### PENGALAMAN KERJA :

- Kerja Praktek PT. TOYOTA MOTOR MANUFACTURING  
INDONESIA

### PENGALAMAN ORGANISASI :

- Anggota Karang Taruna Ds. Sukorejo Kec. Bungah Kab. Gresik
- Staff IARC 2016
- Staff IARC 2017