



# **RANCANG BANGUN ALAT UKUR GETARAN MESINBERBASIS ARDUINO**

**SKRIPSI**

disajikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro

**Oleh**

**ALFAS ZAINUR ROHMAN**

**5301410037**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

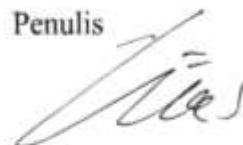
**2015**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari hasil karya orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah

Semarang, April 2015

Penulis



Alfas Zainur Rohman

NIM 5301410037

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 26 Maret 2015.

Oleh


Nama : Alfas Zainur Rohman  
NIM : 5301410037  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1

Panitia:


Ketua Panitia

  
**Drs. Suryono, M.T.**  
NIP. 195503161985031001


Sekretaris

  
**Drs. Agus Suryanto, M.T.**  
NIP. 196708181992031004

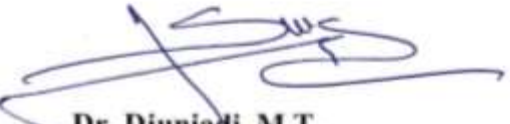
Penguji I

  
**Dr. Subiyanto, M.T.**  
NIP. 197411232005011001

Penguji II

  
**Riana Defi M.P, S.T., M.T.**  
NIP. 197609182005012001

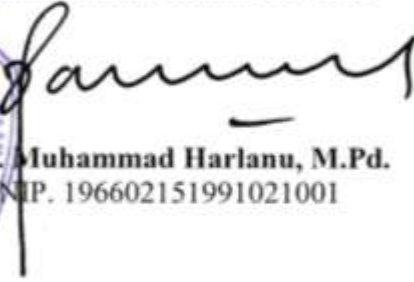
Penguji III/Pembimbing

  
**Dr. Djuniadi, M.T.**  
NIP. 196306281990021001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



  
**Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.**  
NIP. 196602151991021001

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTO**

- ❖ Kepompong tidak akan pernah menjadi kupu-kupu selama tidak mampu memecahkan cangkangnya dari dalam.
- ❖ Man jadda wa jadda

### **PERSEMBAHAN**

- ❖ Karya ini saya persembahkan untuk kedua orang tua dan adik-adikku
- ❖ Pengelola beasiswa Bidikmisi Universitas Negeri Semarang dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
- ❖ Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dan motivasi atas karya ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino*”.

Selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan pihak-pihak yang telah rela membantu baik secara materil maupun spiritual. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Suryono, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang
4. Drs. Sugeng Purbawanto, M.T. dosen wali yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama masa studi.
5. Dr. Djuniadi, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu mendampingi dan memberikan arahan, saran, ilmu dan motivasi selama pembuatan skripsi.
6. Dosen penguji yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
7. Dosen-dosen teknik elektro yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama menempuh studi.
8. Kedua orang tua, adik-adik ku yang selalu menyayangiku, memberikan nasihat, dan mengiringi langkahku dengan doa.
9. Teman-teman jurusan teknik elektro yang menginspirasi.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas motivasi dan doanya.

Semoga pahala dan amal semua pihak mendapatkan balasan yang lebih baik. Penulis mengharapkan semoga karya ini dapat bermanfaat dan bisa dikembangkan.

Semarang, April 2015

Penulis

Alfas Zainur Rohman

NIM 5301410037

## ABSTRAK

Rohman. Alfas Zainur. 2015. *Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino*. Skripsi. Pend. Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Djuniadi, M.T.

Kata kunci: Arduino, Megunolink, MEMS Akselerometer, Miniatur Mesin Berputar, Pengukuran Getaran

Pengukuran getaran merupakan salah satu pengukuran yang mengindikasikan kondisi mesin. Tingkat getaran yang tinggi menandakan bahwa terjadi gangguan pada komponen mesin yang dapat menjadi kerusakan yang lebih parah. Pada penelitian ini penulis akan membuat sebuah prototipe alat ukur getaran menggunakan sensor akselerometer jenis MEMS (micro electro mechanical system) yaitu ADXL345 keluaran dari Analog Devices. ADXL345 merupakan accelerometer dengan 3-axis yang mempunyai jangkauan pengukuran sampai dengan  $\pm 16g$ . Sensor ini akan mengindera tingkat getaran mesin yang kemudian diolah dengan mikrokontroler Atmega328 berbasis Arduino. Hasil dari pengukuran akan ditampilkan pada LCD dan komputer, pada komputer hasil pengukuran akan diplot kedalam sebuah grafik. Selain diplot, hasil pengukuran juga akan disimpan ke dalam sebuah file menggunakan fungsi log data. Software yang digunakan untuk melakukan fungsi plot dan log data adalah Megunolink, sebuah software yang biasa digunakan untuk memvisualkan data dari mikrokontroler dengan basis arduino. Dengan membuat sebuah miniatur mesin berputar penulis akan mensimulasikan bagaimana pengukuran getaran menggunakan MEMS accelerometer. Simulasi ini akan menunjukkan bagaimana tingkat getaran pada dua kondisi mesin yaitu bila mesin berputar secara normal dalam kondisi balancedan ketika mesin berputar dengan kondisi unbalance. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa ketika mesin berputar dengan kondisi unbalance tingkat getaran yang terukur memiliki trend yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi normal.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I            PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Pembatasan Masalah .....	5
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II           LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Pengukuran .....	8
2.1.1. Konsep Dasar .....	8
2.1.2. Transduser .....	9
2.1.3. Akuisisi Data .....	11
2.2. Getaran Mesin .....	13
2.2.1. Definisi Getaran Mesin .....	13
2.2.2. Penyebab Getaran Mesin .....	15
2.2.3. Karakteristik Getaran .....	17
2.2.4. Pengolahan Data Getaran .....	20
2.2.5. Transduser Getaran .....	21
2.3. MEMS Accelerometer ADXL345 .....	24



2.4. Mikrokontroler .....	32
2.5. Arduino .....	34
2.5.1. Kelebihan Arduino .....	34
2.5.2. Hardware Arduino Uno R3 .....	36
2.6. Komunikasi I2C .....	37
2.7. LCD .....	38
2.8. Motor DC .....	40
2.9. Power Supply .....	41

### BAB III      METODE PENELITIAN

3.1. Desain Sistem Pengukuran .....	43
3.2. Alat dan Bahan .....	44
3.3. Perancangan Mekanik .....	45
3.3.1. Perancangan Poros .....	46
3.3.2. Perancangan Rumah Bearing .....	46
3.4. Perancangan Elektronik .....	47
3.4.1. Perancangan Power Supply .....	48
3.4.2. Perancangan Rangkaian Sensor ADXL345 .....	49
3.4.3. Perancangan Rangkaian LCD .....	50
3.5. Perancangan Program .....	51
3.6. Implementasi .....	53
3.6.1. Implementasi Bagian Mekanik .....	53
3.6.2. Implementasi Bagian Elektronik .....	53
3.6.3. Implementasi Bagian Program .....	55
3.7. Pengujian Alat .....	58
3.8. Simulasi Pengukuran .....	59
3.9. Alur Penelitian .....	60

### BAB IV      HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Alat .....	61
4.1.1. Vibration Meter .....	61
4.1.2. Miniatur Mesin Berputar .....	63

4.1.3. Power Supply.....	64
4.2. Pengujian .....	66
4.2.1. Pengujian Sensor ADXL345.....	66
4.2.2. Pengujian Power Supply.....	69
4.3. Simulasi Pengukuran Getaran .....	70
4.3.1. Hasil Pengukuran .....	70
4.3.2. Plotting Data.....	72
4.3.3. Logging Data.....	74
4.4. Pembahasan.....	77
4.4.1. Pembahasan Vibration Meter.....	77
4.4.2. Pembahasan Miniatur Mesin Berputar.....	78
4.4.3. Pembahasan Power Supply .....	79
4.4.4. Pembahasan Pengujian Sensor ADXL345 .....	80
4.4.5. Pembahasan Simulasi Pengukuran Getaran.....	81
<b>BAB V</b> <b>PENUTUP</b>	
5.1. Simpulan.....	83
5.2. Saran .....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>84</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sistem Pengukuran Secara Umum.....	9
2.2 Ilustrasi Getaran dan Gelombang.....	14
2.3 Ilustrasi Getaran Mesin.....	15
2.4. Tekanan Yang Berulang Pada Mesin.....	16
2.5. Kerenggangan Pada Komponen Mesin.....	16
2.6. Karakteristik Getaran.....	17
2.7. Grafik Pengolahan Sinyal.....	20
2.8. Konsep Transformasi Fourier.....	21
2.9. Konstruksi Sensor <i>Eddy-current</i> .....	22
2.10. Konstruksi Sensor <i>Velocity</i> Transduser.....	23
2.11. Konstruksi Sensor Accelerometer.....	23
2.12. MEMS Sebagai Microsensor.....	24
2.13. Blok Diagram Akselerometer ADXL345.....	25
2.14. Differential Capacitive Sensor.....	26
2.15. Prinsip Sense Electronic.....	27
2.16. Karakteristik Output terhadap Ketiga Sumbu.....	29
2.17. Konfigurasi Pin Akselerometer ADXL345.....	30
2.18. Blok Diagram Rangkaian Internal Mikrokontroler.....	32
2.19. Arduino Uno R3.....	36
2.20. Protokol Komunikasi I2C.....	37
2.21. LCD M1632.....	39
2.22. Motor DC.....	40
2.23. Power Supply Unit (PSU).....	41
3.1. Desain Sistem Pengukuran Getaran.....	43
3.2. Sistem Pengukuran Getaran.....	44
3.3. Rancangan Miniatur Mesin Berputar.....	45
3.4. Rancangan Rumah Bearing.....	47
3.5. Rangkaian Power Supply.....	48

3.6. Rangkaian Sensor ADXL345 .....	50
3.7. Rangkaian LCD .....	51
3.8. Flowchart Program .....	52
3.9. Implementasi Miniatur Mesin Berputar .....	53
3.10. Implementasi PCB .....	54
3.11. Konfigurasi Output Display LCD .....	58
3.12. Diagram Alur Penelitian .....	60
4.1. Hasil Pembuatan Vibration Meter .....	62
4.2. Perangkat Lunak Megunolink .....	62
4.3. Miniatur Mesin Berputar .....	64
4.4. Power Supply .....	65
4.5. Hasil Plotting Data Secara Umum .....	71
4.6. Hasil Plotting Data Kondisi Balance .....	71
4.7. Hasil Plotting Data Kondisi Unbalance .....	72
4.8. Alur Pengaktifan Feature Logging Data .....	73
4.9. Cuplikan File Text Yang Disimpan .....	73
4.10. Grafik Kondisi Balance .....	76
4.11. Grafik Kondisi Unbalance .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Klasifikasi Transduser .....	11
2.2. Deskripsi Pin ADXL345 .....	30
2.3. Spesifikasi Akselerometer ADXL345 .....	31
2.4. Spesifikasi Arduino Uno R3 .....	36
2.5. Pengiriman Satu Byte Data Pada Transmisi I2C .....	38
2.6. Deskripsi Pin LCD .....	39
2.7. Spesifikasi Motor DC .....	41
4.1. Spesifikasi Vibration Meter .....	63
4.2. Spesifikasi Miniatur Mesin Berputar .....	64
4.3. Spesifikasi Power Supply .....	65
4.4. Output Tipikal Terhadap Posisi Sensor .....	67
4.5. Hasil Pengukuran Setiap Posisi .....	68
4.6. Pengujian Pada Transformator .....	69
4.7. Pengujian Pada Regulator 1 .....	69
4.8. Pengujian Pada Regulator 2 .....	70
4.9. Hasil Pengukuran Kondisi Balance .....	74
4.10. Hasil Pengukuran Kondisi Unbalance .....	75

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Listing Program Pengukuran .....	86
2. Listing Program Pengujian Sensor .....	87
3. Rangkaian Detail .....	88
4. Surat-surat .....	89

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pengukuran merupakan hal yang sangat penting dalam dunia ilmu pengetahuan khususnya dunia teknik. Dengan melakukan pengukuran kita dapat mengetahui besaran dari parameter-parameter fisika, kimia dan biologi seperti panjang, kadar gas, suhu, kadar gula darah, waktu dll. Dalam dunia teknik, pengukuran digunakan untuk kepentingan sistem proteksi dan atau untuk sistem kendali suatu proses. Pada setiap pengukuran dibutuhkan sebuah alat ukur yang bertindak sebagai pengindera sekaligus penampil. Contoh alat ukur sederhana adalah mistar atau penggaris digunakan untuk mengukur panjang (Holman, 1985 : 1).

Pengukuran vibrasi atau getaran merupakan salah satu pengukuran yang paling umum dalam pemantauan kondisi mesin berputar. Pengukuran suhu bearing dan posisi aksial rotor merupakan parameter lain yang juga diukur dalam pemantauan kondisi mesin. Tingkat getaran yang terukur mengindikasikan tingkat gangguan yang terjadi, semakin tinggi nilai getaran yang terukur menandakan gangguan yang terjadi kemungkinan bisa menjadi sebuah kerusakan atau bahkan kegagalan mesin. Jika hasil pengukuran dengan trend level vibrasi mesin yang tinggi selama beberapa waktu dapat mengaktifkan sinyal peringatan untuk menghindari tingkat vibrasi yang lebih besar dan masalah yang lainnya. Hasil pengukuran ini

juga memberikan informasi penting kepada operator untuk segera memeriksa dan memperbaiki mesin (Adams Jr. 2001:243).

Getaran adalah gerakan yang berulang-ulang dalam tempo yang cepat. Dari pengertian tersebut maka tingkat getaran atau amplitudo getaran dapat direpresentasikan sebagaimana gerakan yaitu parameter perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*) atau percepatan (*acceleration*). Parameter perpindahan (*displacement*) merupakan parameter yang mendefinisikan besaran jarak perpindahan antara satu objek dengan objek lainnya. Parameter kecepatan (*velocity*) merupakan parameter yang digunakan untuk mendefinisikan besaran jarak perpindahan per satu satuan waktu. Sementara parameter percepatan merupakan parameter yang mendefinisikan besaran perubahan kecepatan per satu satuan waktu.

Pemilihan parameter getaran yang akan diukur menentukan jenis sensor yang digunakan. Hal ini dikarenakan perbedaan objek yang diukur serta untuk kemudahan penggunaan. Sensor *eddy-current* merupakan sensor yang biasa digunakan untuk parameter perpindahan (*displacement*), umumnya digunakan untuk mengukur perpindahan poros terhadap rumah bearing. Sensor *swing coil velocity* merupakan sensor yang biasa digunakan untuk parameter kecepatan (*velocity*). Sementara parameter percepatan (*acceleration*) biasanya menggunakan sensor *piezoelectric accelerometer*. Kedua sensor terakhir biasanya digunakan untuk mengukur getaran pada rumah bearing.



Dalam industri, sensor-sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran getaran merupakan sensor konvensional seperti yang telah disebutkan di atas yaitu sensor *eddy-current*, sensor *swing coil velocity* dan sensor *piezoelectric accelerometer*. Selain sensor konvensional tersebut terdapat juga sensor dengan teknologi MEMS atau *Micro Electro Mechanical System* yaitu suatu sistem mikro dengan kemampuan fungsi elektromekanik baik sebagai microsensor maupun microactuator. Sensor MEMS akselerometer merupakan sensor yang mempunyai teknologi MEMS dengan prinsip kerja yang sama dengan sensor konvensional seperti piezoelectric, differential capacitive, dsb.

Beberapa penelitian tentang pengukuran getaran mesin menggunakan sensor MEMS akselerometer telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, salah satu diantaranya adalah penelitaian *Monitoring Vibration Of A Model Of Rotating Machine* (Arko Djajadi dkk:2011). Pada penelitiannya, Arko Djajadi dkk membuat sebuah model mesin berputar yang terdiri dari dua bearing tempat berputarnya poros dengan motor sebagai penggerak. Menggunakan sensor accelerometer memsic2125 yang dikendalikan dengan mikrokontroler ATMega8535 sebagai perangkat utamanya. Accelerometer memsic2125 akan mengukur tingkat getaran dengan parameter percepatan pada bearing mesin berputar tersebut. Keluaran accelerometer memsic2125 yang merupakan sinyal PWM (Pulse Width Modulated) diolah oleh mikrokontroler ATMega8535 sehingga diperoleh hasil pengukuran. Hasil pengukuran ditampilkan oleh

komputer menggunakan software C++ Builder Data Plotter. Penelitian ini mensimulasikan pengukuran getaran pada mesin berputar ketika mesin bekerja secara normal dan ketika mesin bekerja secara tidak normal dengan memasang unbalance mass pada poros.

Penelitian lainnya adalah milik Swathy L. dan Lizy Abraham pada tahun 2014 yaitu, *Vibration Monitoring Using MEMS Digital Accelerometer with ATmega and LabVIEW for Space Application*. Pada penelitian tersebut dibuat sebuah alat ukur getaran menggunakan MEMS Digital Accelerometer yaitu ADXL345 dengan mikrokontroler ATmega16 sebagai pemrosesnya. Pengujian alat ukur dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung pada sebuah motor listrik yang mempunyai kecepatan putaran 3600 rpm. Hasil pengukuran divisualisasikan menggunakan software LabVIEW menjadi grafik dengan domain waktu dan grafik domain frekuensi.

Dari uraian di atas penulis bermaksud mengajukan ide untuk mengembangkan penelitian-penelitian tersebut. Pada penelitian ini penulis akan membuat sebuah prototipe alat ukur getaran mesin menggunakan sensor MEMS akselerometer ADXL345. Dengan berbasis Arduino pengukuran akan diolah sampai ditampilkan ke dalam LCD dan PC, pada PC digunakan software Megunolink untuk memplot data hasil pengukuran. Dibuat pula sebuah miniatur mesin berputar untuk mensimulasikan bagaimana kondisi putaran mesin berpengaruh terhadap hasil pengukuran.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat prototipe alat ukur getaran menggunakan sensor *micro electro mechanical system* (MEMS) accelerometer.
2. Bagaimana cara mensimulasikan sistem pengukuran getaran mesin.

## 1.3. Pembatasan Masalah

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain :

1. Membahas teknik pengukuran getaran parameter percepatan.
2. Mensimulasikan pengukuran getaran pada model mesin berputar.
3. Menggunakan mikrokontroler Atmega 328 dengan basis Arduino.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan penelitian ini diantaranya:

1. Membuat prototipe alat ukur getaran menggunakan sensor *micro electro mechanical system* (MEMS) Accelerometer.
2. Mensimulasikan sistem pengukuran getaran mesin.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak terkait :

### 1. Bagi Peneliti

Memberikan masukan dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman penulis tentang sistem pengukuran getaran pada mesin.

### 2. Bagi Akademik

Menambah kepustakaan bagi peneliti lain untuk mengembangkan dan melanjutkan penelitian.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian awal, isi, dan bagian akhir.

### 1. Bagian awal

Bagian awal terdiri dari: judul, lembar pengesahan, pernyataan, abstrak, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar lampiran.

### 2. Bagian isi

BAB I Pendahuluan; berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori; berisi dasar teori tentang vibrasi mesin, akselerometer, mikrokontroler, megunolink dll.

BAB III Metode Penelitian; berisi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

BAB IV Pengujian Dan Pembahasan; data hasil pengujian sensor, power supply dan hasil simulasi sistem pengukuran akan dibahas.

BAB V Penutup; meliputi simpulan dan saran.

### **3. Bagian akhir**

Bagian akhir terdiri atas daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Sistem Pengukuran**

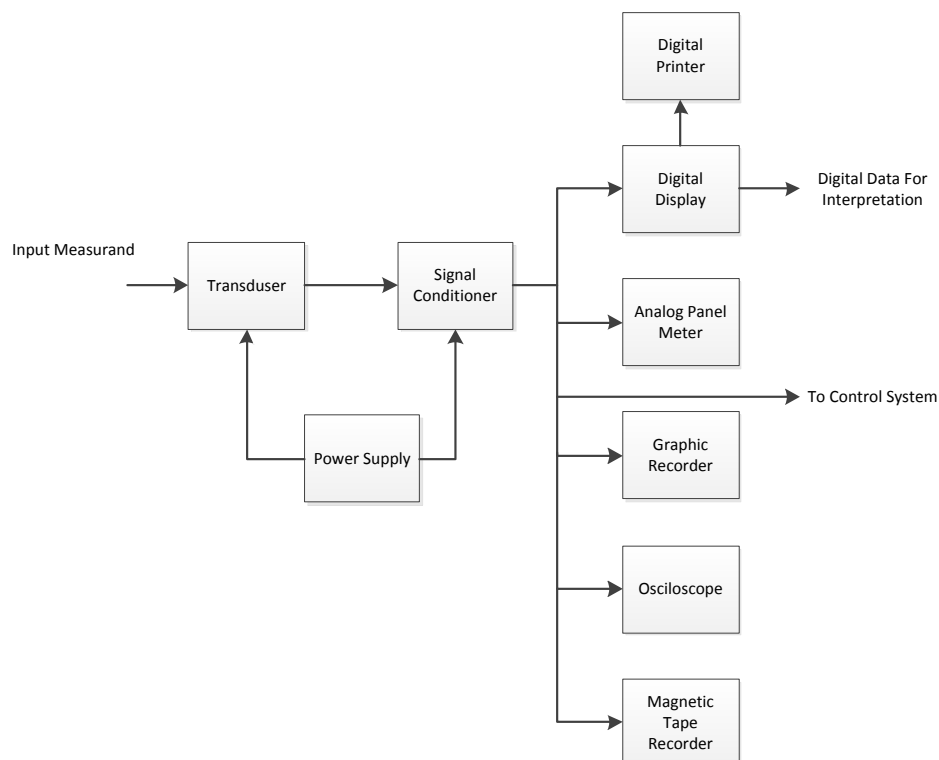
##### **2.1.1. Konsep Dasar Pengukuran**

Menurut Samadikun (1989), metode pengukuran merupakan bidang yang sangat luas dipandang dari ilmu pengetahuan dan teknik, meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisa data. Besaran yang diukur atau dicatat oleh suatu instrumen termasuk besaran-besaran fisika, kimia, mekanik, listrik, magnet, optik dan akustik. Parameter besaran-besaran tadi merupakan bahan kegiatan yang penting dalam tiap cabang penelitian ilmu dan proses industri yang berhubungan dengan sistem pengaturan proses, instrumentasi proses dan pula reduksi data.

Sistem pengukuran umum terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut ditunjukkan pada gambar 2.1. di bawah.

- a. Transduser yang mengubah besaran yang diukur (kuantitas yang diukur, sifat atau keadaan) menjadi output listrik.
- b. Pengkondisi sinyal yang mengubah output transduser menjadi besaran listrik yang cocok untuk mengatur perekaman atau pemrograman.

- c. Pemraga atau alat yang dapat dibaca, memeragaan informasi tentang besaran yang diukur menggunakan satuan yang dikenal dalam bidang teknik.
- d. Catu daya listrik memberikan tenaga kepada transduser dan bagian pengkondisi sinyal dan pula untuk alat pemraga.



**Gambar 2.1. Sistem pengukuran secara umum (Samadikun,2)**

### 2.1.2. Transduser

Transduser adalah alat yang dapat diberi input penggerak dari sebuah atau lebih media transmisi, dan selanjutnya dapat membangkitkan sinyal yang sesuai dan diteruskan ke sistem transmisi atau media. Transduser ini memberikan output yang berguna pada waktu menangkap

sinyal input yang diukur, mungkin berupa besaran fisika, mekanik, juga dapat berupa sifat tertentu atau syarat tertentu. Jadi secara sederhana transduser adalah suatu alat yang dapat merubah besaran input menjadi besaran output lainnya. (Samadikun:13)

Banyak piranti atau alat (devices) yang operasinya didasarkan pada prinsip-prinsip listrik dasar dan hampir semua sistem pengumpulan, transmisi dan analisa data bergantung pada piranti elektronik. Contohnya, pengukuran suhu jarak jauh dan perekamannya biasanya dilakukan sebagai berikut. Pada lokasi yang menjadi perhatian dipasang sebuah transduser, piranti ini mengubah suhu pada setiap waktu menjadi tegangan listrik yang setara. Tegangan ini lalu ditransmisikan ke stasiun penerima, di mana kemudian dipajang dengan suatu cara yang tepat (Holman: 99). Berdasarkan uraian di atas maka dalam sistem pengukuran umumnya menggunakan transduser listrik, yaitu transduser yang outputnya berupa sinyal listrik.

Semua transduser listrik dapat dibagi dalam dua katagori yaitu transduser aktif dan pasif. Transduser aktif adalah devais yang dapat membangkitkan sendiri, bekerja menurut hukum kekekalan energi. Mereka dapat membangkitkan sinyal output listrik yang ekuivalen tanpa adanya sumber energi luar. Transduser pasif bekerja berdasarkan prinsip pengontrolan energi, Mereka bekerja tergantung pada perubahan parameter listrik (resistansi, induktansi dan kapasitansi), untuk dapat bekerja diperlukan penggerak atau sumber dari luar diperlukan untuk



mengerjakan yang berbentuk energi listrik sekunder. Tabel 2.1 merupakan tabel beberapa transduser listrik yang diklasifikasikan menjadi transduser aktif dan pasif.

**Tabel 2.1 klasifikasi transduser listrik**

<b>Active Transducers</b>	<b>Passive Transducers</b>
Thermoelectric	Resistive
Piezoelectric	Inductive
Photovoltaic	Capacitive
Magnetostrictive	Photoconductive
Electrokinetic	Piezoresistive
Electrodynamic	Magneto-resistive
Electromagnetic	Thermoresistive
Pyroelectric	Electroresistive
Galvanic	Hall Effect

### 2.1.3. Akuisisi Data

DAS (Data Acquisition System) atau sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan data sehingga siap untuk proses lebih lanjut. Hasil pengolahan data tersebut, kemudian dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti sistem proteksi, sistem kendali proses dan untuk keperluan pemeliharaan.

Pada pabrik-pabrik (industri), peranan DAS adalah sebagai alat penjaga kualitas (quality control). Hasil-hasil produksi, sebelum dipasarkan akan mengalami pengujian-pengujian untuk mempertahankan

kualitasnya. Pada mulanya, pengujian-pengujian ini dilakukan secara manual oleh tenaga-tenaga ahli yang terlatih. Hal ini memakan biaya yang cukup besar, disamping waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian-pengujian cukup lama. Karena data yang harus diolah semakin banyak, maka penggunaan peralatan pengolah data elektronik tak terelakkan lagi. Penggunaan DAS elektronik dapat mengolah data yang banyak dengan cepat, disamping waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan data dapat dipercepat dan kecermatannya terjamin.

Disamping sebagai suatu quality control, DAS juga digunakan di pabrik. Sistem DAS menerima data keadaan mesin-mesin tersebut melalui sensor-sensor yang dipasangkan pada mesin-mesin tersebut. Data-data tersebut, setelah diolah akan memberikan berbagai informasi mengenai keadaan kerja dari mesin-mesin yang digunakan. Berdasarkan data-data tersebut, dapat ditentukan cara pengontrolan yang tepat.

Dewasa ini prinsip penggunaan akuisisi data mulai banyak dikembangkan, mengingat banyaknya manfaat yang dapat diberikan, seperti :

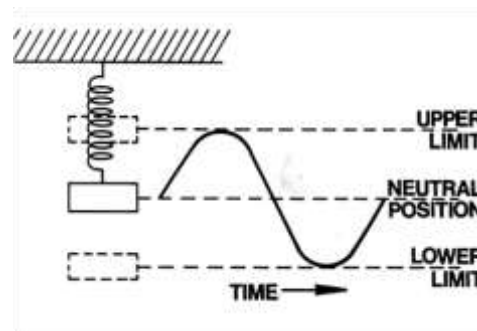
1. Dapat membaca atau menerima data secara terus menerus
2. Pemrosesan data yang lebih cepat (delay kerja sistem amat rendah)
3. Proses kerja dan data olahannya lebih akurat
4. Penerimaan data berlangsung otomatis (tidak perlu diawasi terus menerus)
5. Data dapat disimpan kedalam disk pada komputer (untuk penganalisaan lebih lanjut)

6. Dapat dilakukan setting data yang tertentu jika ditemukan suatu data yang khusus spesifik, maka komputer akan mengaktifkan suatu transducer tertentu
7. Dapat melakukan penerimaan data yang berganda lebih dari satu
8. Data yang diterima dapat berasal dari sumber sensor dengan sinyal yang analog maupun yang digital
9. Menggunakan pengontrolan utama sebuah komputer mikro PC yang harganya relatif murah
10. Tidak mudah terganggu noise lingkungan.

## **2.2. Getaran Mesin**

### **2.2.1. Definisi getaran mesin**

Kata vibrasi atau getaran berasal dari kata dasar getar, yang menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) getar bermakna gerak yang berulang-ulang secara cepat. Jika dijabarkan lebih lanjut definisi vibrasi atau getaran adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat. Contoh yang paling sederhana dari vibrasi adalah pendulum yang berayun, senar gitar yang dipetik dsb. Jadi, secara bahasa definisi vibrasi mesin adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat pada mesin.

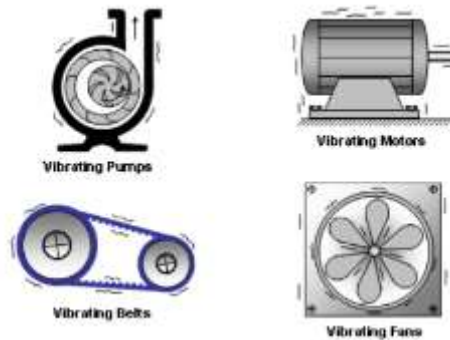


**Gambar 2.2 Ilustrasi Getaran dan Gelombang**

([www.vibrasiblog.blogspot.com](http://www.vibrasiblog.blogspot.com))

Ilustrasi sederhana dari getaran adalah pegas dengan sebuah beban, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Pada posisi netral (neutral position) maka pegas akan merenggang untuk mengimbangi beban. Jika pegas ini diberi gaya seketika dengan menariknya beban misalkan pada posisi bawah (lower position) kemudian langsung dilepaskan akan membuat beban bergerak bolak-balik dari posisi bawah menuju posisi atas dan seterusnya guna mengimbangi gaya seketika tersebut. Gerakan dari beban yang bergerak bolak-balik akan membentuk sebuah gelombang dengandomain waktu.

Secara istilah, vibrasi mesin (*Vibration of Machinery*) diartikan sebagai gerakan bolak-balik dari mesin secara utuh atau komponen mekanik mesin sebagai reaksi dari adanya gaya yang mempengaruhinya baik itu gaya dalam maupun gaya luar. Kasus yang dominan terjadi dalam vibrasi mesin adalah yang disebabkan oleh gaya eksitasi yang berasal dari mesin itu sendiri. Gambar 2.3 di bawah mengilustrasikan vibrasi yang terjadi pada mesin-mesin seperti pompa, motor, sabuk dan kipas.



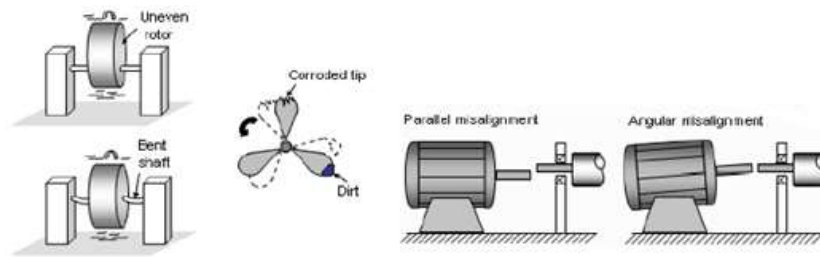
**Gambar 2.3 Ilustrasi Vibrasi Mesin (Vyas Mukesh: 5)**

### 2.2.2. Penyebab vibrasi mesin

Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa vibrasi mesin terjadi karena gaya yang mempengaruhinya, yaitu gaya dalam maupun gaya luar. Pada sub bab ini akan dijabarkan 3 penyebab utama terjadinya vibrasi mesin yang merupakan representasi dari gaya dalam maupun gaya luar, berikut adalah ketiganya :

- **Tekanan yang berulang**

Untuk mengetahui maksud tekanan yang berulang menjadi penyebab vibrasi. Kita misalkan ketika sebuah perahu berlayar pada saat cuaca buruk maka gelombang laut akan menerjang perahu tersebut secara terus-menerus sehingga perahupun bergoyang kesana-kemari. Hal yang hampir sama terjadi pada mesin, mesin akan bergetar apabila diberi tekanan yang berulang. Dalam konteks vibrasi mesin, tekanan yang berulang terjadi karena *unbalance rotation*, *misalignment*, komponen yang usang, dan pemasangan komponen yang kurang tepat.



**Gambar 2.4. Tekanan yang berulang pada mesin (Vyas Mukesh:8)**

Gambar 2.4. di atas mengilustrasikan tekanan yang berulang pada mesin sehingga timbul vibrasi. Pada gambar paling kiri digambarkan adanya *unbalance rotation* karena poros yang melengkung dan rotor yang tidak tepat ditengah poros. Pada gambar tengah digambarkan terjadi korosi pada komponen pisau kipas sehingga terjadilah vibrasi. Pada dua gambar paling kanan digambarkan terjadi *misalignment* saat pemasangan sambungan motor, hal ini juga menyebabkan terjadinya vibrasi.

- **Kerenggangan**

Penyebab terjadinya vibrasi mesin selanjutnya adalah kerenggangan (*looseness*). Kerenggangan dari bagian-bagian mesin juga dapat menyebabkan terjadinya vibrasi mesin. Jika salah satu bagian mesin renggang maka vibrasi mesin yang seharusnya masih dalam toleransi bisa menjadi berlebihan dan bahkan tak terkendali. Pada gambar 2.5 di bawah mengilustrasikan terjadinya kerenggangan pada bagian bearing dan bagian baut dudukan motor sehingga terjadi vibrasi.



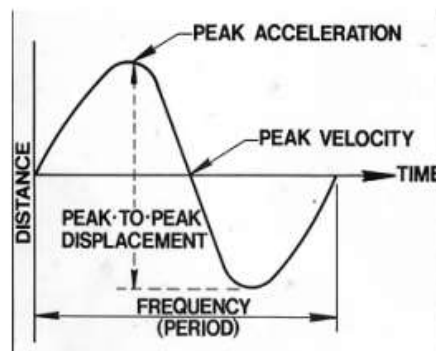
**Gambar 2.5 Kerenggangan pada komponen mesin (Vyas Mukesh:9)**

- **Resonansi**

Mesin cenderung akan bergetar pada tingkat osilasi tertentu yang disebut tingkat osilasi alami. Pada tingkat osilasi ini mesin akan memilih bergetar. Sebagian besar mesin memiliki lebih dari satu tingkat osilasi alami. Misalnya, mesin terdiri dari dua substruktur yang berbeda tingkat osilasi alami akan menunjukkan setidaknya dua tingkat osilasi alami. Secara umum, semakin kompleks mesin semakin banyak tingkat osilasi alaminya.

### 2.2.3. Karakteristik Getaran

Dari sub bab 2.2.1 di atas diketahui bahwa gerakan dari getaran akan membentuk suatu gelombang yang merepresentasikan parameter getaran. Ada tiga parameter utama yang digunakan sebagai acuan dalam pengukuran getaran mesin. Dengan mengacu pada gerakan pegas, kita dapat mempelajari karakteristik suatu getaran dengan memetakan gerakan dari pegas terhadap fungsi waktu.



**Gambar 2.6. Karakteristik getaran(www.vibrasiblog.blogspot.com)**

### a. Amplitudo

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal getaran yang dihasilkan. Amplitudo dari sinyal getaran ini mengidentifikasi besarnya gangguan yang terjadi. Semakin tinggi nilai amplitudo menandakan semakin besar gangguan yang terjadi. Dalam pengukuran getaran mesin, amplitudo dapat direpresentasikan sebagai *displacement* (perpindahan), *velocity* (kecepatan), atau *acceleration* (percepatan). Jenis amplitudo yang akan diukur menentukan jenis sensor yang akan digunakan.

- **Perpindahan**

Pengukuran perpindahan adalah pengukuran jarak perpindahan benda dari posisi awal saat terjadi getaran. Dalam unit SI satuan jarak adalah meter (m), namun untuk pengukuran getaran umumnya menggunakan standar micron ( $\mu\text{m}$ ) atau mils. Pengukuran perpindahan getaran umumnya menggunakan sensor non-contact seperti sensor *eddy-current* atau sensor *proximity capacitive*.

- **Kecepatan**

Kecepatan adalah laju perubahan jarak per satuan waktu. Kecepatan merupakan salah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah getaran pada mesin kecepatan sedang. Jika melihat pada gambar 2.6. di atas maka kecepatan suatu benda adalah nol ketika masih dalam posisi berhenti dan ketika dalam posisi puncak sebelum berubah arah ke arah yang berlawanan. Satuan yang digunakan industri untuk kecepatan umumnya menggunakan standar mm/s atau



inci/s. Pengukuran kecepatangetaran umumnya menggunakan transduser *swing coil velocity*.

- **Percepatan**

Percepatan adalah laju perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu. Percepatan merupakan parameter yang sangat penting dalam analisis mesin yang berputar (rotating equipment). Dalam unit SI satuan percepatan adalah meter per sekon<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>), namun industri umumnya menggunakan standar g (gravity) dimana  $1\text{ g} = 9,8\text{ m/s}^2$ . Parameter percepatan getaran diukur menggunakan transduser *accelerometer*.

**b. Frekuensi**

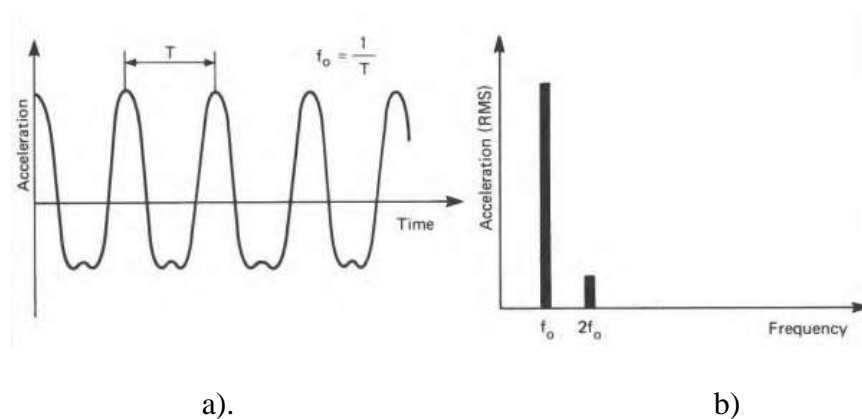
Frekuensi adalah banyaknya gelombanggetaran dalam satu satuan waktu. Unit satuan untuk frekuensi biasanya ditunjukkan dalam satuan cycle per second(CPS) atau cycle per minute (CPM) ataupun dalam satuan Hertz, dimana nilai 1 CPS sama dengan 1 Hz (CPS = Hz). Frekuensi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk analisis kondisi mesin sama halnya dengan detak jantung yang mengindikasikan kesehatan.

**c. Fase**

Fase adalah perpindahan atau perubahan posisi pada bagian-bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar pada frekuensi yang sama.

### 2.2.4. Pengolahan Data Getaran

Data hasil pengukuran getaran dapat diolah menggunakan dua domain, yaitu domain waktu dan domain frekuensi. Dua domain ini menampilkan parameter-parameter getaran untuk keperluan monitoring serta analisis.



**Gambar 2.7. Grafik pengolahan sinyal (Broch,25)**

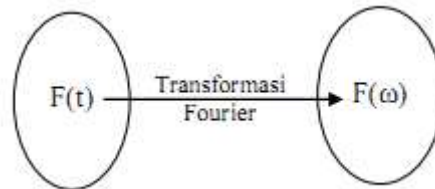
**a) Grafik domain waktu. b) Grafik domain frekuensi**

#### a. Data Domain Waktu

Sinyal getaran yang diperoleh melalui pengukuran baik menggunakan sensor accelerometer, swing coil *velocity* maupun *eddy-current* sensor merupakan sinyal dinamik yang nilainya berubah setiap waktu. Oleh karena itu, maka diperlukan pengolahan sinyal getaran dengan domain waktu. Grafik waveform merupakan grafik yang menampilkan amplitudo getaran dengan domain waktu. Pengolahan data getaran dengan domain waktu biasanya digunakan untuk monitoring getaran secara realtime.

## b. Data Domain Frekuensi

Secara konseptual, pengolahan data dengan domain frekuensi dilakukan dengan mengkonversi data domain waktu ke dalam data domain frekuensi menggunakan proses Transformasi Fourier Cepat (Fast Fourier Transformation, FFT). Penggunaan data domain frekuensi ini untuk keperluan analisa setelah diketahui trend level getaran yang terukur pada data domain waktu melebihi getaran yang diperbolehkan.



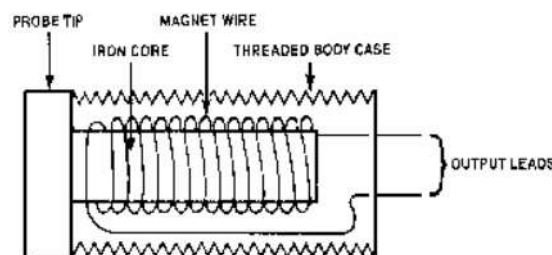
**Gambar 2.8. Konsep transformasi fourier**

### 2.2.5. TransduserGetaran

Untuk mengukur getaran mesin diperlukan suatu transduser getaran yang berfungsi mengubah sinyal getaran menjadi sinyal listrik. Masing-masing amplitudo getaran yang dapat diukur menjadi paramater perpindahan, kecepatan dan percepatan mempunyai transduser tersendiri. Pada subbab ini akan dijelaskan beberapatransduser yang umumnya digunakan untuk mengukur getaran sehingga dapat dijadikan acuan dalam memilih transduser mana yang paling cocok untuk pekerjaan yang akan dilakukan.

### a. *Eddy-current* Sensor

Sensor *eddy-current* merupakan salah satu sensor non-contact yang digunakan untuk mengukur getaran. Sensor ini mempunyai jangkauan frekuensi terluas dari 0 - 240 KHz. Menggunakan prinsip induksi *eddy-current* yang timbul ketika sebuah medan magnet mendekati sebuah konduktor. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak pemisah (gap) antara komponen mesin yang diukur dengan posisi sensor itu sendiri. Gambar 2.9. di bawah menunjukkan konstruksi sensor *eddy-current* yang terdiri dari lilitan dan inti besi yang membentuk medan magnet jika diberi tegangan AC, probe tip serta bodi ulir. Aplikasi sensor *eddy-current* adalah untuk mengukur getaran pada poros mesin.

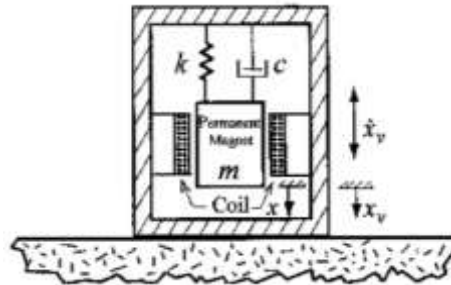


**Gambar 2.9. Konstruksi sensor *eddy-current* (Vyas Mukesh:21)**

### b. *Swing Coil Velocity* Transduser

Transduser yang mempunyai jangkauan frekuensi dari 10-1500 Hz merupakan sensor yang menggunakan prinsip elektrokinetik. Konstruksi dasar *velocity* transduser seperti terlihat pada gambar 2.10. terdiri dari sebuah magnet permanen yang digantung pada pegas, serta sebuah lilitan. Prinsip kerjanya adalah ketika terjadi getaran, magnet akan ikut bergetar. Gerakan magnet ini berinteraksi dengan lilitan sehingga menimbulkan

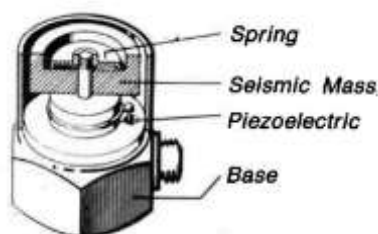
tegangan listrik. Sensor ini biasa diaplikasikan untuk monitoring dan balancing mesin.



**Gambar 2.10. Konstruksi dasar *velocity* transduser (Adams Jr:249)**

### c. Accelerometer

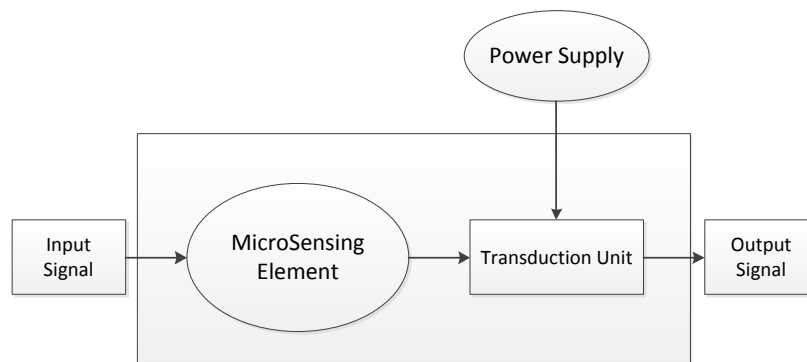
Accelerometer yang umumnya digunakan dalam industri adalah accelerometer tipe piezoelektrik. Accelerometer tipe ini menggunakan material piezoelektrik sebagai komponen transdusernya. Material piezoelektrik merupakan material kristal yang dapat membangkitkan tegangan listrik ketika mendapat tekanan. Ketika terjadi getaran, seismic mass akan ikut bergerak mengikuti getaran. Gerakan seismic mass ini memberi tekanan pada bagian piezoelektrik sehingga timbul tegangan output.



**Gambar 2.11. Konstruksi dasar accelerometer (Serridge, 1987)**

### 2.3. MEMS Accelerometer ADXL345

MEMS accelerometer merupakan salah satu tipe accelerometer yang menggunakan prinsip Micro Electro Mechanical System (MEMS). MEMS sendiri adalah sebuah sistem mikro dengan ukuran komponen penyusun antara 1  $\mu\text{m}$  sampai dengan 1 mm sehingga MEMS accelerometer sering juga disebut micro accelerometer. MEMS dirancang untuk dapat mencapai fungsi teknis khususnya fungsi elektromekanik dan elektrokimia (Tai Ran Hsu, 2002). Elemen inti dari sebuah MEMS umumnya terdiri dari dua komponen dasar, yaitu elemen *sensing* atau *actuating* dan unit transduser. Pada gambar 2.12. menggambarkan blok diagram dari MEMS sebagai *microsensor*.

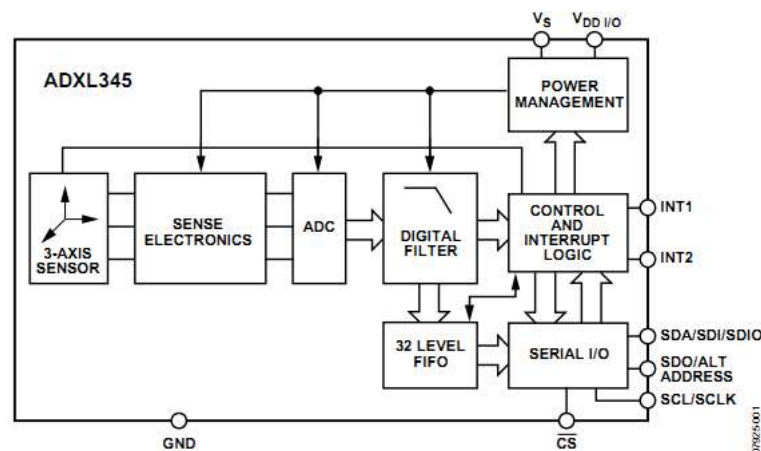


**Gambar 2.12. MEMS sebagai microsensor (Hsu:2)**

Mikrosensor dibangun untuk mengindera eksistensi dan intensitas dari kuantitas fisika, kimia dan biologi, seperti suhu, tekanan, gaya, suara, sinar, radiasi nuklir, fluks magnet, dan komposisi kimia. Salah satu MEMS jenis mikrosensor adalah akselerometer, MEMS akselerometer sendiri

mempunyai beberapa jenis berdasarkan prinsip kerjanya seperti jenis *piezoresistor*, *hot air bubble*, *differential capacitive*.

Sensor accelerometer yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe ADXL345 produk dari Analog Devices. Accelerometer ADXL345 merupakan sensor percepatan yang mampu mengukur percepatan linier dalam tiga sumbu (x, y dan z). Sensor ini memiliki resolusi tinggi (hingga 13-bit) pada sensitivitas tertingginya. ADXL345 memiliki pilihan range pengukuran dari  $\pm 2g$  hingga  $\pm 16g$ , dimana  $1g$  merupakan satu satuan percepatan rata-rata gravitasi bumi yaitu sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Gambar 2.13. di bawah ini merupakan blok diagram ADXL345.

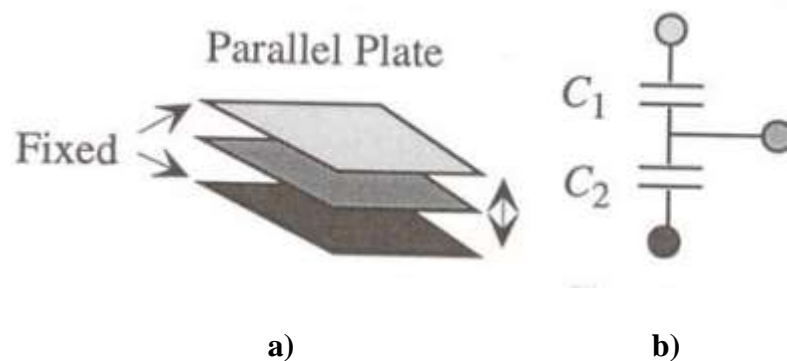


**Gambar 2.13. Blok diagram accelerometer ADXL345**

Dari diagram blok pada gambar 2.13 di atas, kita dapat mengetahui cara kerja dari akselerometer ADXL345. Penjelasan dari masing-masing bagian blok diagram akan dijelaskan sebagai berikut :

### ➤ 3-Axis Sensor

Dalam datasheet akselerometer ADXL345 disebutkan bahwa akselerometer ini menggunakan prinsip kerja differential capacitive sensor. Bagian 3-axis sensor pada gambar 2.11. di atas merupakan bagian differential capacitive sensor. Prinsip kerja sederhana dari differential capacitive sensor adalah penyusunan dua buah kapasitor yang dipasang seri seperti terlihat pada gambar 2.14. di bawah. Nilai kapasitansi  $C_1$  dan  $C_2$  merupakan suatu variabel yang ditentukan oleh jarak antara moving dielectric terhadap kedua fixed dielectric. Perubahan jarak moving dielectric ini sebanding dengan perubahan percepatan.



**Gambar 2.14 differential capacitive sensor**

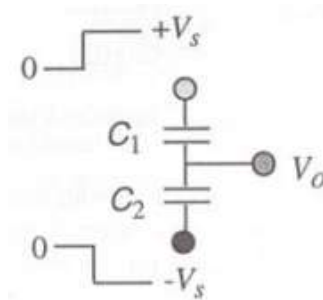
**a) konstruksi dasar, b) rangkaian dasar**

### ➤ Sense Electronic

Untuk menggunakan sensor dengan prinsip kerja differential capacitive maka diperlukan sebuah rangkaian tambahan berupa osilator. Pada gambar 2.13 tidak secara gamblang menyebutkan



bagian osilator ini. Penggunaan osilator pada rangkaian ini ditunjukkan pada gambar 2.15. di bawah. Kedua ujung kapasitor diberikan tegangan AC dengan perbedaan fase  $180^0$  untuk memudahkan orientasi gerak.



**Gambar 2.15. Prinsip Sense Electronic**

➤ **ADC**

Analog Digital Converter (ADC) merupakan suatu rangkaian yang berguna untuk mengkonversi data analog menjadi data digital. Konversi ini dilakukan karena mikrokontroler tidak dapat memproses data analog tapi hanya data digital.

➤ **Digital Filter**

Digital filter adalah filter yang biasa digunakan pada rangkaian konversi ADC. Filter digital berfungsi untuk menghilangkan noise pada proses konversi analog ke digital seperti aliasing.

➤ **Power Management**

Power management adalah bagian yang mengelola penggunaan catu daya dari mulai pemilihan sumber catu sampai dengan

pemakaian catu pada bagian lainnya yang memerlukan seperti bagian sense electronic, ADC dan digital filter.

➤ **Control and Interrupt Logic**

Bagian ini merupakan bagian pengontrol utama dari akselerometer ADXL345. Pada bagian ini pengendalian semua bagian ADXL345 dilaksanakan.

➤ **32 Level FIFO**

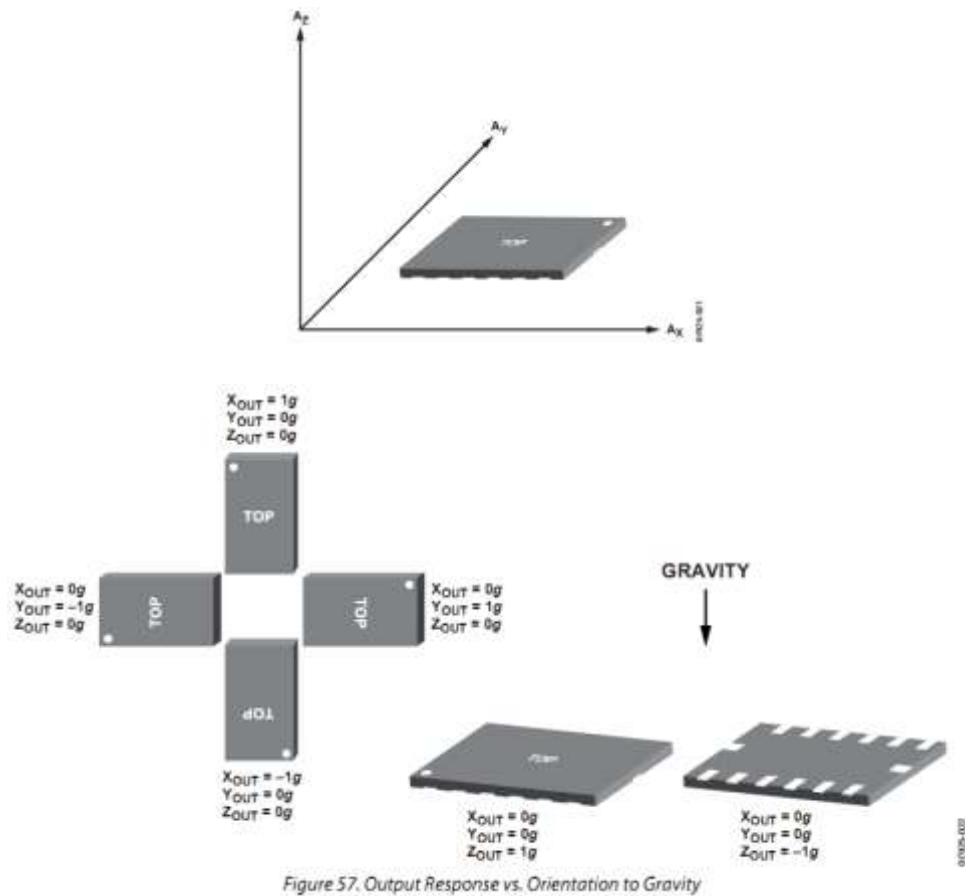
Memori internal yang dapat digunakan khusus untuk penggunaan mode FIFO. Dalam aplikasinya sebelum data dikirim ke serial I/O data akan disimpan ke dalam memori ini sebanyak 32 bit data. Setelah memori terisi penuh baru kemudian data akan dikirim ke serial I/O dengan metode FIFO (First In First Out).

➤ **Serial I/O**

Serial I/O merupakan port I/O yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler. ADXL345 mempunyai dua metode antarmuka yaitu antarmuka SPI atau I2C di mana keduanya merupakan antarmuka digital. Pada penelitian ini digunakan antarmuka I2C sebagai penghubung antara ADXL345 dengan mikrokontroler.

Dari diagram blok ADXL345 diketahui bahwa dalam accelerometer ADXL345 sudah terdapat ADC dan digital filter sehingga ADXL345 merupakan sensor percepatan yang menggunakan antarmuka digital yaitu dengan komunikasi I2C atau SPI. Dalam penelitian ini menggunakan antarmuka I2C sebagai sarana komunikasinya. Berikut ini

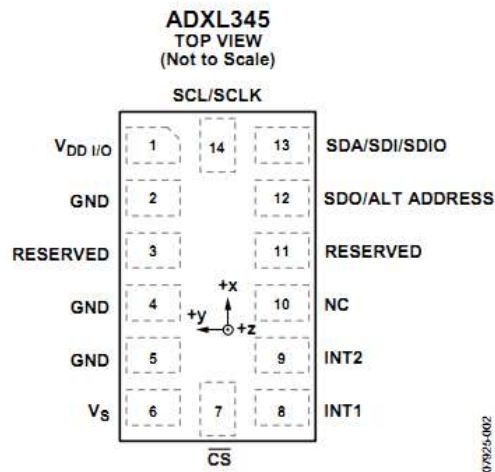
akan dijelaskan mengenai sistematika kerja ADXL345, termasuk diantaranya orientasi terhadap sumbu kartesian, konfigurasi pin, serta karakteristik dan spesifikasi ADXL345.



**Gambar 2.16. karakteristik output accelerometer terhadap ketiga sumbu**

Dari kedua gambar di atas, kita dapat mengetahui orientasi dan juga karakteristik output ADXL345 terhadap ketiga sumbu (x, y dan z) sehingga dapat dijadikan acuan pada penelitian ini. Saat posisi salah satu sumbu bertolakbelakang dengan arah gaya gravitasi, maka output sumbu itu akan sekitar  $\pm 1g$  atau setara  $\pm 9,8 \text{ m/s}^2$ . Gambar 2.17. dan tabel 2.2.

merupakan gambar konfigurasi pin akselerometer ADXL345 beserta penjelasan masing-masing pin.



**Gambar 2.17. konfigurasi pin accelerometer ADXL345**

**Tabel 2.2 deskripsi pin ADXL345**

Pin No.	Nama Pin	Fungsi
1	VDD I/O	Power supply untuk digital interface
2	GND	Ground
3	Reserved	Tidak terkoneksi atau dihubungkan ke VS
4	GND	Ground
5	GND	Ground
6	VS	Power supply
7	CS	Chip Select
8	INT1	Interrupt 1
9	INT2	Interrupt 2
10	NC	Tidak terkoneksi
11	Reserved	Tidak terkoneksi atau dihubungkan ke Ground
12	SDO/ALT ADDR	Serial Data Output (SPI 4-wire)/Alternate I <sup>2</sup> C Address Select (I <sup>2</sup> C)
13	SDA/SDI/SDIO	Serial Data (I <sup>2</sup> C)/Serial Data Input (SPI 4-wire)/Serial Data Input Output (SPI 3-wire)
14	SCL/SCLK	Serial Communications Clock. SCL untuk I <sup>2</sup> C dan SCLK untuk SPI

Spesifikasi dari sensor accelerometer ADXL345 dijabarkan pada tabel 2.3 spesifikasi tersebut dapat terpenuhi dengan mengoperasikan ADXL345 pada tegangan 3,3 VDC. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, ADXL345 mampu mengukur percepatan gravitasi dengan dengan jangkauan yang dapat dipilih antara  $\pm 2g$  hingga  $\pm 16g$ . Tabel di bawah ini mendeskripsikan antara lain resolusi sensor, sensitivitas, dan spesifikasi pengoperasian.

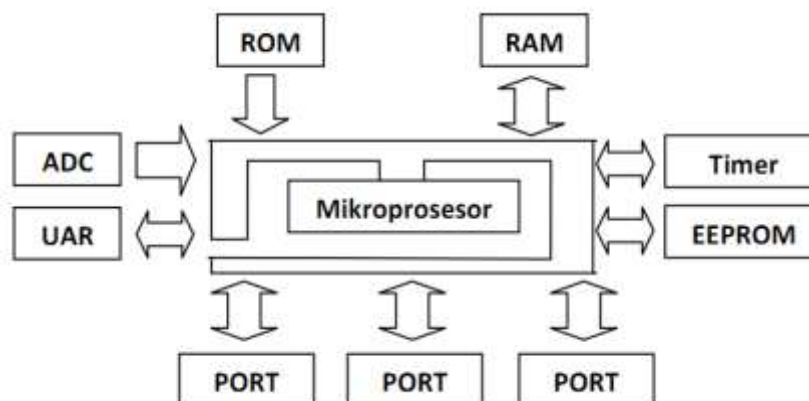
**Tabel 2.3 Spesifikasi accelerometer ADXL345**

Parameter	Kondisi Pengujian	Min	Typ	Max	Satuan
Jangkauan pengukuran	Dipilih oleh user	$\pm 2$		$\pm 16$	G
Ketidaklinieran	Persentase pada full scale		$\pm 0.5$		%
Resolusi sensor	$\pm 2g$ , full resolution		10		Bits
	$\pm 4g$ , full resolution		11		Bits
	$\pm 8g$ , full resolution		12		Bits
	$\pm 16g$ , full resolution		13		Bits
Sensitivitas	$\pm 2g$ , 10-bit resolution	230	256	282	LSB/g
	$\pm 4g$ , 10-bit resolution	115	128	141	LSB/g
	$\pm 8g$ , 10-bit resolution	57	64	71	LSB/g
	$\pm 16g$ , 10-bit resolution	29	32	35	LSB/g
Output data rate (ODR)	Dipilih oleh user	0,1		3200	Hz
Tegangan operasi		2,0	2,5	3,6	V
Arus catu	$ODR \geq 100Hz$		140		$\mu A$
	$ODR < 10Hz$		30		$\mu A$
Perubahan sensitivitas terhadap suhu			0,01		$\%/^{\circ}C$
Suhu pengoperasian		-40		+85	$^{\circ}C$

Sensitivitas adalah salah satu faktor yang harus diperhatikan dengan seksama oleh user, karena akan sangat menentukan respon dari sistem itu sendiri. Pada saat dioperasikan pada range terendah yaitu  $\pm 2g$ , sensitivitas dari accelerometer ADXL345 ini adalah sebesar 256 LSB/g yang berarti percepatan 1 gravitasi sebanding dengan keluaran data sebesar 256. Sedangkan apabila dioperasikan pada range tertinggi yaitu  $\pm 16g$ , sensitivitas accelerometer ADXL345 ini berkurang hingga menjadi 32 LSB/g.

## 2.4. Mikrokontroler

Menurut Bejo (2008:1), mikrokontroler dapat dianalogikan dengan sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Artinya bahwa di dalam sebuah IC mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal dari mikroprosesor, yaitu mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan clock seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer.



**Gambar 2.18. Diagram Blok Rangkaian Internal Mikrokontroler**

(Sasongko, 2012)

- Mikroprosesor : Unit yang mengesekusi program dan mengatur jalur data, jalur alamat, dan jalur kendali perangkat-perangkat yang terhubung dengannya.
- ROM (Read Only Memory) : Memori untuk menyimpan program yang dieksekusi oleh mikroprosesor. Bersifat non volatile artinya dapat mempertahankan data didalamnya walaupun tak ada sumber tegangan. Saat sistem berjalan memori ini bersifat read only (hanya bisa dibaca).
- RAM (Random Acces Memory) : Memori untuk menyimpan data sementara yang diperlukan saat eksekusi program. Memori ini bisa digunakan untuk operasi baca tulis.
- Port I/O : Port Input/Output sebagai pintu masukan atau keluaran bagi mikrokontroler. Umumnya sebuah port bisa difungsikan sebagai port masukan atau port keluaran bergantung kontrol yang dipilih.
- Timer : Pewaktu yang bersumber dari osilator mikrokontroler atau sinyal masukan ke mikrokontroler. Program mikrokontroler bisa memanfaatkan timer untuk menghasilkan pewaktu yang cukup akurat.
- EEPROM : Memori untuk menyimpan data yang sifatnya non volatile.
- ADC : Konverter sinyal Analog menjadi data Digital.
- UART : Sebagai antar muka komunikasi serial asynchronous.

## 2.5. Arduino

Menurut Syahwil (2013), Arduino merupakan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler jenis AVR dari Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Secara umum, arduino terdiri dari dua bagian, yaitu :

- 1) Hardware berupa papan input/output (I/O) yang open source.
- 2) Software Arduino yang juga open source, meliputi software Arduino IDE untuk menulis program dan driver untuk koneksi dengan komputer.

### 2.5.1. Kelebihan Arduino

Arduino merupakan platform mikrokontroler yang bertujuan menyederhanakan berbagai macam kerumitan maupun detail rumit pada pemrograman mikrokontroler sehingga menjadi paket yang mudah digunakan (easy to use). Selain kelebihan utama tersebut, arduino juga menawarkan berbagai keunggulan lainnya seperti berikut :

- 1) Ekonomis. biaya pembuatan board arduino cukup murah dibandingkan dengan platform mikrokontroler lainnya.



- 2) Sederhana dan mudah pemrogramannya. Arduino sangat ramah bagi pengguna pemula karena memang dikembangkan dalam dunia pendidikan.
- 3) Perangkat lunaknya *open source*. Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan secara *open source*.
- 4) Perangkat kerasnya *open source*.
- 5) Tidak perlu perangkat chip programmer. Tersedia bootloader yang menangani upload program dari komputer.
- 6) Sudah memiliki sarana komunikasi USB. Sehingga memudahkan pengguna komputer terbaru yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- 7) Bahasa pemrograman relatif mudah, karena software arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap.
- 8) Memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board arduino misalkan shield GPS, Ethernet, SD Card, dll.

### 2.5.2. Hardware Arduino Uno R3

Ada beberapa jenis board arduino yang disesuaikan dengan kebutuhan. Pada subbab ini akan dijabarkan Arduino Uno R3 yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 2.19** Arduino Uno R3 ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

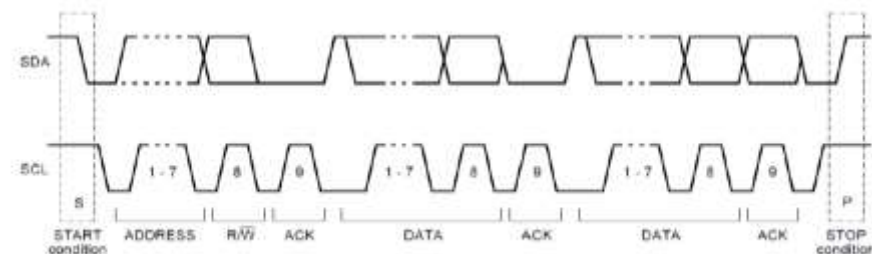
Tabel 2.4. di bawah menunjukkan spesifikasi dari perangkat arduino uno r3 yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 2.4** Spesifikasi Arduino Uno R3 :

Parameter	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Pin digital I/O	14 (dimana 6 pin output PWM)
Pin analog input	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328), 0,5 KB digunakan sebagai bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock	16 MHz

## 2.6. Komunikasi I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated-Circuit)

Biasanya disebut sebagai I<sup>2</sup>C, bus I2C atau IIC bus pada awalnya dikembangkan sebagai bus kontrol untuk menghubungkan mikrokontroler dan peripheral IC (Raafat. S. Habeeb, 2011). Inter-Integrated-Circuit atau sering disebut sebagai komunikasi I2C adalah komunikasi yang dikembangkan oleh Philips Semiconductors, yang hanya menggunakan dua jalur komunikasi (2-wire) yaitu jalur data yang digunakan untuk mengirim dan menerima data (bi-directional) dan jalur clock yang digunakan untuk mengirim sinyal sinkronisasi. Protokol I2C untuk pengiriman satu byte data dapat dilihat pada Gambar 2.20 (Nianda Aji Pratama, 2014)



**Gambar 2.20** Protokol komunikasi I<sup>2</sup>C (Kugelstadt, 2011)

Dari Gambar 2.20 dapat dijelaskan bagaimana pengiriman satu byte data yang digambarkan dengan dua buah sinyal pada jalur SCL dan jalur SDA, dimulai dari transisi high ke low sampai pada transisi low ke high pada sinyal SCL, untuk lebih jelas pengiriman satu byte data dapat dilihat pada Tabel 2.5.

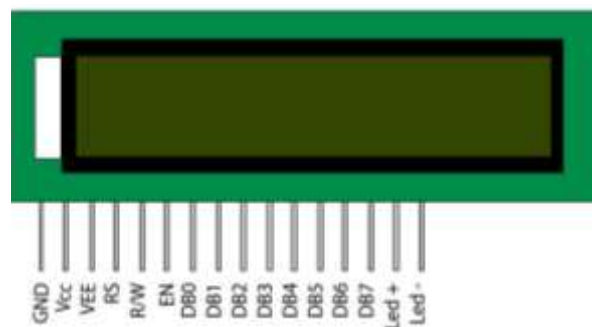
**Tabel 2.5 Pengiriman satu byte data pada transmisi I<sup>2</sup>C**

<b>Bit Penyusun</b>	<b>Keterangan</b>
S = Start (1-bit)	Transisi high ke low pada SDA dimana kondisi SCL high menandakan awal dari sebuah frame data yang dikirim.
SLAVE	digunakan untuk menentukan alamat peripheral eksternal
ADDRESS(7-bit)	Yang akan diakses
R/W (1-bit)	Bit ini digunakan untuk menentukan operasi baca atau tulis data dari peripheral eksternal, Bit bernilai 1 mengandung arti operasi baca dan bernilai 0 mengandung arti operasi tulis.
A = ACK(1-bit)	Bit ini digunakan untuk menentukan respon dari peripheral yang diakses, jika bit ACK bernilai 1 mengandung arti tidak adanya respon dari peripheral(transmisi data bermasalah), sebaliknya jika bit ACK bernilai 0 maka ada respon dari peripheral yang di akses.
DATA (8-bit)	8 bit data yang akan ditulis atau dibaca peripheral
P =Stop	Transisi low ke high pada SDA dimana kondisi SCL high menandakan akhir dari satu frame data yang telah dikirim

## 2.7. Liquid Crystal Display (LCD)

*Liquid Crystal Display*(LCD) adalah media tampilan dengan memanfaatkan kristal cair, modul LCD yang digunakan pada penelitian ini berupa LCD M1632, modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler HD44780 sebagai pengendali LCD yang memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) yang digunakan untuk mengembangkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut telah ditentukan secara permanen dari HD44780, CGRAM (*Character generator Random Access*

Memory) yang digunakan untuk mengembangkan pola sebuah karakter dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) sebagai memori tempat kedudukan karakter yang ditampilkan. LCD M1632 memiliki konsumsi daya yang rendah dan memiliki tampilan 2 x 16 karakter, Tabel 2.6 berikut ini adalah konfigurasi output pin LCD. (Nianda Aji Pratama, 2014)



Gambar 2.21 LCD M1632 ([www.engineergarage.com](http://www.engineergarage.com))

Tabel 2.6 Deskripsi pinout LCD

Nama Pin	Diskripsi
VCC	+5V
GND	0V
VEE	Contrast Adjust
RS	Register Select, 0 = register perintah, 1 = register data
R/W	1 = Read, 0 = Write
EN	Enable clock LCD
D0-D7	Data Bus 0 Sampai 7
+/-	Tegangan positif/negatif backlight

## 2.8. Motor DC

Motor DC adalah jenis motor yang memanfaatkan tegangan searah sebagai sumber tenaganya, semakin besar perbedaan tegangan yang diberikan maka kecepatan motor akan bertambah sampai batas kecepatan maksimum motor.



**Gambar 2.22 Motor DC ([www.jualarduino.com](http://www.jualarduino.com))**

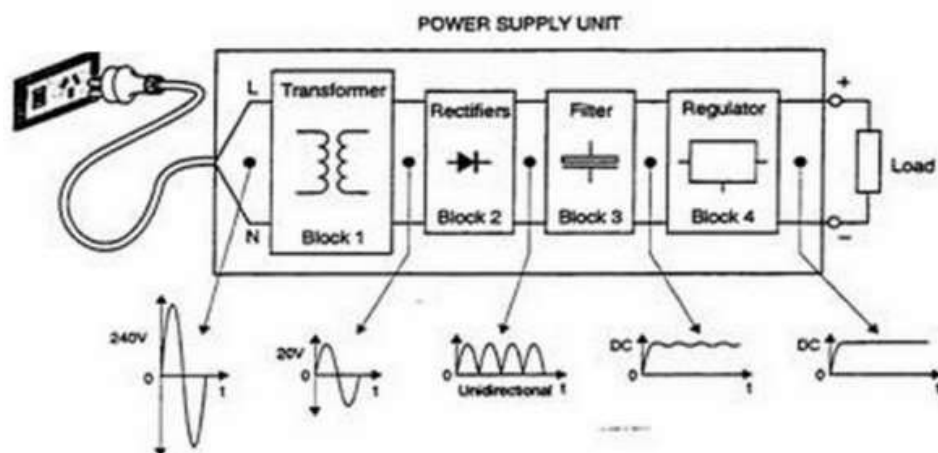
Perbedaan tegangan yang diberikan akan mengakibatkan motor berputar dengan arah tertentu, dan jika polaritas tegangan tersebut dibalik maka putaran motor akan berlawanan dengan arah sebelumnya, prinsip ini sesuai dengan Hukum gaya Lorentz yaitu arus mengalir pada penghantar dalam medan magnet akan menimbulkan gaya yang memiliki arah vektor bergantung dari arah arus yang mengalir. Keunggulan utama motor DC adalah kecepatan motor tidak berpengaruh pada pasokan daya (Nianda Aji Pratama, 2014). Tabel 2.7 merupakan spesifikasi motor DC yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 2.7. Spesifikasi motor DC**

Parameter	Spesifikasi
Tegangan	6 VDC (maks 7,5 VDC)
RPM output/poros	130
Torsi	6,2 Kg.cm
Rasio gigi	1 : 75
Arus tanpa beban	80 mA
Arus stall	2200 mA

## 2.9. Power Supply

Power supply berfungsi sebagai sumber tegangan pada perangkat pengukuran getaran mesin. Beberapa komponen dasar dari power supply yaitu transformator, penyearah, penyaringan dan regulator. Suyadhi (2010:87) berpendapat perangkat elektronik seharusnya dicatu oleh arus searah/DC (direct current) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Gambar 2.23 adalah gambar beberapa komponen power supply. (Achmad Buchori,2014:)



**Gambar 2.23 Power Supply Unit (PSU) (Suyadhi, 2010)**

Dari gambar 2.23 dapat dilihat bahwa sumber AC diperoleh dari jaringan PLN yang kemudian dikecilkan tegangannya sesuai kebutuhan menggunakan trafo. Tahap selanjutnya adalah penyearahan tegangan AC menjadi tegangan DC oleh dioda penyearah, hasil dari penyearahan ini masih mengandung banyak noise sehingga diperlukan filter menggunakan kapasitor. Untuk menstabilkan tegangan keluaran dipasang pula sebuah regulator tegangan sehingga akhirnya dapat dipakai oleh beban.

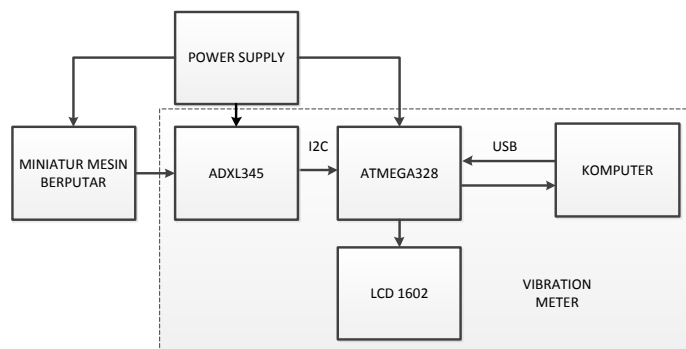


## BAB III

### METODE PENELITIAN

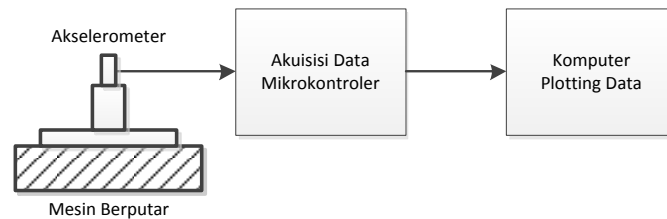
#### 3.1. Desain Sistem Pengukuran

Desain sistem pengukuran akan dijabarkan dengan diagram blok perancangan yang merupakan bagian terpenting dari proses perancangan dan pembuatan alat ukur vibrasi. Dari diagram blok perancangan ini, dapat diketahui prinsip kerja keseluruhan bagian. Diagram blok perancangan alat ukur vibrasi ditunjukkan pada gambar 3.1. Power supply digunakan sebagai sumber tegangan operasi dari perangkat pengukuran ini. Miniatur mesin berputar akan mensimulasikan getaran yang terjadi pada kondisi normal dan tidak normal. Accelerometer ADXL345 mengindera besaran dari getaran yang terjadi pada miniatur mesin berputar. Arduino Uno menjadi pemroses sinyal untuk mengakuisisi data yang diperoleh dari ADXL345. LCD menjadi penampil yang terpasang bersama arduino. Sementara Megunolink digunakan sebagai software visualisasi data pada komputer.



**Gambar 3.1. Desain sistem pengukuran getaran**

Desain sistem pengukuran getaran yang ada pada gambar 3.1 merupakan pengembangan dari sistem pengukuran getaran secara sederhana yang ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah. Pada gambar 3.2 menunjukkan sebuah akselerometer diletakkan pada mesin berputar untuk mengindera amplitudo getaran dengan parameter akselerasi, hasil penginderaan selanjutnya diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian sampai dengan menampilkan hasil pengukuran ke dalam grafik komputer.



**Gambar 3.2 Sistem pengukuran getaran**

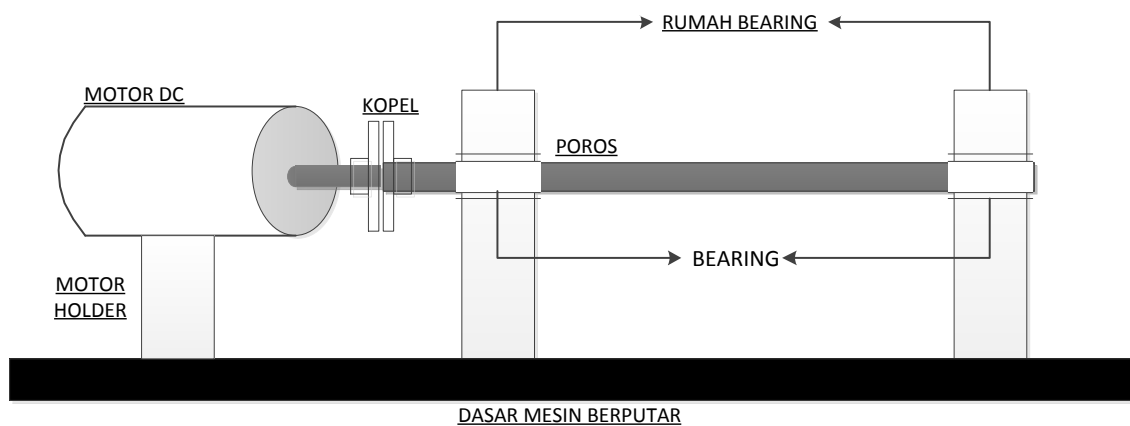
### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Perangkat Keras (Hardware):
  - a. Sensor accelerometer ADXL345
  - b. Arduino Uno R3
  - c. Karakter LCD 2x16
  - d. Trafo
- 2) Perangkat Lunak (Software):
  - a. Arduino IDE
  - b. Megunolink
  - c. PCB Wizard

### 3.3. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik yang dimaksud dalam subbab ini adalah pembuatan miniatur mesin berputar yang selanjutnya digunakan untuk mensimulasikan vibrasi mesin. Gambar 3.3. di bawah menunjukkan komponen-komponen mekanik yang digunakan dalam pembuatan miniatur mesin berputar.



**Gambar 3.3. Rancangan Miniatur Mesin Berputar**

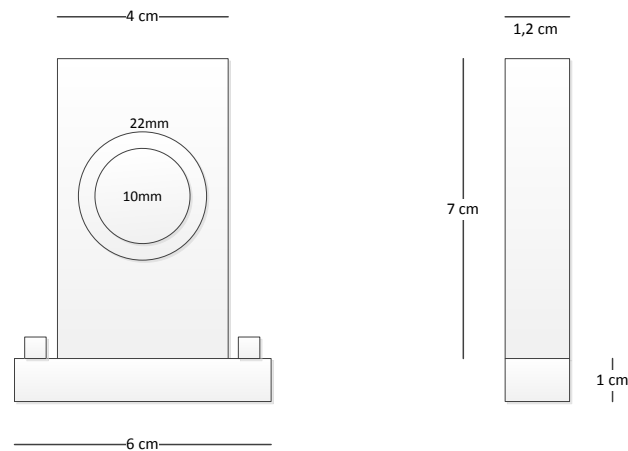
Komponen yang digunakan dalam pembuatan miniatur mesin berputar antara lain yaitu motor DC, bearing, rumah bearing, motor holder, bandul pengganggu, kopel dan dasar/ tatakan. Motor yang digunakan adalah motor DC 6V dengan spesifikasi lengkap ada pada subbab 2.9. Bearing yang digunakan adalah bearing dengan ukuran diameter luar 22 mm dan diameter dalam 10mm.

### **3.3.1. Perancangan Poros**

Mesin berputar merupakan mesin dengan komponen penggerakya melakukan putaran. Poros merupakan bagian utama dalam sebuah mesin berputar sehingga pada penelitian ini tidak bisa dikesampingkan dalam perancangan miniatur mesin berputar. Pada subbab 2.8. disebutkan bahwa motor penggerak yang digunakan pada penelitian ini adalah motor dengan diameter poros 3mm. Berdasarkan pada diameter poros motor penggerak sebesar 3mm itu maka dipilihlah diameter poros pada miniatur mesin berputar sebesar 10mm.

### **3.3.2. Perancangan Rumah Bearing**

Rumah bearing diperlukan sebagai tempat bearing dapat diposisikan secara kokoh sehingga putaran poros pada bearing dapat berjalan sebagaimana mestinya tanpa ada gangguan. Peneliti membuat rancangan rumah bearing seperti terlihat pada gambar 3.4. di bawah. Bearing yang digunakan pada penelitian ini adalah bearing dengan ukuran diameter luar 22 mm dan diameter dalam 10 mm dengan ketebalan 10 mm. Pada penelitian ini sensor akselerometer akan ditempatkan pada rumah bearing sehingga ukuran rumah bearing harus disesuaikan dengan ukuran sensor akselerometer. Ukuran sensor akselerometer ADXL345 yang digunakan adalah 1,2 x 1,5 cm maka dipilihlah tebal plat yang digunakan adalah 1,2 cm.



**Gambar 3.4. Rancangan Rumah Bearing**

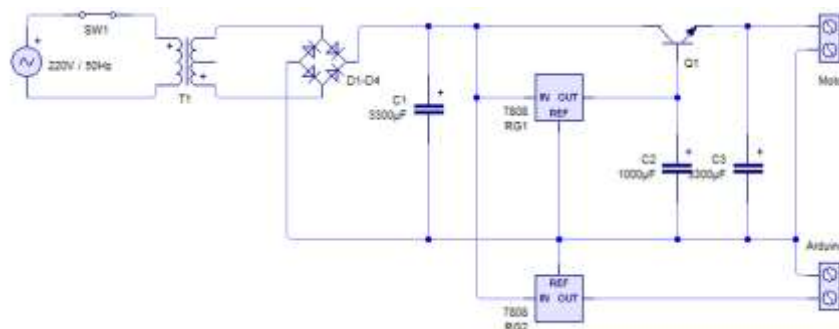
Rancangan rumah bearing pada penelitian ini terdiri dari dua buah plat besi yang nantinya disebut dengan plat atas dan plat dasar. Plat atas merupakan sebuah plat dengan ukuran 4 x 7 x 1,2 cm digunakan sebagai tempat bearing berada sementara plat dasar adalah plat dengan ukuran 6 x 1 x 1,2 cm yang digunakan untuk mengunci rumah bearing dengan papan dasar mesin berputar. Ukuran rumah bearing yang dirancang ini didasarkan pada ukuran dari bearing yang digunakan dan ukuran sensor akselerometer.

### **3.4. Perancangan Elektronik**

Pada subbab ini peneliti akan menjabarkan perancangan perangkat elektronik yang terdiri dari perancangan rangkaian power supply, perancangan rangkaian sensor ADXL345, perancangan rangkaian LCD. Rangkaian detail perancangan elektronik dapat dilihat pada lampiran nomor 3.

### 3.4.1. Perancangan Rangkaian Power Supply

Untuk menjalankan perangkat pengukuran vibrasi ini dibutuhkan catu daya yang stabil dan maksimal. Sumber dari baterai tidaklah cukup karena sumber catu daya baterai bila digunakan berkepanjangan akan terjadi drop tegangan sekaligus arus. Bila hal itu terjadi secara tidak langsung akan menghambat proses kerja alat. Sebagai solusi yang efektif adalah menggunakan power supply. Sumber catu daya besar adalah sumber AC dari pembangkit listrik. Kemudian dibutuhkan rangkaian untuk mengubah arus AC menjadi DC. Kebutuhan catu daya eksternal untuk board arduino uno disarankan adalah 7 – 12 V, untuk catu daya motor DC 6 V dengan tegangan maksimal 7,5 V. Gambar 3.5. di bawah menunjukkan rangkaian power supply yang digunakan dalam penelitian ini.



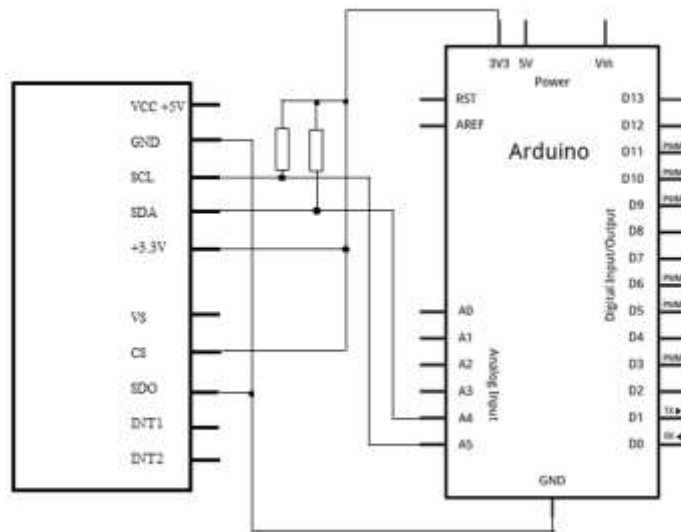
**Gambar 3.5. Rangkaian Power Supply**

Dari gambar 3.5. rangkaian power supply di atas dirancang berdasarkan kebutuhan catu daya motor DC dan Arduino maka dipilihlah dua tegangan yaitu tegangan 7,5 V untuk motor DC dan tegangan 8 V untuk arduino. Pada rangkaian power supply untuk arduino rangkaian

yang digunakan adalah rangkaian paling sederhana seperti terlihat pada subbab 2.3. sementara pada rangkaian power supply untuk motor DC ada modifikasi rangkaian. Modifikasi rangkaian ini diperlukan karena arus yang diperlukan motor sekitar 1800mA sementara regulator 7808 hanya mampu meneruskan arus sebesar 1A. Maka dipasanglah transistor sehingga dapat meneruskan arus lebih besar dari 1A.

#### **3.4.2. Perancangan Rangkaian Sensor ADXL345**

Rangkaian sensor ADXL345 berfungsi untuk mengukur nilai akselerasi pada mesin berputar. Sensor ADXL345 dapat diakses menggunakan dua jalur komunikasi digital yaitu jalur SPI dan I2C. Pada penelitian ini jalur komunikasi yang digunakan adalah I2C. Pada gambar 3.6. di bawah dijabarkan koneksi yang dibutuhkan untuk mengakses sensor ADXL345 menggunakan komunikasi I2C. Pin SCL dan SDA ADXL345 dihubungkan dengan pin Analog4 dan Analog5 yang merupakan pin I2C arduino. Dalam komunikasi I2C dibutuhkan resistor pull-up untuk pin SCL dan SDA. Untuk mengaktifkan komunikasi I2C, pin CS harus bernilai HIGH dengan dihubungkan ke VDD I/O dan pin SDO harus bernilai LOW dengan dihubungkan ke GND.

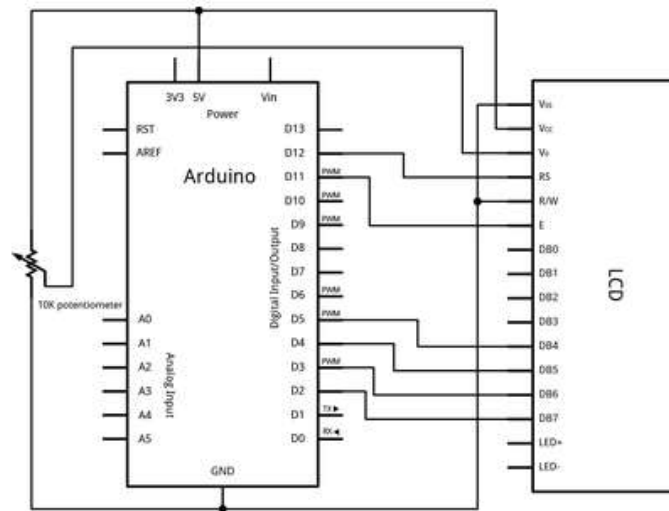


**Gambar 3.6. Rangkaian Sensor ADXL345**

### 3.4.3. Perancangan Rangkaian LCD

Liquid Crystal Display (LCD) digunakan sebagai penampil hasil pengukuran. Untuk dapat mengakses LCD, arduino dan LCD harus dirangkai seperti gambar 3.7. di bawah. Trimpot dipasang untuk mengatur tingkat kecerahan (contrast) dari LCD. Catu daya +5V dari arduino disambungkan dengan pin VCC dan LED+ (anoda) dan catu daya 0V atau ground disambungkan dengan pin GND, LED- (katoda) dan pin R/W. pada pin R/W diberikan catu daya 0V dimaksudkan untuk mengaktifkan mode write pada LCD. Pin RS (register select) dihubungkan dengan pin D12 sementara pin E (Enable) dihubungkan dengan pin D11. Pada penelitian ini LCD jalur data yang digunakan adalah DB4-DB7 yang dihubungkan dengan port D2-D5 pada aduino.

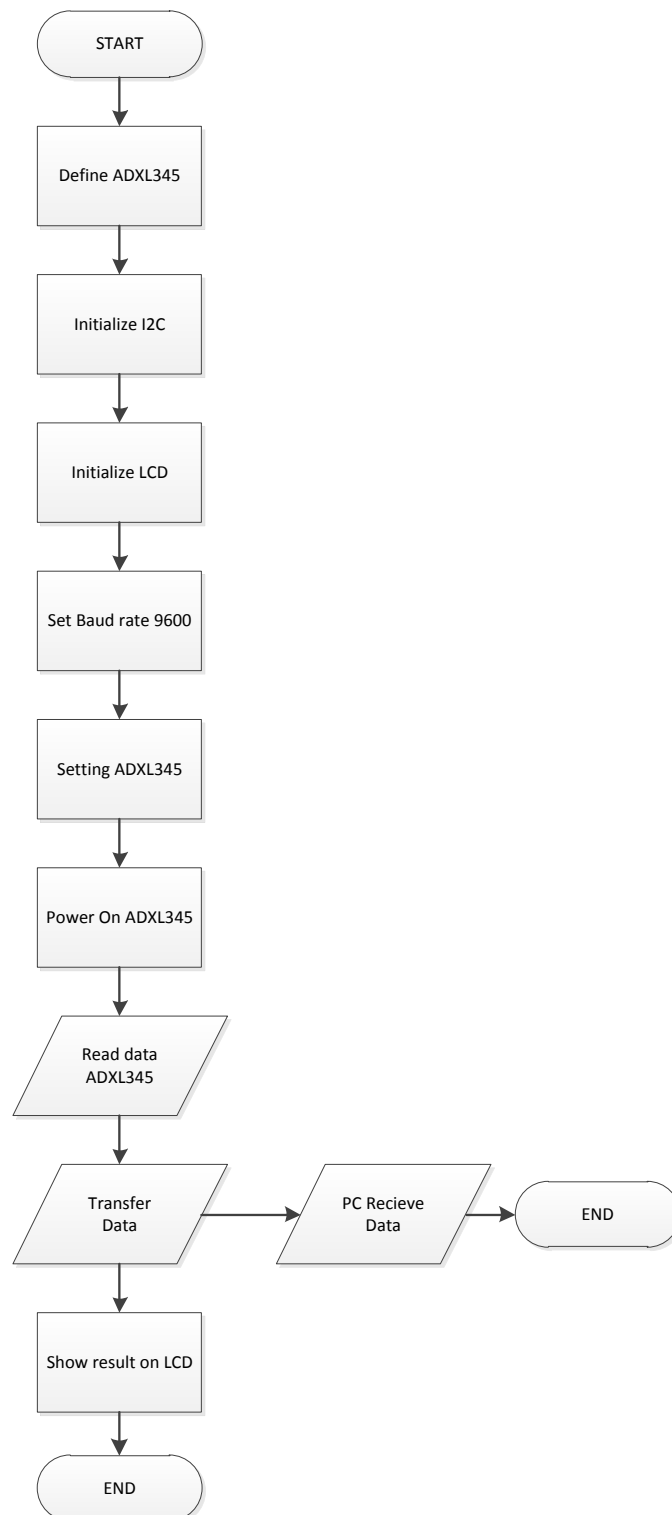




**Gambar 3.7. Rangkaian LCD**

### 3.5. Perancangan Program

Untuk membuat sebuah program yang akan didownload ke mikrokontroler dibuat terlebih dahulu flowchart yang menjabarkan algoritma pemrograman dalam sistem pengukuran ini. Gambar 3.8. merupakan flowchart program yang akan dibuat pada penelitian ini. Dalam flowchart ini ada dua bagian utama yaitu, blok kiri merupakan flowchart yang digunakan untuk sistem pengukuran sederhana dari sensor sampai penampil LCD, blok kanan merupakan flowchart yang digunakan untuk mengoperasikan software Megunolink.

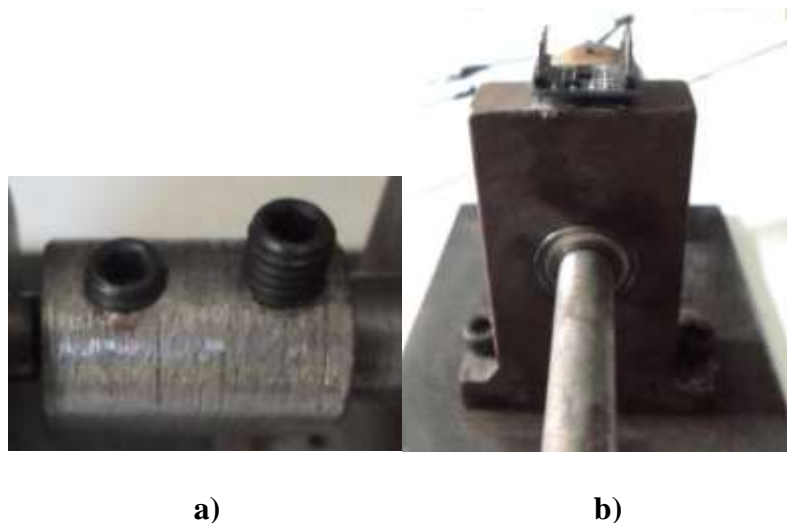


**Gambar 3.8. Flowchart program**

### 3.6. Implementasi

#### 3.6.1. Implementasi Bagian Mekanik

Dari perancangan bagian mekanik, dihasilkan beberapa komponen seperti rumah bearing, poros, kopel dll sehingga tersusun menjadi sebuah miniatur mesin berputar. Gambar 3.9. merupakan gambar beberapa komponen miniatur mesin berputar yang telah dihasilkan untuk penelitian ini. Gambar 3.9.a adalah gambar kopel penghubung poros dan gambar 3.9.b merupakan rumah bearing yang digunakan.



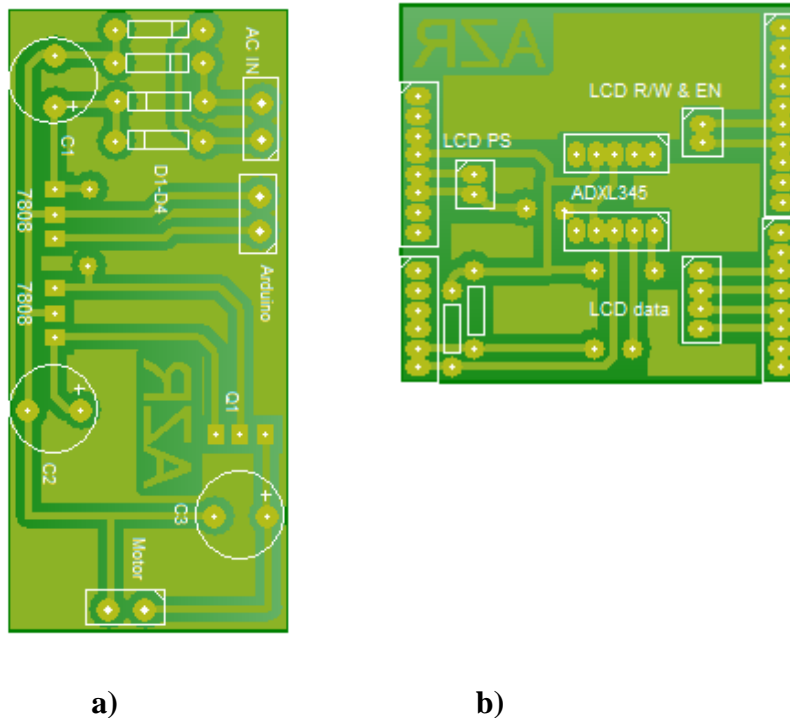
**Gambar 3.9. Implementasi miniatur mesin berputar a) kopel, b) rumah bearing**

#### 3.6.2. Implementasi Bagian Elektronik

Dari perancangan bagian elektronika maka diperlukan pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*) yang dapat menghubungkan setiap bagian elektronik menjadi satu rangkaian yang fungsional. Pada penelitian ini

dihasilkan 2 buah PCB yaitu rangkaian power supply dan rangkaian I/O pada arduino. Gambar 3.10. di bawah adalah gambar PCB yang telah dibuat.

Teknik pembuatan PCB pada penelitian ini pertama adalah menggambar rancangan PCB yang akan dibuat dengan bantuan software PCB wizard. Hasil rancangan PCB kemudian dicetak ke dalam kertas foto menggunakan printer laser. Penggunaan kertas foto dan printer laser dimaksudkan agar hasil rancangan PCB yang berupa pola pengawatan dapat ditempelkan pada CCB. Setelah pola pengawatan tertempel pada CCB dilakukan proses etching untuk menghilangkan lapisan tembaga yang tidak diperlukan menggunakan larutan ferrit.



**Gambar 3.10. Implementasi PCB**

**a) PCB power supply, b) PCB rangkaian I/O Arduino**

### 3.6.3. Implementasi Program

Penjabaran implementasi program berdasarkan lampiran nomor 1 tentang listing program pengukuran, dimulai dengan listing program untuk menggunakan protokol I2C dengan ADXL345. Pada arduino terdapat library untuk protokol I2C yaitu `#include <Wire.h>`, library ini akan memudahkan pembuatan program. Berdasarkan datasheet ADXL345 untuk melakukan proses write diperlukan suatu tahapan sebagaimana berikut ini :

- Inisialisasi transmisi pada device
- Menulis alamat register yang akan ditulis
- Menulis data ke register
- Akhiri transmisi

Tahapan proses read dan write di atas dapat kita terjemahkan ke dalam listing program sebagai berikut:

```
void writeTo(int device, byte address, byte val) {
    Wire.beginTransmission(device);
    Wire.write(address);
    Wire.write(val);
    Wire.endTransmission();
}
```

Setelah proses penulisan dapat dilakukan selanjutnya adalah proses pembacaan register. Pada penelitian ini proses pembacaan akan dilakukan dengan metode multi-byte reading. Karena untuk menampilkan semua axis diperlukan pembacaan sampai dengan 6 byte data (masing axis terdiri dari 2 byte). Untuk tahapan proses pembacaan data dengan metode multi-byte reading diperlukan sedikit modifikasi dibanding program di atas, berikut tahapannya:

- Inisialisasi transmisi pada device
- Menulis alamat register yang akan dibaca
- Inisialisasi transmisi lagi
- Pembacaan byte satu persatu
- Akhiri transmisi

Listing program yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

```

void readFrom(int device,byte address,int num,byte
buff[]){
Wire.beginTransaction(device);
Wire.write(address);
Wire.endTransmission();

Wire.beginTransaction(device);
Wire.requestFrom(device, num);

int i =0;
while(Wire.available())
{
    buff[i]=Wire.read();
    i++;
}
Wire.endTransmission();
}

```

Hasil dari proses pembacaan dengan metode multi-byte reading dihasilkan data yang disimpan dalam array buffer yang terdiri dari 6 byte. Karena masing-masing axis mempunyai 2 byte maka diperlukan penggabungan sehingga menjadi satu data integer per axis. Pada penelitian ini nilai akhir yang ditampilkan adalah nilai akselerasi dengan satuan mg (mili gravitasi) sementara data integer merupakan data bit. Pengkonversian data integer menjadi nilai akselerasi dilakukan dengan mengalikan nilai integer dengan range/resolusi.

$$Akselerasi = int\ value \times \left( \frac{Range}{Resolusi} \right)$$

Misal :

Range = +/- 16 g

Resolusi = 10 bit

Int value = 10

Penyelesaian :

$$Akselerasi = int\ value \times \left( \frac{Range}{Resolusi} \right)$$

$$Akselerasi = 10 \times \left( \frac{32000}{1024} \right)$$

$$Akselerasi = 10 \times 31,2$$

$$Akselerasi = 312\ mg$$

Setelah hasil pengukuran telah diperoleh langkah selanjutnya adalah menampilkannya ke dalam dua media display. Pada kedua penampil yang akan digunakan semua axis akan ditampilkan kesemuanya. Media display yang pertama adalah sebuah LCD karakter 1602 yang dipasang menjadi satu wadah dengan mikrokontroler. Format karakter LCD yang akan ditampilkan ditunjukkan gambar 3.11. di bawah. Simbol xxxxx, yyyy, dan zzzz pada baris pertama merupakan slot untuk menampilkan nilai akselerasi pada x-axis, y-axis dan z-axis. Pada baris kedua merupakan penanda nilai yang ditampilkan pada baris pertama yaitu penanda X-axis, Y-axis dan Z-axis serta disisipkan satuan pengukuran yaitu (mg) atau mili gravitasi.

x	x	x	x	x	y	y	y	y	y	z	z	z	z	z	
X					Y					Z	(	m	g	)	

**Gambar 3.11. konfigurasi output LCD**

Penampil lain yang digunakan pada penelitian ini adalah komputer. Perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan data menjadi sebuah grafik adalah Megunolink. Megunolink merupakan perangkat lunak yang biasa digunakan untuk menampilkan data yang diperoleh dari mikrokontroler khususnya arduino. Feature plotting data berguna untuk menplot data kedalam sebuah grafik domain waktu.

Feature lain dari megunolink adalah logger data, yaitu feature yang memungkinkan data yang dikirim oleh mikrokontroler disimpan ke dalam file text. Penggunaan feature logger data mempunyai tujuan agar data akan dengan mudah ditelusuri jika pada kemudian hari diperlukan.

### **3.7. Pengujian Alat**

Setelah semua perangkat pengukuran getaran pada miniatur mesin berputar telah dibuat, tahap selanjutnya adalah pengujian. Pengujian berguna untuk mengetahui apakah bagian-bagian yang telah dihasilkan beroperasi sesuai dengan yang semestinya atau tidak. Bagian dari perangkat pengukuran getaran yang akan diuji dalam penelitian ini adalah pengujian sensor akselerometer ADXL345 dan pengujian power supply.



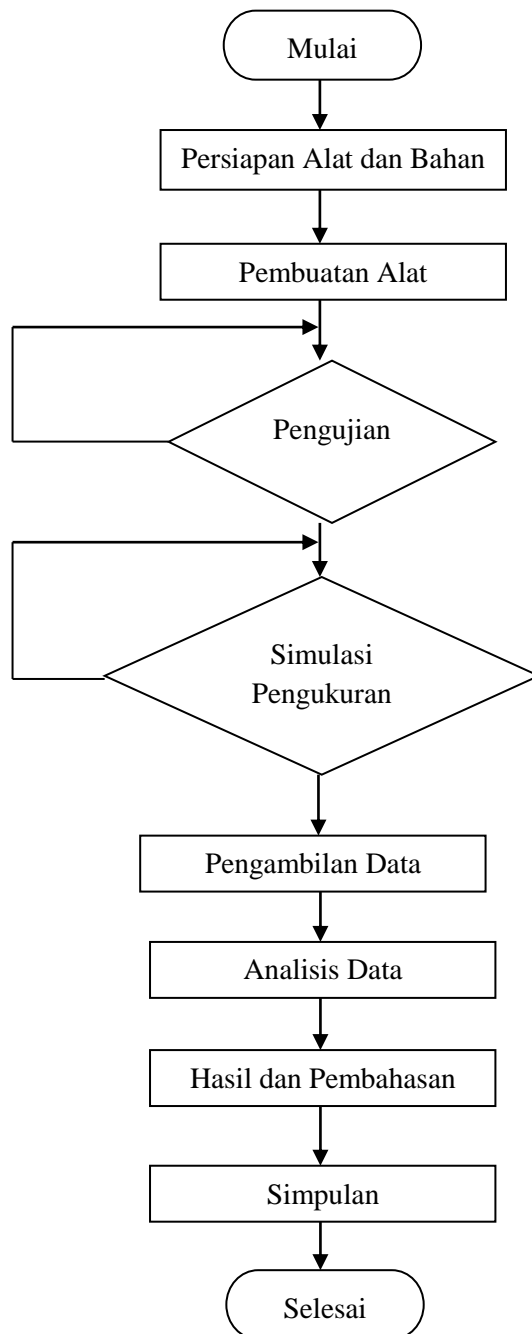
### **3.8. Simulasi Pengukuran**

Simulasi pengukuran getaran mesin berputar adalah pengukuran yang akan menggambarkan bagaimana tingkat getaran yang terukur pada saat mesin dikatakan dalam kondisi normal dan juga pada saat mesin dikatakan dalam kondisi tidak normal. Untuk melakukan simulasi pengukuran getaran dibuatlah miniatur mesin berputar yang dapat dikondisikan menjadi normal dan tidak normal. Kondisi mesin dikatakan normal pada penelitian ini adalah saat mesin tidak diberikan pengganggu selanjutnya akan disebut kondisi balance. Sementara kondisi mesin dikatakan tidak normal pada penelitian ini adalah saat mesin diberikan pengganggu selanjutnya akan disebut kondisi unbalance.

Berdasarkan pada sub bab 2.2.2 tentang penyebab getaran dimana salah satunya disebutkan bahwa kondisi unbalance dapat meningkatkan tingkat getaran mesin. tujuan dari simulasi pengukuran getaran mesin ini adalah untuk membuktikan bahwa kondisi mesin yang unbalance dapat menyebabkan tingkat getaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi mesin yang balance.

### 3.9. Alur Penelitian

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahap seperti berikut ini:



**Gambar 3.12. Diagram Alur Penelitian**

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Simpulan**

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisis penelitian pengukuran getaran pada miniatur mesin berputar dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah berhasil dibuat sebuah prototipe perangkat pengukuran getaran menggunakan sensor MEMS akselerometer.
2. Telah pula disimulasikan bagaimana kondisi balance dan unbalance dari mesin berpengaruh terhadap tingkat getaran yang terjadi.

#### **5.2. Saran**

Peneliti menyadari bahwa pada penelitian ini masih banyak kekurangan, untuk itu peneliti menyarankan untuk perbaikan kualitas penelitian diharapkan penggunaan sensor akselerometer dengan range lebih dari 16g sehingga dapat mengukur nilai akselerasi yang lebih tinggi. Penulis juga menyarankan untuk penggunaan software penampil hasil pengukuran yang lebih lengkap sehingga dapat pula menampilkan spektrum dari hasil pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams Jr, Maurice L. 2001. *Rotating Machinery Vibration: From Analysis to TroubleShooting*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Bejo, Agus. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C Dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Broch, Jens Trampe. 1985. *Mechanical Vibration and Shock Measurements*. 2nd Ed. Soborg: K. Larsen & Son. [Online: [www.bksv.com/doc/bn1330.pdf](http://www.bksv.com/doc/bn1330.pdf). Diakses tanggal 18 September 2014]
- Buchori, Achmad. 2014. *Rancang Bangun Miniatur Robot Lengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Djajadi, Arko. Arsi Azavi. Rusman Rusyadi. Erikson Sinaga. 2011. Monitoring Vibration of A Model of Rotating Machine. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*. 2.1:51-56.
- Holman, J.P. & W.J. Gajda Jr. 1985. *Metode Pengukuran Teknik*. diterjemahkan oleh E. Jasifi. Jakarta: Erlangga.
- Hsu, Tai Ran. 2002. *MEMS & Microsystem Design And Manufacture*. Singapore: McGrawHill.
- L. Swathy & Lizy Abraham. 2014. Vibration Monitoring Using MEMS Digital Accelerometer with Atmega and LabVIEW Interface for Space Application. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. Vol. 1.

- Pratama, Nianda Aji. 2014. *Komunikasi Pada Robot Swarm Pemadam Api Menggunakan Protokol Modbus*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Samadikun, Samaun. S. Reka Rio. Tati Mengko. 1989. *Sistem Instrumentasi Elektronika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Serridge, Mark. Torben R. Licht. 1987. *Piezoelectric Accelerometer and Vibration Preamplifier Handbook*. Bruel & Kjaer.  
 [Online: [www.bksv.com/doc/bb0694.pdf](http://www.bksv.com/doc/bb0694.pdf). Diakses tanggal 18 September 2014]
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Vyas, Mukesh. *Vibration Monitoring System Basics*. Forbess Marshall – Shinkawa. [Online :  
[http://www.forbesmarshall.com/fm\\_micro/news\\_room.aspx?Id=shinkawa&nid=61](http://www.forbesmarshall.com/fm_micro/news_room.aspx?Id=shinkawa&nid=61). Diakses tanggal 20 Agustus 2014]
- \_\_\_\_\_. 2006. *Beginner's Guide to Machine Vibration*. Christchurch: Comtest Instrument Ltd. [Online: [http://www.reliabilityweb.com/forms/beginners\\_guide\\_vibration.pdf](http://www.reliabilityweb.com/forms/beginners_guide_vibration.pdf). Diakses tanggal 20 Agustus 2014]



## LAMPIRAN 1

### LISTING PROGRAM PENGUKURAN

```
#include <Wire.h>#include <LiquidCrystal.h>#include <GraphSeries.h>#define
DEVICE (0x53)#define TO_READ (6) byte buff[TO_READ] ; char str[512];
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); GraphSeries g_aGraphs[]= {"x", "y",
"z"};void setup(){ Wire.begin(); Serial.begin(9600); lcd.begin(16,2);
writeTo(DEVICE, 0x2D, 8); writeTo(DEVICE, 0x31, 3); writeTo(DEVICE,
0x2C, 10); }void loop(){ int regAddress = 0x32; int x, y, z; int X, Y, Z;
readFrom(DEVICE, regAddress, TO_READ, buff); x = (((int)buff[1]) << 8) |
buff[0]; y = (((int)buff[3])<< 8) | buff[2]; z = (((int)buff[5]) << 8) | buff[4];X =
31.2 * x;Y = 31.2 * y;Z = 31.2 * (z-32); g_aGraphs[0].SendData(X);
g_aGraphs[1].SendData(Y); g_aGraphs[2].SendData(Z); lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(X); lcd.print(" "); lcd.setCursor(5,0); lcd.print(Y); lcd.print(" ");
lcd.setCursor(10,0); lcd.print(Z); lcd.print(" "); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("X
Y Z (mg)"); }void writeTo(int device, byte address, byte val)
{Wire.beginTransmission(device); Wire.write(address); Wire.write(val);
Wire.endTransmission(); }void readFrom(int device, byte address, int num, byte
buff[]) { Wire.beginTransmission(device); Wire.write(address);
Wire.endTransmission(); Wire.beginTransmission(device);
Wire.requestFrom(device, num); int i = 0; while(Wire.available()) { buff[i] =
Wire.read(); i++; }Wire.endTransmission();}
```

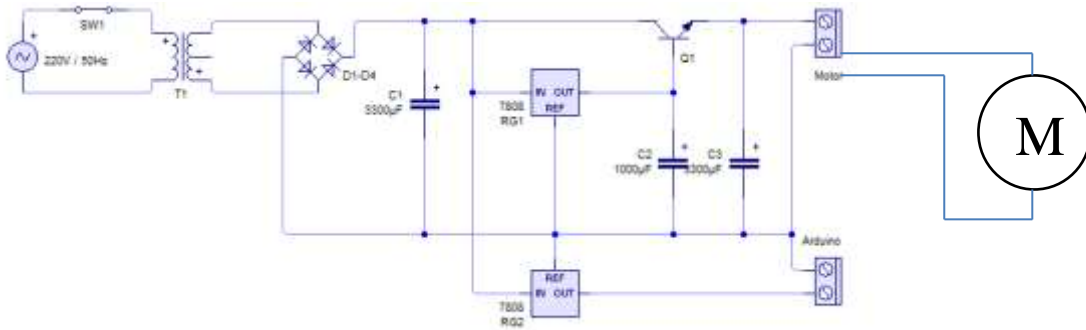
## LAMPIRAN 2

### LISTING PROGRAM PENGUJIAN SENSOR

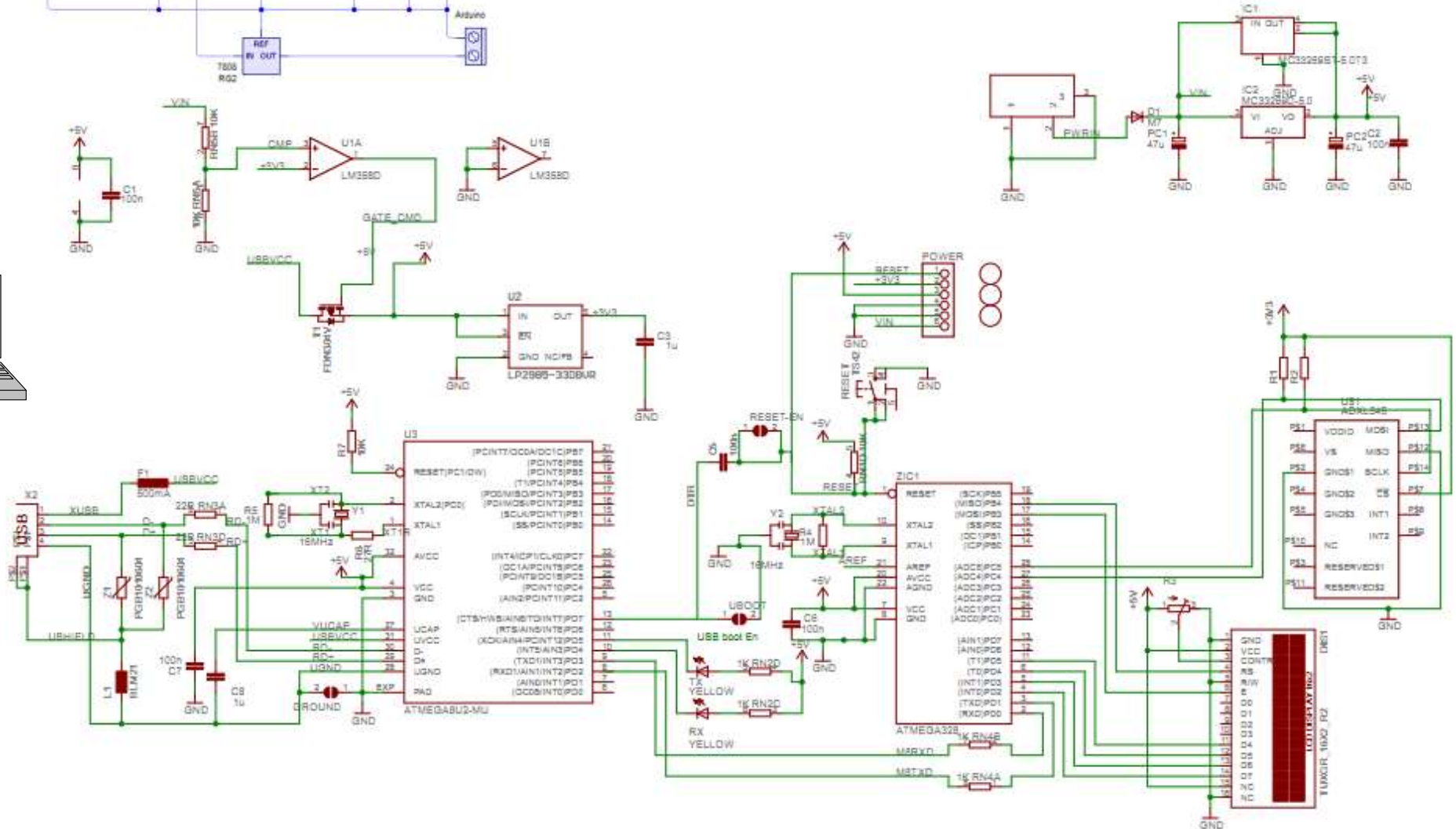
```
#include <Wire.h>#include <LiquidCrystal.h>#include <GraphSeries.h>#define
DEVICE (0x53) #define TO_READ (6) byte buff[TO_READ] ; char
str[512];void setup(){Wire.begin(); Serial.begin(9600); writeTo(DEVICE, 0x2D,
0); writeTo(DEVICE, 0x2D, 16); writeTo(DEVICE, 0x2D, 8);
writeTo(DEVICE, 0x31, 3);}void loop(){ int regAddress = 0x32; int x, y, z; int
X, Y, Z; readFrom(DEVICE, regAddress, TO_READ, buff); x = (((int)buff[1])
<< 8) | buff[0]; y = (((int)buff[3])<< 8) | buff[2]; z = (((int)buff[5]) << 8) |
buff[4]; X = 31.2 * x; Y = 31.2 * y; Z = 31.2 * z; Serial.print(X, DEC);
Serial.print(','); Serial.print(Y, DEC); Serial.print(','); Serial.println(Z, DEC);
}void writeTo(int device, byte address, byte val)
{Wire.beginTransmission(device); Wire.write(address); Wire.write(val);
Wire.endTransmission();}void readFrom(int device, byte address, int num, byte
buff[]) { Wire.beginTransmission(device); Wire.write(address);
Wire.endTransmission(); Wire.beginTransmission(device);
Wire.requestFrom(device, num); int i = 0; while(Wire.available()) { buff[i] =
Wire.read(); i++; } Wire.endTransmission();}
```



LAMPIRAN 3



Miniatur Mesin Berputar





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Gedung E6 lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
Telepon: 8508104

Laman: [www.te.unnes.ac.id](http://www.te.unnes.ac.id), surel:

Nomor : 100/TE/III/2014  
Lamp. :  
Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : Dr. Djuniadi, M.T.  
NIP : 196306281990021001  
Pangkat/Golongan : IV/A  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : ALFAS ZAINUR ROHMAN  
NIM : 5301410037  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1  
Topik : Pengukuran Vibrasi  
Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.





**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Nomor: 255/FT-UNNES/2014

**Tentang  
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER  
GASAL/GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2013/2014**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)  
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES  
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;  
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 10 Maret 2014

**MEMUTUSKAN**

Menetapkan  
PERTAMA

Menunjuk dan menugaskan kepada:

Nama : Dr. Djuniadi, M.T.  
NIP : 196306281990021001  
Pangkat/Golongan : IV/A  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : ALFAS ZAINUR ROHMAN  
NIM : 5301410037  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik: Elektro  
Topik : Pengukuran Vibrasi

KEDUA

Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan  
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
2. Ketua Jurusan  
3. Petinggi

FM/ST/2014/00



DITETAPKAN DI : SEMARANG  
PADA TANGGAL : 10 Maret 2014

DEKAN  
UNNES Muhammad Hurlanu, M.Pd.  
NIP. 196602151991021001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E6 lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229.  
Telepon: 8508104  
Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

No. : 2445 / UM37-1-S / DT / 248  
Lamp.  
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Elektro adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| a. Ketua            | : Drs. Suryono, M.T.  |
| b. Sekretaris       | : Drs. Agus Suryanto, M.T.  |
| c. Pembimbing Utama | : Dr. Djuniadi, M.T.  |
| d. Penguji          | : 1. Dr. Ir. SUBIYANTO, S.T., M.T.<br>2. Riana Defi Mahadji Putri, ST, MT |

II. Calon yang diuji:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| Nama                      | : ALFAS ZAINUR ROHMAN  |
| NIM/Jurusan/Program Studi | : 5301410037/Teknik Elektro<br>/Pendidikan Teknik Elektro, S1  |
| Judul Skripsi             | : Aplikasi Sensor Micro Electro Mechanical System &#40;MEMS&#41;<br>Akselerometer sebagai Pengukur Gataran |

ii. Waktu dan Tempat Ujian:

- |              |                         |
|--------------|-------------------------|
| Hari/Tanggal | : Kamis / 26 Maret 2015 |
| Jam          | : 11:00:00              |
| Tempat       | : E6 337                |
| Pakaian      | : .....                 |

Tembusan  
1. Ketua Jurusan Teknik Elektro  
2. Calon yang diuji

