



RANCANG BANGUN ALAT UKUR GETARAN MENGGUNAKAN SENSOR MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM (MEMS) AKSELEROMETER

Alfas Zainur Rohman¹⁾, Djuniadi²⁾

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Februari 2015
Disetujui Maret 2015
Dipublikasikan Juni 2015

Keywords:

Arduino, Megunolink,
MEMS Accelerometer,
Miniature of Rotating
Machine, Vibration
Measurement

Abstrak

Pengukuran getaran merupakan salah satu parameter vital dalam pemantauan kondisi mesin. Tingkat getaran yang tinggi mengindikasikan terjadinya masalah pada komponen mesin yang kemungkinan menyebabkan kerusakan yang lebih parah seperti kegagalan sistem. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah alat ukur getaran menggunakan sensor MEMS akselerometer yaitu ADXL345. Sensor ini merupakan sensor akselerometer 3 sumbu yang menggunakan prinsip diferensial kapasitif. Dengan antarmuka digital ADXL345 akan memberikan tingkat akselerasi getaran pada ketiga sumbu yang kemudian diolah menggunakan Arduino dengan mikrokontroler Atmeganya, hasil pengukuran ditampilkan dan disimpan menggunakan software Megunolink.

Abstract

Vibration measurement is one of the vital parameters in machine condition monitoring. High levels of vibration indicates any problems on the machine components that may cause further damage such as system failure. In this study will be made of a vibration measuring instrument which uses sensors ADXL345 MEMS accelerometer. This sensor is a 3-axis accelerometer sensor which uses the principle of capacitive differential. With the ADXL345 digital interface will provide a level of vibration acceleration on all three axes are then processed using Arduino with Atmega microcontroller, the measurement results are displayed and stored using software Megunolink.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:
Gedung E6 Lantai 2 FT Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: ¹⁾alfaz.zairo@gmail.com ²⁾djuniadi@mail.unnes.ac.id

ISSN 2252-6811

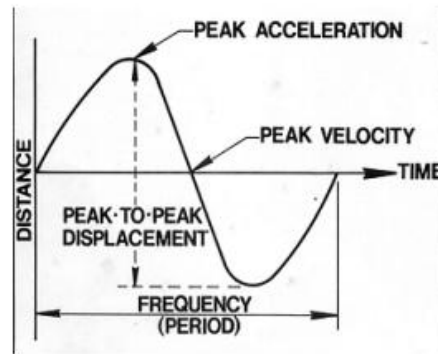
PENDAHULUAN

Menurut Samadikun (1989:1), metode pengukuran merupakan bidang yang sangat luas dipandang dari ilmu pengetahuan dan teknik, meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisa data.. 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. Hasil pengukuran ini juga memberikan informasi penting kepada operator untuk segera memeriksa dan memperbaiki mesin (Adams Jr. 2001: 243).

Menurut Mukesh (tanpa tahun:6) 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. Getaran yang merupakan sebuah gerakan mempunyai karakteristik sebagaimana gerakan sebuah pegas yang dipetakan terhadap fungsi waktu seperti terlihat pada gambar 1.



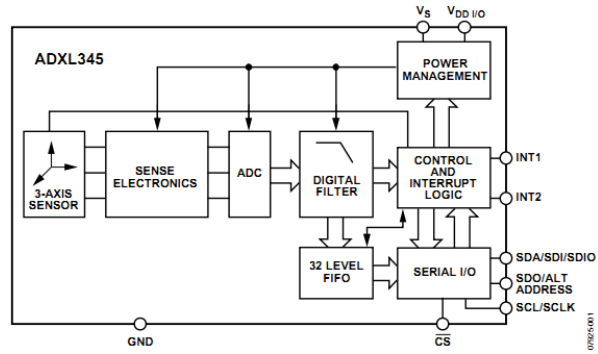
Gambar 1 karakteristik getaran gelombang (vibrasiblog.blogspot.com)

Untuk mengukur getaran mesin diperlukan suatu transduser getaran yang berfungsi mengubah sinyal getaran menjadi sinyal listrik. Masing-masing parameter getaran seperti perpindahan, kecepatan dan percepatan mempunyai transduser tersendiri. Dalam industri, sensor-sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran getaran merupakan sensor konvensional seperti sensor *eddy-current*, sensor *swing coil velocity* dan sensor *piezoelectric accelerometer* (Broch, 1985:97). Menurut Swathy (2014:1) 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.

Gambar 2 merupakan blok diagram dari MEMS sebagai microsensor. Microsensor dibangun untuk mengindera eksistensi dan intensitas dari kuantitas fisika, kimia dan biologi. Salah satu MEMS jenis microsensor adalah

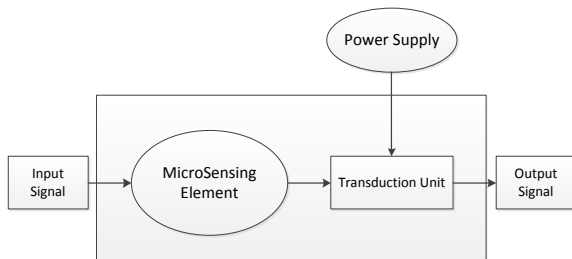
akselerometer, MEMS akselerometer sendiri mempunyai beberapa jenis berdasarkan prinsip kerjanya seperti jenis piezoresistor, hot air bubble, differential capacitive.

Pada penelitian ini, akan digunakan sensor akselerometer jenis MEMS (Micro Electro Mechanical System). Sensor jenis ini bukan merupakan sensor yang umum digunakan dalam pengukuran getaran pada industri. Dalam industri sensor yang digunakan merupakan sensor dengan teknologi konvensional. Oleh karena itu penulis bermaksud membuat alat ukur getaran dengan menggunakan sensor mems akselerometer ADXL345 yang diolah dengan arduino hingga ditampilkan ke dalam komputer dengan bantuan software megunolink. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat ukur getaran menggunakan sensor akselerometer MEMS (micro electro mechanical system).



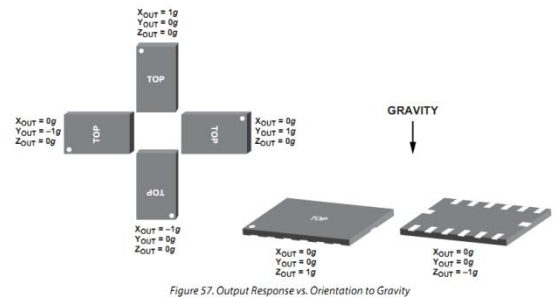
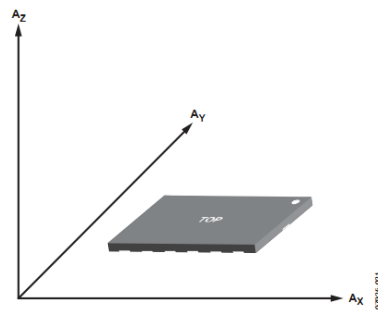
Gambar 3 Blok diagram Akselerometer ADXL345 (datasheet)

Dari diagram blok ADXL345 diketahui bahwa dalam accelerometer ADXL345 sudah terdapat ADC dan digital filter sehingga ADXL345 merupakan sensor akselerasi yang menggunakan antarmuka digital yaitu dengan komunikasi I2C atau SPI.



Gambar 2 blok diagram mikrosensor (Hsu:2)

Sensor akselerometer 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 3 merupakan blok diagram ADXL345.



Gambar 4 orientasi ketiga sumbu akselerometer ADXL345 (datasheet)

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 $\pm 1g$.

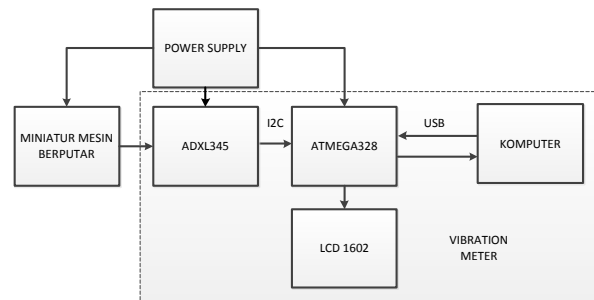
Menurut Bejo (2008:1), mikrokontroler dapat dianalogikan dengan sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Artinya bahwa di dalam sebuah IC mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal dari mikroprosesor, yaitu mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan clock seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer. 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. Mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik (Syahwil, 2013:12). Secara umum, arduino terdiri dari dua bagian, yaitu hardware berupa papan input/output (I/O) yang open source dan software Arduino yang juga open source, meliputi software Arduino IDE untuk menulis program dan driver untuk koneksi dengan komputer.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan (Research and Development). Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan untuk dapat menghasilkan produk tersebut digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penggunaan metode Penelitian dan Pengembangan memiliki beberapa urutan agar penelitian lebih sempurna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain sistem pengukuran getaran dalam penelitian ini akan dijabarkan dengan diagram blok pada gambar 5.

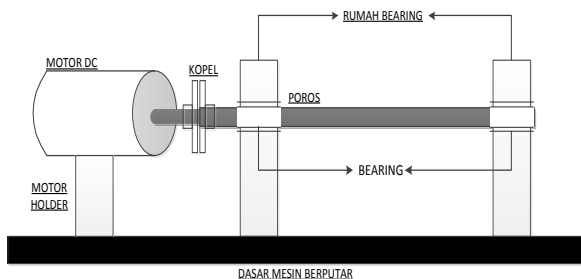


Gambar 5 Diagram Blok Sistem Pengukuran

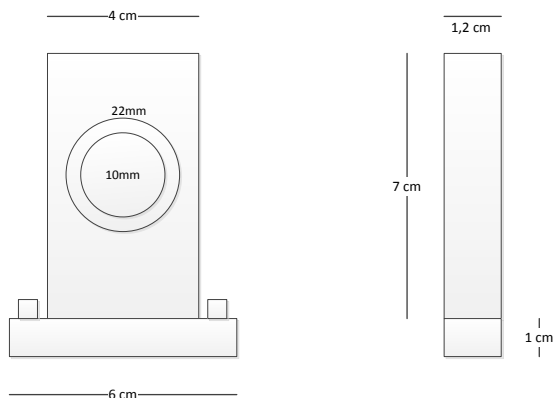
A. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik yang dimaksud adalah pembuatan miniatur mesin berputar yang selanjutnya digunakan untuk mensimulasikan vibrasi mesin. Gambar 6 menunjukkan komponen-komponen mekanik yang digunakan dalam pembuatan 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. Bearing yang digunakan adalah bearing dengan ukuran diameter luar 22 mm dan diameter dalam 10 mm.

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 7 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 modul sensor akselerometer ADXL345 yang digunakan adalah 1,2 x 1,5 cm maka dipilihlah tebal plat yang digunakan adalah 1,2 cm.



Gambar 6 Rancangan Miniatur Mesin Berputar



Gambar 7 Rancangan Rumah Bearing

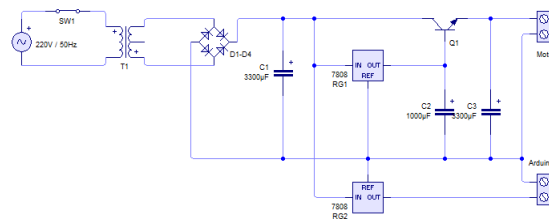
Rancangan rumah bearing pada penelitian ini terdiri dari dua buah plat besi yang nantinya disebut dengan plat atas dan plat dasar. Plat atas merupakan sebuah plat dengan ukuran 4 x 7 x 1,2 cm digunakan sebagai tempat bearing berada semetara plat dasar adalah plat dengan ukuran 6 x 1 x 1,2 cm yang digunakan 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.

B. Perancangan Elektronik

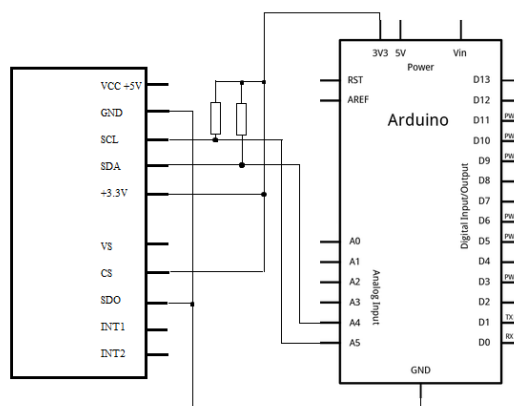
Perancangan perangkat elektronik yang terdiri dari perancangan rangkaian power supply, perancangan rangkaian sensor ADXL345, perancangan rangkaian LCD.

Untuk menjalankan perangkat pengukuran vibrasi ini dibutuhkan catu daya yang stabil dan maksimal. 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 8 menunjukkan rangkaian power supply yang digunakan dalam penelitian ini. 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.



Gambar 8 Rangkaian Power Supply

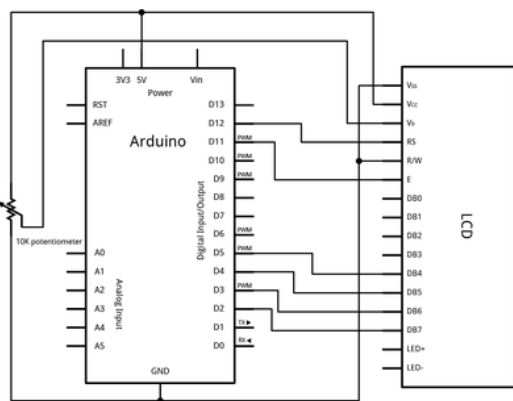


Gambar 9 Rangkaian Sensor ADXL345

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 9 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.

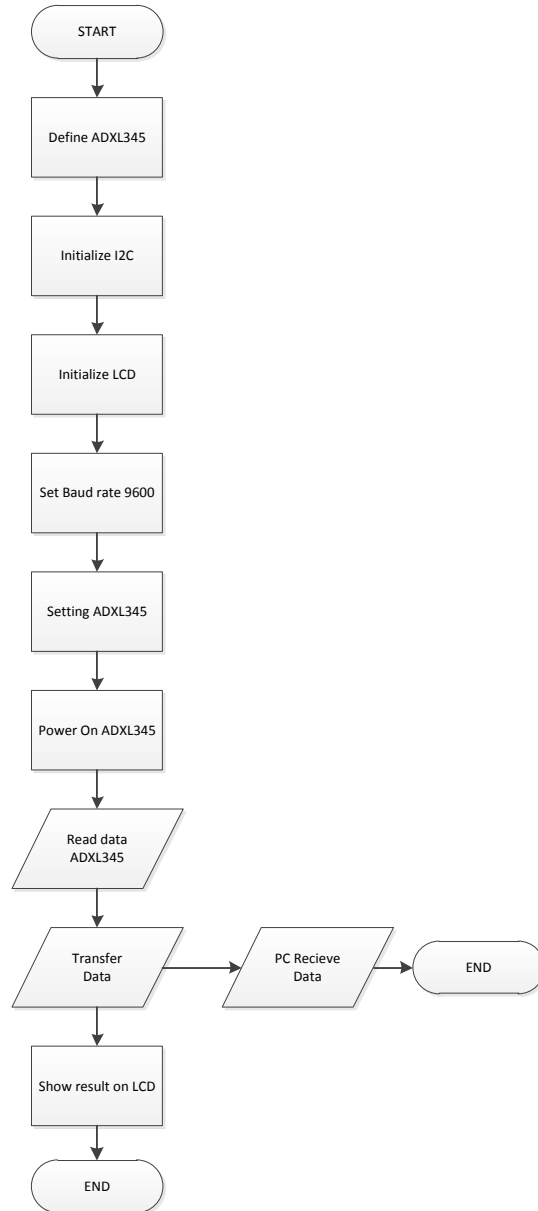
Liquid Crystal Display (LCD) digunakan sebagai penampil hasil pengukuran. Untuk dapat mengakses LCD, arduino dan LCD harus dirangkai seperti gambar 10 di bawah. Trimpot dipasang untuk mengatur tingkat kecerahan (contrast) dari LCD. Catu daya +5V dari arduino disambungkan dengan pin VCC dan LED+ (anoda) 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 arduino.



Gambar 10 Rangkaian LCD

C. Perancangan Program

Untuk membuat sebuah program yang akan didownload ke mikrokontroler dibuat terlebih dahulu flowchart yang menjabarkan algoritma pemrograman dalam sistem pengukuran ini seperti pada gambar 11.



Gambar 11 flowchart program

Berdasarkan perancangan bagian mekanik, elektronik dan program dihasilkan sebuah perangkat pengukuran getaran mesin yang terdiri dari vibration meter, power supply dan miniatur mesin. Vibration meter adalah blok yang terdiri dari mikrokontroler ATmega328 sebagai pemroses sinyal, akselerometer ADXL345 sebagai sensor getaran dan LCD sebagai penampil. Selain ketiga perangkat keras tersebut vibration meter juga terdiri dari sebuah perangkat lunak Megunolink yang digunakan untuk memvisualkan hasil pengukuran.

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.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();
}
```

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.

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

Misal :

Range = +/- 16 g

Resolusi = 10 bit

Int value = 10

Penyelesaian :

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

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

$$\text{Akselerasi} = 10 \times 31,2$$

$$\text{Akselerasi} = 312 \text{ mg}$$

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 seperti terlihat pada gambar 12. 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, gambar 13 merupakan tampilan software megunolink. Feature plotting data berguna untuk menplot data ke dalam 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. Tabel 1 merupakan spesifikasi vibration meter.

Tabel 1 Spesifikasi Vibration Meter

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Mikrokontroler	ATMega328 (utama), ATMega8 (downloader)
2.	Sensor	Akselerometer ADXL345
3.	LCD	LCD karakter 16x2
4.	Tegangan catu	8 VDC
5.	Perangkat Lunak	Megunolink
6.	Dimensi	15 x 9 x 5 cm
7.	Range	± 16 g
8.	ODR	100 Hz

Miniatur mesin berputar merupakan sebuah perangkat yang digunakan sebagai sumber getaran. Miniatur mesin berputar yang dihasilkan terdiri dari motor DC, bearing, rumah bearing, poros, kopel dan sebuah bandul penggangu. Gambar 14 adalah gambar hasil pembuatan miniatur mesin berputar, sementara spesifikasinya dijabarkan pada tabel 2.

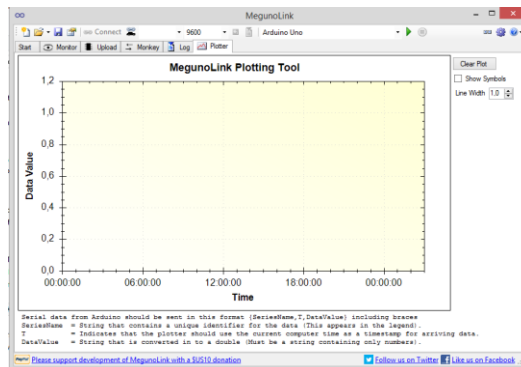
Tabel 2 Spesifikasi Miniatur Mesin Berputar

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Penggerak	Motor DC 6 V
2.	Kecepatan	130 RPM
3.	Tegangan catu	7,5 VDC

4.	Dimensi poros	150 x 10 mm (poros utama), 50 x 4 mm (poros motor)
5.	Ukuran bearing	d = 10 mm, D = 22 mm, T = 10 mm
6.	Dimensi rumah bearing	8 x 4 x 1,4 cm



Gambar 12 Vibration Meter



Gambar 13 Software Megunolink



Gambar 14 Miniatur Mesin Berputar

Untuk dapat mengoperasikan semua bagian dari perangkat pengukuran getaran diperlukan sebuah power supply. Power supply yang telah dibuat mempunyai dua buah tegangan output yaitu 8 V dan 7,5 V. Hasil pembuatan power supply pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 15 di bawah. Tabel 3 merupakan spesifikasi power supply perangkat pengukuran getaran pada miniatur mesin berputar.



Gambar 15 Power supply

Tabel 3 Spesifikasi Power Supply

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	AC input	220 V / 50 Hz
2.	Tegangan AC yang disearahkan	12 V
3.	Tegangan output	+ 8 VDC (vibration meter) + 7,5 VDC (motor)
4.	Dimensi	15 x 10 x 6 cm

PENUTUP

Telah berhasil dibuat suatu perangkat pengukuran getaran menggunakan sensor akselerometer MEMS (Micro Electro-Mechanical System) pada miniatur mesin berputar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams Jr, Maurice L. 2001. Rotating Machinery Vibration: From Analysis to TroubleShooting. New York: Marcel Dekker Inc.
- Broch, Jens Trampe. 1985. Mechanical Vibration and Shock Measurements. 2nd Ed. Soborg: K. Larsen & Son.
- Datasheet: ADXL345 triple axis digital accelerometer. [Online: <http://www.analog.com>]
- 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.
- 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.
- Samadikun, Samaun. S. Reka Rio. Tati Mengko. 1989. Sistem Instrumentasi Elektronika. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Syahwil, Muhammad. 2013. Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tsu, Tai Ran. 2002. MEMS & Microsystem Design And Manufacture. Singapore: McGrawHill.
- Vyas, Mukesh. Vibration Monitoring System Basics. Forbess Marshall – Shinkawa. [Online : http://www.forbesmarshall.com/fm_micro/news_room.aspx?Id=shinkawa&nid=61]
- _____. 2006. Beginner's Guide to Machine Vibration. Christchurch: Comtest Instrument Ltd. [Online: http://www.reliabilityweb.com/forms/beginners_guide_vibration.pdf]