

# PERANCANGAN ALAT UKUR GETARAN UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA BANTALAN

Zainal Abidin, Gustini\* dan M. Bimo Cahyo Pratomo  
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya  
\*email: gustini@unsri.ac.id

## ABSTRAK

Perencanaan perawatan pada mesin industri harus disusun sebaik mungkin sehingga dapat meminimalisasi kerusakan yang terjadi tiba-tiba. Salah satu cara untuk mendeteksi kerusakan suatu sistem alat adalah dengan menganalisa karakteristik dari getaran yang ditimbulkan oleh sistem tersebut. Untuk mengukur getaran tersebut diperlukan sebuah alat ukur getaran. Alat ukur getaran tersebut bukan merupakan alat yang murah, dan hanya terjangkau oleh kalangan industri menengah ke atas. Oleh karena itu, dibuat lah rancang bangun prototipe alat ukur getaran yang jauh lebih murah dan dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada suatu mesin. Alat ukur getaran yang dirancang tersusun dari sensor MEMS Accelerometer ADXL 345, mikrokontroler Arduino UNO, dan di program menggunakan software MATLAB untuk hasil analisa sinyal getaran dalam bentuk grafik serta spektrum FFT. Data yang didapatkan dari ADXL345 adalah dalam bentuk percepatan vektor dari ketiga sumbu. Kemudian data tersebut di proses dengan MATLAB untuk di plot dalam bentuk grafik waktu dan dijadikan dalam bentuk domain frekuensi dengan fungsi FFT. Alat ukur ini diuji untuk mendeteksi kerusakan pada bantalan. Dari hasil analisa didapatkan bahwa getaran pada bantalan normal dan cacat menunjukkan karakteristik spektrum yang berbeda pada arah radial yaitu sumbu x dan y. Pada arah aksial yaitu sumbu z, respon sinyal getaran tidak terdeteksi. 4. Pada bantalan kondisi cacat memiliki nilai amplitudo getaran yang bervariasi pada rentang frekuensi 18 – 35 Hz dengan nilai amplitudo getaran tertinggi yaitu 0,22g dan 0,24g.

**Kata Kunci :** Sensor Getaran, MEMS Accelerometer, Analisis Sinyal Getaran, Prototipe, MATLAB.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan di dalam teknologi industri pada akhir abad ke 18 sangat berpengaruh pada perkembangan dunia industri saat ini. Perkembangan tersebut diimbangi juga dengan teknik perawatannya. Teknik perawatan yang umum digunakan adalah berbasis waktu (*time base preventive maintenance*). Perawatan ini berdasarkan *manual book* yang mengacu pada jam kerja pemakaian peralatan tersebut. Perawatan jenis ini dianggap tidak terlalu baik karena hanya berdasarkan data *lifetime* dari katalog mesin. (5). Sehingga dilakukan pengembangan teknik perawatan yang lebih baik lagi agar diperoleh peralatan berfungsi dengan baik, efisien, dan ekonomis.

Kegiatan merawat mesin untuk selalu dapat melakukan proses produksi menjadi tugas bagian perawatan, perencanaan perawatan (*maintenance planning*) harus disusun sebaik mungkin sehingga dapat meminimalisasi kerusakan yang terjadi tiba-tiba (*break down*). Kerusakan suatu sistem alat akan menghabiskan waktu dan biaya yang besar, sementara kerusakan sistem alat tersebut tentu disebabkan oleh kerusakan - kerusakan subsistemnya atau elemen-elemen kecilnya yang tidak segera teridentifikasi. Untuk mencegah hal tersebut maka dilakukan kegiatan pemeliharaan yang didasarkan atas pemantauan kondisi alat atau mesin untuk mengetahui perubahan yang terjadi

karena suatu gejala kerusakan sehingga dapat diketahui secara dini. (5).

Salah satu cara untuk mengidentifikasi kerusakan suatu sistem alat adalah dengan menganalisa karakteristik dari getaran yang ditimbulkan oleh sistem tersebut. Di industri sekarang ini getaran pada mesin digunakan sebagai dasar dari perawatan untuk menjaga performa mesin tetap maksimal. Getaran merupakan respon dari sebuah sistem mekanik baik yang diakibatkan oleh gaya eksitasi yang diberikan maupun perubahan kondisi operasi sebagai fungsi waktu. Gaya yang menyebabkan getaran ini dapat ditimbulkan oleh beberapa sumber misalnya kontak/benturan antar komponen yang bergerak/berputar, putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance mass*), misalignment dan juga karena kerusakan bantalan (*bearing fault*). Jenis kerusakan bantalan bola baik akibat kerusakan lokal maupun yang terdistribusi ditunjukkan oleh adanya getaran dengan frekuensi tertentu yang muncul, sedangkan tingkat kerusakan pada umumnya diketahui dari besarnya amplitudo getarannya. (11).

Perangkat analisis getaran memerlukan: sensor (*transducer*) dan sistem unit kendali (alat), sedangkan teknik analisa untuk menemukan masalah kerusakan pada mesin antara lain dengan menggunakan Analisa Spektrum, Analisa Orbit, Analisa Fase, dan lain-lain. Analisa Spektrum menghasilkan bentuk spektrum frekuensi yang unik, ini merupakan teknik yang umum

digunakan karena bentuk spektrum frekuensi yang unik dapat mengidentifikasi kerusakan pada mesin. (de Silva, 1999). Pemilihan sensor dan pemasangannya juga merupakan faktor terpenting dalam analisa getaran pada mesin. Sinyal yang dihasilkan oleh sensor adalah sinyal analog dengan perubahan yang sangat cepat, oleh karena itu diperlukan suatu alat ukur yang mempunyai waktu pengolahan data yang relatif cepat dan mempunyai fleksibilitas dalam pengolahan data sebagai contoh menggunakan Dynamic Signal Analyzer (DSA), dan alat ukur getaran portable lainnya yang telah terjual di pasaran. Tentunya alat tersebut sangat mahal dan hanya dapat dijangkau oleh kalangan industri tingkat atas.

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan biaya seminimal mungkin dengan menggunakan sensor *MEMS accelerometer* berbasis Arduino untuk mendapatkan data karakteristik getaran yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan. Data yang didapat dijadikan dalam bentuk domain waktu yang kemudian diubah menjadi domain frekuensi menggunakan software MATLAB. Hal ini bertujuan untuk menganalisis kerusakan mesin secara dini dan merekomendasikan perbaikan yang tepat sasaran yang pada akhirnya dapat meminimalisasi biaya perawatan.

Pada penelitian kali ini, akan melakukan rancang bangun sensor getaran dengan biaya yang ekonomis dan dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada bantalan berdasarkan sinyal getaran. Tujuan penelitian adalah merancang alat ukur getaran dengan harga yang murah dan dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada bantalan berdasarkan sinyal getaran dan mengaplikasikan teknologi *Micro Electro Mechanical System Accelerometer* berbasis mikrokontroler pada alat ukur yang dirancang serta manfaat yang diharapkan dari pembuatan alat ini adalah dapat diaplikasikan pada pengukuran getaran pada mesin guna mengetahui adanya kerusakan untuk menghindari kerusakan yang lebih parah dan mengetahui karakteristik spektrum getaran pada bantalan normal dan bantalan yang cacat.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini eksperimen dilakukan dengan melibatkan beberapa alat dan bahan yang digunakan;

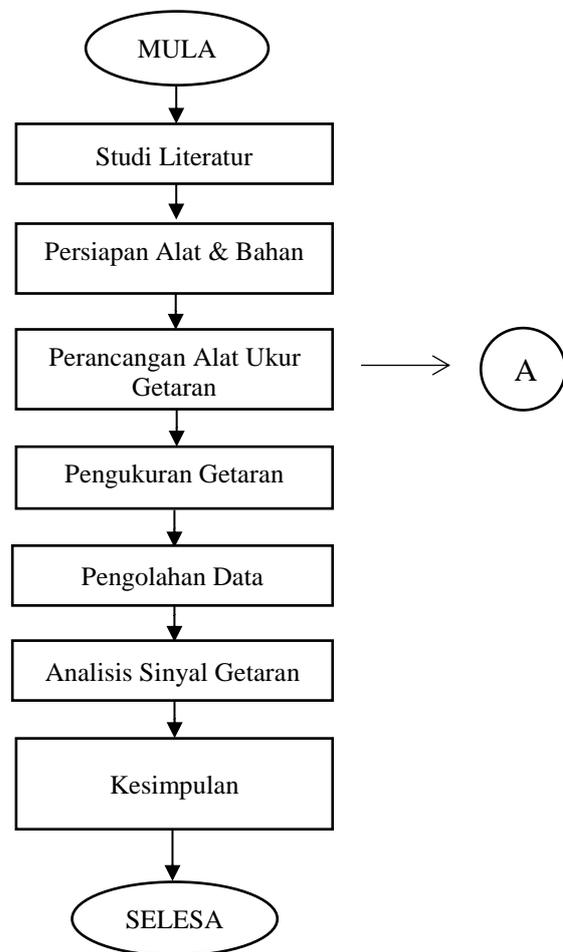
### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a. Akselerometer ADXL345
  - b. Arduino UNO R3
- 2) Perangkat Lunak (*Software*)
  - a. Arduino IDE
  - b. MATLAB

### Diagram Alir Penelitian

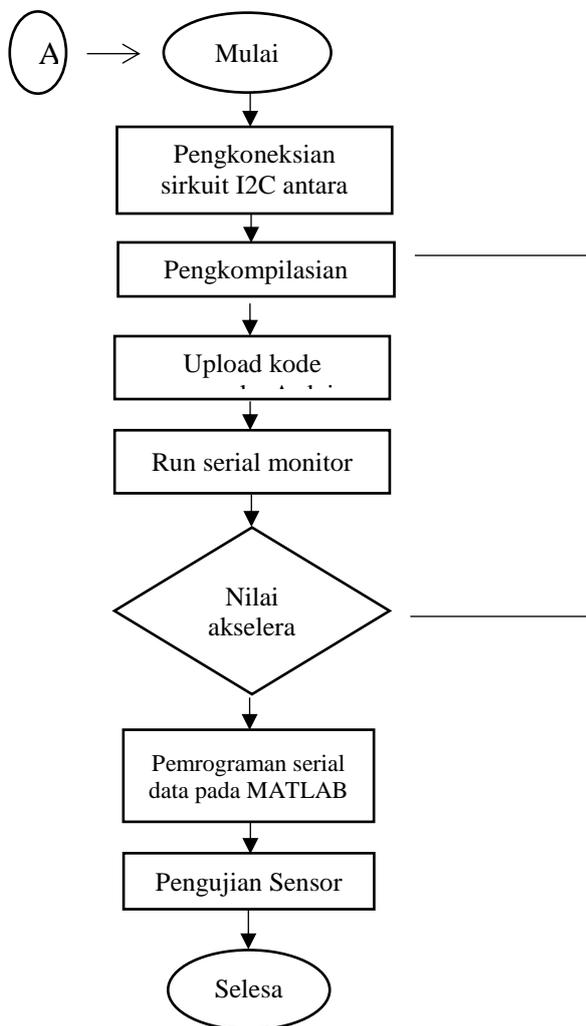
Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan yang dilakukan. Baik meliputi proses persiapan maupun proses perangkaian. Urutan kerja pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian yang dilakukan

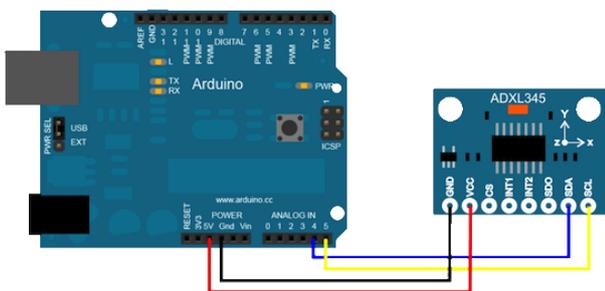
### Perancangan Alat Ukur Getaran

Sedangkan urutan kerja perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2. Berikut adalah diagram alir perancangan pada penelitian ini.



Gambar 2. Diagram Alir perancangan

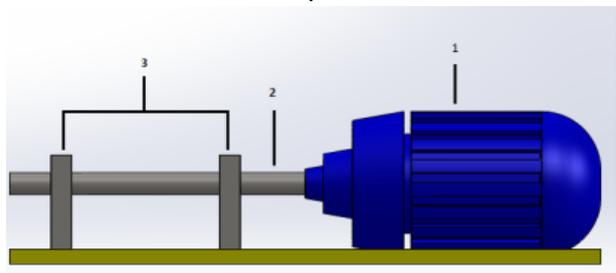
Berikut adalah skema rancangan awal prototipe alat ukur getaran yang akan dirancang.



Gambar 3. Skema Prototipe Alat Ukur Getaran

### Pengukuran Getaran

Pengukuran getaran dalam penelitian ini dilakukan pada sebuah meja kerja



Gambar 4..Meja Kerja

Dimana komponen penyusun meja kerja ini terlihat pada gambar 3.4 adalah sebagai berikut

- (1) Motor induksi
- (2) Poros
- (3) Bantalan

### (4) HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perancangan dan Pemrograman Alat Ukur Getaran

Berikut adalah hasil pemasangan prototipe alat ukur getaran pada meja kerja yang digunakan.

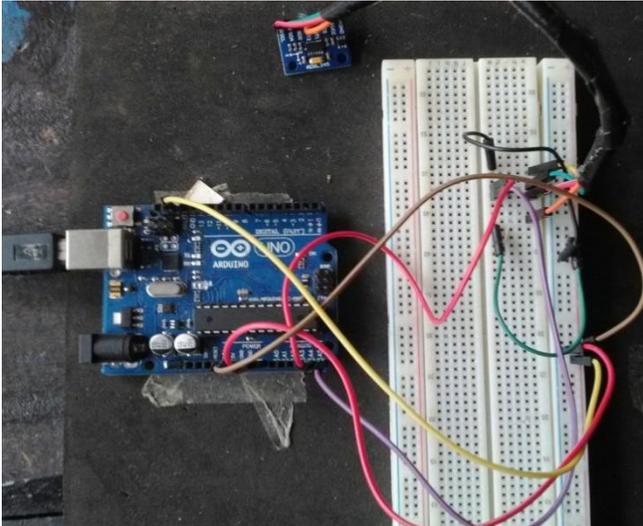


Gambar 5 Pemasangan Sensor Pada Meja Kerja

Tahap pertama perancangan alat ukur getaran ini adalah penyambungan koneksi antara accelerometer ADXL345 dan mikrokontroler Arduino Uno Jenis koneksi nya adalah I2C. Tabel 4.1. adalah sambungan sirkuit antar accelerometer ADXL345 dan Arduino Uno. Pada gambar 4.2. terlihat hasil sambungan prototipe alat ukur getaran.

Tabel 1. Koneksi I2C ADXL 345 dan Arduino Uno

ADXL345	→	Arduino Uno
Vcc		5 V
Gnd		Gnd
SDA		A4
SCL		A5



**Gambar 6.** Prototipe Alat Ukur Getaran

### Pengkompilasian Kode Program Pada Arduino IDE

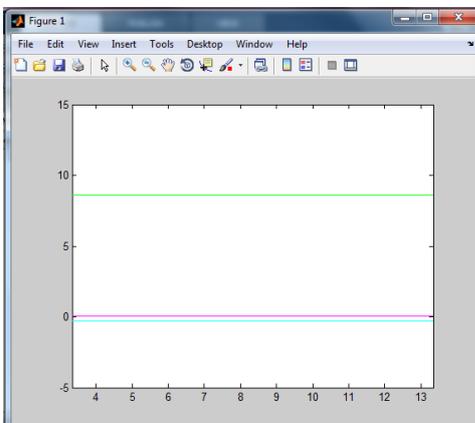
Tahap berikutnya dalam pemrograman *accelerometer* ADXL345 adalah mengkompilasikan dan mengunggah *sketch* program. Berikut adalah rangkuman *sketch* program dalam *pseudocode* untuk membaca nilai akselerasi dari ADXL345 melalui *serial monitor* Arduino Uno.

### Pemrograman Serial Data Pada MATLAB

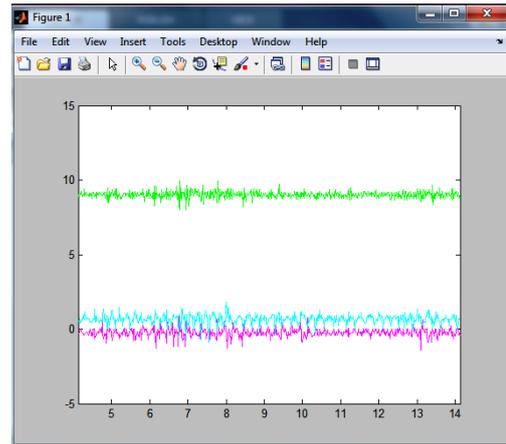
Tahap selanjutnya adalah mengkoneksikan serial data antara Arduino dan MATLAB. Data yang dikoneksikan dari Arduino kemudian di plot dalam bentuk grafik dan nilai pada setiap sumbu dijadikan dalam bentuk variabel pada MATLAB. Berikut adalah rangkuman skrip program dalam *pseudocode*.

### Pengujian Sensor

Tahap terakhir perancangan prototipe alat ukur getaran ini adalah dengan menguji sensor untuk mengetahui apakah alat ini berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan melihat grafik pada kondisi akselerometer diam dan pada saat menerima getaran.



**Gambar 7** Sensor pada saat kondisi diam



**Gambar 8** Sensor pada saat kondisi menerima getaran

### Pengukuran Getaran

Pengukuran getaran dilakukan pada dua kondisi bantalan yaitu bantalan pada kondisi normal dan pada kondisi cacat. Dengan jumlah sampel pengukuran dua bantalan kondisi normal dan dua bantalan kondisi cacat

### Parameter Pengukuran

Tahap awal dalam pengukuran getaran adalah penentuan parameter pengukuran. Berdasarkan *bandwidth* maksimum dari prototipe sensor getaran yang telah dirancang dan kecepatan putaran yaitu 150 rpm / 2,5 Hz , maka dapat ditentukan parameter pengukuran sinyal getaran yaitu sampel frekuensi ( $F_s$ ), sampel periode ( $T$ ) dan panjang sinyal ( $L$ ).

$$\begin{aligned} F_s &= 100 \text{ Hz} \\ T &= 1/100 = 0,01 \text{ detik} \\ L &= 1000 \end{aligned}$$

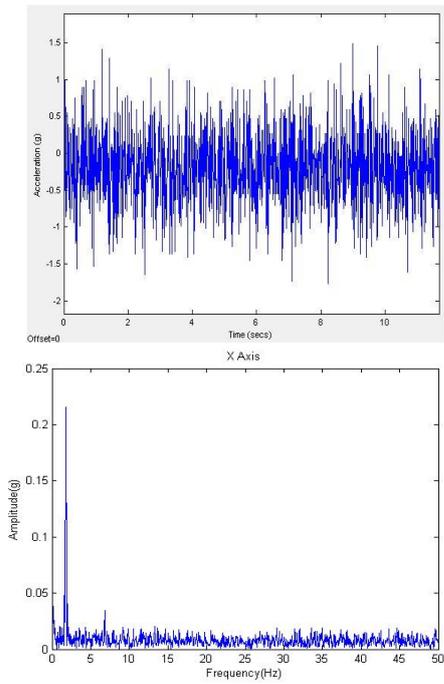
Bantalan yang digunakan untuk objek pengukuran ini adalah jenis *insert bearing (Y-Bearing)* 12-04 dengan rumah bantalan tipe P204.

### Pengolahan Data

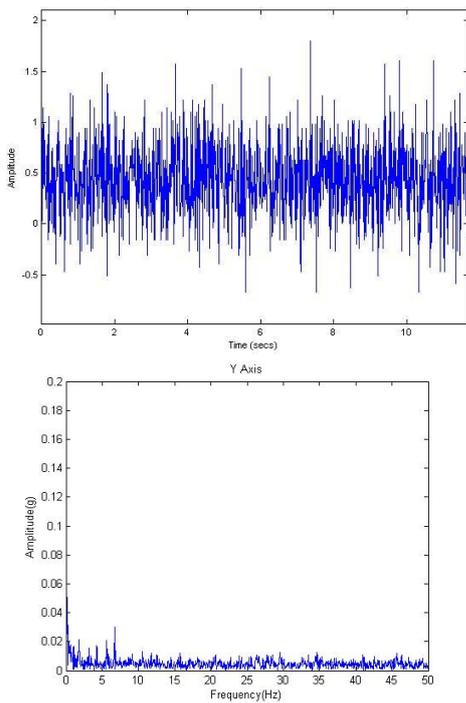
Setelah dilakukan pengukuran pada bantalan yang diuji dan didapatkan nilai percepatan gravitasi pada setiap sumbu. Data yang telah terinput di MATLAB dalam bentuk variabel vektor dan grafik domain waktu kemudian diolah ke dalam bentuk domain frekuensi dengan fungsi FFT (*Fast Fourier Transform*) pada MATLAB. Berikut adalah kode program untuk mengolah data dari domain waktu ke dalam domain frekuensi pada MATLAB.

### Bantalan Kondisi Normal

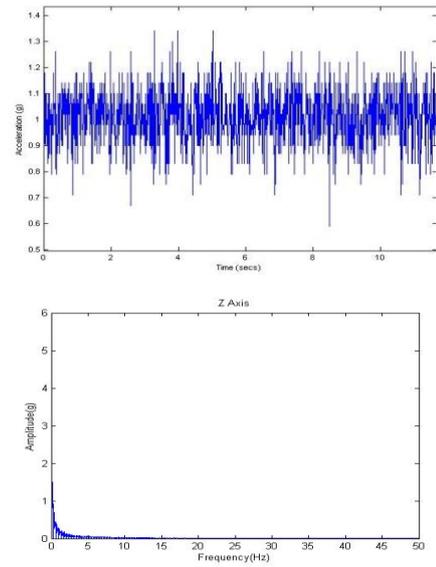
a) Bantalan I



**Gambar 9** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal I pada sumbu X

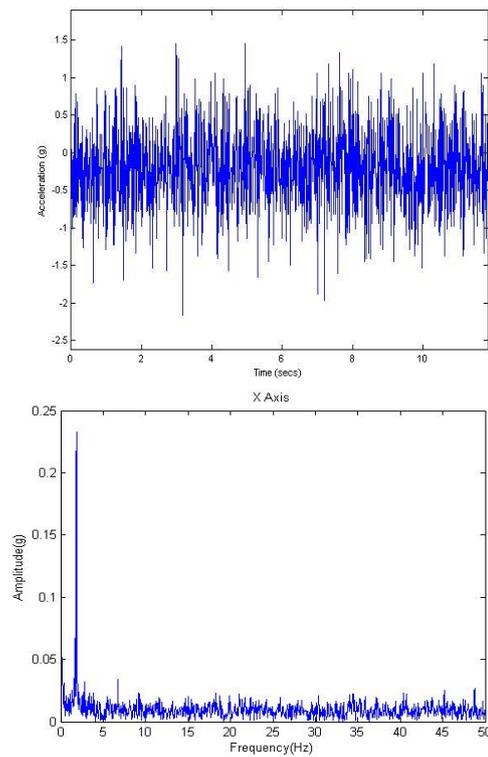


**Gambar 10** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal I pada sumbu Y

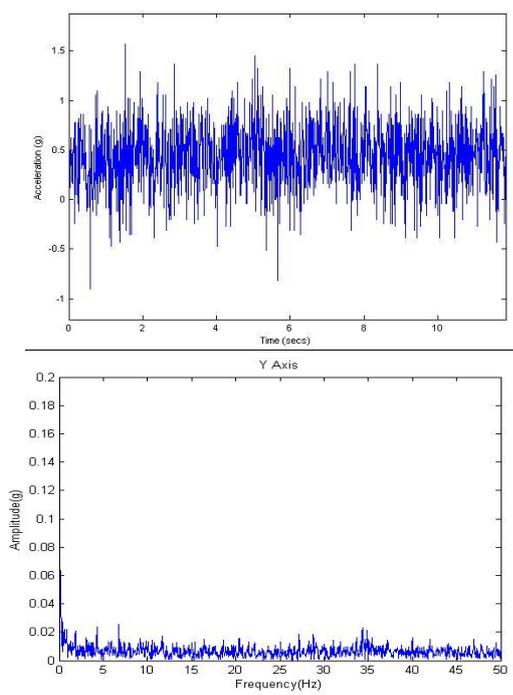


**Gambar 11** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal I pada sumbu Z

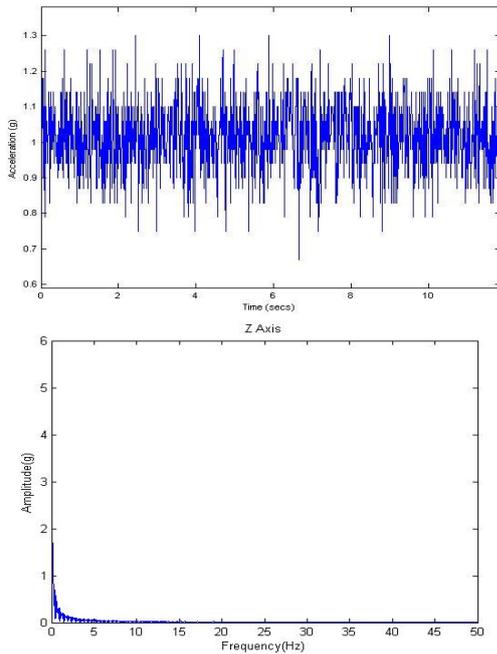
b) Bantalan II



**Gambar 12** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal II pada sumbu X



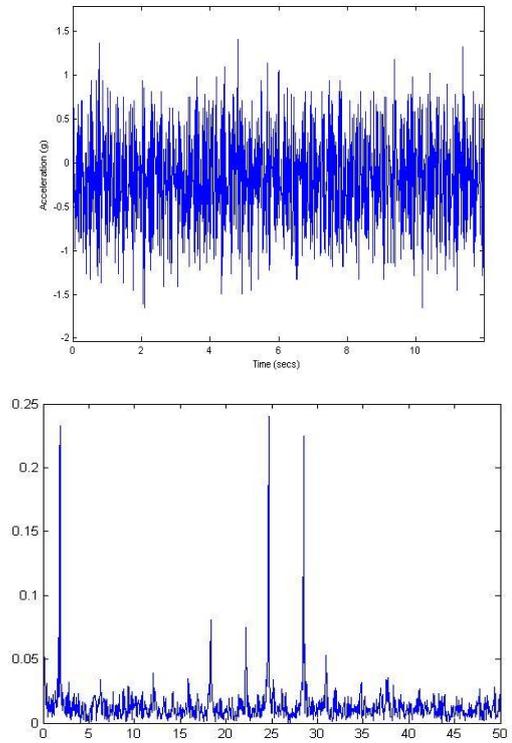
**Gambar 13** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal II pada sumbu Y



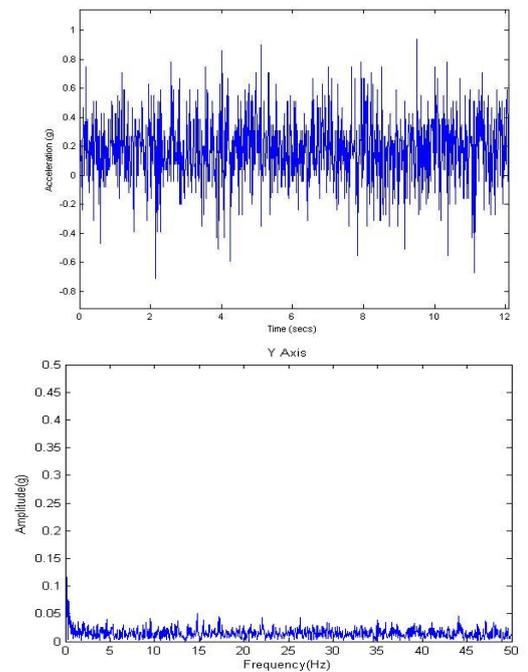
**Gambar 14** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi normal II pada sumbu Z

### Bantalan Kondisi Cacat

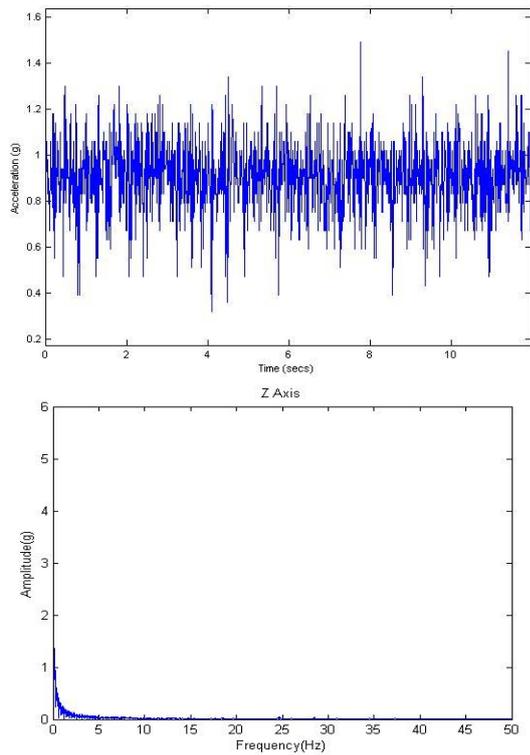
#### a) Bantalan I



**Gambar 15** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat I pada sumbu X

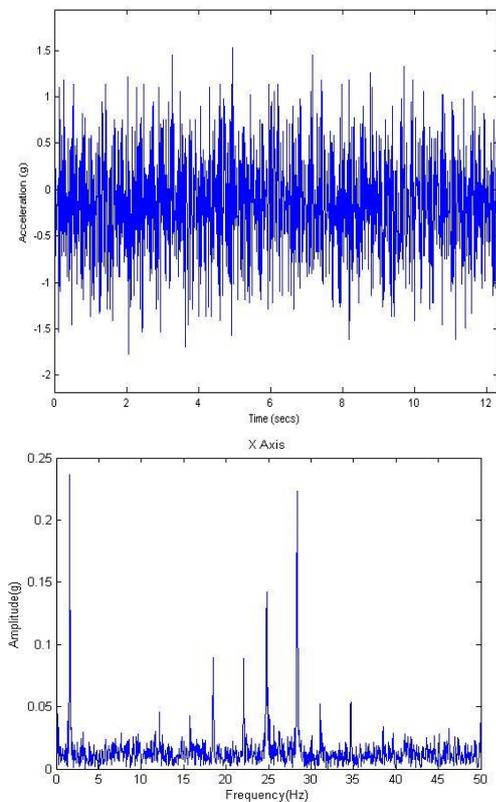


**Gambar 16** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat I pada sumbu Y

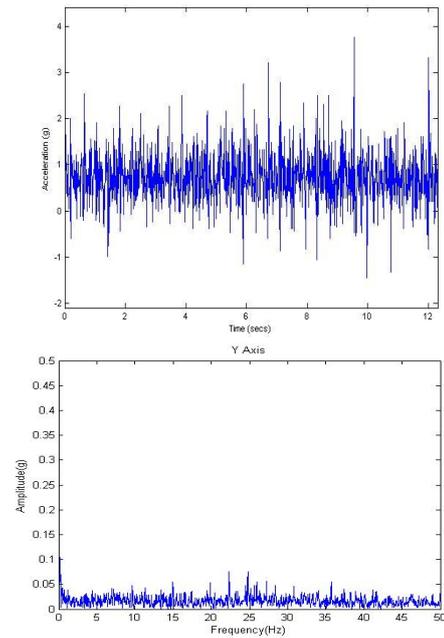


**Gambar 17** Domain Waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat I pada sumbu Z

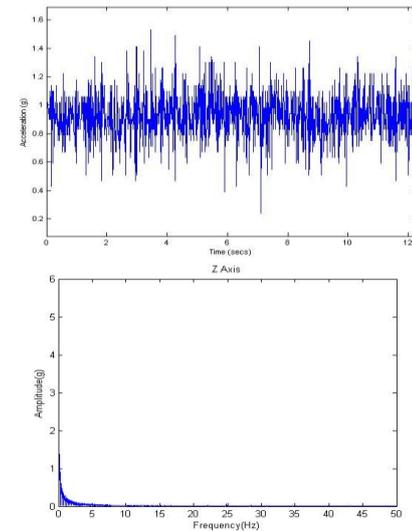
b) Bantalan II



**Gambar 18** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat II pada sumbu X



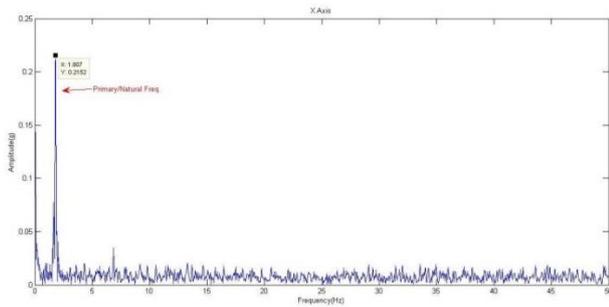
**Gambar 19** Domain waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat II pada sumbu Y



**Gambar 20** Domain Waktu dan spektrum domain frekuensi bantalan kondisi cacat II pada sumbu Z

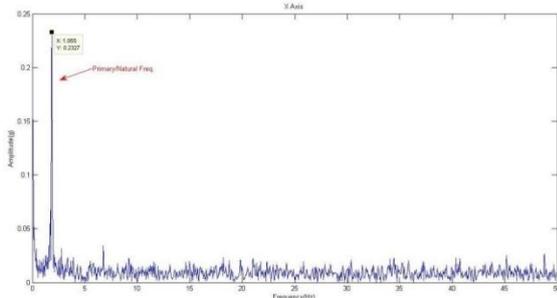
**Analisa Sinyal Getaran**

Dari hasil pengolahan data dalam grafik domain waktu dan spektrum FFT seperti pada gambar 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 kondisi bantalan normal dan gambar 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 kondisi bantalan cacat, maka dapat di analisa bahwa perbedaan karakteristik sinyal getaran antara bantalan kondisi normal dan cacat sangat terlihat pada sumbu X. Pada sumbu Y karakteristik sinyal getaran tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi, dan pada sumbu Z respon getaran tidak terlihat. Sehingga dari hasil pengolahan data tersebut perbedaan karakteristik sinyal getaran lebih jelas untuk di analisa pada arah radial.



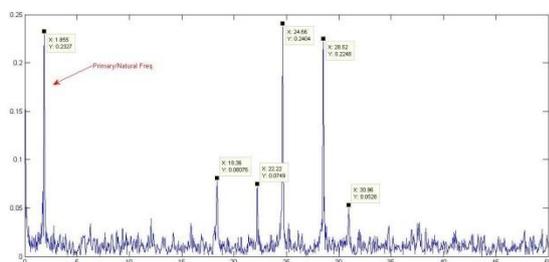
**Gambar 21** Spektrum FFT bantalan kondisi normal I arah radial sumbu X

Terlihat pada gambar 4.22, karakteristik sinyal getaran pada spektrum FFT kondisi bantalan normal terlihat tidak menunjukkan perubahan nilai amplitudo yang signifikan, dan juga hanya terlihat 1x *peak* menunjukkan *primary/natural frequency* pada 1,8 Hz dengan nilai *vibration amplitude* 0,2152g. Pada kondisi bantalan normal II spektrum FFT juga menunjukkan karakteristik yang sama pada 1x *peak natural frequency* dengan nilai *vibration amplitude* 0,2327g.



**Gambar 22** Spektrum FFT bantalan kondisi normal II arah radial sumbu X

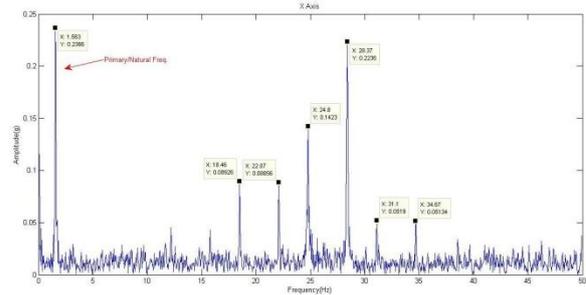
Sedangkan pada spektrum FFT bantalan kondisi cacat gambar 4.24 karakteristik sinyal getaran terlihat sangat berbeda dengan kondisi bantalan normal. Terlihat pada gambar 4.24 pada kondisi bantalan cacat I dimana terdapat perubahan harmonik nilai *vibration amplitude* pada rentang frekuensi 18 – 31 Hz. Pada frekuensi 28,52 Hz terlihat *peak* yang cukup tinggi dengan nilai amplitudo 0,2248 g.



**Gambar 23** Spektrum FFT bantalan kondisi cacat I arah radial sumbu X

Begitu pula pada spektrum FFT bantalan kondisi cacat II terlihat karakteristik spektrum yang sama dengan bantalan kondisi cacat I yaitu terdapat juga perubahan harmonik nilai *vibration amplitude* pada rentang frekuensi 18,5 Hz

– 35 Hz, dengan nilai puncak tertinggi 0,2236 g di frekuensi 28,37 Hz.



**Gambar 24** Spektrum FFT bantalan kondisi cacat II arah radial sumbu X

Maka dari hasil analisa sinyal getaran tersebut dapat disimpulkan bahwa spektrum FFT bantalan kondisi normal dan cacat memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Pada bantalan kondisi normal, nilai amplitudo cenderung stabil dan hanya terlihat *peak* pada *primary frequency* (*1x running speed*), sedangkan pada kondisi bantalan cacat, nilai amplitudo cenderung bervariasi pada rentang frekuensi 18 – 35 Hz.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat prototipe alat ukur getaran dengan biaya yang murah menggunakan akselerometer ADXL345 berbasis Arduino Uno.
2. Hasil analisa spektrum FFT menunjukkan bahwa alat ukur yang dirancang telah dapat mendeteksi kondisi bantalan normal dan bantalan yang cacat sesuai dengan perbedaan karakteristik sinyal getaran antara kedua kondisi.
3. Pada hasil pengolahan data dalam bentuk spektrum FFT menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik sinyal getaran antara bantalan kondisi normal dan cacat sangat terlihat pada sumbu X. Pada sumbu Y karakteristik sinyal getaran tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi, dan pada sumbu Z respon getaran tidak terlihat.
4. Pada bantalan kondisi cacat memiliki nilai amplitudo getaran yang bervariasi pada rentang frekuensi 18 – 35 Hz dengan nilai amplitudo getaran tertinggi yaitu 0,22 g dan 0,24 g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPPMK Fakultas Teknik yang telah mendanai.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi Sumanto, Hanif Aryo Nugroho. 2016. Purwarupa Sistem Monitoring Getaran Rotating Equipment Dengan Sensor Mpu6050, Amplifier Vol.6 No.2, Mei 2016.
- [2] Clarence W. de Silva. 1999. Vibration : Fundamental and Practice, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- [3] David Cooper. 2015. Sensor Platform for Monitoring Conveyor Belt Rollers, Dissertation, University of Southern Queensland Faculty of Health, Engineering & Sciences, October 2015.
- [4] Feri Djuandi. 2011. Pengenalan Arduino, tobuku.com.
- [5] Paresh Girdhar, Cornelius Scheffer. 2004. Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Newnes, London.
- [6] Puneet Bansal, I. S. Rajay Vedaraj, 2014. Monitoring and Analysis of Vibration Signal in Machine Tool Structures, IJEDR Volume 2, Issue 2, 2014
- [7] R. Keith Mobley. 1999. Vibration Fundamentals, Newnes, United States of America.
- [8] Ravindra A.Tarlc, Nilesh K.Kharate, dan Shyam P.Mogal. 2013. Vibration Analysis of Ball Bearing, International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 5, May 2015.
- [9] SKF. 2000. Vibration Diagnostic Guide (SKF Condition Monitoring CM5003), SKF Reliability System, San Diego, California.
- [10] Subimal Bikash Chaudhury, Mainak Sengupta, dan Kaushik Mukherjee. 2014. Vibration Monitoring of Rotating Machines Using MEMS Accelerometer, International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), Volume 2 Issue 9, September 2014.
- [11] Suhardjono. 2005. Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola, Jurnal Teknik Mesin Vol.6, No.2, Oktober 2004: 39 – 48.

