RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI VIBRASI PADA MOTOR SEBAGAI INDIKATOR PENGAMAN TERHADAP PERUBAHAN BEBAN MENGGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* GY-521 MPU 6050 BERBASIS ARDUINO UNO

Ahmad Sulthoni
Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: ahmadsulthoni088@gmail.com

Bambang Suprianto
Professor Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Vibrasi adalah jenis gangguan mekanik pada motor. Gangguan ini jika tidak segera terdeteksi akan menyebabkan kerusakan yang dapat menghambat proses produksi. Penelitian skripsi ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah alat pendeteksi sistem vibrasi pada motor sebagai indikator pengaman terhadap perubahan beban menggunakan sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 berbasis Arduino Uno. Dengan adanya sistem pendeteksi vibrasi ini akan memberikan informasi nilai vibrasi pada motor yang diijinkan pada saat motor beroperasi, apakah motor tersebut layak beroperasi atau tidak sehingga bisa mengurangi adanya kerusakan yang akan terjadi pada motor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sensitifitas dari sensor vibrasi *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 memiliki sensitifitas yang cukup tinggi dan bekerja dengan baik. Kemudian pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban < 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 0.48 mm/s, 1.74 mm/s, 1.78 mm/s, 2.01 mm/s, 2.19 mm/s, dan 2.35 mm/s serta masih dalam batas yang diizinkan sedangkan pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban ≥ 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 4.5 mm/s kondisi motor dalam batas berbahaya dan harus segera mati (*off)* secara otomatis. Nilai *setpoint* di*setting* 4.5 mm/s, apabila vibrasi yang dihasilkan oleh motor mencapai nilai *setpoint* tersebut maka secara otomatis motor akan mati (*off)*.

Kata Kunci: Vibrasi, Sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050, Motor Induksi 1 Fasa, Mikrokontroler Arduino Uno.

Abstract

Vibration is a type of mechanical disturbance in a motor. This disturbance if not detected immediately will cause damage that may hinder the production process.This thesis research aims to produce a vibration system detection device on the motor as a safety indicator of load changes using Accelerometer GY-521 MPU 6050 sensor based on Arduino Uno. With the vibration detection system will provide information on the value of vibration on the motor is permitted at the time of the motor operate, whether the motor is feasible to operate or not so as to reduce the damage that will occur in the motor. The results of this study indicate that the sensitivity of the vibration sensor Accelerometer GY-521 MPU 6050 has a high sensitivity and work well. Then on the test of vibration measurement using load <3 Kg the vibration value generated by motor is 0.48 mm / s, 1.74 mm / s, 1.78 mm / s, 2.01 mm / s, 2.19 mm / s and 2.35 mm / s and still within the permitted limits while in the vibration measurement test using load ≥3 Kg the vibration value generated by the motor is 4.5 mm / s motor condition in dangerous boundary and must immediately off automatically. Setpoint value is set to 4.5 mm /s, if the vibration generated by the motor reaches the setpoint value then the motor will automatically off.

Keywords: Vibration, Accelerometer Sensor GY-521 MPU 6050, Motor Induction 1 Phase, Microcontroller Arduino Uno

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia berkembang sangat pesat, baik teknologi dalam bidang transportasi, pertanian, komunikasi, industri. Dalam bidang industri, hampir semua proses produksi dilakukan dengan alat-alat pendukung untuk menunjang hasil produksi seperti mesin-mesin listrik. Dengan adanya alat pendukung tersebut, akan mempermudah dan mempercepat proses produksi lebih singkat. Adapun mesin listrik itu seperti motor induksi.

Namun dalam kenyataannnya, penggunaan motor induksi, ternyata terdapat beberapa permasalahan yang dapat mengakibatkan gangguan. Gangguan tersebut berasal dari gangguan elektrik dan gangguan mekanik. Khusus gangguan mekanik pada motor induksi yaitu bantalan yang aus karena umur, beban motor yang berlebihan akibat pengkopelan yang tidak baik, serta

getaran atau vibrasi yang berlebihan dan tidak seimbang. Gangguan mekanik pada motor induksi ini jika tidak segera terdeteksi akan menyebabkan kerusakan yang dapat menghambat proses produksi. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan mekanik adalah dengan mencatat perubahan getaran atau vibrasi pada motor. Getaran (vibrasi) merupakan suatu gerak bolak-balik di sekitar kesetimbangan.

Getaran atau vibrasi motor induksi harus dimonitor atau dibaca oleh sistem dan dijadikan sebagai indikator untuk mengamankan motor induksi. Vibrasi pada motor merupakan gangguan yang harus diminimalisir sebelum terjadinya kerusakan pada motor induksi. Oleh karena itu, pada penelitian skripsi ini dilakukan penelitian untuk mendeteksi vibrasi pada motor sebagai indikator pengaman terhadap perubahan beban menggunakan sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 berbasis Arduino Uno. Dengan adanya sistem pendeteksi vibrasi ini akan memberikan informasi nilai vibrasi pada motor yang diijinkan pada saat motor beroperasi, apakah motor tersebut layak beroperasi atau tidak sehingga bisa meminimalisir adanya kerusakan yang akan terjadi pada motor.

KAJIAN TEORI

Getaran (*Vibration*)

Getaran adalah suatu gerakan bolak–balik yang mempunyai amplitude yang sama (Istanto, 2016). Beberapa komponen penting pada getaran, meliputi frekuensi dan amplitudo. Getaran dapat dibedakan menjadi gerak harmonik sederhana, gerak harmonik teredam dan gerak harmonik teredam dengan faktor luar. Dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Pegas Vertikal (a) tanpa beban; (b) dengan beban dan mencapai posisi kesetimbangan dan (c) dengan beban dan terdapat suatu gaya tarik *f(t)*
(Sumber: Tipler, 1991)

Berdasarkan Gambar 1 (a) dapat dijelaskan bahwa pegas tergantung secara vertikal dan tidak terdapat beban sehingga pegas tidak mengalami peregangan. Sedangkan Gambar 1 (b) dapat dijelaskan bahwa pegas tergantung dalam keadaan vertikal dan terdapat beban yang tergantung pada ujung pegas. Dalam keadaan ini pegas teregang dan mengalami pertambahan panjang sebesar x_0 serta mencapai posisi kesetimbangan. Pegas yang telah mencapai posisi kesetimbangan selanjutnya ditarik atau disimpangkan sejauh *x* seperti pada Gambar 1 (c). *Standar Indicator* yang digunakan untuk pengukuran getaran dalam penelitian ini adalah ISO 10816-3:1998(E).

Tabel 1 Kriteria Zona Evaluasi Kelayakan Permesinan ISO 10816-3:1998(E)

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816						
	Machine		Class 1 small machine	Class II medium machine	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
	In/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71	good			
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80		satisfactory		
	0.18	4.50				
	0.28	7.10		unsatisfactory		
	0.44	11.2				
	0.70	18.0				
	0.71	28.0	unacceptable			
	1.10	45.0				

(Sumber: International Standard ISO 10816-3, 1998)

Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah Arduino *board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol *reset*. Arduino Uno dapat beroperasi pada tegangan 6 sampai 20 volt.

Sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050

GY-521 MPU-6050 *Module* adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis *Motion Processing Unit* dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan *supply* sebesar 3-5VDC. Sensor ini sangat akurat dengan fasilitas *hardware* internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan menangkap nilai sumbu X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu.

Relay

Relay adalah saklar elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet. Komponen ini terdiri dari lilitan dan lempengan yang berfungsi sebagai saklar. Saat lilitan dialiri arus listrik maka akan timbul medan magnet dan menarik lempengan (Boylestad, 1996).

Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara.

LED *(Light Emitting Diode)*

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju (Malvino, 1994).

LCD *(Liquid Crystal Display)*

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu *display* elektronika yang umum digunakan. LCD dibuat dengan CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya melainkan memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

Motor Induksi 1 Fasa

Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan domestik.

METODE

Secara umum implementasi prototipe sistem pendeteksi vibrasi pada motor terhadap perubahan beban ini dimulai dengan *switch on* sumber listrik PLN *hardware* aktif, motor induksi 1 fasa bekerja akan mensimulasikan vibrasi atau getaran yang terjadi pada kondisi pada saat motor berbeban maupun tidak berbeban. Getaran atau vibrasi yang dihasilkan dari motor induksi 1 fasa akan direkam oleh sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050. Kemudian mikrokontroller Arduino Uno menjadi pemroses sinyal untuk mengakuisisi data yang diperoleh dari sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050. Buzzer dan LED indikator sebagai pertanda. Relay sebagai saklar otomatis dalam men*shutdown* motor secara otomatis jika vibrasi yang dihasilkan oleh motor melebihi batasan standar yang diijinkan maka relay aktif menjadi *normally open* (NO) dengan sinyal *low*. LCD *display* 16x2 menjadi penampil nilai vibrasi. Arsitektur sistem yang akan dibuat pada penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:

Gambar 2 Diagram Blok *Hardware*
(Sumber: Data Primer, 2018)

Perancangan *Hardware*

Berdasarkan Gambar 10 peralatan yang digunakan yaitu:

Motor Induksi 1 Fasa

Dalam penelitian ini getaran atau vibrasi yang di deteksi menggunakan motor induksi 1 fasa dengan tegangan 220 VAC. Bentuk motor induksi 1 fasa yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 Motor Induksi 1 Fasa
(Sumber: Data Primer, 2018)

Arduino Uno Sebagai Pengendali Utama

Mikrokontroler Arduino Uno ini digunakan untuk memproses data dari keluaran sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050, kemudian data diolah untuk mendapatkan *output* yang diinginkan.

Rangkaian Sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 Pendeteksi Vibrasi Pada Motor

Rangkaian sensor vibrasi pada rangkaian ini berfungsi sebagai pendeteksi getaran atau vibrasi pada motor.

Rangkaian LED Indikator dan Buzzer

Rangkaian LED indikator dan Buzzer adalah rangkaian yang berfungsi untuk memberikan peringatan atau tanda ketika terjadi suatu getaran atau vibrasi yang melebihi batas standar yang diijinkan pada motor.

Rangkaian Penampil LCD

Rangkaian LCD digunakan untuk menampilkan perintah-perintah yang ditulis pada program mikrokontroler IDE.

Perancangan Rangkaian Keseluruhan

Tahapan untuk perancangan rangkaian secara keseluruhan dimulai dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 Diagram Alir Pengerjaan Penelitian
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa alur pengerjaan penelitian ini dimulai dengan menentukan konsep bagaimana merancang sebuah prototipe sistem pendeteksi vibrasi pada motor sebagai indikator pengaman. Kemudian dilanjutkan ke tahapan studi literatur. Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi mengenai segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah mempelajari karakteristik masing-masing peralatan dan komponen yang akan digunakan beserta prinsip kerjanya serta mempelajari cara kerja dan pemrograman Bahasa "C" pada program Arduino Uno. Setelah itu ke tahapan menggambar rangkaian di *software* Fritzing dan dilanjutkan ke tahapan pembuatan rancangan alat. Setelah alat selesai dibuat maka melanjutkan ke tahapan selanjutnya yaitu membuat program dan pengujian keseluruhan alat. Kemudian setelah sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan maka dapat melanjutkan ke tahapan yang terakhir yaitu tahapan penulisan skripsi hingga selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembahasan dari skripsi yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

Pengujian Sensitifitas Sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050

Hasil pengujian sensitifitas sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensitifitas Sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 pada Saat Motor *Off* (Kondisi Diam)

NO	OVERALL VIBRATION		
	HOR (X)	VER (Y)	AXIAL (Z)
1	-24	264	9956
2	36	300	9840
3	80	376	9820
4	8	324	9832
5	40	308	9844
6	-16	308	9880
7	52	316	9940
8	72	340	10020
9	88	376	9952
10	112	316	9868

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensitifitas Sensor *Accelerometer* pada Saat Motor Bekerja dengan Kondisi Tak Berbeban (Beban Nol) dan Berbeban

NO	Beban (Kg)	OVERALL VIBRATION		
		HOR (X)	VER (Y)	AXIAL (Z)
1	Beban Nol	316 12544	524 -2624	9576 9268
2	0.5	1124 15532	14368 -236	7172 10116
3	1	492 27052	-15160 8648	13168 6824
4	1.5	10348 27912	9232 9116	520 11964
5	2	1204 32767	18088 32767	-3484 32767
6	2.5	584 32767	-4448 32767	17464 26184
7	3	212 20068	8044 17000	-1872 16516
8	3.5	3196 32767	29236 32767	9556 5988

UNESA Universitas Negeri Surabaya

NO	Beban (Kg)	OVERALL VIBRATION		
		HOR (X)	VER (Y)	AXIAL (Z)
9	4	2488 32767	5772 25796	1888 5176
10	4.5	412 32767	-1468 32767	6068 5348
11	5	56 26360	-20916 15112	6292 10552

Hasil keluaran dari sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 ini berupa ADC *(Analog to Digital Converter)* yang sudah terkalibrasi supaya dapat dibaca oleh sistem. Nilai vibrasi yang ditampilkan pada keluaran sensor ini diambil nilai yang paling minimum dan maksimum kemudian dirata-rata supaya dapat digunakan untuk mencari *range* dalam menentukan nilai vibrasi yang sesuai.

Pengujian Rangkaian *Driver* Relay

Pengujian rangkaian relay untuk mematikan motor secara otomatis, dilakukan untuk memastikan bahwa relay berfungsi dengan baik atau tidak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian *Driver* Relay

Input	V_{in} (VDC)	V_{out} (VAC)	Relay
High	4.97	230	Relay "ON"
Low	0.00	0.00	Relay "OFF"

Pengujian Buzzer

Pengujian dilakukan dengan cara memprogram mikrokontroler Arduino Uno dengan program buzzer *high* dan *low*. Dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil Pengukuran Rangkaian Buzzer

Logika Input	Vout (VDC)	Vin Buzzer (VDC)	Respon Buzzer
High	4.97	4.97	Bunyi
Low	0.00	0.00	Tidak Bunyi

Pengujian Sistem Alat Secara Keseluruhan

Dari hasil pengujian blok sistem yang sudah dijalankan ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 Pengujian Alat Sistem Pendeteksi Vibrasi pada Motor Secara Keseluruhan
(Sumber: Data Primer, 2018)

Prototipe tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan pembacaan *output* nilai vibrasi pada motor dan dapat menampilkan *output* nilai vibrasi ke LCD *Display* 16x2, serta terdapat indikasi berupa *output* buzzer dan LED indikator bekerja secara bersamaan apabila terjadi vibrasi yang berlebihan atau melampaui besaran vibrasi tertentu. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Sistem Pendeteksi Vibrasi pada Motor Secara Keseluruhan

NO	Beban (Kg)	Nilai Vibrasi (mm/s)	Kecepatan Motor (RPM)	Kategori Zona	Buzzer dan LED Indikator	Kondisi Motor
1	Beban Nol	0.48	2877	Good	Mati	Hidup
2	0,5	1.74	2856	Satisfactory	Mati	Hidup
3	1	1.78	2848	Satisfactory	Mati	Hidup
4	1,5	2.01	2842	Satisfactory	Mati	Hidup
5	2	2.19	2833	Satisfactory	Mati	Hidup
6	2,5	2.35	2830	Satisfactory	Mati	Hidup
7	3	4.5	1377	Unacceptable	Hidup	Mati
8	3,5	4.5	1498	Unacceptable	Hidup	Mati
9	4	4.5	1410	Unacceptable	Hidup	Mati
10	4,5	4.5	1591	Unacceptable	Hidup	Mati
11	5	4.5	1138	Unacceptable	Hidup	Mati

Gambar 6 Grafik Hasil Pengukuran Vibrasi Terhadap Perubahan Beban
(Sumber: Data Primer, 2018)

Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Nilai Kecepatan (RPM) Motor Terhadap Besarnya Perubahan Beban
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Tabel 6 didapatkan hasil pengukuran nilai vibrasi yang berbeda-beda ditiap beban yang dipasang di poros motor. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa Perubahan nilai vibrasi yang berbeda-beda pada pengujian. Pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban < 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 0.48 mm/s, 1.74 mm/s, 1.78 mm/s, 2.01 mm/s, 2.19 mm/s, dan 2.35 mm/s serta masih dalam batas yang diizinkan sedangkan pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban ≥ 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 4.5 mm/s kondisi motor dalam batas berbahaya dan harus segera mati (*off*) secara otomatis. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai kecepatan (RPM) motor bervariasi disetiap perubahan beban. Rata-rata nilai kecepatan (RPM) motor pada beban < 3 Kg nilai kecepatannya diatas 2800. Sedangkan rata-rata nilai kecepatan (RPM) motor pada beban ≥ 3 Kg ke atas nilai kecepatannya dibawah 2800. Pada pengujian vibrasi motor dengan beban ≥ 3 Kg ke atas nilai vibrasi yang dihasilkan dari motor sangat berbahaya. Maka dalam hal ini motor harus segera *off* secara otomatis. Adapun grafik hasil pengukuran vibrasi dapat dilihat pada Gambar 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, dan 18:

Gambar 8 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja Tak Berbeban (Beban Nol) *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban nol (kondisi motor tidak berbeban) didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 0.48 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Good yang artinya getaran atau vibrasi dari motor sangat baik dan dibawah getaran yang diizinkan. Pada pengujian beban nol untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 9 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja dengan Beban 0.5 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 0.5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 1.74 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Satisfactory yang artinya zona masih diizinkan, getaran atau vibrasi dari motor baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan. Pada pengujian beban 0.5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 10 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja dengan Beban 1 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 10 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 1 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 1.78 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Satisfactory yang artinya zona masih diizinkan, getaran atau vibrasi dari motor baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan. Pada pengujian beban 1 Kg untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 11 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja dengan Beban 1.5 Kg
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 11 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 1.5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 2.01 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Satisfactory yang artinya zona masih diizinkan, getaran atau vibrasi dari motor baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan. Pada pengujian beban 1.5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 12 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja dengan Beban 2 Kg
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 12 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 2 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 2.19 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Satisfactory yang artinya zona masih diizinkan, getaran atau vibrasi dari motor baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan. Pada pengujian beban 2 Kg untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 13 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Bekerja dengan Beban 2.5 Kg
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 13 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 2.5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 2.35 mm/s dengan kecepatan (RPM) motor sebesar 2830. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Satisfactory yang artinya zona masih diizinkan, getaran atau vibrasi dari motor baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan. Pada pengujian beban 2.5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED mati dengan kondisi motor masih tetap hidup.

Gambar 14 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Mulai *Off* dengan Beban 3 Kg
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 14 dapat dijelaskan t bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 3 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 4.5 mm/s Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Unacceptable yang artinya getaran atau vibrasi dari motor dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada motor. Pada pengujian beban 3 Kg untuk indikator Buzzer dan LED hidup dengan kondisi motor *off*.

Gambar 15 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Mulai *Off* dengan Beban 3.5 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 15 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 3.5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 4.5 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Unacceptable yang artinya getaran atau vibrasi dari motor dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada motor. Pada pengujian beban 3.5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED hidup dengan kondisi motor *off*.

Gambar 16 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Mulai *Off* dengan Beban 4 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 16 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 4 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 4.5 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Unacceptable yang artinya getaran atau vibrasi dari motor dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada motor. Pada pengujian beban 4 Kg untuk indikator Buzzer dan LED hidup dengan kondisi motor *off*.

Gambar 17 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Mulai *Off* dengan Beban 4.5 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 17 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 4.5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 4.5 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Unacceptable yang artinya getaran atau vibrasi dari motor dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada motor. Pada pengujian beban 4.5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED hidup dengan kondisi motor *off*.

Gambar 18 Grafik Keadaan Vibrasi pada Motor Saat Kondisi Motor Mulai *Off* dengan Beban 5 Kg *(Sumber: Data Primer, 2018)*

Pada Gambar 18 dapat dijelaskan bahwa pengujian vibrasi pada motor dengan beban 5 Kg didapatkan hasil nilai vibrasi sebesar 4.5 mm/s. Nilai vibrasi yang didapatkan masuk dalam kategori Zona Unacceptable yang artinya getaran atau vibrasi dari motor dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada motor. Pada pengujian beban 5 Kg untuk indikator Buzzer dan LED hidup dengan kondisi motor *off*.

Pada Gambar 14, 15, 16, 17, dan 18 menunjukkan salah satu hasil grafik pengukuran vibrasi pada motor saat kondisi motor mulai *off* secara otomatis. Hal ini karena nilai vibrasi yang terukur telah mencapai nilai *setpoint* yang sudah di*setting*. Nilai *setpoint* vibrasi di*setting* 4.5 mm/s karena motor induksi yang digunakan dalam pengujian tergolong motor kelas 1 dengan daya dibawah 15 kW sesuai pada Tabel 1 tentang *standard* kriteria zona evaluasi kelayakan permesinan ISO 10816-3:1998. *Standard* ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat getaran (*vibration*) yang dapat diterima dari berbagai kelas motor atau mesin.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan simpulan sebagai berikut:

Sensitifitas dari sensor vibrasi *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 memiliki sensitifitas yang cukup tinggi dan bekerja dengan baik pada saat kondisi motor *off* (kondisi diam) didapatkan nilai paling minimum dan maksimum pada sumbu X, Y, dan Z sebesar (8, 112), (264, 376), dan (9820, 10020). Dan pada saat motor bekerja dengan kondisi beban nol dan berbeban dengan perubahan beban maksimal sampai 5 Kg didapatkan nilai paling minimum dan maksimum pada sumbu X, Y, dan Z sebesar (56, 32767), (-236, 32767), dan (520, 32767). Sensitifitas dari sensor *Accelerometer* GY-521 MPU 6050 mampu menangkap pergerakan nilai sumbu X, Y, dan Z yang dihasilkan oleh motor bersamaan dalam satu waktu.

Pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban < 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 0.48 mm/s, 1.74 mm/s, 1.78 mm/s, 2.01 mm/s, 2.19 mm/s, dan 2.35 mm/s serta masih dalam batas yang diizinkan sedangkan pada pengujian pengukuran vibrasi dengan menggunakan beban ≥ 3 Kg nilai vibrasi yang dihasilkan oleh motor sebesar 4.5 mm/s kondisi motor dalam batas berbahaya dan motor harus segera *off* secara otomatis. Nilai *setpoint* di*setting* 4.5 mm/s, apabila vibrasi yang dihasilkan oleh motor mencapai nilai *setpoint* tersebut maka secara otomatis motor akan *off*.

Saran

Berdasarkan simpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu sebagai berikut:

Pada penelitian ini sensor yang digunakan dalam mendeteksi vibrasi motor menggunakan *range acceleration* 16 gravitasi. Sebaiknya menggunakan dengan *range* lebih dari 16 gravitasi agar dapat mengukur nilai akselerasi yang lebih tinggi. Sistem yang dibuat masih manual dan *offline* dalam mendeteksi vibrasi pada motor terhadap perubahan beban, sebaiknya menggunakan *monitoring* vibrasi pada motor secara *online* atau internet serta menggunakan *software* penampil hasil pengukuran vibrasi yang lebih lengkap sehingga dapat pula menampilkan spektrum 2 dimensi maupun 3 dimensi dari pergerakan sumbu X, Y, dan Z dari hasil pengukuran vibrasi pada motor.

Untuk kedepannya penelitian ini tidak hanya difokuskan pada *monitoring* pendeteksi vibrasi saja. Akan tetapi juga pada *monitoring* suhu, arus, dan tegangan yang dihasilkan oleh motor. Kemudian untuk motor listrik yang digunakan sebaiknya menggunakan motor listrik sistem tiga fasa agar lebih luas variabel penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Arduino.(Online),(https://www.arduino.cc/en/Reference/Board), (Diakses 5 Januari 2018, pukul 10.00).

Boylestad, Robert and Louis Nashelsky. 1996. *Electronic Devices and Circuit Theory International Edition.* Columbus: Prentice Hall.

International Organization for Standardization. 10816-3. *Mechanical vibration-Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*. Switzerland: ISO press. 1998.

Istanto, Agung Dwi.2016. “Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Gangguan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Parameter Getaran”. Tugas Akhir Teknik Elektro. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Dian Nuswantoro.

Malvino, Albert P. 1994. *Prinsip-prinsip Dasar Elektronika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Tipler, P. A. 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

UNESA Universitas Negeri Surabaya