

# ANALISA KERUSAKAN BEARING DENGAN METODE FUZZY

Ahmad Nuril Anwar<sup>1</sup>, Santoso<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

anwar.noeriel@gmail.com

santoso@untag-sby.ac.id

## ABSTRAK

*Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan atau kejanggalkan fungsi motor induksi terutama pada bagian bearing yang merupakan komponen penggerak utama. Menggunakan sensor accelerometer MPU 6050 dan sound sensor modul dengan microcontroller arduino nano dan modul bluetooth HC 05 sebagai media pengiriman dan akuisisi data sinyal. Data sinyal yang diperoleh dalam bentuk datalog berextensi .txt kemudian diolah lebih lanjut dengan software matlab untuk mengetahui informasi karakteristik sinyal suara dan sinyal getar yang ditimbulkan oleh bearing motor induksi. Menggunakan filter sinyal cut off low pass filter untuk pengolahan filter sinyal suara dan fast fourier transform (FFT) untuk merubah domain waktu sinyal menjadi domain frekuensi sinyal agar mengetahui karakteristik frekuensi yang timbul dari sinyal. Dari data input sinyal suara dan getar yang diperoleh digunakan metode logika Fuzzy untuk menentukan output kondisi bearing.*

*Kata Kunci: Sensor MPU 6050, Sound Sensor, Bearing, Logika Fuzzy, FFT*

## 1. PENDAHULUAN

Bearing atau bantalan gelinding merupakan elemen penting pada mesin atau motor, bisa dibayangkan bahwa bearing adalah komponen utama pada motor untuk bergerak atau berputar, tanpa adanya bearing motor tidak akan bisa bergerak dan menghasilkan energi kinetik sebagai tujuan utama sebuah motor bekerja.

Seiring digunakan motor secara terus menerus maka akan terjadi penurunan performa pada motor yang bisa saja ditimbulkan dari bearing yang sudah kasar atau rusak dan bila tidak segera diketahui telah terjadi kerusakan pada bearing maka akan berakibat beban motor untuk berputar akan bertambah dan kemudian bisa saja gulungan motor menjadi short.

Pendeteksian pada bearing diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan bearing yang tidak terdeteksi oleh indra manusia. Penelitian kali ini bertujuan untuk membuat modul pendeteksi kondisi bearing pada motor dengan menggunakan sensor suara dan sensor accelerometer yang dihubungkan dengan microcontroller arduino nano. Sensor suara digunakan untuk mengukur tingkat

kebisingan atau noise yang ditimbulkan saat motor bergerak dan sensor accelerometer mendeteksi getaran yang ditimbulkan oleh motor. Selanjutnya data sinyal suara dan getaran yang diperoleh akan diteliti, dibandingkan dan di analisa dengan menggunakan software matlab agar dapat mengetahui tingkat keakuratan untuk menentukan sinyal dari kondisi bearing yang rusak, kasar, atau masih bagus.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bantalan Gelinding (*Bearing*)

bearing atau bantalan gelinding adalah suatu elemen penting atau bagian penggerak pada alat atau benda yang berputar pada porosnya. Terdiri dari bola yang berada dalam sangkar atau cage yang ada diantara ring bagian dalam dan ring bagian luar, cara kerjanya adalah memisahkan gerakan benda yang menempel pada bagian ring dalam dan bagian ring luar sehingga memaksimalkan pergerakan dan meminimalkan gesekan.

Dikutip dari (Malta, Wahyudi, & Bur, 2014) Jenis kerusakan pada bearing dapat dibedakan sebagai berikut dan dinyatakan dalam persamaan adalah sebagai berikut

### Cacat lokal pada *Inner Race*

$$BPFI = \frac{Nb}{2} \times f_r \times \left(1 + \frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right) \quad (1)$$

### Cacat lokal pada *Outer Race*

$$BPFO = \frac{Nb}{2} \times f_r \times \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right) \quad (2)$$

### Cacat lokal pada *Rolling Element* atau bola

$$BSF = \frac{Nb}{2Bd} \times f_r \times \left(1 - \left(\frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right)^2\right) \quad (3)$$

### Cacat lokal pada *Cage*

$$FTF = \frac{f_r}{2} \times \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right) \quad (4)$$

Namun Jika dalam kasus hanya jumlah bola dan kecepatan putar mesin maka dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$FTF = f_r \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1,2}{Nb}\right) \quad (5)$$

$$BPFI = f_r \times \left(\frac{Nb}{2} + 1,2\right) \quad (6)$$

$$BPFO = f_r \times \left(\frac{Nb}{2} - 1,2\right) \quad (7)$$

keterangan

$Nb$  = Jumlah Bola (*Number of balls*)

$Fr$  = Frekuensi putaran (Hz)

$Bd$  = Diameter bola (mm)

$Pd$  = Diameter Pitch (mm)

$\alpha$  = sudut kontak dalam derajat ( $0^\circ$  untuk seri bantalan 6xxx)

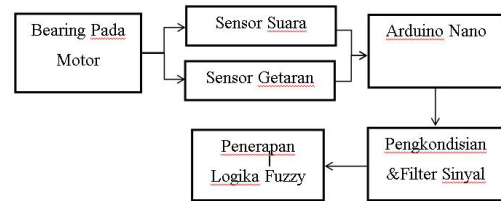
## 2.2 Getaran dan Suara

Getaran merupakan gerakan osilasi dari suatu benda dari keadaan diam. Getaran yang muncul dapat menimbulkan sinyal getaran yang biasa disebut waveform [2]. Dalam analisa getaran, Kondisi motor tertentu akan dapat diidentifikasi melalui spektrum sinyal getaran karena kondisi kondisi tertentu atau cacat pada bearing akan menghasilkan spektrum sinyal getaran yang berbeda (Aji, 2007).

Motor induksi juga akan menghasilkan sinyal suara dari getaran pada saat proses motor berputar atau bekerja. Sinyal suara akan menghasilkan informasi mengenai kondisi dari motor induksi (Anggriawan & Huda, 2018). Kejanggalaan dan kerusakan pada bearing merupakan informasi yang dapat diperoleh dari kondisi frekuensi sinyal suara.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Blok Diagram Sistem



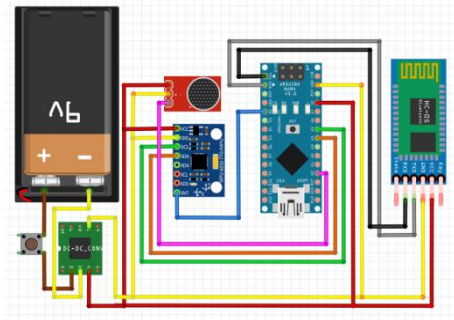
Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Proses Diawali pada motor yang digunakan sebagai objek penelitian yang telah dikondisikan untuk penelitian. Untuk perekaman sinyal digunakan sensor suara dan sensor accelerometer yang akan mengambil data. Data sinyal yang diperoleh ada 2 jenis sinyal yaitu dari sensor suara dan sensor getaran yang digunakan pada waktu dan posisi motor yang sama.

Arduino sebagai mikrokontroler akan memproses data sinyal dari sensor dan mengirimkan data sinyal serial melalui modul bluetooth. Setelah data sinyal diperoleh kemudian akan diproses menggunakan software Matlab, didalam proses ini akan dilakukan proses pengolahan sinyal. Kemudian dilanjutkan dengan proses logika fuzzy dari 2 data sinyal untuk menentukan kondisi bearing. Proses terakhir yaitu proses analisa dan membandingkan hasil logika fuzzy dengan kondisi aktual bearing pada motor yang ada.

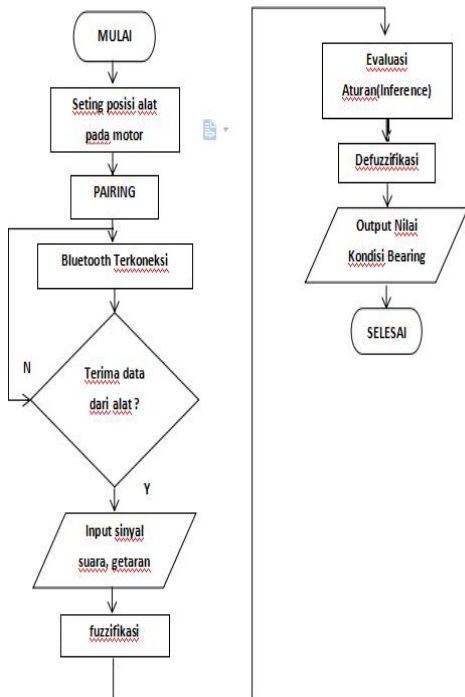
### 3.2 Desain Hardware Alat

Pendeteksi Sinyal Bearing terdiri dari microcontroller arduino nano yang dilengkapi sensor suara untuk pendeteksi gelombang sinyal suara dan sensor accelerometer MPU 6050 untuk pendeteksi sinyal getaran, dan untuk komunikasinya menggunakan modul Bluetooth HC-05 untuk mengirim data sinyal dari alat pendeteksi sinyal ke perangkat komputer atau handphone android dalam bentuk datalog. Untuk Power Supply alat ini menggunakan baterai 9v yang dihubungkan dengan step down dc to dc converter (mini buck 360 DC converter) untuk menurunkan tegangan 9v ke 5v.



Gambar 2 Desain hardware alat

Untuk cara kerja alat dapat dilihat dari gambar diagram alir di bawah



Gambar 3 Diagram Alir Alat

### 3.3 Desain Fuzzy

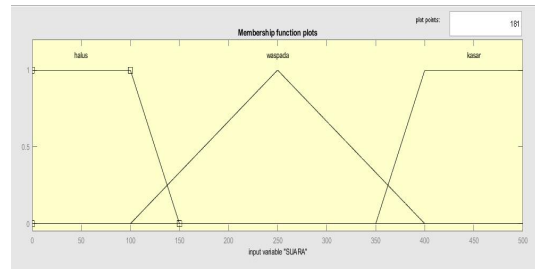
Proses awal logika fuzzy diawali dengan menentukan dan pembentukan himpunan fuzzy. Penentuan variable dan semesta pembicara atau range variable didapat dari penelitian sebelumnya yang sudah ada dan data dapat dilihat pada tabel

Tabel 1 Fungsi himpunan fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Keterangan
Input	Suara	Halus, waspada, kasar	Frekuensi sinyal suara dalam Hz
	Getaran	Halus, waspada, kasar	Frekuensi sinyal getar dalam Hz
Output	bearing	Baik, waspada, rusak	Kondisi bearing

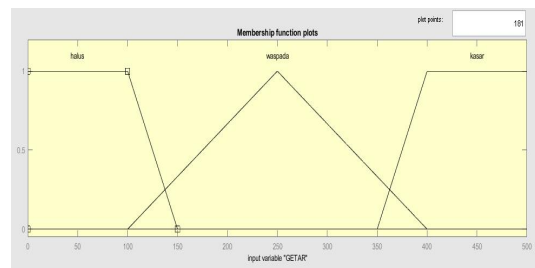
data pada tabel diatas adalah data input dan output yang sudah didapatkan beserta nilai linguistik atau semesta pembicaraan dari tiap-tiap variabel.

Input Suara memiliki semesta pembicaraan berupa nilai tegas (crisp) 0 sampai 500. Nilai tersebut diperoleh dari frekuensi sinyal dari sensor suara. Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan fuzzy yaitu Halus, waspada dan kasar dengan gambar sebagai berikut



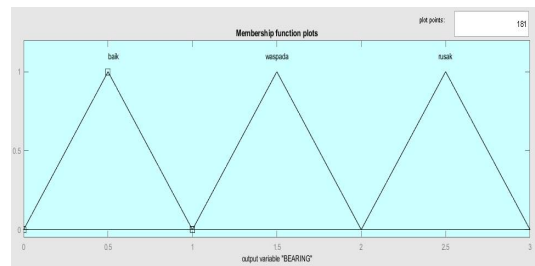
Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Input Suara

Input getar memiliki semesta pembicaraan berupa nilai tegas (crisp) 0 sampai 500. Nilai tersebut diperoleh dari frekuensi sinyal getar dari akselerasi sensor mpu 6050. Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan fuzzy yaitu Halus, waspada dan kasar dengan gambar sebagai berikut



Gambar 5 Fungsi Keanggotaan Input Getar

Output bearing berupa nilai tegas (crisp) 0 dan 1 yang digunakan untuk menunjukkan kondisi pada bearing. Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan output fuzzy baik, waspada, rusak.



Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Output Bearing

pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan nilai nilai input perbedaan nilai input yang didapat dari data sinyal suara dan getaran yang akan mempengaruhi keputusan pada output. Penentuan aturan aturan yang diinginkan ini dibangun sesuai dengan penalaran sederhana yang didapat dari pengetahuan rancangan dan sumber sumber referensi yang ada

Tabel 2 Aturan Fuzzy

No	Aturan-Aturan Fuzzy
1	If (Suara is Halus) and (Getar is Halus) then ( Bearing is Baik)
2	If (Suara is Waspada) and (Getar is Halus) then ( Bearing is Solar Baik)
3	If (Suara is Kasar) and (Getar is Halus) then ( Bearing is Solar Waspada)
4	If (Suara is Halus) and (Getar is Waspada) then ( Bearing is Baik)
5	If (Suara is Waspada) and (Getar is Waspada) then ( Bearing is Waspada)
6	If (Suara is Kasar) and (Getar is Waspada) then ( Bearing is Rusak)
7	If (Suara is Halus) and (Getar is Kasar) then ( Bearing is Rusak)
8	If (Suara is Waspada) and (Getar is Kasar) then ( Bearing is Rusak)
9	If (Suara is Kasar) and (Getar is Kasar) then ( Bearing is Rusak)

### 3.4 Pengambilan Data Sinyal

Proses pengambilan sinyal dilakukan dengan melatakan alat bearing tester yang sudah jadi, di atas motor yang akan diuji, penempatan posisi diusahakan mendekati posisi bearing pada motor.



Gambar 7 Hasil akhir hardware

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Hardware

Hasil akhir hardware untuk pengambilan sinyal bearing dapat dilihat pada gambar



Gambar 8 Hasil akhir hardware

### 4.2 Data Penelitian

Data penelitian yang dipakai menggunakan motor penggerak screw kompresor pada 3 buah mesin yang mempunyai spesifikasi sama namun memiliki tahun manufaktur yang berbeda, untuk bearing tahun 2013 menurut data riwayat mesin yang didapat sudah dilakukan pergantian bearing baru karena umur pakai mesin sudah melebihi jam pakai dan kondisinya jam pemakaian dimulai dari awal, jadi menurut data riwayat mesin bearing pada mesin tahun 2013 merupakan kondisi yang paling baik diantara yang lainnya. Nantinya kondisinya tentu akan memiliki hasil yang berbeda. Data untuk bahan uji alat adalah sebagai berikut

Tabel 3 Data Spesifikasi Motor Penelitian

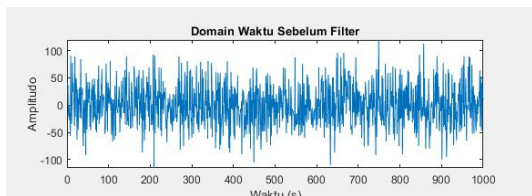
No	Nama Motor	Jenis	Tahun Manufaktur	Daya Motor	Putaran Kerja
1	Motor CSD 125	Motor Screw Kompresor	2019	75Kw	2982 rpm
2	Motor CSD 125	Motor Screw Kompresor	2017	75Kw	2982 rpm
3	Motor CSD 125	Motor Screw Kompresor	2013	75Kw	2978 rpm

### 4.3 Hasil Sinyal

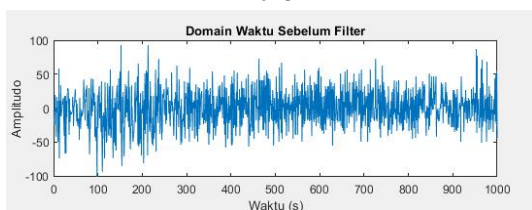
Sinyal yang masih berupa file datalog .txt kemudian diolah dengan aplikasi matlab, data yang masih berupa angka dalam file .txt akan diimport dengan menu import data. Data sinyal akan ditampilkan dalam bentuk plotting sinyal dalam figure dalam domain waktu kemudian sinyal akan difilter dengan low pass filter dalam domain, setelah itu sinyal akan proses FFT untuk merubah tampilan domain waktu ke domain frekuensi.

Sinyal yang diperoleh dari motor csd125 tahun 2013, 2017, 2019 menunjukan sinyal dengan kondisi yang berbeda untuk melihat dengan lebih jelas, dari data grafik sinyal dapat dilihat bahwa getaran yang ditimbulkan csd125 tahun lebih halus dengan hasil frekuensi cenderung landai dan tidak ada lonjakan frekuensi, berbeda dengan csd 125 tahun 2017 terjadi lonjakan frekuensi tertinggi 370 Hz dan lonjakan kecil sebelum lonjakan tinggi yang mengindikasikan bearing mengalami gejala rusak atau kasar, untuk bearing csd125 tahun 2019 terjadi lonjakan di frekuensi 370 Hz namun tidak ada lonjakan tinggi sebelum lonjakan di frekuensi 370 Hz. Hasil perbandingan dapat dilihat di tabel 4.2

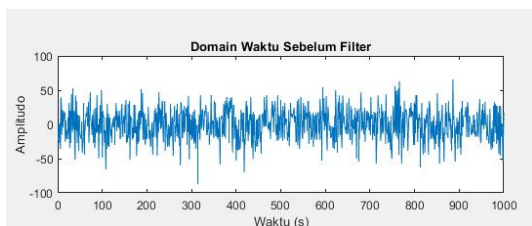
Gambar 9,10,11 di bawah menunjukan gambar grafik sinyal sebelum difilter dalam domain waktu



Gambar 9 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2013

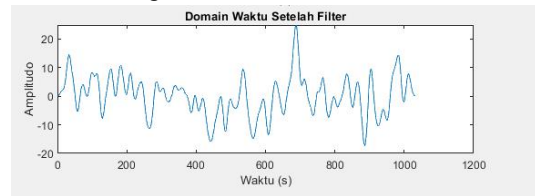


Gambar 10 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2017

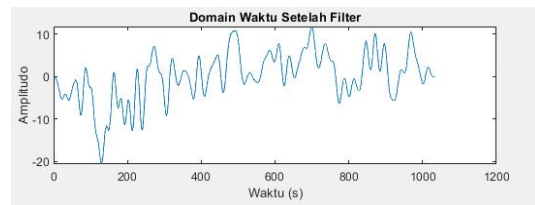


Gambar 11 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2019

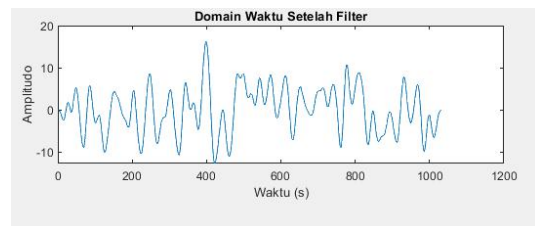
Gambar 12,13,14 dibawah menunjukan sinyal suara setelah dilakukan filter *low pass filter* dengan domain waktu pada matlab



Gambar 12 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2013

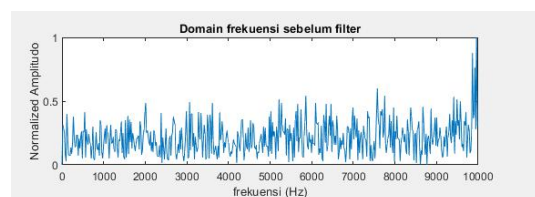


Gambar 13 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2017

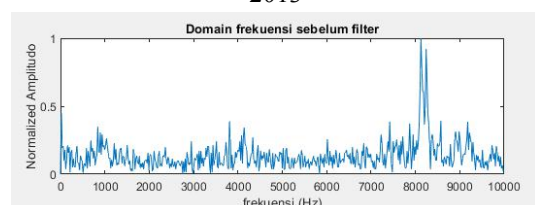


Gambar 14 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2019

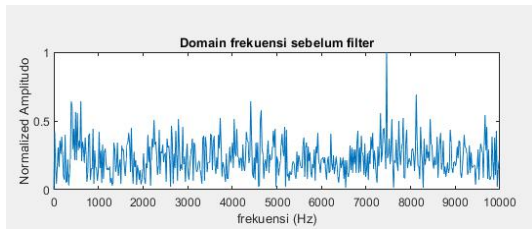
Gambar 15,16,17 di bawah menunjukan gambar grafik sinyal sebelum difilter dalam domain frekuensi



Gambar 15 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2013



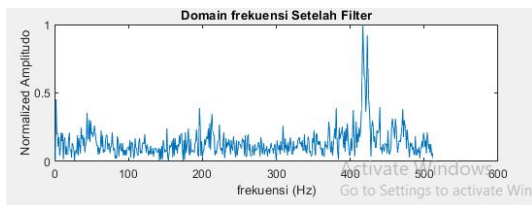
Gambar 16 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2017



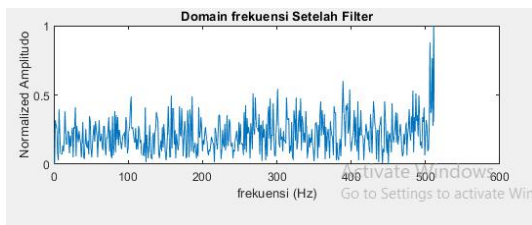
Gambar 17 Sinyal Suara Sebelum Filter CSD Tahun 2019

Gambar 18,19,20 dibawah menunjukkan sinyal suara setelah dilakukan filter *low pass filter* pada domain frekuensi

Gambar 18 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2013

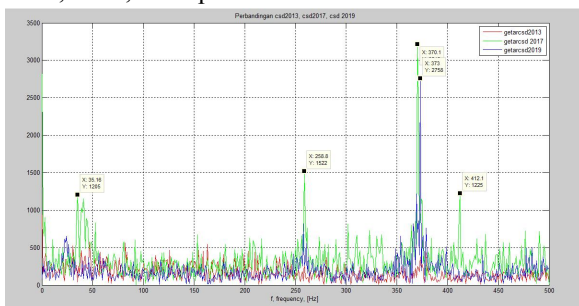


Gambar 19 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2017

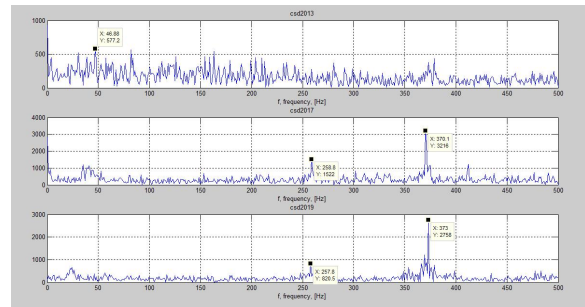


Gambar 20 Sinyal Suara Sesudah Filter CSD Tahun 2019

Gambar 21,22 yang ada dibawah ini menunjukkan perbandingan sinyal getaran antara CSD 125 tahun 2013, 2017, 2019 pada domain frekuensi



Gambar 21 Perbandingan sinyal getar motor csd 125 dalam satu plot



Gambar 22 Frekuensi sinyal getar motor CSD 125 2013, 2017 & 2019

Dari data yang diperoleh dan pembahasan di atas dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil Frekuensi getar dan suara

no	Motor	Frekuensi sinyal suara	Frekuensi sinyal getar
1	Csd 125 2013	225	45
2	Csd 125 2017	417	370
3	Csd 125 2019	383	370

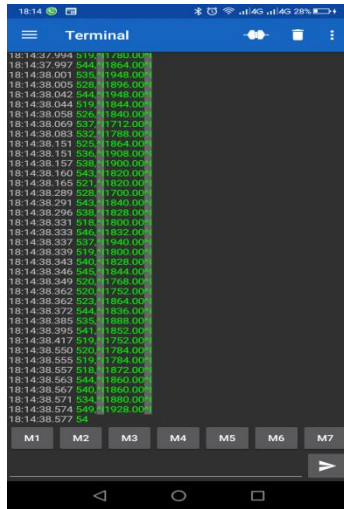
Kondisi bearing pada motor csd125 tahun 2017 menunjukkan gejala tidak normal atau bearing rusak, pada sinyal getar timbul lonjakan pada frekuensi 370 Hz dan lonjakan lainnya sebelum dan sesudah lonjakan utama, hal itu juga diperkuat pada sinyal suara timbul amplitudo tinggi pada frekuensi 417 Hz. Kondisi bearing pada motor csd125 tahun 2019 menunjukkan gejala waspada dengan timbul lonjakan pada frekuensi 370 Hz namun tidak ada lonjakan lainnya sebelum dan sesudah lonjakan utama pada sinyal getar yang menunjukkan tingkat waspada, pada sinyal suara timbul frekuensi 383 Hz yang masih dalam kategori waspada. Kondisi bearing pada motor csd125 tahun 2013 menunjukan gejala bearing normal atau baik dengan menunjukan tidak ada lonjakan yang signifikan pada sinyal getar frekuensi 45 Hz yang masuk dalam kategori baik, sedangkan pada sinyal suara frekuensi 225 Hz menunjukan pada tingkat waspada .

Tabel 4. 2 Hasil akhir kondisi bearing

no	Motor	Input		Output bearing
		suara	Getar	
1	Csd 125 2013	waspada	halus	baik
2	Csd 125 2017	Kasar	waspada	rusak
3	Csd 125 2019	waspada	waspada	waspada

#### 4.4 Hasil Akuisisi Data & Datalog

Data Sinyal dari alat akan dikirimkan dengan media bluetooth dengan aplikasi android Serial Bluetooth Terminal pada smartphone android. Lalu dilanjutkan dengan datalog dengan aplikasi yang sama kemudian file akan tersimpan dalam bentuk format .txt Datalog melalui bluetooth dengan menggunakan handphone android via aplikasi Serial Bluetooth Terminal, dapat dilihat pada gambar 23



Gambar 23 Tampilan serial bluetooth terminal

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan analisa alat dapat berfungsi untuk mendeteksi kerusakan bearing pada motor induksi 3 phase menggunakan kombinasi sensor suara dan sensor *accelerometer* NPU 6050

### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dapat menitikberatkan pada pengolahan sinyal suara dan filter sinyal agar dapat lebih peka dan dapat mengurangi noise yang tidak diinginkan penggunaan *kalman filter* atau *band pass filter* dapat dicoba pada penelitian lebih lanjut. Dalam segi alat bisa dikembangkan tentang komunikasi setelah pengolahan sinyal dan kondisi bearing diketahui dapat dilihat melalui aplikasi pemantuan yang berbasis android pada smartphone.

## PUSTAKA

- Bella, Y., Oulmane, A., & Moestefai, M. (2018). Industrial Bearing Fault Detection Using Time-Frequency Alaysis. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8, 3294-3299.
- Slamet, P., Yuliananda, S., & Santoso. (2018). Simulasi Desain Kontrol MPPT Sistem Photovoltaic.
- Vinaya, A. A., & Dewi, E. K. (2017). PERANCANGAN SISTEM DETEKSI KONDISI POMPA BERBASIS LOGIKA FUZZY DI PT. PETROKIMIA GRESIK. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 7(2), 77-83.
- Vishwakarma, M., Purohit, R., Harshlata, V., & Rajput, P. (2016). Vibration Analysis & Condition Monitoring for Rotating Machines: A Review. *5th International Conference of Materials Processing and Characterization*.