

ANALISA GETARAN BEARING HOUSING UNTUK MENINGKATKAN KINERJA DAN KEANDALAN PADA POMPA *CENTRIFUGAL* DI PDAM TIRTA TRUBUK BENGKALIS

Azi Satrio ^{*1}
Erwen Martianis ²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: azisatrio324@gmail.com , erwin@polbeng.ac.id

Abstrak

Analisis getaran pada bearing housing dapat memberikan wawasan mendalam terhadap sumber getaran, seperti ketidak seimbangan, misalignment, keausan bantalan, atau resonansi yang dapat mempengaruhi kinerja mesin. Metode Analisa data ini yaitu, untuk mengetahui nilai keandalan bearing housing dengan cara membandingkan nilai rata rata getaran. Metode ini menggunakan metode penelitian TPM (Total Productive Maintenance) adalah suatu pendekatan manajemen perawatan peralatan dan mesin yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi, produktivitas, dan keandalan peralatan secara keseluruhan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil nilai getaran rata-rata yang diperoleh dari tiap pengambilan data yaitu: pada data ke-1 memperoleh nilai rata-rata getaran sebesar 332.286331 mm/s, data ke-2 memperoleh nilai rata-rata sebesar 422.257197 mm/s, data ke-3 memperoleh nilai rata-rata getaran sebesar 400.348597 mm/s, data ke-4 memperoleh nilai rata-rata getaran sebesar 202.632735 mm/s, data ke-5 memperoleh nilai rata-rata getaran sebesar 287.41456 mm/s. Berdasarkan standar vibration ISO 10816-3, maka ke 5 data yang telah diolah masuk ke dalam zona D (berwarna merah). Getaran berada dalam ambang batas bahaya dan dapat menyebabkan kerusakan pada bearing housing atau komponen yang terkait. Perlu dilakukan tindakan perawatan pada bearing housing yaitu berupa penggantian bearing serta pengencangan baut tapak pompa ke pondasi guna mencegah getaran berlebih untuk menghindari kerusakan lebih lanjut atau kegagalan bearing housing

Kata Kunci: Perawatan, Analisa getaran, Sinyal Getaran, Bearing Housing

Abstract

Vibration analysis on bearing housing can provide deep insights into the sources of vibration, such as imbalance, misalignment, bearing wear, or resonance that can affect machine performance. The data analysis method used in this study aims to determine the reliability of bearing housing by comparing average vibration values. This method employs the TPM (Total Productive Maintenance) approach, which is a management approach to equipment and machine maintenance aimed at improving overall production efficiency, productivity, and equipment reliability. Based on the research conducted, the average vibration values obtained from each data collection are as follows: the first data collection recorded an average vibration value of 332.286331 mm/s, the second data collection recorded an average value of 422.257197 mm/s, the third data collection recorded an average vibration value of 400.348597 mm/s, the fourth data collection recorded an average vibration value of 202.632735 mm/s, and the fifth data collection recorded an average vibration value of 287.41456 mm/s. According to the ISO 10816-3 vibration standards, all five data sets fall into zone D (red zone). The vibrations are within the danger threshold and can cause damage to the bearing housing or related components. Maintenance actions are necessary on the bearing housing, including replacing the bearings and tightening the pump base bolts to the foundation to prevent excessive vibration and avoid further damage or bearing housing failure.

Keywords: Maintenance, vibration analysis, vibration signals, bearing housing.

PENDAHULUAN

Revolusi industri pada akhir abad ke-18 telah membawa dampak signifikan terhadap perkembangan industri modern, termasuk teknik perawatan mesin seperti pompa yang berfungsi untuk mengalirkan fluida. Pemeliharaan pompa, terutama pompa sentrifugal, sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan mencegah downtime produksi. Pompa sentrifugal, yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memindahkan cairan, digunakan secara luas di industri

sebagai alat transportasi fluida. Menurut Girdhar (2005), pompa adalah mesin yang memindahkan fluida dengan menaikkan tekanannya. Juan Ardi Kusuma (2019) menambahkan bahwa pompa sentrifugal berguna untuk mengangkat cairan dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Berli P Kamiel (2017) menyatakan bahwa hampir semua industri menggunakan pompa sentrifugal dalam proses produksinya.

Survei *Persistence Market Research* pada akhir 2016 menunjukkan bahwa pompa sentrifugal mencakup 90,2% pasar pompa baru dengan total pengeluaran US\$ 32,18 juta, dan angka ini diprediksi akan meningkat. Keandalan pompa sangat tergantung pada desain serta pemeliharaan dan pemantauan rutin, termasuk analisis getaran. Getaran pada pompa bisa memberikan informasi penting tentang kondisi mesin dan mendeteksi masalah sejak dini. Kerusakan komponen pompa sentrifugal dapat menyebabkan shutdown sistem dan kerugian besar bagi perusahaan. Oleh karena itu, interval pemeliharaan yang tepat sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab getaran pada bearing housing dan mengembangkan strategi perawatan untuk memperpanjang umur mesin dan meningkatkan kinerja pompa.

Dwi Permana Putra (2016) menjelaskan bahwa getaran adalah gerakan bolak-balik di sekitar titik kesetimbangan dan merupakan fenomena umum pada struktur mesin. Analisis getaran digunakan untuk menilai kondisi mekanik peralatan dan dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum menjadi serius, mengurangi downtime tidak terjadwal. Pengukuran getaran efektif dalam memantau kondisi mesin selama operasi. Dalam konteks ini, getaran bukan hanya gejala masalah tetapi juga sumber informasi untuk meningkatkan kinerja dan keandalan pompa. Analisis getaran memberikan wawasan tentang ketidakseimbangan, misalignment, keausan bantalan, atau resonansi yang mempengaruhi kinerja mesin. Pemahaman mendalam tentang sumber getaran dan tindakan perbaikan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi downtime, dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan.

METODE

Penelitian dilakukan di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Trubuk Bengkalis, Jl. HR. Soebrantas, Wonosari, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, Riau, khususnya di area pengambilan air baku atau waduknya, pada hari Senin, 25 Januari 2024, pukul 10.00 WIB. Alat utama yang digunakan adalah vibration monitoring yang berfungsi untuk mengukur getaran pada berbagai benda seperti motor, pompa, dan mesin lainnya di industri. Cara kerjanya adalah dengan menempelkan sensor getaran atau magnetic base ke mesin yang diukur. Sensor ini kemudian mengirimkan data melalui kabel ke unit pembaca, yang menampilkan nilai amplitudo getaran mesin tersebut. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah pompa dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Pompa yang diperlukan dalam Penelitian

SPESIFIKASI POMPA		
TORISHIMA	Nilai	Satuan
Model	GTA-W125X100	
No Seri	TSU9164TU	
Daya	37	KW
Kecepatan	1470	rpm
Bearing	3613	2pcs
Frekuensi	60	Hz

Sebelum pengujian, pompa sentrifugal diperiksa kelengkapan dan kondisinya untuk mencegah gangguan selama penelitian. Proses selanjutnya meliputi beberapa tahap: pertama, mengukur nilai getaran bearing housing menggunakan vibration meter; kedua, mengolah data mentah untuk mendapatkan rata-rata getaran pada sumbu x, y, dan z menggunakan Kaggle Notebook; ketiga, menganalisis data dan membandingkannya dengan standar getaran ISO 10816; dan terakhir, menyimpulkan hasil penelitian. Berikutnya dilakukan analisis data, ini bertujuan untuk menilai keandalan pompa sentrifugal dengan membandingkan nilai rata-rata getaran. Penilaian efisiensi,

khususnya pada bearing housing pompa sentrifugal, memerlukan perhitungan spesifik berdasarkan frekuensi getaran pada bearing housing untuk menentukan kinerja pompa. Langkah-langkah analisis mencakup: 1) Pengambilan data getaran pada bearing housing menggunakan vibration meter, 2) Pengolahan data dengan situs web Kaggle untuk menghasilkan grafik dan nilai rata-rata getaran, 3) Klasifikasi nilai rata-rata getaran sesuai standar ISO 10816-3, dan 4) Perbandingan nilai rata-rata getaran dari data yang telah diolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengenalan Spesifikasi Pompa

Spesifikasi pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 50 HP, 37 KW, 1470 RPM, dan 60 HZ. Pengujian pompa sentrifugal dilakukan dengan mengukur nilai getaran pada sumbu x, y, dan z bearing housing dalam satuan mm/s. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kerusakan pada bearing agar kinerja dan keandalan pompa meningkat. Standar getaran yang digunakan mengacu pada ISO 10816-3, yang memberikan kriteria untuk mengevaluasi getaran mesin berdasarkan pengukuran pada bagian yang tidak berputar seperti bantalan. ISO 10816-3 menentukan kondisi keseluruhan mesin berdasarkan besarnya getaran dan perubahan level getaran dari waktu ke waktu. Standar ini berlaku untuk mesin dengan daya di atas 15 kW dan kecepatan operasi antara 120 hingga 15.000 RPM. Dengan mengukur kecepatan getaran, data getaran dapat dimanfaatkan dengan baik, meskipun tingkat keahlian bervariasi. Mengacu pada ISO 10816-3 membantu mengidentifikasi masalah mesin dengan cepat dan memungkinkan perawatan yang lebih tepat sebelum terjadi kerusakan serius. Berikut disajikan tabel dari ISO 10816-3 *standard vibration*

ISO 10816-3 vibration standard		Machine group 4		Machine group 3		Machine group 2		Machine group 1	
		Integral driver		External driver		Motors		Motors	
Velocity		Pumps > 15 kW				160 mm ≤ H ≤ 315 mm		315 mm ≤ H	
mm/s rms	in/sec rms	Radial, axial, mixed flow				Medium sized machines		Large machines	
						15 kW < P ≤ 300 kW		300 kW < P < 50 MW	
11	0.44								
7.1	0.28				D				
4.5	0.18				C				
3.5	0.11				B				
2.8	0.07								
2.3	0.04								
1.4	0.03								
0.71	0.02				A				
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

A

B

C

D

New machine condition

Unlimited long-term operation allowable

Short-term operation allowable

Vibration causes damage

A New machine condition
B Unlimited long-term operation allowable
C Short-term operation allowable
D Vibration causes damage

Gambar 1. Tabel ISO 10816-3 Standar Vibration
(sumber : <https://www.cbmconnect.com>)

Standar ini membagi zona getaran menjadi empat kategori. Zona A, yang ditandai dengan warna biru langit, menunjukkan getaran yang baik dan berada di bawah batas yang diizinkan. Zona B, yang berwarna hijau, juga menunjukkan getaran yang baik dan dapat dioperasikan dalam jangka waktu lama tanpa batasan. Zona C, yang berwarna kuning, menunjukkan getaran mesin masih dalam batas toleransi, tetapi hanya dapat dioperasikan untuk waktu terbatas. Terakhir, Zona D, yang berwarna merah, menunjukkan getaran berada dalam ambang batas bahaya dan berpotensi menyebabkan kerusakan sewaktu-waktu.

2. Pengujian Getaran Pada Bearing Housing Pompa Centrifugal

Sebelum melakukan pengujian, penting untuk mengetahui umur pemakaian bearing housing yang sedang digunakan. Di perusahaan ini, jika kondisi bearing housing memburuk atau getarannya melebihi batas bahaya sesuai standar getaran, maka perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Data getaran yang diambil adalah getaran pada bearing housing saat pompa

beroperasi, dengan titik dan waktu pengukuran yang telah ditentukan. Beberapa titik pengukuran tersebut meliputi sumbu x, y, dan z.

a. Pengukuran Sumbu X

Pengukuran pada sumbu x dilakukan dengan menempatkan sensor vertikal, sekitar 90° terhadap sumbu y (horizontal) pada bearing housing. Ini memungkinkan pengamatan getaran pada sumbu x atau vertikal bearing housing.

b. Pengukuran Sumbu Y

dilakukan dengan meletakkan sensor secara horizontal pada bearing housing. Ini memungkinkan pemeriksaan getaran pada sumbu y atau arah horizontal.

c. Pengukuran Sumbu Z

Pengukuran pada sumbu z dilakukan dengan meletakkan sensor secara horizontal pada bearing housing. Ini memungkinkan pemeriksaan getaran pada sumbu z atau arah axial.

3. Pengambilan Data Table Nilai Getaran Pada *Bearing Housing*

Dalam penelitian ini, data getaran diambil sesuai dengan titik dan waktu yang telah ditentukan untuk *bearing housing* yang sedang diteliti. Pengukuran dilakukan menggunakan alat vibration monitoring dan hasilnya dicatat dalam tabel untuk membedakan nilai getaran pada bearing housing pompa. Selanjutnya, data diproses menggunakan situs web *Kaggle* untuk menjalankan program *Python* yang mengolah data mentah getaran. Langkah-langkah pengolahan tersebut akan dijelaskan di bawah ini. Pengambilan data dilakukan dengan alat pemantauan getaran, dan berikut ini adalah grafik serta potongan data yang diperoleh dari pengambilan pertama.



Gambar 2. Grafik data ke-1
(sumber : Dokumentasi Pribadi)

Tabel 2. Data mentah ke-1 penelitian

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
1	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	11431
2	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	11876
3	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	12263
4	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	12640
5	16	-1	10	6/8/2024	9:09:00 AM	13017
6	16	-1	10	6/8/2024	9:09:00 AM	56704
7	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	57094
8	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	104351
9	15	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	104835
10	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	105227
11	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	105590
12	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	106025

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
13	15	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	169279
14	16	-1	10	6/8/2024	9:09:00 AM	169611
15	16	-1	0	6/8/2024	9:09:00 AM	169915
16	16	-1	10	6/8/2024	9:09:00 AM	170209
17	16	-1	9	6/8/2024	9:09:00 AM	170447

Tabel 3. Data mentah ke-2 penelitian

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
1	22	-24	12	6/8/2024	10:13:32 AM	415197
2	22	-24	12	6/8/2024	10:13:32 AM	523452
3	22	-24	12	6/8/2024	10:13:32 AM	524059
4	22	-24	12	6/8/2024	10:13:32 AM	524583
5	22	-24	12	6/8/2024	10:13:32 AM	525054
6	22	26	12	6/8/2024	10:13:32 AM	525575
7	22	26	12	6/8/2024	10:13:32 AM	526115
8	-11	26	12	6/8/2024	10:13:32 AM	526544
9	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	526981
10	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	527417
11	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	527821
12	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	528237
13	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	528623
14	-11	26	10	6/8/2024	10:13:32 AM	529120
15	5	-24	13	6/8/2024	10:13:32 AM	529620
16	-7	12	11	6/8/2024	10:13:32 AM	530108
17	16	25	12	6/8/2024	10:13:32 AM	530623

Tabel 4. Data mentah ke-3 penelitian

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
1	15	-25	-5	6/8/2024	11:00:00 AM	244
2	1	29	19	6/8/2024	11:00:00 AM	3094
3	1	-26	0	6/8/2024	11:00:00 AM	3501
4	-15	22	24	6/8/2024	11:00:00 AM	3816
5	-7	-20	-4	6/8/2024	11:00:00 AM	4100
6	9	-22	12	6/8/2024	11:00:00 AM	4372
7	-8	23	-6	6/8/2024	11:00:00 AM	4780
8	19	-25	28	6/8/2024	11:00:00 AM	5275
9	-3	31	15	6/8/2024	11:00:00 AM	5684
10	0	-21	-5	6/8/2024	11:00:00 AM	6188
11	-11	29	25	6/8/2024	11:00:00 AM	6700
12	20	-32	3	6/8/2024	11:00:00 AM	7379

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
13	-5	20	15	6/8/2024	11:00:00 AM	7756
14	13	-14	-8	6/8/2024	11:00:00 AM	8125
15	-9	19	27	6/8/2024	11:00:00 AM	9111
16	18	-26	-2	6/8/2024	11:00:00 AM	9993
17	-8	25	13	6/8/2024	11:00:00 AM	10631

Tabel 5. Data mentah ke-4 penelitian

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
1	3	-1	5	6/8/2024	12:19:00 AM	22496
2	2	-1	3	6/8/2024	12:19:00 AM	22822
3	2	-1	3	6/8/2024	12:19:00 AM	23053
4	2	-1	4	6/8/2024	12:19:00 AM	23313
5	2	-1	3	6/8/2024	12:19:00 AM	23558
6	2	-1	3	6/8/2024	12:19:00 AM	23846
7	2	-2	4	6/8/2024	12:19:00 AM	43485
8	2	-2	7	6/8/2024	12:19:00 AM	44029
9	2	-1	6	6/8/2024	12:19:00 AM	44475
10	2	-1	7	6/8/2024	12:19:00 AM	44871
11	2	-2	7	6/8/2024	12:19:00 AM	74037
12	2	-1	7	6/8/2024	12:19:00 AM	74382
13	2	-1	3	6/8/2024	12:19:00 AM	74751
14	2	-1	11	6/8/2024	12:19:00 AM	113737
15	2	-1	15	6/8/2024	12:19:00 AM	114181
16	2	-1	15	6/8/2024	12:19:00 AM	114445
17	3	-1	22	6/8/2024	12:19:00 AM	114704

Tabel 6. Data mentahan ke-5 penelitian

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
1	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	18045
2	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	18403
3	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	18700
4	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	19064
5	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	55584
6	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	56021
7	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	56383
8	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	56727
9	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	80278
10	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	80722
11	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	81020
12	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	81386

No	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Tanggal	Jam	Second Data
13	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	118217
14	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	118625
15	3	-1	8	6/8/2024	13:13:00 AM	119003
16	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	119370
17	2	-1	9	6/8/2024	13:13:00 AM	150336

Untuk memulai proses pengolahan data, langkah-langkah berikut perlu dilakukan: pertama, data mentah getaran dikumpulkan menggunakan alat pemantauan getaran. Selanjutnya, data tersebut diunggah ke situs web Kaggle, di mana program Python digunakan untuk memproses dan menganalisis data. Proses ini melibatkan pembuatan grafik dan interpretasi hasil untuk memahami pola dan tren dalam data. Berikut sajian lebih lengkapnya.

- Program 1

```
[1]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import math
from IPython.display import display
```

Gambar 3. Program 1 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Program ini adalah kode Python yang memanfaatkan berbagai pustaka yang sering digunakan dalam analisis data, matematika, dan visualisasi.

- Program 2

```
[2]: data = pd.read_csv('/kaggle/input/contoh-1/data set 1.txt', delimiter=';', names=['X', 'Y', 'Z', 'TIME'])
data = data[1:36917]
del data['TIME']
data.head(20)
```

Gambar 4. program 2 data ke-1
(Sumber : Kaggle)

Program ini memiliki beberapa fungsi utama: membaca data dari file teks yang dipisahkan oleh titik koma dan menetapkan nama kolom, mengambil subset data dari baris 1 hingga 36.916, menghapus kolom 'TIME', dan menampilkan 20 baris pertama dari Data Frame yang dihasilkan. Hasil dari program ini dapat dilihat di bawah.

Out[2]:

	X	Y	Z
1	16	-1	9
2	16	-1	9
3	16	-1	9
4	16	-1	9
5	16	-1	10
6	16	-1	10
7	16	-1	9
8	16	-1	9
9	15	-1	9
10	16	-1	9
11	16	-1	9
12	16	-1	9
13	15	-1	9
14	16	-1	10
15	16	-1	9
16	16	-1	10
17	16	-1	9
18	16	-1	9
19	16	-1	9
20	16	-1	10

Gambar 5. Hasil program 2 data ke-1
(Sumber : Kaggle)

- Program 3

```
[3]: data = data.abs()
data
```

Gambar 6. Program 3 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program ini adalah untuk memastikan bahwa semua nilai dalam data frame adalah nilai absolut (non-negatif) dan kemudian menampilkan data frame tersebut. Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.

Out[3]:

	X	Y	Z
1	16	1	9
2	16	1	9
3	16	1	9
4	16	1	9
5	16	1	10
...	...	...	...
36912	15	15	4
36913	23	29	14
36914	9	27	15
36915	21	21	4
36916	18	19	5

36916 rows x 3 columns

Gambar 7. Hasil program 3 data ke-1

- Program 4

```
[4]: data['AVG'] = data.mean(numeric_only=True, axis=1)
data
```

Gambar 8. Program 4 data ke-1

(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program diatas adalah untuk menghitung rata-rata nilai dari setiap baris dalam data frame dan menyimpan hasil rata-rata tersebut dalam kolom baru yang diberi nama 'AVG'. Argumen `numeric only = True` memastikan bahwa hanya kolom dengan tipe data numerik yang disertakan dalam perhitungan rata-rata. Hasil data *frame* yang telah ditambahkan kolom 'AVG' kemudian ditampilkan. Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.

Out[4]:

	X	Y	Z	AVG
1	16	1	9	8.666667
2	16	1	9	8.666667
3	16	1	9	8.666667
4	16	1	9	8.666667
5	16	1	10	9.000000
...	...	...	...	...
36912	15	15	4	11.333333
36913	23	29	14	22.000000
36914	9	27	15	17.000000
36915	21	21	4	15.333333
36916	18	19	5	14.000000

36916 rows x 4 columns

Gambar 9. hasil program 4 data ke-1

(sumber : Kaggle)

- Program 5

```
[5]: data = data.iloc[:, :4]
      data
```

Gambar 10. program 5 data ke-1

(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program diatas adalah untuk memilih subset dari data *frame* yang terdiri dari semua baris dan kolom pertama sampai kolom ketiga (indeks kolom 0 sampai 3). Program ini kemudian menampilkan data *frame* yang telah dipilih. Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.

Out[5]:

	X	Y	Z	AVG
1	16	1	9	8.666667
2	16	1	9	8.666667
3	16	1	9	8.666667
4	16	1	9	8.666667
5	16	1	10	9.000000
...	...	...	...	...
36912	15	15	4	11.333333
36913	23	29	14	22.000000
36914	9	27	15	17.000000
36915	21	21	4	15.333333
36916	18	19	5	14.000000

36916 rows x 4 columns

Gambar 11. Hasil program 5 data ke-1

(sumber : Kaggle)

- Program 6

```
[6]: # define offset
      offset_x = 8
      offset_y = 7.5
      offset_z = 6

      data['X'] = data['X'].astype('float64').fillna(0.0)
      data['Y'] = data['Y'].astype('float64').fillna(0.0)
      data['Z'] = data['Z'].astype('float64').fillna(0.0)

      data.dtypes
```

Gambar 12. Program 6 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program diatas adalah untuk mengubah tipe data kolom X, Y, dan Z dalam data *frame* data menjadi tipe data float64, serta mengganti nilai NaN (jika ada) dalam kolom-kolom tersebut dengan nilai 0.0. Setelah itu, program menampilkan tipe data dari setiap kolom dalam data *frame*. Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.

```
Out[6]:
      X      float64
      Y      float64
      Z      float64
      AVG     float64
      dtype: object
```

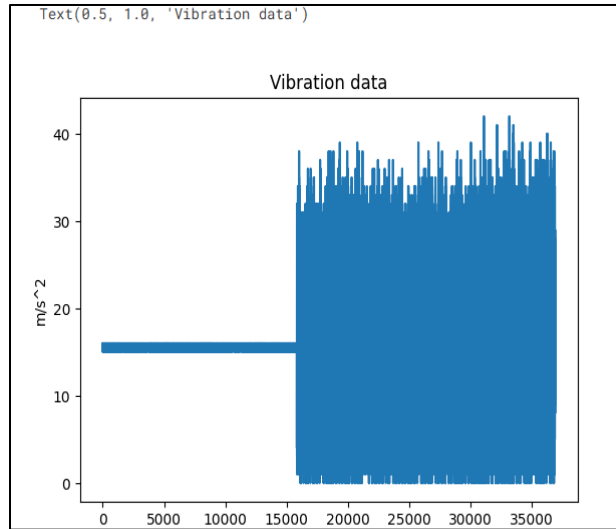
Gambar 13. Hasil program 6 data ke-1
(sumber : Kaggle)

- Program 7

```
[7]: plt.plot(np.arange(data['X'].size), data['X'].values)
      #plt.plot(np.arange(data['Y'].size), data['Y'].values)
      #plt.plot(np.arange(data['Z'].size), data['Z'].values)
      plt.xlabel('Time')
      plt.ylabel('m/s^2')
      plt.title('Vibration data')
```

Gambar 14. program 7 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program diatas adalah untuk membuat plot (grafik) dari data getaran yang ada di kolom X (dan potensial juga Y dan Z jika tidak dikomentari) dengan sumbu x sebagai waktu dan sumbu y sebagai percepatan dalam satuan (m/s^2). Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.



Gambar 15. Hasil program 7 data ke-1
(sumber : Kaggle)

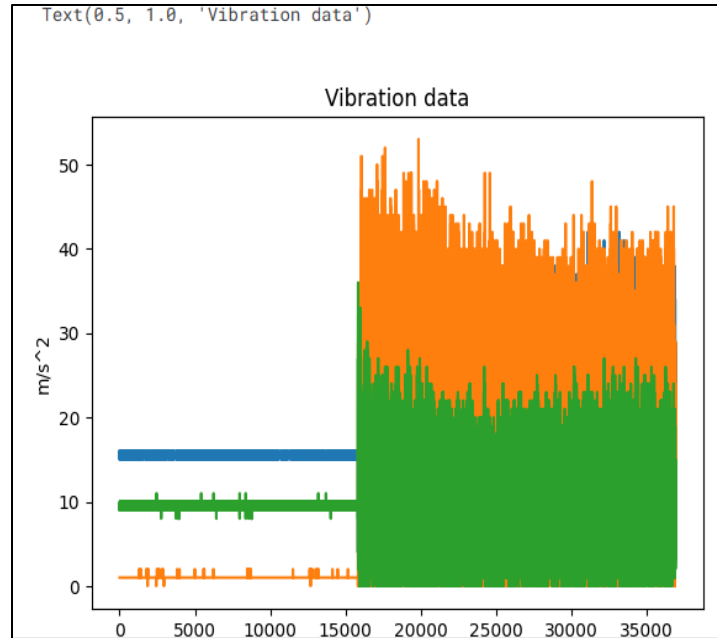
Grafik diatas menunjukkan data getaran dalam satuan m/s^2 terhadap waktu Pada awal pengukuran (sampai sekitar 15000 sampel), mesin berada dalam kondisi operasi normal dengan getaran yang stabil di sekitar $20 m/s^2$

- Program 8

```
[8]: plt.plot(np.arange(data['X'].size), data['X'].values)
plt.plot(np.arange(data['Y'].size), data['Y'].values)
plt.plot(np.arange(data['Z'].size), data['Z'].values)
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('m/s^2')
plt.title('Vibration data')
```

Gambar 16. Program 8 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Hasil dari program diatas adalah sebagai berikut.



Gambar 17. Hasil program 8 data ke-1
(sumber : Kaggle)

- Program 9

```
[9]: avg_x = data['X'].mean() - offset_x
      avg_y = data['Y'].mean() - offset_y
      avg_z = data['Z'].mean() - offset_z
      [avg_x, avg_y, avg_z]
```

Gambar 18. Program 9 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Fungsi dari program diatas adalah untuk menghitung rata-rata nilai dari data getaran pada kolom X, Y, dan Z setelah dikoreksi dengan nilai *offset* tertentu, dan kemudian menampilkan ketiga nilai rata-rata tersebut.

- Program 10

```
v_rms_x = avg_x * 1000 * 0.00625 * math.sqrt(50)
v_rms_y = avg_y * 1000 * 0.00625 * math.sqrt(50)
v_rms_z = avg_z * 1000 * 0.00625 * math.sqrt(50)
print('{} mm/s'.format(v_rms_x))
print('{} mm/s'.format(v_rms_y))
print('{} mm/s'.format(v_rms_z))
print('Rata-Rata dari semua axis (X, Y, Z) = {} mm/s'.format(((v_rms_x + v_rms_y + v_rms_z) / 3)));
```

Gambar 19. Program 10 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Program ini menghitung nilai *Root Mean Square* (RMS) dari kecepatan pada sumbu X, Y, dan Z, serta memberikan rata-rata dari ketiga nilai tersebut dalam mm/s. Hasilnya adalah: Sumbu X = 704.8106379046445 mm/s, Sumbu Y = 135.7729395362274 mm/s, Sumbu Z = 156.27541599393007 mm/s, dan rata-rata dari ketiga sumbu = 332.286331144934 mm/s.

- Program 11

```
11]: # creating a DataFrame
dict = {'Axis' : ['Axis X', 'Axis Y', 'Axis Z', 'Average'],
        'Vibration (mm/s)' : [v_rms_x, v_rms_y, v_rms_z, np.mean([v_rms_x, v_rms_y, v_rms_z])]}
df = pd.DataFrame(dict)

display(df)

final_vibration = np.mean([v_rms_x, v_rms_y, v_rms_z])
```

Gambar 20. Program 11 data ke-1
(sumber : Kaggle)

Program ini berfungsi untuk mengorganisir dan menampilkan nilai *Root Mean Square* (RMS) getaran pada sumbu X, Y, dan Z, serta rata-ratanya dalam data frame. Selain itu, program ini juga menghitung rata-rata masing-masing nilai RMS secara terpisah. Hasil program dapat dilihat di bawah.

Tabel 7. Nilai rata rata getaran data ke-1

No	Axis	Vibration (mm/s)
0	Axis x	704.810638
1	Axis y	135.77294
2	Axis z	156.275416
3	Average	332.286331

4. Menghitung Efisiensi Nilai Getaran Pada *Bearing Housing*

Untuk menghitung nilai efisiensi dari getaran terhadap *bearing housing* akan dipaparkan dibawah ini :

$$\eta_{\text{getaran}} = \frac{\text{sumbu } x - (\text{sumbu } y + \text{sumbu } z)/2}{\text{sumbu } x} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :
 Sumbu X : (mm/s)
 Sumbu Y : (mm/s)
 Sumbu Z : (mm/s)
 $\eta_{\text{efisiensi}}$: (mm/s)

a. Perhitungan Data Waktu Ke-1

$$\begin{aligned} \eta_{\text{getaran}} &= \frac{704,810638 - (135,772940 + 156,275416)/2}{704,810638} \times 100\% \\ &= \frac{704,810638 - 146,024178}{704,810638} \times 100\% \\ &= 0,79 = 79\% \end{aligned}$$

b. Perhitungan Data Waktu Ke-2

$$\begin{aligned} \eta_{\text{getaran}} &= \frac{480.098901 - (365.716173 + 420.956518)/2}{480.098901} \times 100\% \\ &= \frac{480.098901 - 393,3363455}{480.098901} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 0,18 = 18\%$$

c. Perhitungan Data Waktu Ke-3

$$\begin{aligned}\eta_{\text{getaran}} &= \frac{452.098785 - (411.912588 + 337.034416)/2}{452.098785} \times 100\% \\ &= \frac{452.098785 - 374,473502}{452.098785} \times 100\% \\ &= 0,17 = 17\%\end{aligned}$$

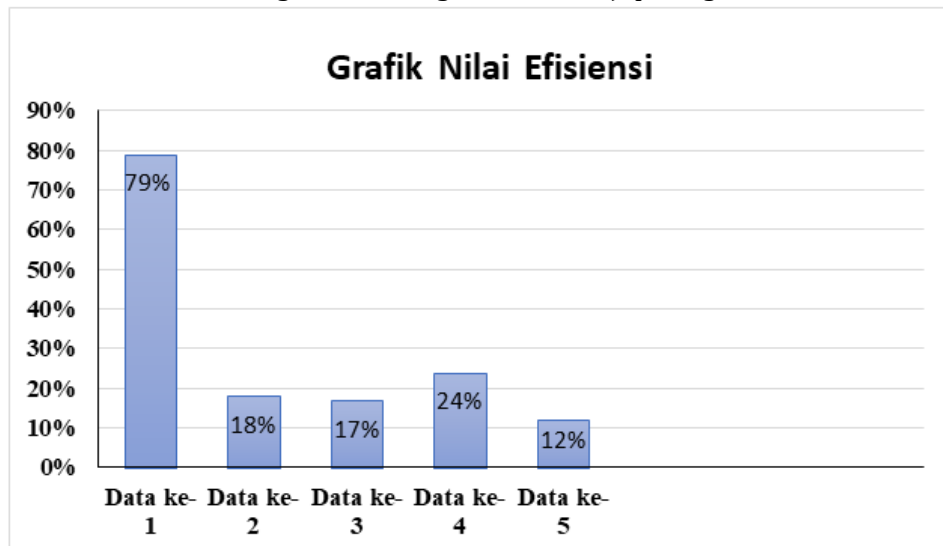
d. Perhitungan Data Waktu Ke-4

$$\begin{aligned}\eta_{\text{getaran}} &= \frac{242.825865 - (188.150273 + 176.922067)/2}{242.825865} \times 100\% \\ &= \frac{242.825865 - 182,53617}{242.825865} \times 100\% \\ &= 0,24 = 24\%\end{aligned}$$

e. Perhitungan Data Waktu Ke-5

$$\begin{aligned}\eta_{\text{getaran}} &= \frac{314.202381 - (304.6117 + 243.369598)/2}{314.202381} \times 100\% \\ &= \frac{314.202381 - 273,990649}{314.202381} \times 100\% \\ &= 0,12 = 12\%\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai efisiensi dari getaran terhadap *bearing housing* di atas, maka diperoleh rata rata nilai rata-rata getaran sebagaimana tersaji pada grafik berikut:



Merujuk pada grafik tersebut, dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi tercatat pada data ke-1 dengan nilai 79%, sedangkan efisiensi terendah ditemukan pada data ke-5 dengan nilai 12%. Hal ini menunjukkan adanya variasi signifikan dalam efisiensi *bearing housing*, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan dalam kondisi atau pengukuran getaran pada setiap data.

5. Analisa Klasifikasi Getaran Berdasarkan ISO 10816-3 *Standai Vibration*

Setelah data diperoleh dan diolah menggunakan program Python, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan nilai rata-rata getaran berdasarkan zona dalam standar ISO 10816-3. Standar ini menetapkan pedoman internasional untuk mengevaluasi getaran mesin dengan tujuan meningkatkan keandalan dan efisiensi. Tabel di bawah ini menunjukkan nilai rata-rata getaran yang telah dikategorikan sesuai dengan standar tersebut.

Tabel 8. Hasil Nilai Rata-Rata Getaran *Bearing Housing*

No	waktu	axis x	axis y	axis z	Average	satuan
----	-------	--------	--------	--------	---------	--------

1	09:09/09:14	704.810638	135.77294	156.275416	332.286331	mm/s
2	10:13/10:18	480.098901	365.716173	420.956518	422.257197	mm/s
3	11:00/11:05	452.098785	411.912588	337.034416	400.348597	mm/s
4	12:19/12:24	242.825865	188.150273	176.922067	202.632735	mm/s
5	13:13/13:18	314.202381	304.6117	243.369598	287.41456	mm/s

Berdasarkan standar ISO 10816-3, data diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Data waktu ke-1: Nilai rata-rata getaran sebesar 332.29 mm/s, masuk ke zona D (merah), menunjukkan getaran berisiko tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan.
2. Data waktu ke-2: Nilai rata-rata getaran sebesar 422.26 mm/s, termasuk dalam zona D (merah), menandakan getaran dalam ambang bahaya.
3. Data waktu ke-3: Nilai rata-rata getaran sebesar 400.35 mm/s, berada di zona D (merah), dengan risiko kerusakan tinggi.
4. Data waktu ke-4: Nilai rata-rata getaran sebesar 202.63 mm/s, juga di zona D (merah), menunjukkan potensi kerusakan.
5. Data waktu ke-5: Nilai rata-rata getaran sebesar 287.41 mm/s, termasuk zona D (merah), menandakan kondisi berbahaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data getaran pada bearing housing pompa sentrifugal, dapat disimpulkan bahwa hasil nilai rata-rata getaran dari setiap pengambilan data adalah sebagai berikut:

- Data ke-1: 332.29 mm/s
- Data ke-2: 422.26 mm/s
- Data ke-3: 400.35 mm/s
- Data ke-4: 202.63 mm/s
- Data ke-5: 287.41 mm/s

Kemudian semua data yang diolah termasuk dalam zona D (merah) menurut standar ISO 10816-3, yang menunjukkan getaran berada dalam ambang bahaya dan dapat menyebabkan kerusakan pada bearing housing atau komponen terkait. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan perawatan, seperti penggantian bearing dan pengencangan baut tapak pompa ke pondasi, untuk mencegah getaran berlebihan dan menghindari kerusakan lebih lanjut atau kegagalan pompa.

DAFTAR PUSTAKA

- Berli P Kamiel, Mulyani, Sunard, 2017, *Deteksi Cacat Bantalan Bola Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran*
- Erwin Martianis¹ Ikhwanasyah Isranuri² Indra², 2012, *Analisa Getaran Pada Pompa Sentrifugal Sistem Penyambungan Kopling Sabuk Untuk Monitoring Kondisi*
- Emeraldo Ilham Pamungkas, 2021, *Pengaruh Pembebanan Tidak Seimbang Dan Kerusakan Bearing Pada Getaran Bearing Berbasis Fourier Transform*.
- Fatkur Rachmanu, 2022, *Pemantauan Kondisi Pompa Sentrifugal P-12a Menggunakan Analisis Vibrasi Studi Kasus Di Pt. X*.
- Febli Huda¹, Gevin Alexandro, 2022, *Analisis Getaran Untuk Mendeteksi Kerusakan Bearing Pada Drum Cylinder Dryer 1 Area Paper Machine-5 (PPM-5) PT. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang*.
- Girdhar, P. dan Octo Moniz, 2005, *Practical Centrifugal Pumps Design, Operation and Maintenance. Netherlands, IDC Technologies*.
- Juan Ardi Kusuma, 2019, *Analisis Bearing Pada Pompa Sentrifugal Di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pt.Sier Menggunakan Program Preventive Maintenance Yang Terencana*.
- Kadek Dwi Permana Putra¹, Ahmad Taufik², Encu Saefudin¹, 2016, *Analisis Getaran Poros pada Motor dan Pompa yang Mengalami Misalignment*.

- Nanda Putri Anindita 1 ,Ade Syaiful Rachman 2, Eddy Setiadi Soedjono 3, 2023, *Kajian Potensi Penghematan Energi Pada Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Borang Di Pdam Tirta Musi Kota Palembang*
- Rizwandi, M. R. M., & Alfansuri, A. (2019), *Analisa Efisiensi Alat Destilasi Asap Cair Terhadap Kuantitas Asap Cair Di Dapur Arang (Suku Asli) Desa Jangkang*