

## **Analisa Data Vibrasi Untuk Mengidentifikasi Kondisi dan Symtom Pada Generator Turbin Gas Siemens V 94.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap**

Michael<sup>1\*</sup>, Ikhwansyah Isranuri<sup>2</sup>, M. Sabri<sup>3</sup>, Syahrul Abda<sup>4</sup>, Ahmad H. Siregar<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Email: mtse431@gmail.com

### **Abstract**

Along with the times, the population is increasing which means there is also an increasing need for electrical energy. One solution to this problem is to build PLN (Perusahaan Listrik Negara) as a large-scale provider of electrical energy. In this state-wide energy supply company, maintenance is needed to guarantee the production quality of the company. Maintenance plays an important role in the production activities of a company that concerns the smoothness or congestion of production, production volume, and so that the output produced is well received by consumers. Based on the data analysis, it can be concluded that in the time domain it can be seen that the highest vibration at measuring point 2 is located in the horizontal direction while the highest vibration at measuring point 3 is in the axial direction. In the frequency domain, it can be seen the phenomenon of unbalance symptoms and misalignment on the turbine shaft point 3 and 4. From the calculation results also obtained that the results of compliance ( $-1,7936 \times 10^{-8}$ ), mobility ( $1,7099 \times 10^{-5}$ ) and inertance (0,0056200).

Keywords: symtoms, Fast Fourier Transform, vibration

### **Abstrak**

Seiring perkembangan zaman, jumlah penduduk semakin bertambah yang berarti semakin bertambah pula kebutuhan akan energi listrik. Salah satu solusi untuk permasalahan tersebut yaitu dengan membangun PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai penyedia energi listrik skala besar. Dalam perusahaan penyedia energi berskala negara ini, pemeliharaan sangat dibutuhkan untuk menjamin kualitas produksi dari perusahaan tersebut. Pemeliharaan (maintenance) berperan penting dalam kegiatan produksi dari suatu perusahaan yang menyangkut kelancaran atau kemacetan produksi, volume produksi, serta agar output yang diproduksi diterima konsumen dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui masalah yang ditimbulkan oleh salah satu turbin uap yang ada pada PT PLN (Persero). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisa dan memproyeksikan data vibrasi dengan metode Fast Fourier Transform. Berdasarkan analisa data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa dalam time domain dapat dilihat bahwa vibrasi tertinggi pada titik ukur 2 terletak pada arah horizontal sedangkan vibrasi tertinggi pada titik ukur 3 terdapat pada arah aksial. Pada frequency domain, dapat dilihat adanya fenomena gejala unbalance serta misalignment pada poros turbin titik 3 dan 4. Dari hasil perhitungan didapat juga bahwa hasil dari compliance ( $-1,7936 \times 10^{-8}$ ), mobility ( $1,7099 \times 10^{-5}$ ) dan inertance (0,0056200).

Kata kunci : symtom, Fast Fourier Transform, vibrasi

### **I. PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu negara dengan populasi terbesar ke-4 dunia, Indonesia harus bisa dengan cermat memenuhi kebutuhan akan energi listrik. Salah satu caranya yaitu dengan membangun Pembangkit Listrik Negara (PLN). Namun, untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik negara, PLN juga harus dengan cermat memantau kondisi dari alat pembangkit listrik yang dalam hal ini adalah turbin uap. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menganalisa vibrasi

dari poros turbin uap yang beroperasi dan mengetahui fenomena apa yang ada pada turbin uap terutama dalam poros generator.

## II. TEORI DASAR

### 2.1 Generator

Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Rotor berhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat stator. Poros generator biasanya diputar menggunakan usaha luar yang dapat berasal dari turbin, baik turbin air atau turbin uap dan selanjutnya berproses menghasilkan arus listrik.



Gambar 2.1 Generator

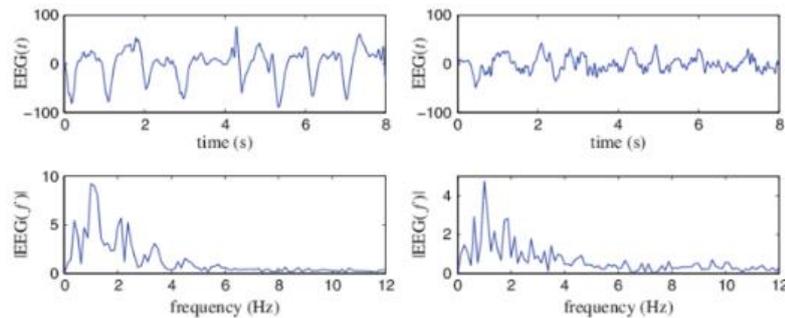
### 2.2 Vibrasi Pada Generator

Dalam Generator, bagaimanapun, penyebab paling umum adalah ketidakseimbangan pada bagian yang berputar yang abnormal. Penyebab umum untuk getaran tinggi adalah bantalan yang buruk. Generator merupakan salah satu komponen turbin uap yang memiliki getaran yang tinggi dalam melakukan kerjanya, oleh karena itu perlu seklai untuk melakukan pengecekan terhadap bantalan (bearing) . Penyebab umum lainnya untuk getaran tinggi adalah perputaran rotor dan stator yang dapat menyebabkan keausan pada bearing. Unbalance adalah terjadinya pergeseran titik pusat massa dari titik pusat putarnya sehingga akan menimbulkan getaran yang tinggi. Besarnya amplitudo getaran sebanding dengan besarnya putaran (merupakan kuadrat dari putaranya).

### 2.3 *Time Domain dan Frequency Domain*

Time domain mengacu pada analisis fungsi matematika , sinyal fisik atau deret data (dalam hal ini vibrasi) , sehubungan dengan waktu . Dalam domain waktu, nilai sinyal atau fungsi diketahui untuk semua bilangan real , untuk kasus waktu kontinu , atau pada berbagai contoh terpisah seperti dalam kasus waktu

Domain frekuensi mengacu pada analisis fungsi atau sinyal matematika sehubungan dengan frekuensi, bukan waktu. Sederhananya, grafik domain-waktu menunjukkan bagaimana suatu sinyal berubah dari waktu ke waktu, sedangkan grafik domain frekuensi menunjukkan seberapa banyak sinyal terletak di dalam setiap pita frekuensi yang diberikan pada rentang frekuensi.

Gambar 2.2 *Time Domain dan Frequency Domain*

## 2.4 Compliance, Mobility dan Intertance

Compliance secara umum merupakan ukuran berapa banyak struktur bergerak (perpindahan,  $x$ ) untuk satuan input gaya ( $F$ ). Kekakuan, atau ketahanan terhadap deformasi dari gaya input, sangat penting dalam dinamika struktural dan topik terkait kebisingan dan getaran. Getaran dapat dianggap sebagai rasio gaya yang bekerja pada struktur dengan kekakuannya. Intertance atau yang sering disebut dengan innertance merupakan perbandingan antara percepatan dan gaya. Mobility adalah salah satu parameter dari fungsi Frequency Response Function (FRF). Grafik umum, asymptote yang mendahului frekuensi alami meningkat secara linear seiring dengan frekuensi dan berbanding terbalik dengan nilai kekakuan. Kemiringan dari asymptote yang menggantikan frekuensi alami berkurang dengan frekuensi dan berbanding terbalik dengan massa.

## 2.5 Fast Fourier Transform

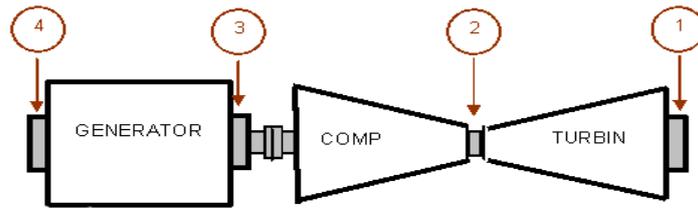
Fourier Analisis adalah proses matematika yang digunakan untuk memecahkan masalah bentuk gelombang kompleks dengan menguraikan gelombang itu menjadi komponen sinusoidanya melalui proses transformasi gelombang fungsi waktu menjadi fungsi frekuensi. Metode yang banyak digunakan untuk proses transformasi ini adalah Fast Fourier Transform (FFT).

Spektrum getaran FFT merupakan metode yang sangat berguna untuk analisis getaran mesin. Jika ada masalah mesin, spektrum FFT memberikan informasi untuk membantu menentukan sumber dan penyebab masalah dan, dengan tren, berapa lama hingga masalahnya menjadi kritis. Spektrum FFT memungkinkan untuk menganalisis amplitudo getaran pada berbagai frekuensi komponen pada spektrum FFT. Dengan cara ini, dapat mengidentifikasi dan melacak getaran yang terjadi pada frekuensi tertentu. Karena masalah mesin tertentu menghasilkan getaran pada frekuensi tertentu, maka informasi ini dapat digunakan untuk mendiagnosis penyebab getaran berlebihan yang ada.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Vibrasi Mainshaft Generator

Dalam analisa data poros generator, data pada titik 3 dan 4 ditinjau karena merupakan poros penghubung pada kedua ujung generator. Peninjauan data dilakukan untuk mendapatkan grafik *time domain* dan juga *frequency domain* dengan menggunakan Fast Fourier Transform.



Gambar 3.1 Titik Ukur Vibrasi Turbin

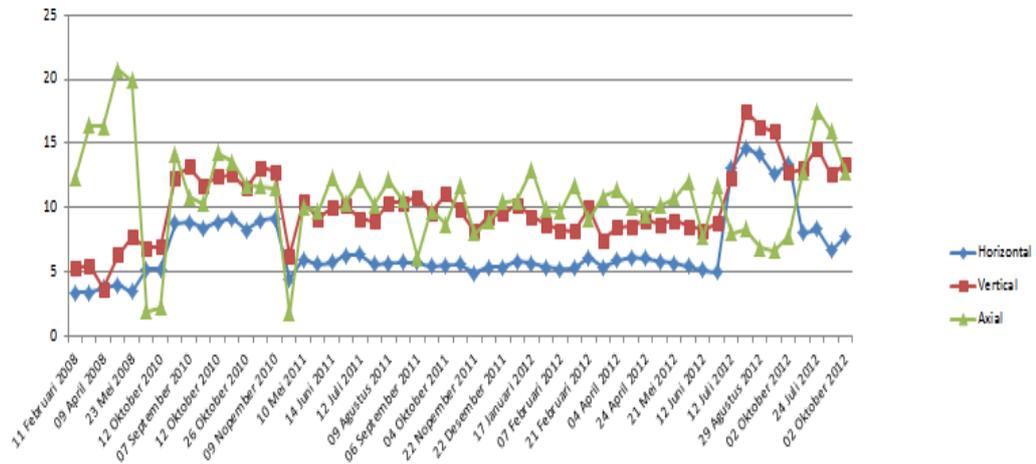
Adapun data yang ditinjau berupa data vibrasi dalam mm/sec . Data vibrasi yang ditinjau memiliki 3 arah ukur yang bervariasi yaitu dalam arah horizontal , arah vertikal , dan juga arah aksial.

Tabel 3.1 Data Vibrasi Poros Titik Ukur Generator

DATA VIBRA II							
NOMOR PENGUKURAN	2			3			
SUMBU PENGUKURAN	H02	V02	A02	H03	V03	A03	
SATUAN	mm/sec	mm/sec	mm/sec	mm/sec	mm/sec	mm/sec	
NORIAL	NOT AVAILABLE						
HIGH	NOT AVAILABLE						
11 Februari 2008	DATA	6	7,1	4,8	3,4	6,3	12,3
23 Februari 2008	DATA	6,4	6,8	4,9	3,4	6,6	16,4
09 April 2008	DATA	6,6	9,4	3,7	3,8	3,7	18,3
11 April 2008	DATA	6,8	9,8	3,3	4	6,4	20,7
23 Mei 2008	DATA	6,7	9,1	2,8	3,6	7,7	18,9
06 April 2010	DATA	14,9	3,9	3,7	6,2	8,9	2
12 October 2010	DATA	16,1	3,7	4,1	6,2	7	2,3
22 April 2010	DATA	17,63	10,02	6,2	3,3	12,4	14,2
07 September 2010	DATA	18,43	11,31	4,31	3,33	13,13	10,33
28 September 2010	DATA	17,3	10,3	6,12	3,43	11,76	10,32
12 October 2010	DATA	17,63	10,02	6,24	3,33	12,44	14,24
19 October 2010	DATA	17,76	9,98	6,31	3,18	12,31	13,68
26 October 2010	DATA	18,82	9,33	6,004	3,23	11,64	11,76
02 November 2010	DATA	17,44	9,23	6,33	3,04	13,13	11,33
09 November 2010	DATA	18,29	9,04	6,78	3,16	12,36	11,61
01 Desember 2010	DATA	14,66	11,23	6,46	4,43	8,27	1,31
10 Mei 2011	DATA	12,4	10,32	4,4	8	10,44	10,08
24 Mei 2011	DATA	12,07	10,74	4,34	6,82	9,19	9,72
14 Juni 2011	DATA	12,23	11,32	6,14	6,77	10,02	12,36
28 Juni 2011	DATA	10,89	11,31	6,4	8,33	10,18	10,41
12 Juli 2011	DATA	13,38	11,69	6,83	8,4	9,19	12,12
27 Juli 2011	DATA	13,27	10,84	4,14	6,84	3,93	10,21
09 Agustus 2011	DATA	12,6	11,33	6	6,71	10,43	12,16
23 Agustus 2011	DATA	12,79	11,04	4,3	6,78	10,38	10,8
06 September 2011	DATA	11,33	11,09	6,07	6,78	10,37	8,11
20 September 2011	DATA	11,76	11	4,83	6,48	9,83	9,77
04 October 2011	DATA	14,24	11,11	4,12	6,61	11,06	3,73
18 October 2011	DATA	14,06	10,34	6,01	6,8	9,37	11,39
22 November 2011	DATA	13,34	10,38	4,22	4,96	3,23	3,04
07 Desember 2011	DATA	14,32	10,82	4,77	6,41	8,34	3,88
22 Desember 2011	DATA	13,74	10,38	4,9	6,33	9,69	10,49
04 Januari 2012	DATA	12,38	11,43	6,74	6,37	10,23	10,63

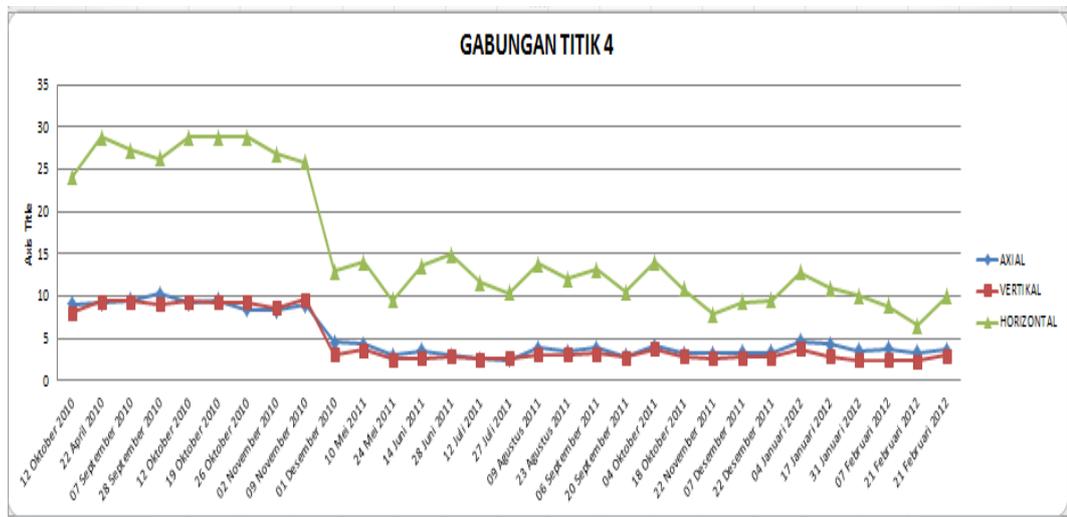
### 3.2 Time Domain

Berikut merupakan *time domain* dari mainshaft pada titik 3 dan titik 4:



Gambar 3.2 Time Domain Titik 3

Pada time domain dapat dilihat bahwa vibrasi tertinggi pada titik ukur 3 terletak pada arah horizontal sedangkan vibrasi tertinggi pada titik ukur 4 terdapat pada arah horizontal.

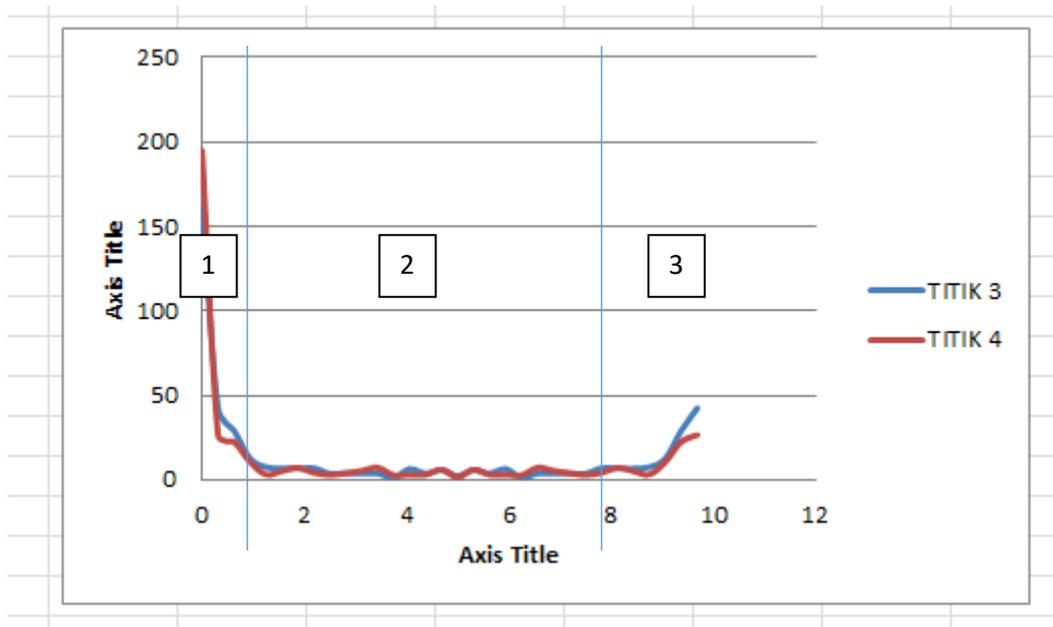


Gambar 3.3 Time Domain Titik 4

### 3.3 Analisa Frequency Domain Arah Horizontal

Dari data vibrasi Horizontal pada titik 3 dan titik 4, dilakukan Fourier Analysis pada perangkat lunak Microsoft Excel.

Dari pengolahan data FFT data vibrasi ,maka didapat grafik spectrum vibrasi poros kompresor titik 3 dan =4 pada arah horizontal.



Gambar 3.4 *Frequency Domain* Horizontal Titik 3 dan 4

Pada grafik spectrum diatas dapat dilihat adanya symptom *unbalance* pada grafik horizontal titik 2 dan juga symptom *unbalance* yang mengarah kepada *bearing looseness* pada grafik horizontal titik 3.

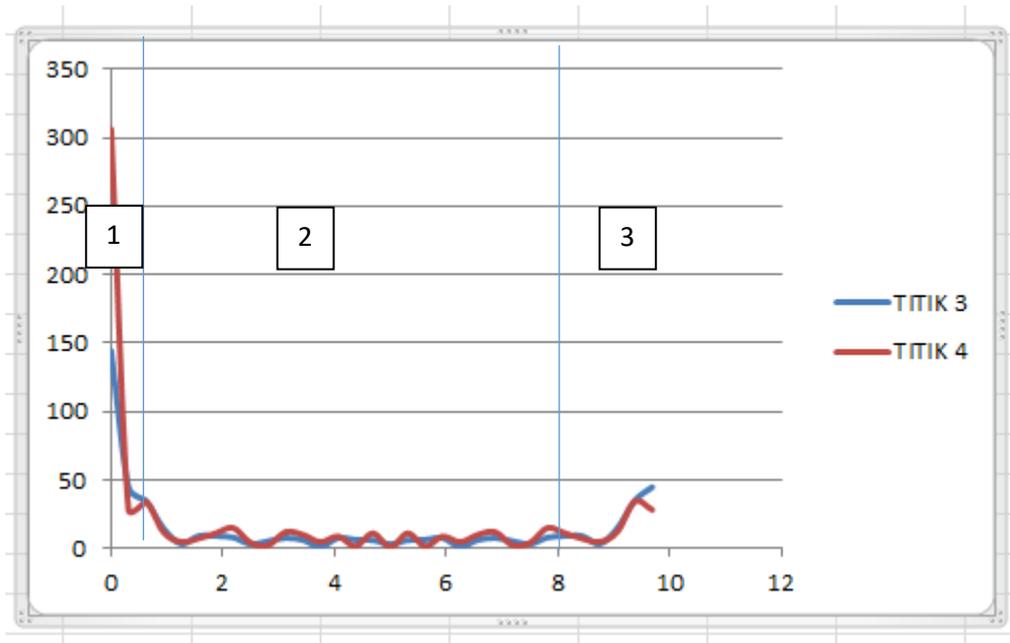
Pada grafik horizontal titik 2 dapat dilihat adanya *first harmonic* sedangkan pada grafik horizontal titik 3 vibrasi mengalami peningkatan.

Pada grafik potongan ke 2 ini dapat dilihat adanya getaran agak tinggi dari turbin (titik 3 ) dan juga getaran tersebut dapat dikatakan hampir periodic, sedangkan pada grafik merah (titik 4), terlihat adanya getaran vibrasi yang tidak beraturan dari generator, jika kondisi generator bagus, biasanya vibrasi yang dihasilkan lebih beraturan. Akan tetapi vibrasi yang dihasilkan pada titik 3 masih dalam kondisi yang tidak kritis atau layak beroperasi.

Pada potongan ketiga grafik horizontal ini dapat dilihat adanya symptom atau gejala arus balik atau *reverser power* dari generator. Reverse power merupakan aliran daya listrik dengan arah yang berlawanan dari seharusnya pada generator yang bermasalah. Daya listrik yang datang dari arah yang berlawanan menyebabkan generator yang menerima menghasilkan vibrasi yang lebih tinggi.

### 3.4 **Analisa *Frequency Domain* Arah Vertikal**

Dari pengolahan data vibrasi dengan FFT , didapat grafik spectrum vibrasi poros generator titik 3 dan 4 pada arah vertical.



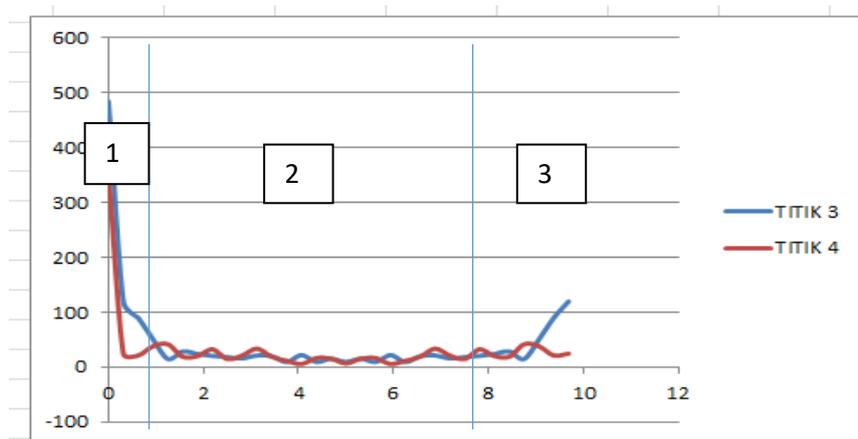
Gambar 3.5 *Frequency Domain* Vertikal Titik 3 dan 4

Pada grafik spectrum diatas dapat dilihat adanya symptom *unbalance* pada grafik horizontal titik 3 dan juga symptom *unbalance* yang mengarah kepada *misalignment* pada grafik horizontal titik 4.

Dalam grafik sebelumnya dapat dilihat adanya symptom atau gejala *unbalance* pada grafik vertical titik 3 dan juga adanya symptom *bearing defect* pada grafik vertical titik 3 dengan *peak* spectrum pada frekuensi 4 dan juga 8.

### 3.5 Analisa *Frequency Domain* Arah Aksial

Dari pengolahan data vibrasi FFT , didapat grafik spectrum vibrasi poros generator titik 3 dan 4 pada arah aksial.



Gambar 3.6 *Frequency Domain* Aksial Titik 3 dan 4

Pada grafik spectrum diatas dapat dilihat adanya symptom *unbalance* pada grafik horizontal titik 3 dan juga symptom *unbalance* yang mengarah kepada *misalignment* pada grafik horizontal titik 4.

### 3.6 Perhitungan Compliance , Mobility dan Inertance

Setelah melakukan analisa fenomena pada poros generator, maka selanjutnya dilakukan analisa perhitungan terhadap compliance, mobility dan inertance daripada poros generator.

#### 3.6.1 Hasil Compliance

Dari fungsi awal domain waktu yang merupakan  $A \cos \omega t$ , dapat didapatkan fungsi awal simpangan dengan mengintegrasikan fungsi awal  $A \cos \omega t$ .

Sehingga fungsi awal dari simpangan (*displacement*) merupakan :

$$\frac{A}{\omega} \sin \omega t \dots\dots\dots (3.1)$$

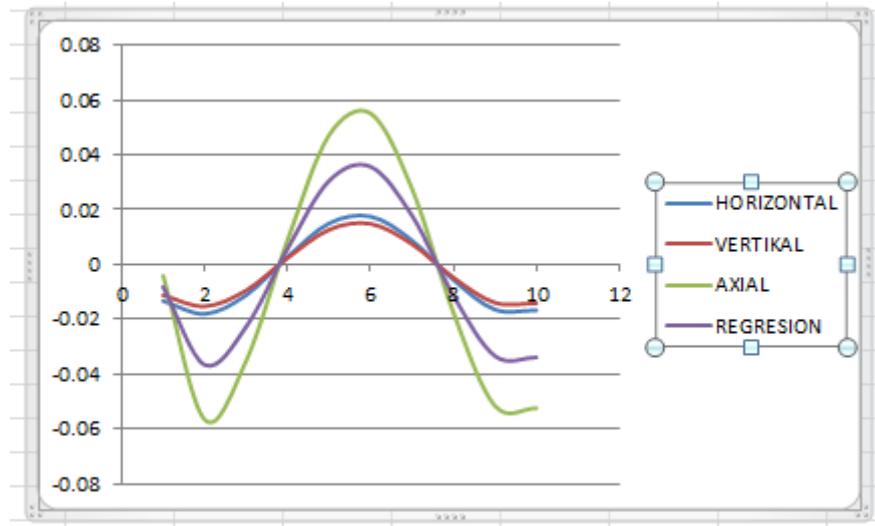
Dimana :

A = Amplitudo

$\omega$  = Kecepatan sudut (312.74 rad/s)

t = Waktu (s)

Dari fungsi awal simpangan (*displacement*) dibuat grafik berdasarkan fungsi tersebut secara horizontal, vertical, dan aksial. Dan dari ketiga fungsi tersebut dapat digabung menjadi 1 fungsi regresi yang digunakan untuk menghitung *compliance* dari poros turbin titik 3.



Gambar 3.7 Grafik Fungsi Compliance

Dari grafik regresi, maka didapatlah fungsi regresi simpangan yaitu :

$$3.4788/\omega \sin \omega t$$

Maka didapatlah simpangan regresi dengan hasil : -0,00817

Dari hasil simpangan regresi, dapat dihitung Compliance dengan menggunakan rumus :

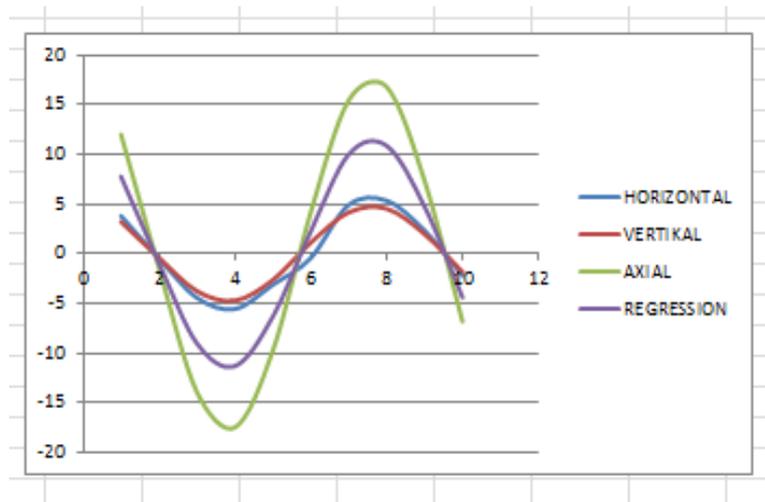
$$\text{Compliance} = \text{Displacement} / \text{Force} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan demikian maka didapat harga dari compliance sebesar **-1,7936 x 10<sup>-8</sup>**

#### 3.6.2 Hasil Mobility

Dari fungsi awal kecepatan (*velocity*), yang merupakan  $A \cos \omega t$ , dibentuklah grafik berdasarkan fungsi tersebut secara horizontal, vertical, dan aksial. Dan dari ketiga fungsi

tersebut dapat digabung menjadi 1 fungsi regresi yang digunakan untuk menghitung *mobility* dari poros turbin titik 3.



Gambar 3.8 Grafik Fungsi *Mobility*

Dari grafik regresi, maka didapatkan fungsi regresi kecepatan yaitu :

$$11,47 \cos \omega t$$

Maka didapatkan simpangan regresi dengan hasil : 7,78844

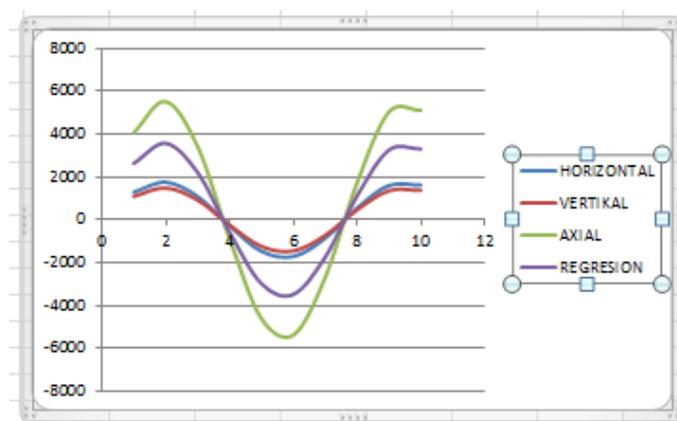
Dari hasil simpangan regresi, dapat dihitung Compliance dengan menggunakan rumus :

$$\text{Mobility} = \text{Velocity} / \text{Force} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan demikian maka didapat harga dari compliance sebesar  $1,7099 \times 10^{-5}$

### 3.6.3 Hasil *Inertance*

Dari fungsi awal percepatan (*acceleration*), yang merupakan  $A\omega \sin \omega t$ , dibentuklah grafik fungsi tersebut secara horizontal, vertikal, dan aksial. Dan dari ketiga fungsi tersebut dapat digabung menjadi 1 fungsi regresi yang digunakan untuk menghitung *Inertance* dari poros turbin titik 3.



Gambar 3.9 Grafik Fungsi *Inertance*

Dari grafik regresi, maka didapatlah fungsi regresi percepatan yaitu :

$$-11,476 \sin \omega t$$

Maka didapatlah simpangan regresi dengan hasil : 2559,885

Dari hasil simpangan regresi, dapat dihitung intertance dengan menggunakan rumus :

$$\text{Intertance} = \text{Acceleration} / \text{Force} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan demikian maka didapat harga dari intertance sebesar **0,0056200**

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada *time domain* dapat dilihat bahwa vibrasi tertinggi pada titik ukur 3 terletak pada arah horizontal sedangkan vibrasi tertinggi pada titik ukur 4 terdapat pada arah horizontal
2. Adanya terdapat gejala unbalance serta misalignment pada poros turbin titik 3 dan 4.
3. Adapun hasil dari compliance  **$-1,7936 \times 10^{-8}$** , mobility  **$1,7099 \times 10^{-5}$**  dan intertance **0,0056200**

##### 4.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian yang lebih bagus kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Disarankan ada penelitian lebih lanjut mengenai frequency domain horizontal titik 3 yang menunjukkan adanya kenaikan spectrum.
2. Disarankan adanya kajian lanjutan pada compliance, mobility, serta intertance pada poros kompresor secara simulasi dan teoritis.
3. Sebaiknya ada dilakukan simulasi lebih lanjut dengan menggunakan ANSYS pada poros titik ukur kompresor, turbin dan generator.

#### REFERENSI

- Mais, Jason "Spectrum Analysis" (Online) <https://www.skf.com/binary/tcm:12-113997/CM5118%20EN%20Spectrum%20Analysis.pdf> (diakses 28 Juni 2019)
- Klingenberg, Larry "Frequency Domain Using Excel" (Online) [http://www.stem2.org/je/Excel\\_FFT\\_Instructions.pdf](http://www.stem2.org/je/Excel_FFT_Instructions.pdf) (diakses 2 Juli 2019)
- Kerr, Douglas A "The Fourier Analysis Tool in Microsoft Excel" (Online) [http://dougkerr.net/Pumpkin/articles/Excel\\_Fourier.pdf](http://dougkerr.net/Pumpkin/articles/Excel_Fourier.pdf) (diakses 2 Juli 2019)
- Aref, Mohamad "Fast Fourier Transformation of Vibration Signals using Microsoft EXCEL"(Online)[https://math.arizona.edu/~atpmena/conference/proceedings/Mohammed\\_Aref.doc](https://math.arizona.edu/~atpmena/conference/proceedings/Mohammed_Aref.doc) (diakses 8 Juli 2019)