

ANALISIS KERUSAKAN PADA TURBIN DENGAN METODE *VIBRATION ANALYSIS*

Failure Analysis of Turbine with Vibration Analysis Method

Egi Seven Situmorang¹, Dedi Suryadi^{1*}, Ahmad Salman Alparisi²

1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu, 38371

2) PT PLN Indonesia Power PLTA Musi, Ujan Mas Atas, Kabupaten Kepahiang, Bengkulu, 38386

Email : dedi_suryadi@unib.ac.id

Abstract

In the operation of the turbine, various problems can occur which cause damage, one of which is caused by vibration. Vibration analysis is one of the supporting factors to minimize excessive vibrations in the turbine. Predictive maintenance activities in the form of conditional monitoring vibration or vibration monitoring of actual conditions are carried out to determine the symptoms of damage to the turbine. Measurements were carried out using VibeXpert II based on ISO 18016-5 standards with operating conditions of 70 MW turbine load and 500RPM rotation measured on the DE Turbine and NDE Generator. The highest value is in the horizontal DE Turbine 77.04 μm (pk-pk) and 104 μm (pk-pk) on the NDE Generator. This value is already in the acceptable zone to operate in the long term. The results of spectrum analysis that can be identified as the cause of the vibrations that occur are indications of unbalance on the DE Turbine and Overhung on the NDE Generator.

Keyword: Failure analysis, Turbine, Vibration analysis method,

1. Pendahuluan

Turbin air yaitu suatu mesin yang dipergunakan untuk mengamil tenaga air untuk diubah menjadi tenaga listrik, jadi berfungsi untuk mengubah tenaga air menjadi tenaga mekanis, sedangkan tenaga mekanis ini diubah menjadi tenaga listrik oleh generator. Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum,

Turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap ataupun stationary blade, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau rotary blade, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan[1].

Dalam pengoperasian Turbine dapat terjadi berbagai masalah yang menimbulkan kerusakan, salah satunya disebabkan oleh getaran. Getaran atau vibrasi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bantalan, timbulnya noise, penurunan kapasitas dan ketersediaan, hingga penurunan efisiensi dari turbine tersebut. Getaran yang berlebihan tentu memiliki dampak yang sangat buruk terhadap turbine.

Getaran adalah gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangan. Getaran terjadi saat mesin atau alat dijalankan dengan motor, sehingga pengaruhnya bersifat mekanis[2]. Getaran ialah gerakan osilasi disekitar sebuah titik[3]. Getaran merupakan efek suatu sumber yang memakai satuan hertz[4]. Menurut Gierke dan Nixon yang dikutip oleh J.F.Gabriel (1996:96), getaran udara juga disebabkan melalui udara sehingga akan mencapai telinga. Getaran dengan frekuensi 1-20 Hz tidak akan menyebabkan gangguan vestibular yaitu gangguan orientasi[5]

Getaran mesin merupakan kombinasi kompleks dari sinyal yang berasal dari berbagai sumber getaran di dalam mesin. Getaran dapat diuraikan atas komponen-komponennya. Getaran dapat dihasilkan oleh kerusakan pada mesin sebagai contoh rotor yang tidak balance, bantalan yang cacat, bearing defect, dan meshing dari roda gigi, yang masing masing pada frekuensi yang unik[6]. Getaran dapat menimbulkan dampak terjadinya suara bising, menurunnya kinerja dan performa pompa, serta dapat merusak komponen pada pompa terutama pada poros dan bantalan. Dalam memprediksi kerusakan, analisa getaran sangat penting karena dapat menjadi indikator untuk mendeteksi masalah mekanis, kerusakan tersebut dapat berupa *unbalance*, *misalignment*, *mechanical looseness*, poros bengkok, kerusakan bearing, gear aus, kavitasi, dan resonansi pada peralatan berputar (Rotating Equipment[7].

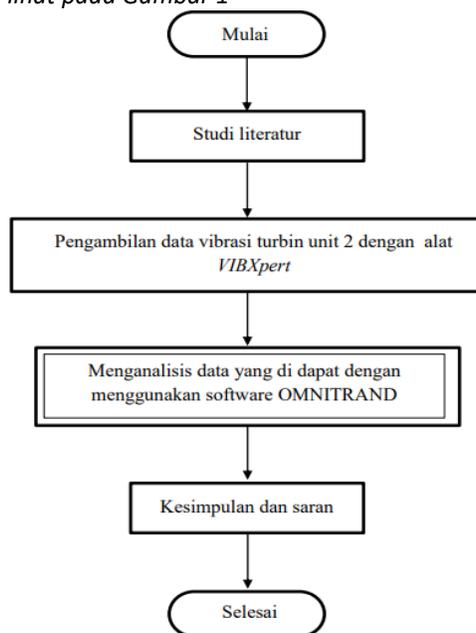
Untuk mengantisipasi kerusakan yang lebih buruk tersebut yang mengakibatkan semakin besarnya kerugian untuk itu penting dilakukannya analisa kerusakan dan *maintenance*. dengan memonitoring pada turbin dan memperkirakan tanda tanda atau gejala kerusakan sehingga dapat menentukan kapan tindakan perawatan harus dilakukan. Perawatan mesin merupakan faktor penentu kehandalan mesin untuk dioperasikan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Produktivitas mesin yang diinginkan tidak tercapai jika pemeliharaan mesin tidak dilakukan dengan terstruktur. Tujuan perawatan mesin mengupayakan agar mesin mampu dioperasikan secara kontinyu dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan rencana tanpa mengalami kerusakan. Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya.[8]

Perawatan prediktif (*predictive maintenance*) adalah perawatan dilakukan dengan mendeteksi kerusakan sehingga dapat menganalisa perbaikan yang akan dilakukan untuk meningkatkan kinerja mesin lebih baik, memberikan informasi yang dibutuhkan untuk perawatan lebih akurat, membuat waktu lebih efisien, meningkatkan umur dari mesin dan menghemat biaya [9].

Pada penelitian ini karakteristik getaran yang didapat pada pemantauan vibrasi (*conditional monitoring vibration*) secara berkala dapat diketahui jenis gangguan yang terjadi. Dari jenis gangguan dapat ditentukan tindakan apa yang dapat direkomendasikan untuk dilakukan pada turbin, apakah perlu dilakukan perawatan lanjut atau tidak. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa vibrasi atau getaran pada turbin unit 2 PLTA Musi untuk mengetahui adanya masalah kerusakan. Pencegahan tentunya dapat mengurangi resiko kerusakan yang lebih parah dan meminimalisir dampak kerugian dalam segi biaya dan waktu yang akan terjadi jika dilakukan tindakan perbaikan skala besar.

2. METODOLOGI

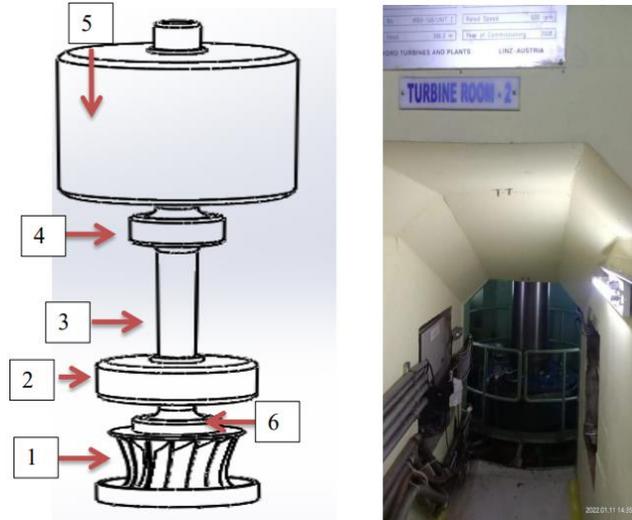
Metodologi penelitian yang dilaksanakan untuk analisis kerusakan pada turbin unit 2 plta musu dengan metode *vibration analysis* dapat di lihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram alir

A. Set Up Turbin

Turbin Unit 2 PLTA Musi Perangkat mesin vertikal dengan rumah bantalan bawah yang disangga pada fondasi dan rumah bantalan atas yang disangga hanya pada stator generator, turbin unit 2 beroperasi dengan kecepatan putar 500 RPM, Turbin unit 2 dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Set Up Turbin unit 2

Keterangan :

1. *Runner*
2. *Turbine bearing*
3. *Shaft*
4. *Coupling shaft and rotor*
5. *Generator*
6. *Coupling runner and shaft*

B. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini untuk menganalisa getaran Cooling Water Pump adalah VIBXpert II yang dimana merupakan kolektor data all-in-one analyzer. Selain dilengkapi dengan berbagai pilihan parameter pengukuran, alat ini juga mampu memberikan informasi mengenai data spektrum dari getaran dan shock pulse yang terjadi, dimana data ini sangat berguna untuk menganalisa kerusakan suatu mesin didalam kegiatan predictive maintenance. Pada alat ukur ini sensor yang digunakan adalah sensor transduser magnet dengan limit 5000 Hz.^[10]



Gambar 3. VIBXpert II

C. Sandart Pengukuran

Standar pengukuran bertujuan untuk mengetahui batasan-batasan level getaran yang menunjukkan kondisi suatu pengukuran, apakah masih layak beroperasi atau harus memerlukan perbaikan. Macam-macam standar pengukuran seperti : ISO 2372, ISO 10186-3, American Petroleum Institute (API), American Gear Manufactures Association (AGMA), dan lain-lain. Pada penelitian ini mengacu pada ISO 101816-5 grup 4 Merupakan satandard yang mengacu kepada mesin pembangkit dan pompa hidrolik tanam mesin vertikal dengan rumah bantalan bawah yang disangga pada fondasi dan rumah bantalan atas yang disangga hanya pada stator generator, biasanya dengan kecepatan operasional antara 60 r/mnt dan 1 000 r/mnt.

Zone boundary	At measurement location 1		At all other main bearings	
	Peak-to-peak displacement	R.m.s. velocity	Peak-to-peak displacement	R.m.s. velocity
	μm	mm/s	μm	mm/s
A/B	65	2,5	30	1,6
B/C	100	4,0	50	2,5
C/D	160	6,4	80	4,0

NOTE 1 If a machine has a lower generator bearing without bracing against the foundation, the vibration should be evaluated according to measurement location 1.

NOTE 2 Umbrella-type machines belong to this group, evaluation zone boundaries are those for the main bearings.

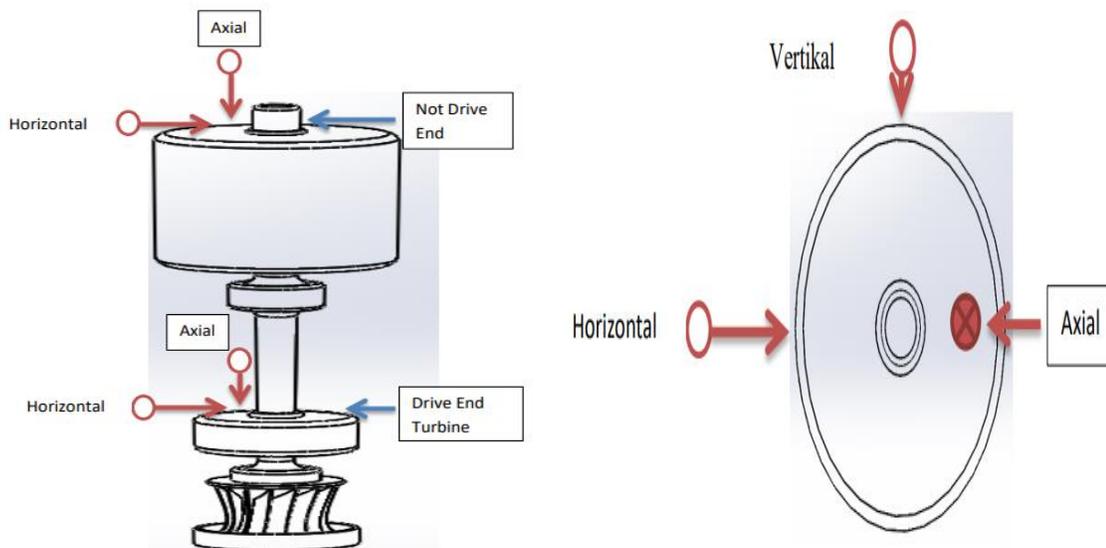
Gambar 4. Tabel Level Vibrasi [11]

Keterangan :

1. Zona A : Getaran mesin yang baru ditugaskan biasanya berada dalam zona ini.
2. Zona B : Mesin dengan getaran dalam zona ini biasanya dianggap dapat diterima untuk operasi jangka panjang yang tidak terbatas
3. Zona C : Mesin dengan getaran dalam zona ini biasanya dianggap tidak memuaskan untuk operasi terus menerus dalam jangka panjang. Umumnya, mesin dapat dioperasikan untuk jangka waktu terbatas dalam kondisi ini sampai muncul kesempatan yang sesuai untuk tindakan perbaikan.
4. Zona D : Nilai getaran dalam zona ini biasanya dianggap cukup parah untuk menyebabkan kerusakan pada mesin.

D. Skema Pengukuran

Adapun posisi pengukuran vibrasi di lakukan pada 2 tempat yaitu pada *Drive End* (DE) Turbin dan *Not Drive End* (NDE) Generator. Untuk DE Turbin dan NDE Generator di lakukan pada 3 titik yaitu pada titik horizontal, vertical dan axial.



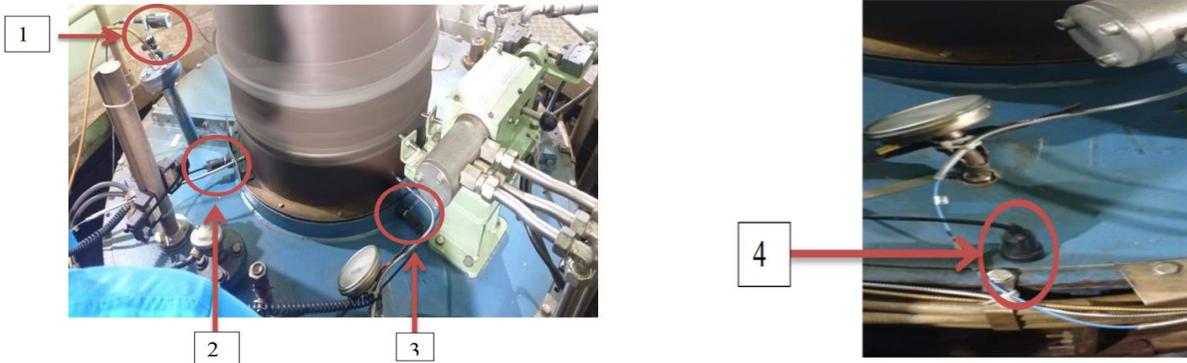
Gambar 5. Skema Pengukuran

E. Objek Pengukuran

Untuk Objek Pengukuran di lakukan set up alat pengukuran DE Turbine dan NDE Generator

- a. Se tup Alat pengukuran pada DE Turbin

Pengukuran pada DE turbin di lakukan pada 4 titik dengan 2 jenis alat ukur yaitu *tacho* meter dan *accelerometer*



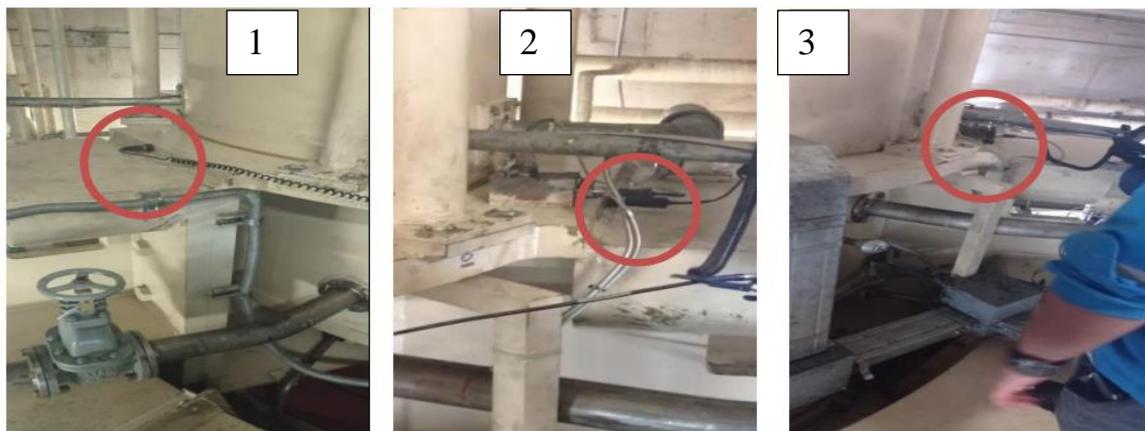
Gambar 6. Se tup Alat pengukuran pada DE Turbin

Keterangan:

1. *Tacho Meter*, Digunakan untuk mengukur kecepatan putar *shaft*
2. *Accelerometer*, Digunakan untuk mengukur displacemen, acceleration pada sumbu Horizontal
3. *Accelerometer*, Digunakan untuk mengukur displacemen, acceleration pada sumbu vertikal
4. *Accelero meter*, Digunakan untuk mengukur displacemen, acceleration pada sumbu axial

b. Setup Alat pengujui pada NDE Generator

Untuk NDE Generator di lakukan pada 3 titik Yitu pada titik horizontal, vertical dan axial.



Gambar 7. Se tup Alat pengukuran pada NDE Generator

Keterangan :

1. Pengukuran NDE Generator Arah Horizontal
2. Pengukuran NDE Generator Arah Vertikal
3. Pengukuran NDE Generator Arah Axial

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai getaran DE Turbin dan NDE Generator

Berdasarkan spesifikasi mesin maka dapat di klasifikasi bahwa standart level getaran turbin unit 2 berada pada grup 4 standart ISO 160816-5.B Untuk mempermudah melakukan analisa maka data pengukuran diambil mulai dari tanggal 6 januari 2021 sampai dengan 5 januari 2022, Hasil pengukuran getaran dapat dilihat pada tabel

Tabel 1 Hasil pengukuran DE Turbin

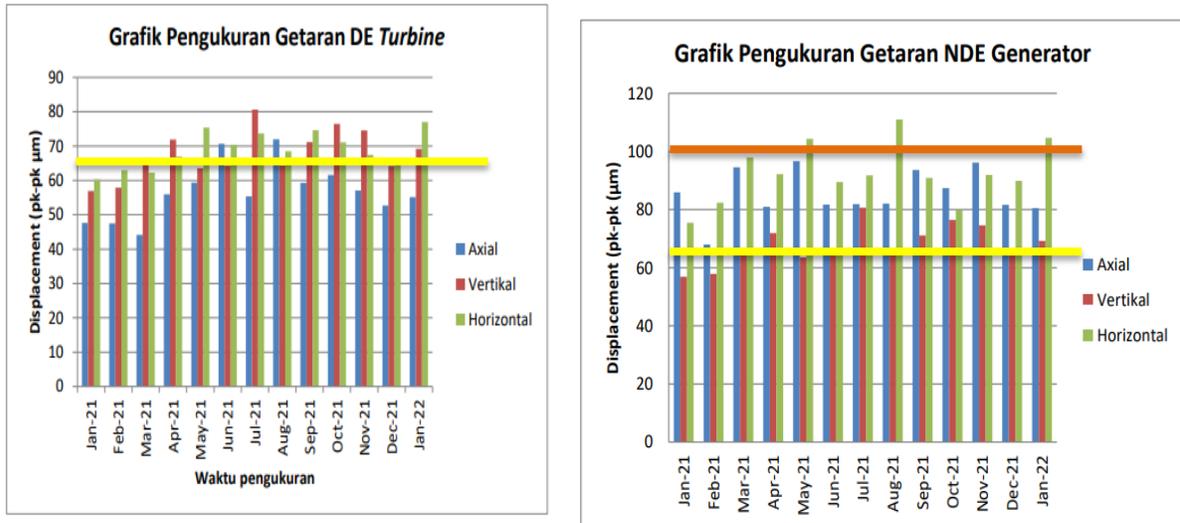
Overall Displacement DE Turbin Unit II ($\mu\text{m pk-pk}$)			
Waktu Pengujian	Axial	Vertikal	Horozontal
06/01/2021	47,61	56,93	60,25
03/02/2021	47,52	57,9	62,92
03/03/2021	44,15	66,51	62,23
07/04/2021	55,96	71,87	66,99
05/05/2021	59,36	63,57	75,4
16/06/2021	70,68	64,31	70,39
07/07/2021	55,36	80,66	73,64
04/08/2021	71,93	64,44	68,45
08/09/2021	59,31	71,12	74,61
13/10/2021	61,59	76,46	71,08
03/11/2021	57,04	74,54	67,47
01/12/2021	52,71	64,24	65,04
05/01/2022	55,16	69,23	77,04
Keterangan			
A ($< 65 \mu\text{m pk-pk}$)	<i>The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone</i>		
B ($65-100 \mu\text{m pk-pk}$)	<i>Machines with vibration within this zone are normally considered acceptable for unrestricted long-term operation.</i>		
C ($100-160 \mu\text{m pk-pk}$)	<i>Machines with vibration within this zone are normally considered unsatisfactory for long-term continuous operation. Generally, the machine may be operated for a limited</i>		
D ($>160 \mu\text{m pk-pk}$)	<i>Vibration values within this zone are normally considered to be of sufficient severity to cause damage to the machine</i>		

Tabel 2 Hasil Pengukuran NDE Generator

Overall Displacement NDE GENERATOR Unit II ($\mu\text{m pk-pk}$)			
Waktu Pengujian	Axial	Vertikal	Horozontal
06/01/2021	85,93	56,93	75,48
03/02/2021	68,04	57,90	82,40
03/03/2021	94,55	66,51	97,91
07/04/2021	81,01	71,87	92,21
05/05/2021	96,65	63,57	104,31
16/06/2021	81,69	64,31	89,48
07/07/2021	81,85	80,66	91,79
04/08/2021	82,02	64,44	110,99
08/09/2021	93,67	71,12	90,89
13/10/2021	87,43	76,46	79,88
03/11/2021	96,12	74,54	91,96
01/12/2021	81,63	64,24	89,93
05/01/2022	80,53	69,23	104,70
Keterangan			
A	<i>The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone</i>		
B	<i>Machines with vibration within this zone are normally considered acceptable for unrestricted long-term operation.</i>		
C	<i>Machines with vibration within this zone are normally considered unsatisfactory for long-term continuous operation. Generally, the machine may be operated for a limited</i>		
D	<i>Vibration values within this zone are normally considered to be of sufficient severity to cause damage to the machine</i>		

Dari Tabel 1 dan 2 diketahui bahwa pada titik pengukuran DE Turbin arah horizontal vertical dan axial yang memiliki nilai displacement yang sudah alarm yang hanya diizinkan beroperasi dalam jangka waktu yang relatif lama. Grafik hasil pengukuran disajikan untuk memperkuat justifikasi permasalahan yang ada pada data yang diambil dalam jangka waktu tertentu. Data diambil dalam jangka waktu dari bulan Januari 2021 hingga Januari 2022. Jika grafik menunjukkan kenaikan yang signifikan, maka akan memperkuat hasil rekomendasi untuk segera dilakukan tindakan perawatan atau perbaikan.

Pada grafik pengukuran DE Turbin dapat kita lihat bahwa pada pengukuran telah terdapat nilai vibrasi yang memasuki zona B melewati 65 μm dan berdasarkan trend bahwa terdapat sifat fluktuatif dari nilai vibrasi. Pada grafik pengukuran NDE Generator dapat kita lihat telah terdapat nilai vibrasi yang memasuki zona c melewati nilai 100 μm dan memiliki pola kenaikan yang bersifat fluktuatif

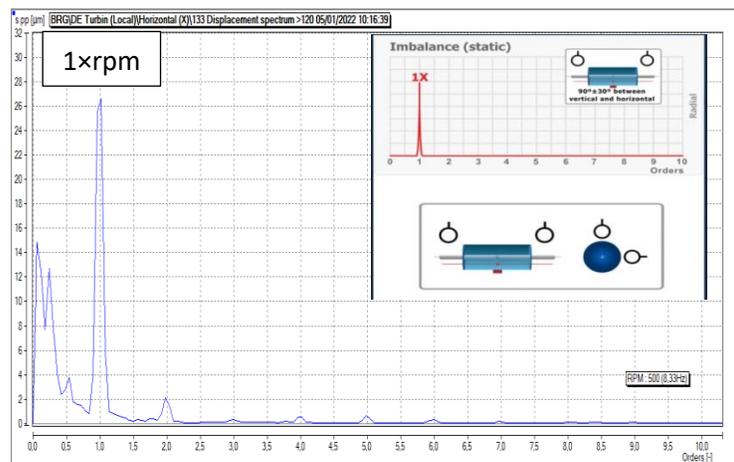


Gambar 8. Grafik nilai getaran DE Turbin dan NDE Generator

3.2 Pembahasan

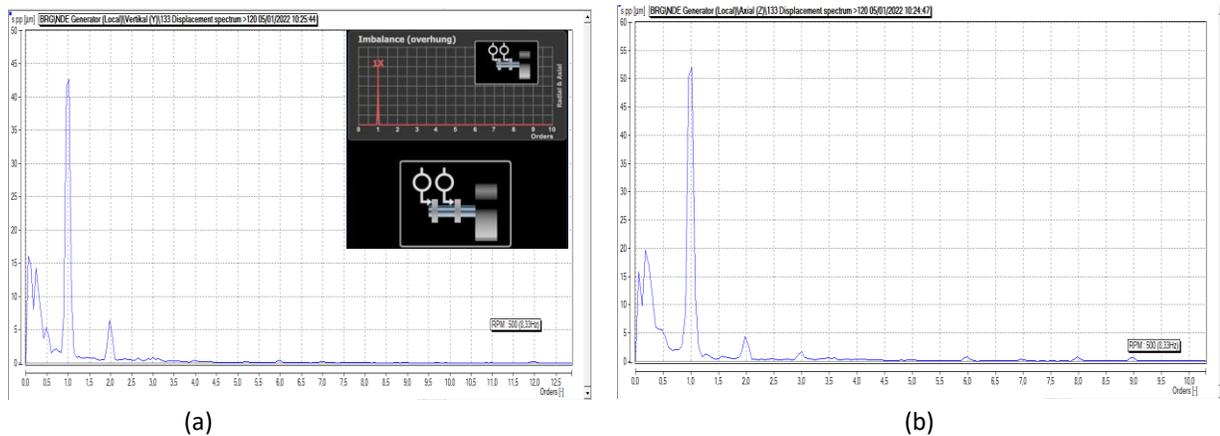
Analisa dengan menggunakan Diagram FFT (Fast Fourier Transform) dilakukan pada titik pengukuran yang sudah memasuki kategori alarm. Titik tersebut adalah pada DE Turbin dan NDE Generator. Untuk menentukan order 1x RPM adalah dengan mengkonversi nilai RPM Pompa ke nilai frekuensi karena grafik yang digunakan adalah grafik frekuensi. Nilai RPM Pompa adalah 500, sedangkan 1 RPM sama dengan 50 Hz. maka nilai 1x RPM adalah 8,3 Hz. Dari hasil analisa diketahui adanya indikasi gangguan pada mesin yaitu berupa *Unbalance* di titik pengukuran DE Turbin dan di titik pengukuran NDE Generator *Overhung*.

Unbalance disebabkan oleh adanya perbedaan massa pada poros atau komponen turbin. Pada analisis spectrum akan terlihat menghasilkan 1x RPM pada arah radial. Untuk kondisi dan analisa FFT yang menunjukkan *Unbalance* pada titik pengukuran DE Turbin dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Karakteristik *Unbalance* pada DE Turbine

Sedangkan pada *Overhung* biasanya dihasilkan oleh *unbalance* yang membentuk bending pada rotor dan mengakibatkan rumah bering bergerak ke arah axial. Pada analisis spectrum akan terlihat 1x RPM pada arah axial dan radial.



Gambar 10. Spektrum a) axial ; b) radial

Setelah diketahui bahwa Turbin Unit 2 berada pada alarm zona B dan C perlu dilakukan keputusan untuk melakukan perawatan untuk mengoptimalkan operasional. Tindakan yang dapat dilakukan adalah

- Melakukan monitoring dengan teratur dan terjadwal
- Evaluasi hasil monitoring dengan membandingkan data history
- Melakukan pemeriksaan terhadap alat ukur

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Berdasarkan trend pengukuran vibrasi DE dan NDE Turbin Unit 2 pada 6 Januari 2021 hingga 5 Januari 2022 bersifat fluktuatif dan tidak terdapat peningkatan yang signifikan
2. Setelah dilakukannya analisis spectrum didapatkan bahwa penyebab terjadinya vibrasi pada DE Turbin ialah akibat *Unbalance* pada Turbin unit 2 dengan besar amplitude terbesar 60,25 μm (pk-pk), dan berdasarkan ISO 10816-5 nilai vibrasi DE Turbin masuk ke dalam zona A (*The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone*) dan vibrasi pada NDE G ialah akibat *overhung machine* pada Turbin unit 2 dengan besar amplitude terbesar 51,93 μm (pk-pk), dan berdasarkan ISO 10816-5 nilai vibrasi DE Turbin masuk ke dalam zona A (*The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gibran. 2014. Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan
- [2] Budiono, S. 2003. Bunga Rampai Hiperkes dan KK. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [3] Harrington J.M. 2003. Buku Saku Kesehatan Kerja. Jakarta : EGC
- [4] Depkes RI. 2003. Undang-undang RI Nomor 13 Tentang Ketenaga kerjaan Jakarta.
- [5] Gabriel, J.F. 1996, Fisika Kedokteran, Jakarta : EGC
- [6] Setyawan, D. B. 2013. Sufiyanto. Metode Vibration Analysis Dalam Aplikasi Perawatan Mesin. Malang Universitas merdeka Malang. TRANSMISI, Vol-IX Edisi-2/ Hal.921-930

- [7] Putra, L. A. 2016. Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal P-011C di PT. SULFINDO ADIUSAHA dengan Menggunakan Transducer Getaran Accelerometer. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta
- [8] Technical Associates Of Charlotte, P.C. 2001. Vibration Analysis Module. North Carolina, USA.
- [9] Girdhar, P. dan Moniz, O. 2005. Practical Pumps Design, Operation and Maintenance. Netherlands, IDC Technoogies.
- [10] Carnegie, N. Suryadi, D. Fitrilina. 2018. Analisa Level Getaran Cooling Water Pump 1 Jenis Sentrifugal. Bengkulu : Universitas Bengkulu
- [11] ISO 10816-5. Machine Sets In Hydraulic Power Generating And Pumping Plants.