

ANALISIS KERUSAKAN DAN PERBAIKAN *OIL PUMP STEAM TURBINE 32-K-101-P1-T* DALAM *PLATFORMING UNIT-NAPHTA PROCESSING UNIT (NPU)*

*Norman Iskandar, Ardha Ridho Pangeran

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang 50275

*E-mail: norman.mesin@gmail.com

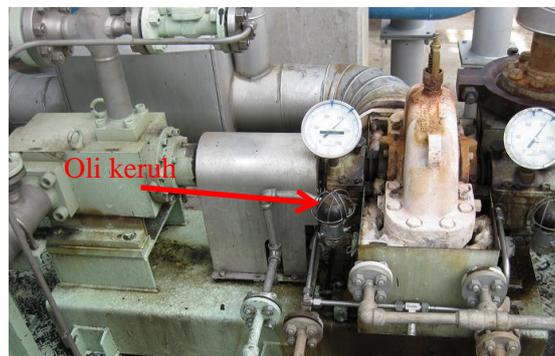
ABSTRAK

Oil pump steam turbine (OPST) adalah sebuah turbin uap jenis impuls yang digerakan oleh *medium pressure steam* (MPS) dengan tekanan 15–21 kg/cm²G dan temperatur kerja 250–370 °C. Uap ekstraksi dari turbin uap adalah *low pressure steam* (LPS) dengan tekanan 3.8–6.3 kg/cm²G. Dalam proses perawatannya, OPST diinspeksi setiap 2 minggu sekali dengan melihat kondisi oli, trending getaran, dan putaran poros turbin. Pada saat operasi OPST mengalami kenaikan vibrasi yang melebihi batas toleransi (vs 2.82 mm/s) dan keruhnya oli pelumasan OPST. Dalam hal ini dilakukan sebuah penelitian guna mengetahui indikasi kerusakan OPST dan analisis perbaikan yang tepat guna mengembalikan performa dari OPST. Dalam mengidentifikasi kerusakan tersebut metode yang dilakukan adalah analisis trending spektrum menggunakan software omnitrend yang nilainya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan *bearing*. Analisis tersebut menghasilkan bahwa terjadi vibrasi 1X RPM dikarenakan kerusakan pada *ball bearing* yang diakibatkan oleh pelumas *bearing* yang sudah keruh karena tercampur air. Untuk mengetahui masuknya air ke dalam *oil chamber* dilakukan dua cara yaitu percobaan *hydrotest* dan pengukuran *clearances carbon ring seals*. Setelah dilakukan dua percobaan tersebut didapatkan hasil penyebab masuknya air ke *oil chamber* karena *overclearances* pada *carbon ring seals* (vs 0.120-0.145 mm). Masalah yang terjadi ini mengakibatkan uap masuk ke penampungan oli sehingga pelumasan pada *bearing* tidak berjalan dengan baik sehingga terjadi kerusakan pada *bearing*. Setelah teridentifikasi kerusakannya, dilakukan pergantian komponen *bearing inboard* dan *bearing outboard* serta *lapping split face* pada *carbon ring seals*. Setelah mengalami perbaikan vibrasi pada OPST kembali normal dari 3.72 mm/s menjadi 0.93 mm/s.

Kata kunci: *Bearing, Carbon Ring Seals, Turbin Uap, Vibrasi*

1. PENDAHULUAN

Oil pump steam turbine (OPST) merupakan komponen penting karena menjadi penggerak dari *main oil pump 32-K-101-P1*. *Main oil pump* ini digunakan untuk mengalirkan *lube oil* ke *main turbine* dan kompresor. Dilihat dari fungsinya kehandalan kerja dari OPST harus terjaga dengan baik. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kenaikan vibrasi yang berulang dalam waktu yang pendek. Walaupun terdapat standby oil pump yang digerakan oleh motor listrik yang diaktifkan apabila terjadi kerusakan pada OPST tetapi kerusakan ini mengakibatkan kerugian karena motor listrik tersebut membutuhkan daya yang besar yaitu 22 kW dan jika terjadi pemadaman listrik dapat mengakibatkan penghentian proses produksi [1].



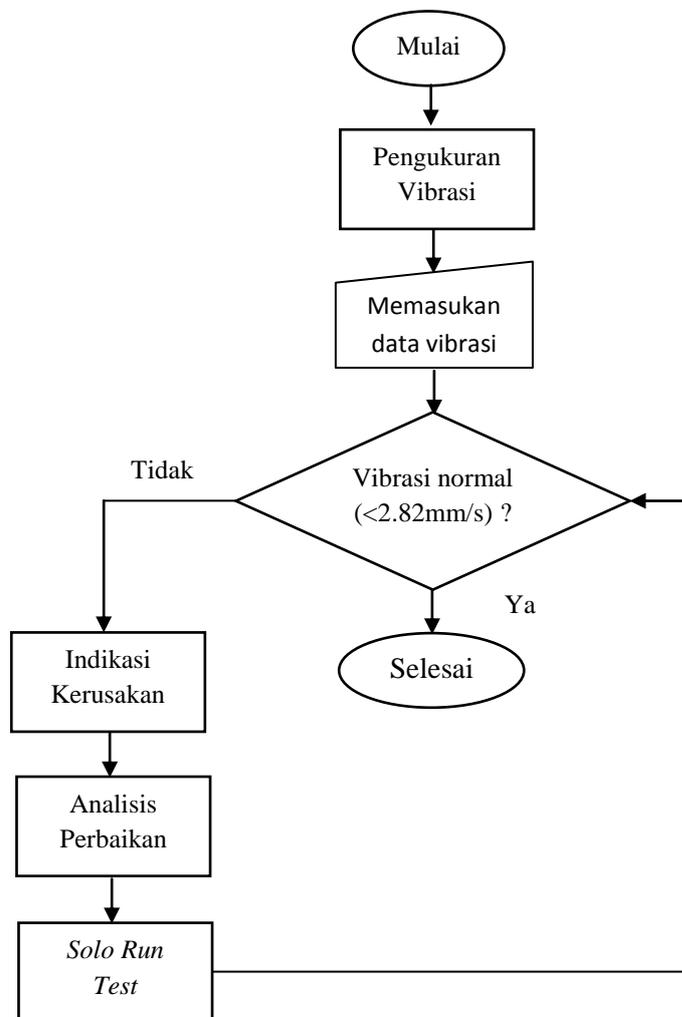
Gambar 1. *Oil Pump Steam Turbine.*

Pada Gambar 1 terlihat oli pada *constant level sight-feed oiler* sudah keruh. Keruhnya oli tersebut bisa disebabkan masuknya uap ke *oil chamber* atau bocornya *water cooling jacket* sehingga air pendingin oli masuk ke *oil chamber*. Tidak hanya oli yang keruh, indikasi kerusakan juga terjadi karena adanya kenaikan vibrasi dari batas *alert high* (2.82 mm/s). Pengukuran vibrasi dilakukan menggunakan alat ukur VIBXpert II dan selanjutnya data vibrasi tersebut diproses untuk mencari trending vibrasi dan spektrum dengan menggunakan software Omnitrend sehingga

dapat diketahui penyebab terjadinya kenaikan vibrasi tersebut. Terdapat banyak kemungkinan terjadinya kerusakan pada OPST, maka dari itu dibutuhkan penelitian ini sehingga dapat diketahui penyebab kerusakan OPST dan metode perbaikan yang tepat guna dalam memperbaiki dan mencegah terjadinya kerusakan yang berulang pada *oil pump steam turbine*.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian dijelaskan pada diagram alir di Gambar 2 dibawah ini yang terdiri dari langkah – langkah kerja sampai pada menyelesaikan penelitian.



Gambar 2. Diagram alir metodologi.

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara *monitoring* kondisi OPST secara rutin yaitu pengukuran kecepatan poros OPST, melihat kondisi *lube oil*, dan pengukuran vibrasi. Jika vibrasi tersebut melebihi batas alert high (2.82 mm/s) data vibrasi tersebut diolah dengan software Omnitrend untuk melakukan analisis trending spektrum. selanjutnya menentukan frekuensi kerusakan *bearing* dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan frekuensi kerusakan *bearing*. Apabila hasil perhitungan menggunakan persamaan frekuensi kerusakan *bearing* berada pada kisaran $N -10$ sampai dengan $N +10$ yang nilainya disesuaikan dengan amplitudo spektrum maka *bearing* tersebut dapat dikatakan rusak sesuai dengan kategorinya [2]. Setelah diketahui kerusakan dilakukan analisis perbaikan dengan mengganti atau memperbaiki dan komponen yang rusak. Setelah selesai dilakukan perbaikan, dilakukan pengujian *Solo Run Test* untuk mengetahui nilai vibrasi OPST setelah perbaikan. Jika dibawah *alert high* penelitian dianggap selesai dan benar.

2.1. Analisis Trending Spektrum Vibrasi

Yang dimaksud dengan trending spektrum disini adalah usaha menemukan masalah dan penyebabnya dengan mengkaji pola perbandingan besarnya amplitudo vibrasi pada semua frekuensi yang mungkin terjadi. Analisis ini

digunakan untuk mendiagnosis sumber penyebab dominan vibrasi dari suatu mesin dan nantinya disesuaikan dengan Tabel 1. Pengukuran spektrum vibrasi ini biasanya dilakukan jika nilai vibrasi overall sudah relatif tinggi [2].

Tabel 1. Frekuensi Vibrasi dan Penyebabnya

Frekuensi dalam bentuk RPM	Penyebab
1x RPM	<i>Un-balance</i> <i>Excessive Bearing Clearance</i>
2x RPM	<i>Mechanical Looseness</i>
3x RPM	<i>Misalignment</i>
<i>Less than 1x RPM</i>	<i>Oil Whirl (<1/2 RPM)</i>
<i>Synchronous (A.C.Line Frequency)</i>	<i>Electrical Problems</i>
<i>2x Synchronous Frequency</i>	<i>Torque Pulses</i>
<i>Many times RPM (Harmonically Related Freq.)</i>	<i>Bad Gears</i> <i>Aerodinamic Forces.</i>
<i>High Frequency (Not Harmonically Related</i>	<i>Bad Anti-Friction Bearings</i>

2.2. Analisis Perhitungan Frekuensi Kerusakan Bearing

Untuk menentukan kerusakan di bagian apa pada suatu bearing, maka perlu dilakukan perhitungan frekuensi kerusakan bearing yang selanjutnya disesuaikan dengan trending spektrum vibrasi. Adapun rumus yang digunakan adalah persamaan 1 - 4 [3].

$$BPFO = \left(\frac{Nb}{2}\right)\left(\frac{S}{60}\right)\left(1 - \frac{B_d \cos\theta}{P_d}\right) \tag{1}$$

$$BPFI = \left(\frac{Nb}{2}\right)\left(\frac{S}{60}\right)\left(1 + \frac{B_d \cos\theta}{P_d}\right) \tag{2}$$

$$FTF = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{S}{60}\right)\left(1 - \frac{B_d \cos\theta}{P_d}\right) \tag{3}$$

$$BSF = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{S}{60}\right)\left(\frac{P_d}{B_d}\right)\left(1 - \frac{B_d \cos\theta}{P_d}\right)^2 \tag{4}$$

dimana:

BPFO : *Ball Pass Frequency of Outer Race* (Hz)

BPFI : *Ball Pass Frequency of Inner Race* (Hz)

FTF : *Fundamental Train Frequency* (Hz)

BSF : *Ball Pass Frequency* (Hz)

Nb : *Number of balls*

S : *Speed of rotor* (RPM)

Bd : *Ball diameter* (mm)

Pd : *Pitch diameter* (mm)

θ : *Contact angle* (°)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini akan ditampilkan hasil analisis – analisis yang digunakan dalam mencari indikasi kerusakan yang terjadi pada *Oil pump steam turbine* (OPST).

3.1. Pengambilan Data Vibrasi dan Analisis Trending Spektrum

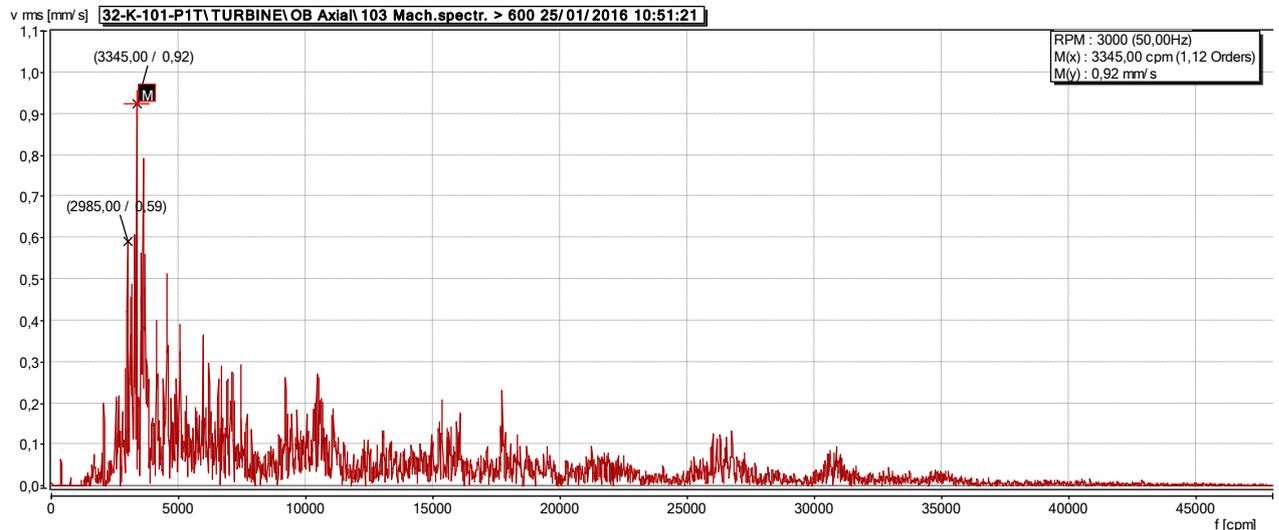
Data operasi yang digunakan untuk memulai analisis kerusakan pada turbin uap 32-K-101-P1-T adalah data vibrasi pada bearing outboard dan inboard dari tanggal 3 November 2015 – 25 Januari 2016. Alert high dari nilai vibrasinya adalah 2.82 mm/s dan danger high nilai vibrasinya adalah 7.07 mm/s. seperti dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Vibrasi Oil Pump Steam Turbine

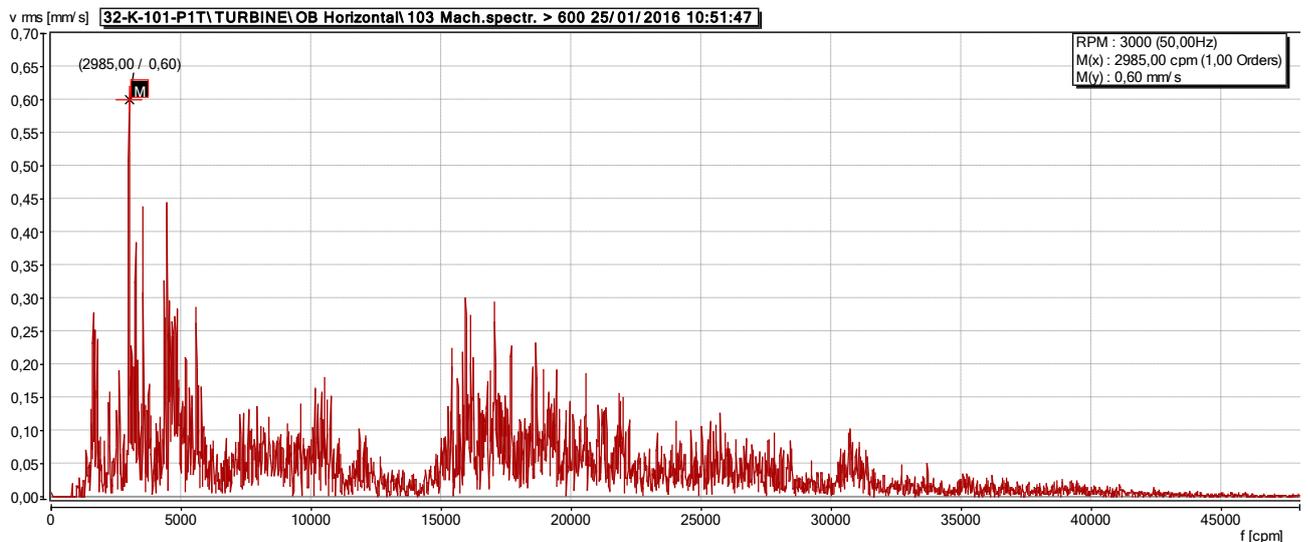
Pengukuran	25/1/2016	14/1/2016	31/12/2016	17/12/2015	19/11/2015	03/11/2015
TRB-OB-A	3.72	1.36	1.38	1.78	1.67	2.05
TRB-OB-H	4.81	1.17	2.15	2.38	1.56	3.67
TRB-OB-V	5.02	2.54	2.77	2.91	2.76	2.65
TRB-IB-A	3.82	-	-	-	-	-

TRB-IB-H	3.97	2.90	1.8	2.11	1.74	2.95
TRB-IB-V	4.15	2.42	2.72	2.65	2.59	2.6
PMP-OB-A	-	0.75	0.7	0.65	0.73	0.53
PMP-OB-H	-	0.27	0.3	0.33	0.37	0.37
PMP-OB-A	-	0.75	0.96	0.63	0.88	0.73
PMP-IB-A	-	0.66	0.7	0.68	0.67	0.67
PMP-IB-H	-	0.77	0.36	0.33	0.9	0.81
PMP-IB-V	-	0.94	0.81	0.62	0.71	1.07
RPM	2950	2950	2950	2950	2950	2950
NOTE	Oil di Outboard Bearing keruh				Setelah pembersihan oli di Outboard dan Inboard	

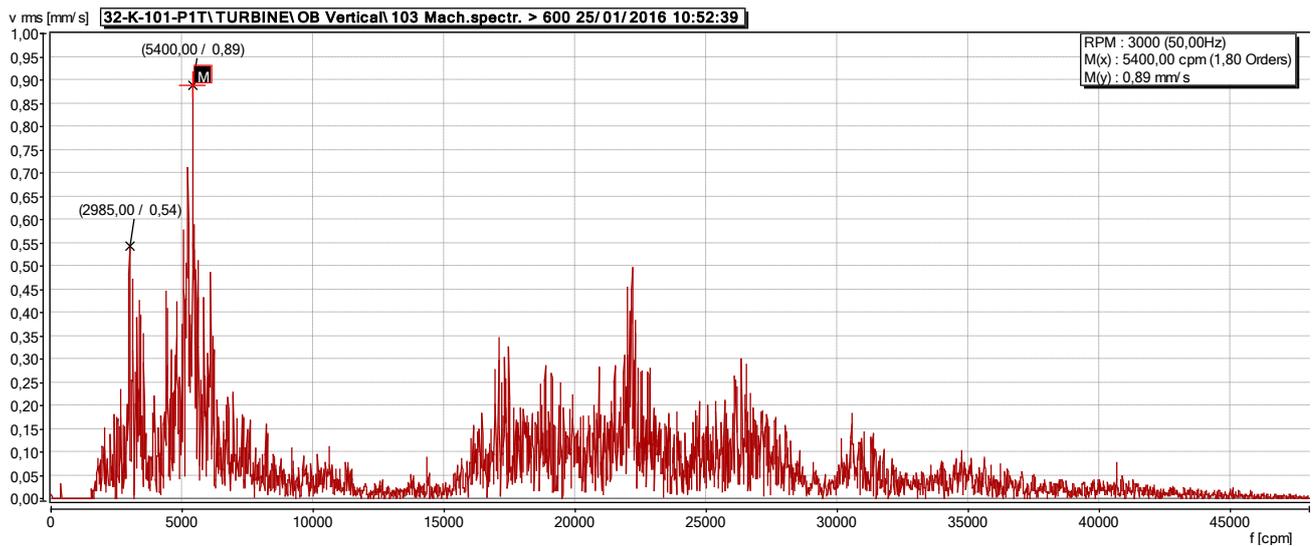
Dari data tersebut diketahui bahwa terjadi kenaikan vibrasi pada OPST. Dimana kenaikan tersebut melebihi batas *alert high* (2.82 mm/s). Selanjutnya data vibrasi diolah menggunakan software Omnitrend untuk mencari trending spektrum vibrasi. Yang dimaksud dengan analisis spektrum disini adalah usaha menemukan masalah dan penyebabnya dengan mengkaji pola perbandingan besarnya amplitudo vibrasi pada semua frekuensi yang mungkin terjadi. Adapun untuk gambar spektrum vibrasi yang merupakan hasil perubahan dari sinyal getaran ke sinyal elektrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



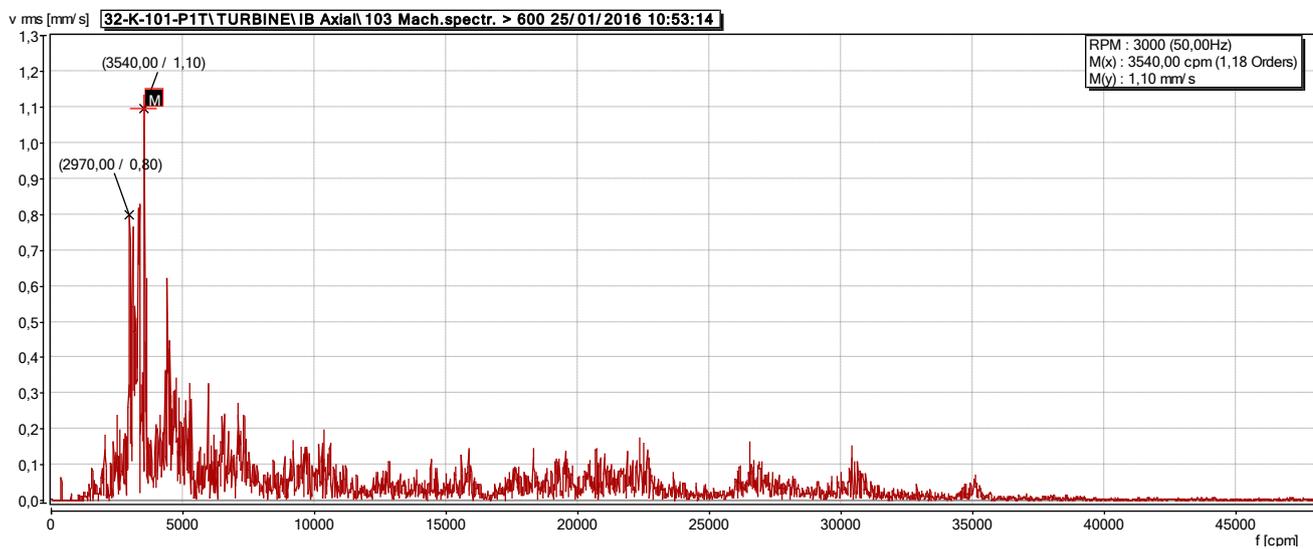
Gambar 3. Spektrum vibrasi pada posisi outboard aksial turbin 32-K-101-P1.



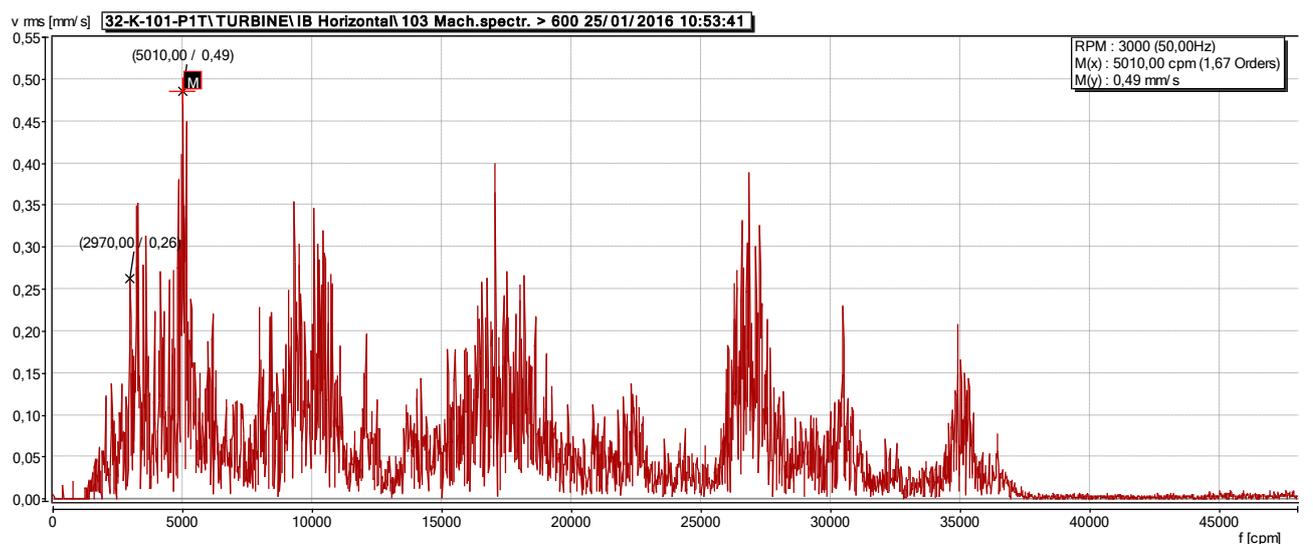
Gambar 4. Spektrum vibrasi pada posisi outboard horizontal turbin 32-K-101-P1.



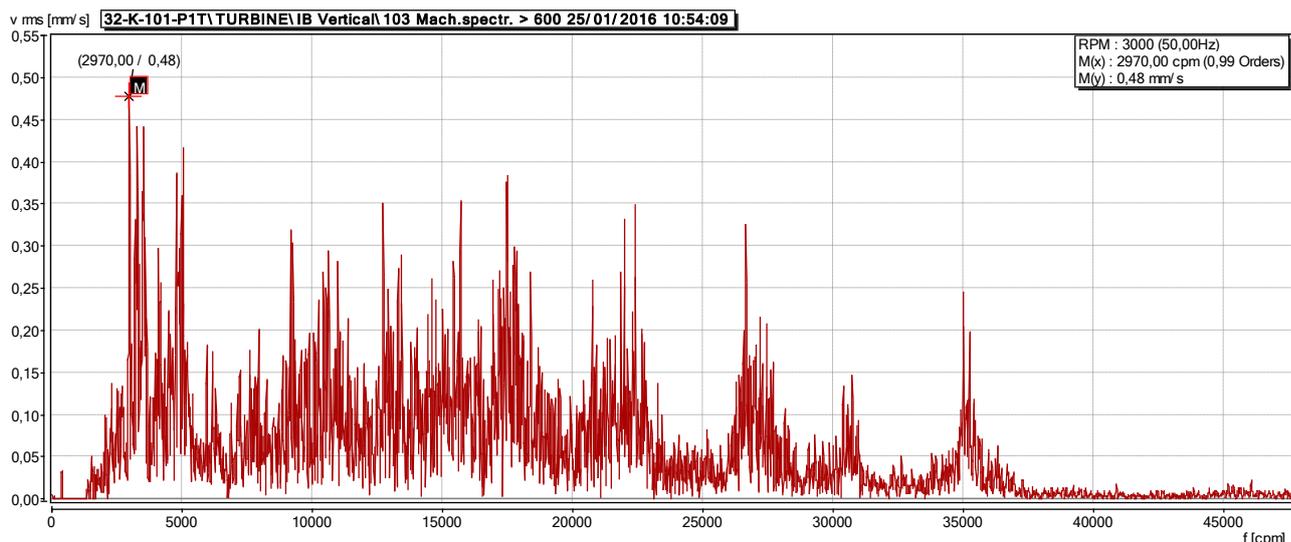
Gambar 5. Spektrum vibrasi pada posisi outboard vertikal turbin 32-K-101-P1.



Gambar 6. Spektrum vibrasi pada posisi inboard aksial turbin 32-K-101-P1.



Gambar 7. Spektrum vibrasi pada posisi inboard horizontal turbin 32-K-101-P1.



Gambar 8. Spektrum vibrasi pada posisi inboard vertikal turbin 32-K-101-P1.

Rata – rata peak (puncak spektrum) vibrasi dari gambar diatas terjadi pada 50 Hz (1 Hz = 1 siklus per detik) dan terdapat banyak noise. Karena motor juga berputar dengan kecepatan 50 Hz (3000 RPM/60) maka dapat dikatakan bahwa terjadi vibrasi 1x pada turbin uap 32-K-101-P1. Sesuai dengan tabel 1 maka terjadi *unbalance* atau *excessive clearance* pada *bearing*.

3.2. Perhitungan Frekuensi Kerusakan *Bearing*

Untuk menentukan kerusakan di suatu bagian pada *bearing*, maka perlu dilakukan perhitungan frekuensi kerusakan *bearing* yang selanjutnya disesuaikan dengan data spektrum vibrasi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 – 4. Jika pada hasil perhitungan menunjukkan nilai BPFO sama dengan amplitudo pada *spektrum* vibrasi maka terjadi kerusakan pada *outer ring Bearing*. Jika nilai BPFI sama dengan amplitudo pada *spektrum* vibrasi maka yang rusak adalah *inner ring bearing*. Jika nilai FTF sama dengan amplitudo pada *spektrum* vibrasi maka yang rusak adalah *cage ball bearing*. Jika nilai BSF sama dengan amplitudo pada *spektrum* vibrasi maka terjadi kerusakan pada *ball bearing* [4].

Adapun parameternya didapatkan dari katalog *bearing* skf 6307 NR/C3 dan *manual book* turbin uap. Dari katalog *bearing* skf 6307 NR/C3 didapatkan jumlah bola *bearing* 8 buah, diameter bola *bearing* 13,55 mm, diameter *pitch* 57,5 mm, dan sudut kontak sebesar 0°. dari *manual book* didapatkan nilai kecepatan rotor OPST sebesar 2950 rpm. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai BPFO 151.4 Hz, BPFI 241.92 Hz, FTF 18.93 Hz, dan BSF 60.92 Hz.

Jadi, setelah dilakukan perhitungan frekuensi kerusakan *bearing* dapat disimpulkan bahwa kerusakan *bearing* terletak pada *ball bearing* saja. karena nilai perhitungan BSF (60.92 Hz) berada dalam range 10% dari nilai rata – rata amplitudo trending *spektrum*. Karena bola *bearing* sudah dinyatakan rusak, maka *bearing* 6307 yang digunakan OPST pada penelitian kali ini harus diganti.

3.3. Indikasi Kerusakan

Setelah melakukan overhaul, didapatkan bahwa penyebab kerusakan *bearing* adalah oli yang keruh. Oli berubah menjadi lumpur karena tercampur air. Ada indikasi – indikasi yang menyebabkan keruhnya oli. Pertama adalah bocornya *water cooling jacket* dan kedua adalah *clearances* dari *carbon ring seal* yang membesar. Setelah melakukan percobaan *hydrottest*, didapatkan kesimpulan bahwa *water cooling jacket* tidak mengalami kebocoran. Dan pengujian terakhir adalah melakukan pengukuran *clearances* pada *carbon ring seals* dengan menggunakan *feeler* sebagai alat ukur. Setelah dilakukan pengukuran didapatkan ukuran diameter *clearances* pada *bearing* adalah 0.61 mm yang artinya adalah *clearances* tersebut melewati batas toleransi yaitu 0.120 mm – 0.145 mm.[1]

3.4. Analisis Perbaikan

Setelah dilakukan diagnosis kerusakan diambil langkah – langkah perbaikan untuk mengembalikan performa turbin uap 32-K-101-P1-T yaitu mengganti *bearing* inboard dan *bearing* outboard serta mengurangi diameter dalam dari *carbon ring seals* dengan cara *lapping split faces*.

4. KESIMPULAN

Melihat data yang diperoleh dari pengambilan data dan pembahasan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut bahwa kerusakan pada peralatan berputar, dalam hal ini kerusakan *bearing* pada *Oil pump steam turbine* (OPST) dapat dideteksi dengan bantuan *spektrum* vibrasi. Indikasi awal kerusakan *bearing*

ditandai dengan munculnya spektrum pada frekuensi ultrasonic dan lama-kelamaan akan menuju ke frekuensi rendah apabila *bearing* sudah masuk dalam kategori rusak.

Setelah dilakukan analisis trending spektrum vibrasi didapati hasil dari penyebab tingginya vibrasi OPST adalah rusaknya bola *bearing* di outboard dan inboard. Rusaknya *bearing* dikarenakan lube oil terkontaminasi karena tercampur oleh uap. Uap masuk ke oil chamber karena *clearances* pada carbon ring seals diatas batas toleransi sebesar 0.61 mm (vs max 0.120 – 0.145 mm). Setelah dilakukan perbaikan dengan cara laping split face carbon ring dan mengganti *bearing* outboard dan *bearing* inboard didapatkan vibrasi radial (horizontal dan vertikal) dan aksial pada saat solo run dibawah alert high (2.82 mm/s).

REFERENSI

- [1] Ebara Group. 2003. Manual Book Steam Turbine 32-K-101-P1-T. Elliott Turbomachinery Co, Inc.
- [2] Hardjono, R. N., Sukmadi T., Karnoto. 2013. Pemanfaatan Spektrum Vibrasi Untuk Mengindikasikan Kerusakan Motor Induksi Di Pltu Indramayu 3 X 330 MW. Transient Vol. 2. Universitas Diponegoro..
- [3] Graney, Brian P., Starry Ken. 2011. Rolling Element *Bearing* Analysis. ME Technical Paper. The American Society for Nondesdructive Testing Inc.
- [4] Juvinall, Robert, Marshek, Kurt. 2011. Fundamentals of Machine Components Design. John Wiley & Sons, Inc. University of Michigan.