

Deteksi kerusakan bearing SKF-3213 pada centrifugal feed pump dengan metode analisis getaran di PT. Pertamina Sungai Pakning

Syafri^{a,1}, Raihan Rahman Firdaus^a

^aJurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru, 28291

¹syafri@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Centrifugal feed pump (pompa sentrifugal) di PT. Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning merupakan alat yang cukup kritikal. Pompa ini digunakan untuk memindahkan fluida dari tangki crude oil ke crude distillation unit. Namun dalam pengoperasiannya pompa tersebut sering mengalami masalah, terutama pada bagian bearing, sehingga terkadang mengganggu distribusi crude oil. Untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah maka perlu dilakukan penelitian deteksi kerusakan pada bearing dengan metode analisis getaran. Alat yang digunakan untuk menganalisis getaran pada bearing pompa adalah SKF Microlog Analyzer GX. Pengujian getaran pada pompa dilakukan untuk mendapatkan data yang direpresentasikan dalam grafik spektrum getaran. Grafik hasil pengujian tersebut selanjutnya dianalisis dengan metode Fast Fourie Transform (FFT) sehingga sinyal getar dapat di ubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Dari hasil analisis sinyal getar ini kemudian dapat diketahui adanya indikasi defect pada bearing, terutama pada sisi driver end (DE). Kerusakan bearing pada pompa ini lebih lanjut dapat menyebabkan terjadinya kenaikan vibrasi hingga mencapai 23,388 gE yang berlokasi di titik 3P DE H-ENV. Kenaikan nilai vibrasi ini telah melampaui ambang batas alarm dan berada dalam kondisi bahaya, jika tidak segera ditangani, kerusakan ini dapat mempengaruhi umur dan produktivitas pompa dalam jangka waktu yang lama. Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan umur bearing secara teoritis dimana umur bearing aktual yang terpakai hanya sekitar 66% dari umur teoritis.

Keywords: Bearing, pompa, getaran, fast fourier transform, crude oil

Received 2 September 2024; **Presented** 2 Oktober 2024; **Publication** 20 Januari 2025;
DOI: 10.71452/590645

PENDAHULUAN

PT. Pertamina (Persero) RU II *Production* Sungai Pakning adalah unit yang menangani produksi minyak dan gas. Dalam pengoperasiannya unit ini banyak menggunakan rotating equipment seperti pompa seperti centrifugal feed pump 946-P-1B yang digunakan untuk mentransfer *crude feed* ke unit distilasi untuk dijadikan produk BBM. Pompa ini memiliki berat sekitar 3730 kg yang *disupport* oleh 4 *pcs bearing*. *Bearing* yang dipasang pada posisi *driver end* yang dekat kopling menggunakan jenis *bearing radial type angular contact ball bearing double row SKF (3213 A/C3)*.

Pompa feed pump merupakan peralatan yang vital dalam memproduksi minyak karena apabila pompa ini tidak beroperasi maka PT. Pertamina (Persero) RU II *Production* Sungai Pakning akan stop produksi. Oleh karena itu pompa ini harus dijaga performanya agar tiak mengalami masalah pada saat beroperasi. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menjaga kondisi pompa ini adalah dengan melakukan pemeliharaan secara berkala dalam bentuk condition monitoring, hal ini agar untuk menghindari kerusakan yang terjadi pada *equipment* tersebut. Terkadang walaupun sudah dilakukan monitoring

secara berkala namun terjadinya kegagalan fungsi pada pompa masih bisa terjadi yang disebabkan oleh beberapa faktor [1].

Kegiatan condition monitoring yang dilakukan pada feed pump adalah pengecekan dan analisis vibrasi secara berkala untuk mengetahui kelayakan *equipment* tersebut saat pompa tersebut beroperasi. Kegiatan analisis vibrasi juga dilakukan untuk memprediksi level getaran pada pompa yang sedang beroperasi apakah masih berada dibatas aman atau sudah melewati batas alarm serta untuk mengetahui kemungkinan cacat pada komponen yang menjadi sumber getarannya. [2]

Getaran pada pompa merupakan gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran juga merupakan gerakan secara *continuous, periodic*, dan *random* yang melewati garis referensinya baik ke atas-bawah atau kanan-kiri [3]. Getaran pada pompa umumnya disebabkan oleh kesalahan dalam proses pemasangan, struktur pompa, dan kesalahan mekanis dan kerusakan komponen tertentu [4]

Pada dasarnya, mode putar pada pompa akan menyebabkan timbulnya getaran, dimana getaran tersebut apabila melewati ambang batas normal dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa salah satunya adalah *bearing*. Kerusakan pada bearing hanya dapat dikataui melalui analisis tertentu

karena bearing bekerja pada putaran dan frekuensi yang tinggi sehingga tidak bisa dideteksi lagi oleh indra manusia [5]. Analisis tersebut dapat berupa analisis sinyal getar untuk mendeteksi kerusakan pada *bearing* yang dihasilkan oleh pompa pada saat beroperasi.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menganalisis sinyal getar pada pompa adalah SKF Microlog Analyzer GX yang bekerja menggunakan metode *fast fourier transform* (FFT). Alat ini kemudian mengubah sinyal getar dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Alat ini juga memiliki sensor berupa *accelerometer* yang berfungsi menangkap sinyal getar yang kemudian diolah secara FFT sehingga dapat diketahui masalah atau gangguan yang terjadi pada pompa tersebut. Berdasarkan hasil analisis getaran maka dapat dibandingkan umur pekaian bearing. Jika umur aktual bearing sudah mendekati umur teoritis maka direkomendasikan untuk melakukan pergantian bearing agar tidak terjadi kegagalan bearing pada saat pompa beroperasi di lapangan.

METODOLOGI

1. Centrifugal feed pump

Pompa centrifugal feed pump diperlihatkan pada gambar 1 dengan name tag 3P DE H-ENV dan spesifikasi sebagai berikut ini

- Minimum Flow : 100 m³/h
- Capacity : 350 m³/h
- Discharge Press Max : 30 Kg/cm²
- NPSHA : 8,4 m
- NPSHR : 4,5 m
- Max Head : 2516 m
- Daya Motor : 320 KW
- Speed : 2650 RPM



Gambar 1. Centrifugal feed pump

2. SKF Microlog Analyzer GX

Alat ukur yang digunakan untuk menganalisis getaran centrifugal feed pump adalah SKF Microlog Analyzer GX seperti pada gambar 2. Alat ini memiliki spesifikasi yang ditampilkan oleh gambar 3



Gambar 2. SKF Microlog Analyzer GX

System, data processing and storage	
Operating system:	Microsoft Windows Embedded CE 6.0
Processor:	Marvell PXA320 806 MH
DSP:	Freescale DSP56311
Internal RAM:	<ul style="list-style-type: none"> • 128 MB DDR SDRAM • 128 MB NAND Flash
Internal storage:	120 MB (capable of storing approximately 4 000 spectra)
SD card:	Can support up to 16 GB
Communication:	USB
User indicator:	Blue, green, amber and red LED's

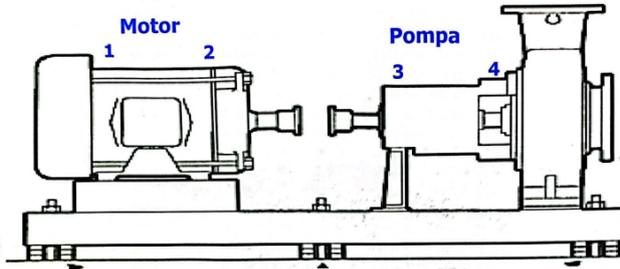
Gambar 3. Spesifikasi SKF Microlog Analyzer GX [6]

3. Prosedur pengukuran getaran

Prosedur pengambilan data vibrasi pada feed pump 946-P-1B adalah sebagai berikut

1. Pengambilan data ini dilakukan dengan cara menepelkan sensor pada *bearing housing*.
2. Terdapat ketentuan dalam pengambilan data seperti pada gambar 4, pada *bearing* dengan jenis NDE (*non driver end*) yaitu bernomor 1 dan 4 dilakukan posisi pengukuran hanya horizontal dan vertikal, sedangkan *bearing* dengan jenis DE (*driver end*) bernomor 2 dan 3 posisi pengukuran dilakukan secara horizontal, vertikal dan aksial. Pengujian ini terfokus pada *bearing* yang terletak pada angka 3 dengan jenis *double row contact ball bearing* 3213 A/C3.

- Untuk pengambilan data pengujian yang pertama dilakukan berdasarkan pada bearing di motor yang dinotasikan angka 1 dengan jenis bearing NDE (*non driver end*).



Gambar 4. Posisi Pengambilan Data Vibrasi

- Selanjutnya pengambilan data dilakukan pada bearing bernomor 2 bearing berjenis DE (*driver end*) terletak di motor.
- Tahap berikutnya, pengambilan data pada pompa dengan bearing berjenis DE (*driver end*) yang dinotasikan pada angka 3.
- Pengambilan data dilanjutkan pada bearing bernomor 4 berjenis NDE (*non driver end*) terletak di pompa.
- Setelah pengujian dilakukan, hasil dalam bentuk spektrum dapat dilihat pada tampilan LCD SKF *Microlog Analyzer GX*.
- Data yang tadinya disimpan di analyzer kemudian di upload atau ditransfer ke software SKF *@plitude* untuk menganalisis lebih lanjut terkait data pengukuran getaran. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel.

4. Perhitungan frekuensi kerusakan bearing

Bearing memiliki frekuensi kerusakan yang berbeda-beda berdasarkan pada masing-masing kodenya. Pada laporan kerja praktik ini akan dihitung frekuensi kerusakan pada bearing SKF 3213 A/C3.

- Menghitung *ball pass frequency inner* (BPFI) Frekuensi eksitasi impuls yang timbul akibat keberadaan cacat lokal pada lintasan dalam bantalan dikenal dengan istilah *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI), yang dapat dihitung dengan:

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

$$BPFI = \frac{11}{2} \times 1 \text{ order} \times \left(1 + \frac{15,88 \text{ mm}}{93,5 \text{ mm}} \times \cos 30^\circ\right)$$

$$BPFI = 5,64 \text{ order}$$

jika 1 order = 1 x rpm atau 1 x $\frac{rpm}{60}$ (Hz), maka

$$\text{Frekuensi BPFI dalam (Hz)} = 5,64 \times 49,16 \text{ Hz} = 277,26 \text{ Hz}$$

- Menghitung *ball pass frequency inner* (BPFI) Frekuensi eksitasi impuls yang muncul sebagai akibat dari keberadaan cacat lokal pada lintasan luar bantalan disebut *Ball Pass Frequency Outer* (BPFO). Ini adalah istilah yang digunakan dalam analisis bantalan untuk menggambarkan frekuensi di mana bola bantalan melewati cacat pada lintasan luar bantalan. Frekuensi ini dapat dihitung dengan

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

$$BPFO = \frac{11}{2} \times 1 \text{ order} \times \left(1 - \frac{15,88 \text{ mm}}{93,5 \text{ mm}} \times \cos 30^\circ\right)$$

$$BPFO = 5,36 \text{ order}$$

jika 1 order = 1 x rpm atau 1 x $\frac{rpm}{60}$ (Hz)

$$\text{Frekuensi BPFO dalam (Hz)} = 5,36 \times 49,16 \text{ Hz} = 263,49 \text{ Hz}$$

- Menghitung *ball spin frequency* (BSF) Jika bola bearing mengalami cacat, maka frekuensi impuls yang muncul disebut *Ball Spin Frequency* (BSF). BSF adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan frekuensi di mana bola bearing berputar atau bergerak akibat cacatnya. Besarnya BSF dapat dihitung dengan

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

$$BSF = \frac{93,5 \text{ mm}}{2 \times 15,88 \text{ mm}} \times 1 \text{ order} \times \left(1 - \frac{15,88 \text{ mm}}{93,5 \text{ mm}} \times \cos 30^\circ\right)^2$$

$$BSF = 3,38 \text{ order}$$

jika 1 order = 1 x rpm atau 1 x $\frac{rpm}{60}$ (Hz)

$$\text{Frekuensi BSF dalam (Hz)} = 3,38 \times 49,16 \text{ Hz} = 166,16 \text{ Hz}$$

5. Perhitungan umur bearing secara teoritis

Perhitungan umur bearing secara teoritis dilakukan menurut persamaan berikut ini

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{P \times n}\right) \times Nc$$

$$P = X \cdot Fr + Y_2 \times Fa$$

$$P = 0,63 \times 4,5 \text{ kN} + 1,24 \times 4,5 \text{ kN}$$

$$P = 2,835 + 5,58$$

$$P = 8,41 \text{ kN}$$

$$= \left(\frac{10^6}{8,41 \text{ kN} \times 2950 \text{ Rpm}}\right) \times 277,974,048 \text{ rev}$$

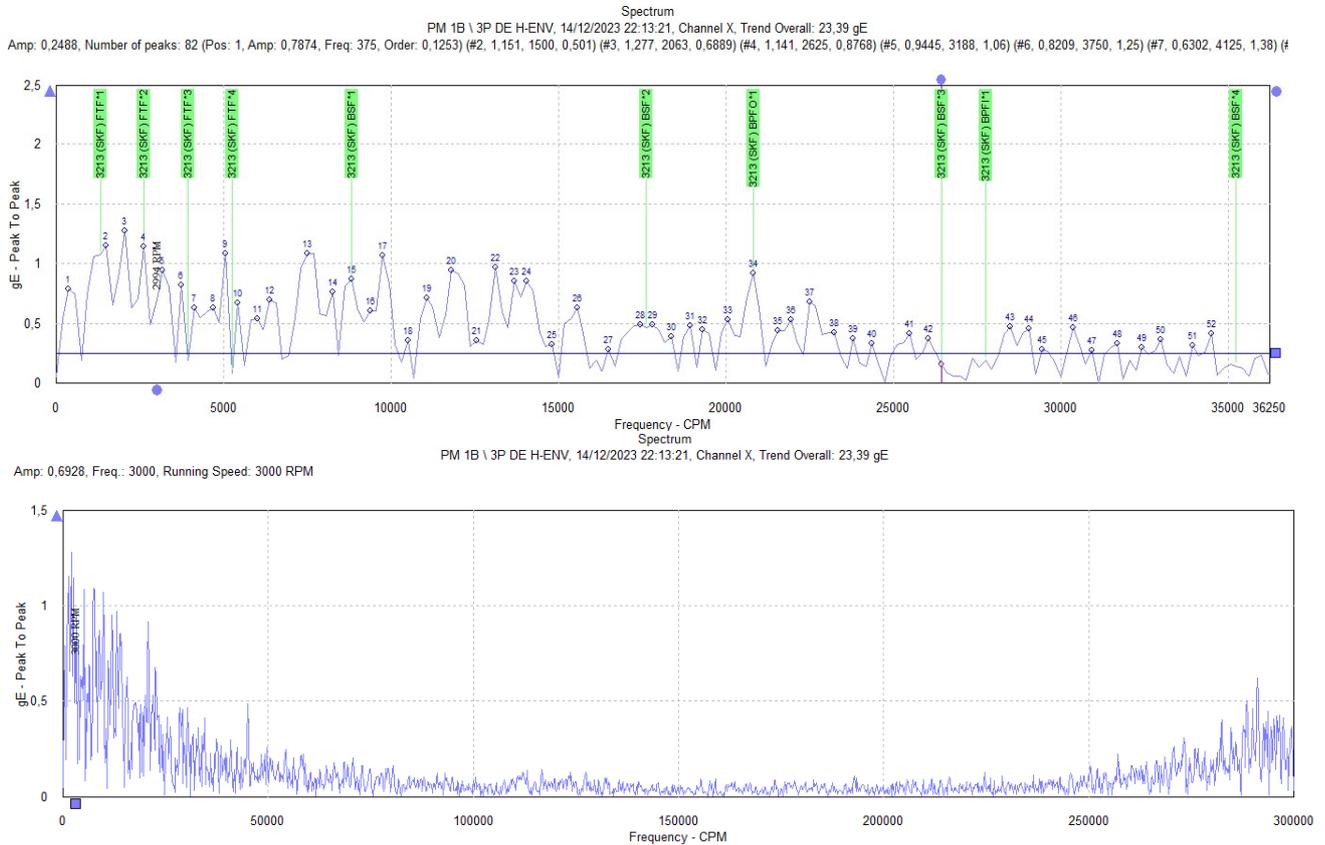
$$= 7850 \text{ jam}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pengukuran getaran

Pengukuran getaran pada Pompa centrifugal feed pump dilakukan secara regular, berikut diperlihatkan salah satu hasil pengukuran yang dilakukan pada

tanggal 14 Desember 2023 seperti yang terlihat pada gambar 5 berikut ini



Gambar 5 Spektrum pengukuran getaran Pada Sisi 3P DE H-ENV

Data hasil pengukuran getaran lalu diolah dengan software SKF aptitude untuk menganalisis lebih lanjut sehingga diperoleh data hasil pengukuran getaran pompa seperti pada table 1 berikut ini

Tabel 1 Hasil pengukuran getaran pompa

Pump Name Tag	Last Value (gE)	Date/Time	% Change
3P DE V-VEL	3,119	14/12/2023	32,9
3P DE H-VEL	2,682	14/12/2023	24,9
3P DE H-ENV	23,388	14/12/2023	446
3P DE H-ACC	2,055	14/12/2023	16,0
3P DE A-VEL	3,776	14/12/2023	-20,7
4P NDE V-VEL	1,688	14/12/2023	2,58
4P NDE H-VEL	2,433	14/12/2023	5,27
4PNDE H-ENV	5,166	14/12/2023	10,7

2. Indikasi kerusakan pada bearing pompa

Data dari garfik pada gambar 5 serta data dari table 1 dapat diketahui bahwa pompa mengalami kenaikan vibrasi hingga nilai 23,388 gE. Nilai tersebut melebihi ambang batas alarm 10 gE dan ambang batas danger 15gE. Nilai vibrasi 23,38 gE ini mengindikasikan bahwa ada defect pada bearing pompa di sisi DE. Kerusakan pada bearing langsung diketahui melalui kode ENV karena kode tersebut digunakan untuk pengukuran vibrasi yang dikhususkan pada bearing. Indikasi kerusakan bearing ini juga sesuai dengan puncak spectrum pada Frekuensi 1x BSF, 1x BPFO, 2x FTF.

Indikasi kerusakan bearing juga bisa dideteksi karena terdapat juga rembesan lube oil dari deflector bearing housing DE outboard dan level lube oil yang kurang. Saat pengecekan di lapangan, ditemukan bahwa bearing mengalami heavy damage dan oil baffle mengakibatkan heavy wear. Sehingga jika dibiarkan, maka kerusakan ini dapat mengurangi umur dari

pompa dan juga mengganggu produktivitas pompa selama proses produksi

Beberapa penyebab terjadinya defect pada bearing adalah pelumasan yang tidak memadai. Ketika pelumasan tidak cukup atau tidak sesuai, gesekan berlebihan dapat terjadi antara bola pada bearing dengan permukaan inner dan outer ring nya seperti pada gambar 6. Akibatnya, terjadi keausan berlebihan yang menyebabkan kegagalan bearing. Selain itu, pemasangan bearing yang tidak tepat juga bisa menjadi penyebab masalah pada bearing. Ketidakstabilan, gesekan berlebih, atau penyesuaian yang buruk dapat terjadi akibat pemasangan yang tidak benar, sehingga mempercepat terjadinya keausan bearing hingga menyebabkan kegagalan. Selain itu, kontaminasi juga dapat mengganggu kinerja bearing. Debu, kotoran, air, atau partikel asing lainnya yang masuk ke dalam bearing dapat merusak permukaannya, menyebabkan keausan atau kerusakan yang cepat. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan faktor-faktor ini guna memperpanjang umur pakai bearing serta menjaga kinerjanya secara optimal.



Gambar 6. Defect pada Outer dan Inner Bearing centrifugal feed pump

3. Solusi kegagalan pada bearing pompa

Untuk memastikan kinerja optimal sistem pelumasan, langkah-langkah perawatan yang teratur sangat diperlukan. Pertama, penting untuk memeriksa dan memastikan bahwa sistem pelumasan memberikan jumlah pelumas yang memadai ke bearing. Pemeriksaan rutin terhadap tingkat pelumas harus dilakukan, dan jika diperlukan, pelumas harus diganti sesuai dengan jadwal perawatan yang direkomendasikan. Selanjutnya, implementasikan sistem pemantauan kondisi yang dapat memantau suhu, getaran, dan kebisingan bearing secara terus-menerus. Ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah sebelum kegagalan terjadi. Selain itu, pastikan bearing dipasang dengan benar sesuai

petunjuk pemasangan produsen dan pompa terpasang secara stabil tanpa mengalami getaran berlebihan. Penggantian bearing harus dilakukan secara berkala sesuai jadwal perawatan yang direkomendasikan, tanpa menunda-nunda penggantian jika sudah aus atau menunjukkan tanda-tanda keausan. Penting juga untuk memastikan bahwa pompa dioperasikan dalam parameter yang sesuai, termasuk beban dan kecepatan yang optimal, serta menghindari beban berlebih atau operasi di luar spesifikasi desain pompa. Terakhir, lakukan perawatan preventif secara teratur, termasuk pemeriksaan rutin, pemeliharaan pelumasan, dan penggantian komponen yang aus atau rusak untuk memastikan sistem beroperasi secara efisien dan dapat diandalkan.

4. Pergantian bearing centrifugal feed pump

Untuk memastikan keberlangsungan proses produksi minyak dan gas pada PT. Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning maka kegagalan bearing yang terjadi pada centrifugal feed pump harus segera ditangani yaitu dilakukan pergantian bearing *double row contact ball bearing 3213 A/C3* dengan spare part yang baru. Setelah dilakukan pergantian maka pompa sudah dapat dioperasikan kembali dan proses produksi minyak dan gas dapat dilanjutkan kembali. Pergantian bearing ini sebenarnya dilakukan secara regular sesuai dengan data pada table 2 berikut ini

Tabel 2 Daftar pergantian bearing DE centrifugal feed pump

Created	Description	Equipment	Material
23-12-23	946-P-1A/B	3P DE H-ENV	Bearing DE
15-12-22	Perbaikan Pompa 946-P-1B	3P DE H-ENV	Bearing DE
05-09-21	Harap dicek/Perbaiki 946-P-1-B-ITY	3P DE H-ENV	Bearing DE
03-03-21	Perbaikan Pompa 946-P-1B ITY	3P DE H-ENV	Bearing DE
16-03-20	Harap dicek/Perbaiki 946-P-1-B-ITY	3P DE H-ENV	Bearing DE

Berdasarkan data pada table 2 terjadi pergantian bearing DE 3213 A/C3 sebanyak 5 kali dari tanggal 16/03/2020 hingga 23/12/2023 dengan rata-rata

selisih waktu pergantian yaitu 5,256 jam pada kondisi operasi putaran pompa 2950 Rpm, hal ini mengindikasikan bahwa umur bearing aktual rata-rata hanya sekitar 66% dari umur teoritis bearing tersebut.

Setelah dilakukan pergantian bearing, maka dilakukan dua kali monitoring terhadap kondisi centrifugal feed pump yaitu pemeriksaan tanggal 3 dan 6 Januari 2024. Hasil kedua pemeriksaan tersebut disajikan pada table 3 dan table 4 berikut ini

Tabel 3 Hasil pengukuran getaran pompa tgl 3 januari 2024

Pump Name Tag	Last Value (gE)	Date/Time	% Change
3P DE V-VEL	2,517	03/01/2024	49,9
3P DE H-VEL	3,240	03/01/2024	11,3
3P DE H-ENV	4,509	03/01/2024	46,2
3P DE H-ACC	0,932	03/01/2024	58,4
3P DE A-VEL	2,576	03/01/2024	-56,7
4P NDE V-VEL	2,588	03/01/2024	27,9
4P NDE H-VEL	2,733	03/01/2024	4,27
4PNDE H-ENV	5,266	03/01/2024	2,7

Tabel 4 Hasil pengukuran getaran pompa tgl 3 januari 2024

Pump Name Tag	Last Value (gE)	Date/Time	% Change
3P DE V-VEL	4,219	06/01/2024	69
3P DE H-VEL	2,282	06/01/2024	30,9
3P DE H-ENV	5,488	06/01/2024	21,6
3P DE H-ACC	0,855	06/01/2024	8,2
3P DE A-VEL	1,876	06/01/2024	5,43
4P NDE V-VEL	2,688	06/01/2024	18,58
4P NDE H-VEL	2,833	06/01/2024	3,67
4PNDE H-ENV	5,566	06/01/2024	5,43

Dari data vibrasi hasil pengukuran tanggal 3 dan 6 januari 2024 maka dapat dilihat bawa kondisi Pompa Feed **3P DE H-ENV** sudah berada dalam kondisi aman, dimana pada semua titik pengecekan nilai vibrasi diperoleh tertinggi sebesar 4,509 gE dan 5,488 gE. Dengan demikian pompa tersebut sudah siap dioperasikan kembali untuk kegiatan produksi di Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning. Untuk menghindari terjadinya kerusakan kembali pada pompa tersebut maka perlu dilakukannya pengecekan vibrasi secara berkala

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dilakukan monitoring secara berkala terhadap centrifugal feed pump menggunakan SKF Microlog Analyzer GX
2. Hasil pengukuran getaran pompa pada 15 Desember 2023 mengindikasikan bahwa telah terjadi kerusakan bearing pompa pada posisi 3P DE H-ENV dengan indikasi nilai getaran sebesar 23,388 gE yang melewati ambang batas aman. Karena alasan operasional maka beraing yang rusak dilakukan pergantian
3. Dari hasil analisis, maka diperoleh perbandingan umur aktual jam operasi VS umur teori jam operasi, dimana umur bearing yang terpakai secara optimal hanya sebesar 66% dari umur teoritisnya
4. Setelah dilakukan pergantian bearing, maka hasil pemeriksaan pada tanggal 3 dan 6 januari 2024 menyatakan kondisi pompa dalam kondisi aman dan siap digunakan untuk proses produksi minyak dan gas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariady, S. (2014, Januari). Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101c Wtu Sungai Gerong PT. Pertamina RU III Plaju. Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 2, No. 1, Januari 2014, 29-42.
- [2] Bagus, S., & Sufiyanto. (2013). "Metode Vibration Analysis Dalam Aplikasi Perawatan Mesin." Transmisi, vol. 9, no. 2, pp. 921-930
- [3] Taylor, J. I. "The Vibration Analysis Handbook." Time, p. 345, 2003,[Online]. Available: <http://www.amazon.com/dp/0964051729>.
- [4] Busono, P. (2021) "Analisa Penyebab Terjadinya Vibrasi Pompa Sistem Pendingin Sekunder Pa-02 Ap001." Reakt. Bul. Pengelolaan Reakt. Nukl., vol. 18, no. 1, p. 40, doi: 10.17146/bprn.2021.18.1.6276.
- [5] Rianto, E. (2016) "Vibration Analisis To Detection the Failure of Steam Turbine Ubb Victory Iii At Pt. Petrokimia Gresik." pp. 21-22.
- [6] SKF Microlog Analyzer GX, portable data collector and FFT analyzer - Your Key To Longer Service Life, 2003.