

Analisis Kondisi Pompa Sentrifugal Berdasarkan Getaran Untuk Mencegah Kegagalan Pompa di Kilang Migas Cepu

Ahmad Bagus Fitrian¹⁾, Kundori^{2)*}

^{1,2)}Universitas Maritim AMNI

Jl. Soekarno Hatta No.180, Palebon, Kec. Pedurungan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50246

email: kundori.jaken@gmail.com

Abstrak

Pompa sentrifugal di Kilang PPSDM Migas berperan krusial dalam proses pemindahan fluida secara kontinu. Namun, komponen ini rentan mengalami berbagai permasalahan, seperti misalignment, keausan bantalan, dan ketidakseimbangan, yang dapat menyebabkan kerusakan serius hingga menyebabkan downtime produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi pompa sentrifugal P100/3 dengan metode pemantauan berbasis data getaran. Pengukuran dilakukan menggunakan vibration meter dengan mengacu pada standar International Organization for Standardization (ISO) 10816-3 mengenai klasifikasi mesin. Data getaran dikumpulkan dari tiga sumbu utama (aksial, horizontal, dan emperat) selama empat hari untuk mendapatkan emperat pola getaran serta indikasi potensi kegagalan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada titik Non-Drive End (NDE) 1, rata-rata getaran mencapai 7,15 mm/s, yang masuk dalam zona D (bahaya), sehingga diperlukan emperat perawatan segera. Sementara itu, titik Drive End (DE) 2, DE 3, dan NDE 4 berada di zona B, yang masih dalam kategori aman, tetapi tetap membutuhkan pemantauan berkala. Selain itu, analisis emperature menunjukkan adanya kenaikan suhu motor dan pompa dari 12 hingga 16 Agustus, yang meskipun masih dalam batas wajar, berpotensi menyebabkan overheating jika tidak diantisipasi. Berdasarkan temuan ini, disimpulkan bahwa pompa P100/3 memerlukan pemeliharaan segera pada titik NDE 1, sementara pompa P100/1 masih berada dalam kondisi aman. Rekomendasi perawatan dan pemantauan lanjutan diberikan untuk mencegah potensi kerusakan lebih lanjut dan memastikan keberlanjutan operasional kilang secara optimal.

Kata Kunci: Condition Monitoring, Kilang Migas, Pompa Sentrifugal, Vibrasi

Abstract

Centrifugal pumps at the PPSDM Migas Refinery play a crucial role in the continuous fluid transfer process. However, these components are prone to various problems, such as misalignment, bearing wear, and imbalance, which can cause serious damage to production downtime. This research aims to analyze the condition of the P100/3 centrifugal pump with a vibration data-based monitoring method. Measurements were taken using a vibration meter with reference to the International Organization for Standardization (ISO) 10816-3 standard on machine classification. Vibration data was collected from three main axes (axial, horizontal, and overhang) for four days to obtain the vibration pattern overhang as well as an indication of potential failures. The measurement results showed that at Non-Drive End (NDE) point 1, the average vibration reached 7.15 mm/s, which is included in zone D (danger), so immediate maintenance is required. Meanwhile, the Drive End (DE) 2, DE 3, and NDE 4 points are in zone B, which is still in the safe category, but still requires regular monitoring. In addition, temperature analysis showed an increase in motor and pump temperatures from August 12 to 16, which although still within reasonable limits, could potentially lead to overheating if not anticipated. Based on these findings, it is concluded that pump P100/3 requires immediate maintenance at point NDE 1, while pump P100/1 is still in a safe condition. Continued maintenance and monitoring recommendations are provided to prevent further potential damage and ensure optimal operational sustainability of the refinery.

Keywords: Condition Monitoring, Oil and Gas Refinery, Centrifugal Pump, Vibration.

1. PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) adalah lembaga pemerintah di bawah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang bertugas mengembangkan sumber daya manusia dalam sektor minyak dan gas bumi. Kilang ini dilengkapi berbagai peralatan permesinan, termasuk pompa sentrifugal yang digunakan untuk memindahkan crude oil dari tempat penyimpanan ke proses pengolahan lebih lanjut. Penggunaan pompa sentrifugal secara terus-menerus meningkatkan risiko kerusakan seperti aus pada bantalan (bearing), ketidakseimbangan impeller (*imbalance*), atau misalignment (Marscher, 2023). Kerusakan yang tidak terdeteksi pada pompa ini dapat menyebabkan gangguan operasional serius, mengakibatkan downtime produksi yang signifikan serta kerugian finansial. Dalam konteks kilang, downtime tersebut berpotensi menunda produksi energi yang sangat diperlukan oleh industri dan masyarakat.

Pentingnya peran pompa sentrifugal dalam kelancaran operasional kilang menjadikan pemantauan kondisi (*condition monitoring*) suatu keharusan (Standard, A. P. I. 2010; Kosta & Kishore, 2013). Salah satu metode yang digunakan untuk memantau kondisi pompa adalah dengan menganalisis perubahan getaran (vibrasi) dan temperatur. Parameter-parameter ini berfungsi sebagai indikator awal adanya kerusakan pada pompa. Jika kerusakan tidak terdeteksi sejak dini, potensi berkembang menjadi masalah besar semakin meningkat, yang pada akhirnya menimbulkan kerugian lebih besar.

Studi terkait pemantauan kondisi pompa sentrifugal telah banyak dilakukan. Studi yang berfokus pada analisis getaran pompa sentrifugal bertekanan tinggi, yang menekankan pentingnya getaran dan kebisingan rendah dalam aplikasi industri. Analisis modal dan pengujian getaran mengungkapkan bahwa gerakan mekanis dan ketidakstabilan fluida berkontribusi signifikan terhadap getaran pompa (Zhang et al, 2022). Studi yang menyelidiki karakteristik aliran internal pompa sentrifugal saluran tunggal yang menggunakan dinamika fluida komputasional. Studi ini menganalisis denyutan tekanan dan variasi gaya radial pada sudut impeller yang berbeda, mengungkap bahwa interaksi rotor-stator dan harmoniknya menyebabkan denyutan tekanan (wang et al, 2023).

Penelitian yang berfokus pada pengoptimalan parameter struktural pompa sentrifugal kecepatan spesifik rendah untuk menghilangkan fenomena pelebaran saluran menggunakan dinamika fluida komputasional dan pengujian ortogonal. Studi ini mengidentifikasi bahwa lebar saluran keluar impeller secara signifikan memengaruhi kinerja pompa, yang menghasilkan pengurangan fenomena punuk sebesar 24,89% dan peningkatan efisiensi dan ukuran head. Temuan ini memvalidasi metode pengoptimalan dan menawarkan wawasan untuk merancang pompa sentrifugal berkinerja tinggi (Yu-Qin & Ze-Wen, 2022). Selanjutnya Studi tentang analisis komputasional terhadap pompa sentrifugal volute yang menangani emulsi dan campuran minyak-air, dengan fokus pada kinerja dan karakteristik alirannya sebagai fluida non-Newtonian yang menipis akibat geser. Studi ini menyoroti hubungan antara viskositas emulsi dan kinerja pompa, yang menunjukkan bahwa viskositas mempengaruhi mekanisme kehilangan dalam pompa (Achour et al, 2022).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji Perbandingan pengukuran tingkat vibrasi dengan standar ISO 10816-3 dalam menentukan tingkat kinerja pompa sentrifugal dan memberikan rekomendasi tindakan pencegahan atau perbaikan sebelum terjadi kegagalan besar yang dapat menyebabkan downtime produksi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menguraikan hasil studi dan penelitian yang diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap kondisi pompa sentrifugal di PPSDM MIGAS Refinery, serta data getaran yang dikumpulkan selama periode pemantauan. Penulis juga akan memanfaatkan literatur terkait dengan kondisi pompa dan pemantauan berbasis getaran untuk memberikan penjelasan mendalam mengenai teknik pemantauan kondisi mesin. Penggunaan data getaran sebagai indikator kerusakan pada pompa sentrifugal di PPSDM MIGAS Refinery. Penelitian ini mengadopsi penelitian sebelumnya yang menguji getaran (Chiariotti et al, 2020).

Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung penelitian menggunakan alat Vibrasi Meter atau Vibrometer, thermalemagir dan wawancara dengan teknisi serta personel yang bertanggung jawab atas pemeliharaan pompa sentrifugal di PPSDM MIGAS Refinery. Sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur yang ada, seperti penelitian langsung kilang PPSDM MIGAS Kementerian ESDM jurnal ilmiah, artikel teknis, dan buku yang membahas tentang pemantauan kondisi mesin, khususnya pemantauan berbasis getaran pada pompa sentrifugal. Sumber data sekunder ini digunakan untuk mendalami teori dan prinsip-prinsip dasar yang mendasari penggunaan data getaran sebagai indikator kegagalan pada pompa sentrifugal. Metode pengumpulan data yang digunakan mencakup observasi, wawancara, dan dokumentasi. Metode ini untuk memastikan bahwa data yang diperoleh akurat, komprehensif, dan mendukung proses analisis untuk menghasilkan solusi yang efektif dalam memantau kondisi pompa sentrifugal dan mencegah kegagalan operasional di PPSDM MIGAS Refinery.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data conditioning monitoring menggunakan alat vibration meter fluke 805, alat ukur temperatur dan centrifugal pump serta ada standart ISO 10816 untuk perbandingannya. Data diperoleh dengan cara merekam vibrasi di centrifugal pump di titik tertentu dengan acuan secara vertikal, horizontal dan axial yang memiliki perbedaan jarak sebesar 90°. Proses pengambilan data dilakukan secara aksial, horizontal, dan vertikal. Data diambil pada interval yaitu 1 horizontal, 2 horizontal, 3 vertikal, 4 vertikal 5 hari, yaitu pada hari pertama, hari kelima, dan hari kesepuluh. Data yang diperoleh berupa data RMS yang akan digunakan untuk mendeteksi kerusakan dan kondisi pompa sentrifugal dengan membandingkan data aktual dengan standar ISO 10816. Spesifikasi pompa seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi E-Motor Pompa Setrifugal Crude Oil P100/3

No.	Deskripsi	Hasil
1	Manufacture	WEG
2	Voltage	400
3	Ampere	31
4	Frequensi	50 Hz
5	Power	30 KW
6	Differential Head	130 m
7	Rotation	2900
8	$\cos \varphi$	0,8

Tabel 2 Hasil Pengukuran Data Vibrasi

No.	Titik Pengambilan	Pengukuran 1			Pengukuran 2			Pengukuran 3			Rata-rata
		A	H	V	A	H	V	A	H	V	
1	NDE (Non Drive End)	2,35	12,05	3,45	4,48	12,72	3,16	6,52	14,13	3,52	
2	DE (Drive End)	0,59	8,94	1,15	1	8,82	1,36	1,12	9	1,44	
3	DE (Drive End)	2,20	3,21	2,97	1,94	2,79	3,04	2,42	2,76	3,20	
4	NDE (Non Drive End)	2,11	3,54	2,70	2,07	3,19	1,97	2,08	3,11	2,96	

Tabel 2 menunjukkan bahwa Pengukuran pertama dimulai dari sisi Non-Drive End (NDE), tempat pertama yang menjadi fokus pengukuran. Saat alat ditempelkan, angka-angka mulai muncul di layar: 2,35 mm/s untuk axial, 12,05 mm/s untuk horizontal, dan 3,45 mm/s untuk vertikal. Getaran di arah horizontal tampak cukup tinggi, menandakan adanya sesuatu yang perlu diperhatikan lebih lanjut. Selanjutnya beralih ke Drive End (DE) di titik kedua. Hasil pengukuran menunjukkan angka yang lebih rendah dibandingkan titik sebelumnya: 0,59 mm/s untuk axial, 8,94 mm/s untuk horizontal, dan 1,15 mm/s untuk vertikal. Meski lebih kecil, nilai horizontal tetap perlu dianalisis lebih lanjut untuk memastikan tidak ada potensi masalah. Kemudian di titik ketiga, masih di sisi Drive End, vibrasimeter kembali mencatat data: 2,20 mm/s untuk axial, 3,21 mm/s untuk horizontal, dan 2,97 mm/s untuk vertikal. Angka-angka ini lebih merata, menunjukkan kondisi yang lebih stabil dibandingkan titik sebelumnya. Pada pengukuran di titik keempat, kembali ke sisi Non-Drive End. Hasilnya: 2,11 mm/s untuk axial, 3,54 mm/s untuk horizontal, dan 2,70 mm/s untuk vertikal. Tidak ada lonjakan signifikan, tetapi tetap perlu dibandingkan dengan standar ISO untuk memastikan semuanya dalam batas aman.

Pada pengukuran kedua memulai dari Non-Drive End (NDE) - Titik 1. Saat sensor ditempelkan, layar vibrasimeter menunjukkan angka 4,48 mm/s untuk axial, 12,72 mm/s untuk horizontal, dan 3,16 mm/s untuk vertikal. Tim segera mencatat hasil ini, terutama angka horizontal yang tampak sedikit meningkat dibandingkan dua hari sebelumnya. Beralih ke Drive End (DE) - Titik 2, mereka kembali melakukan pengukuran. Kali ini, hasilnya 1 mm/s untuk axial, 8,82 mm/s untuk horizontal, dan 1,36 mm/s untuk vertikal. Meski tidak jauh berbeda dari hasil sebelumnya, mereka tetap mewaspadai nilai horizontal yang masih cukup tinggi. Di Drive End (DE) - Titik 3, pengukuran menunjukkan 1,94 mm/s untuk axial, 2,79 mm/s untuk horizontal, dan 3,04 mm/s untuk vertikal. Data ini cukup stabil dibandingkan titik lainnya, menunjukkan kondisi yang relatif aman. Terakhir, dilakukan pengukuran di Non-Drive End (NDE) - Titik 4, mencatat 2,07 mm/s untuk axial, 3,19 mm/s untuk horizontal, dan 1,97 mm/s untuk vertikal.

Pengukuran ketiga dimulai dari Non-Drive End (NDE) - Titik 1. Begitu vibrasimeter menyentuh permukaan pompa, layar segera menampilkan angka 6,52 mm/s untuk axial, 14,13 mm/s untuk horizontal, dan 3,52 mm/s untuk vertikal. Angka horizontal kembali mengalami kenaikan dibandingkan hari sebelumnya, menandakan kemungkinan adanya ketidakseimbangan atau masalah lain yang harus segera ditindaklanjuti. Di Drive End (DE) - Titik 2, tim mencatat hasil 1,12 mm/s untuk axial, 9 mm/s untuk horizontal, dan 1,44 mm/s untuk vertikal. Meskipun tidak ada lonjakan drastis, tren

peningkatan sedikit terlihat pada nilai horizontal. Selanjutnya, pengukuran Drive End (DE) - Titik 3. Vibrasimeter menunjukkan 2,42 mm/s untuk axial, 2,76 mm/s untuk horizontal, dan 3,20 mm/s untuk vertikal. Tidak ada perubahan besar dari hari sebelumnya, tetapi tetap menjadi bagian dari analisis menyeluruh. Terakhir, di -Drive Non End (NDE) - Titik 4, hasil pengukuran mencatat 2,08 mm/s untuk axial, 3,11 mm/s untuk horizontal, dan 2,96 mm/s untuk vertikal. Meskipun angka ini masih dalam batas yang relatif stabil, sedikit peningkatan di arah vertikal bisa menjadi sesuatu yang perlu diperhatikan.

Data yang diperoleh dari setiap pengukuran pada sumbu aksial, horizontal, dan vertikal dikumpulkan dan dihitung nilai rata-rata RMS untuk setiap sumbu. Setelah data tersebut diolah, nilai RMS yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar ISO. Berdasarkan analisis data vibrasi terdapat beberapa tren yang perlu diperhatikan. Pada sumbu axial, terdapat peningkatan kecil pada titik NDE 1 dari 1,27 mm/s menjadi 1,35 mm/s, kemudian sedikit menurun menjadi 1,30 mm/s. Meskipun peningkatan ini kecil, hal ini dapat mengindikasikan adanya potensi masalah seperti ketidakseimbangan atau ketidakselarasan pada poros. Di sisi lain, getaran di sumbu horizontal dan vertikal pada DE 2 relatif stabil, tetapi tetap berada pada batas yang lebih tinggi, yang menunjukkan perlunya pemantauan lebih lanjut untuk memastikan komponen-komponen tetap berfungsi dengan baik. Secara keseluruhan, meskipun tidak ada indikasi masalah besar, peningkatan getaran yang terjadi di beberapa titik menunjukkan bahwa pemeliharaan preventif dan inspeksi lebih lanjut mungkin diperlukan untuk mencegah potensi masalah di masa mendatang.

Penelitian ini memiliki implikasi yang luas dalam aspek teknis maupun akademis. Dari segi penerapan industri, hasil studi ini dapat menjadi acuan bagi PPSDM MIGAS di Kementerian ESDM dalam meningkatkan strategi pemeliharaan pompa sentrifugal. Dengan menerapkan pemantauan kondisi berbasis data getaran, operator dan perwira kilang dapat mengidentifikasi potensi kegagalan lebih awal, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius. Hal ini tidak hanya mengurangi risiko downtime yang dapat menghambat produksi, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional serta memperpanjang umur peralatan. Permasalahan utama yang ditemukan dalam penelitian ini adalah tingginya risiko kegagalan pompa sentrifugal akibat berbagai faktor seperti keausan bantalan, ketidakseimbangan impeller, ketidaksejajaran poros, kegagalan mechanical seal, hingga kavitas akibat tekanan yang tidak stabil. Kondisi ini menyebabkan peningkatan getaran yang signifikan serta kebocoran fluida (minyak), yang jika tidak terdeteksi sejak dini dapat berujung pada kegagalan total pompa dan gangguan operasional kilang. Oleh karena itu, pemantauan kondisi berbasis analisis getaran menjadi solusi yang tepat untuk mendeteksi anomali secara real-time serta mengidentifikasi pola kegagalan yang berpotensi terjadi.

Penelitian ini sejalan dengan berbagai studi (Hardani, 2024) yang menekankan pentingnya analisis getaran dalam mendeteksi kegagalan pada mesin berputar. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa perubahan pola getaran dapat digunakan sebagai indikator awal adanya masalah pada pompa, seperti Ketidakseimbangan impeller, yang menyebabkan distribusi gaya tidak merata pada rotor, meningkatkan getaran radial. Keausan bantalan, yang menghasilkan frekuensi getaran tertentu akibat gesekan dan kehilangan pelumasan. Ketidaksejajaran poros, yang mengakibatkan gaya reaksi berlebih pada bantalan dan kopling, mempercepat kerusakan komponen. Kavitas, yaitu terbentuknya gelembung uap dalam cairan akibat tekanan rendah yang ekstrem, yang menyebabkan osilasi getaran dengan pola frekuensi tertentu.

4. KESIMPULAN

Pompa Crude Oil Centrifugal P100/3 yang terpasang di Kilang PPSDM MIGAS memiliki spesifikasi teknis yang memadai untuk aplikasinya, dengan kapasitas 25 m³/h, head diferensial 130 m, dan daya 30 kW. Pompa ini beroperasi pada kecepatan 2900 RPM dan dirancang untuk layanan feed. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi studi lanjutan dalam pengembangan metode prediksi kegagalan pompa menggunakan teknologi canggih, seperti kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (Machine Learning). Dengan penerapan teknologi ini, analisis data getaran dapat dilakukan secara otomatis dan lebih akurat dalam menentukan jenis serta tingkat keparahan gangguan pada pompa.

DAFTAR PUSTAKA

- Achour, L., Specklin, M., Belaidi, I., & Koudri, S. (2022). Numerical assessment of the hydrodynamic behavior of a volute centrifugal pump handling emulsion. *Entropy*, 24(2), 221.
- Chiariotti, P., Rembe, C., Castellini, P., & Allen, M. (2020). Laser doppler vibrometry measurements in structural dynamics. *Handbook of Experimental Structural Dynamics*, 1-45.
- Hardani, M. I. (2024). Maintenance Centrifugal Pump Ebara 100x80 FS JA Terhadap Vibrasi PT Kilang Pertamina International Refinery Unit II Sungai Pakning.
- Kosta, A. L., & Kishore, K. (2013). *Refinery Inspection and Maintenance*. ASTM International.
- Marscher, W. D. (2023). Centrifugal pump monitoring, troubleshooting and diagnosis using Vibration technologies. *Condition Monitoring, Troubleshooting and Reliability in Rotating Machinery*, 3, 15-76.
- Standard, A. P. I. (2010). *Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries*. American Petroleum Institute

- Wang, M., Lu, J., Li, Z., Gu, F., & Chen, Z. (2023). Study on the unsteady characteristics and radial force of a single-channel centrifugal pump. *ACS omega*, 8(2), 2291-2305.
- Yu-Qin, W., & Ze-Wen, D. (2022). Optimization design of hump phenomenon of low specific speed centrifugal pump based on CFD and orthogonal test. *Scientific reports*, 12(1), 12121.
- Zhang, Y., Liu, J., Yang, X., Li, H., Chen, S., Lv, W., ... & Wang, D. (2022). Vibration analysis of a high-pressure multistage centrifugal pump. *Scientific Reports*, 12(1), 20293.