

Pengujian Vibrasi pada Pompa Sentrifugal sebagai Langkah Preventif untuk Menjaga Stabilitas Kinerja Pompa

Dio Dwi Lesmana¹, Arya Mahendra Sakti², Muhamad Nahrudin Ibad³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: *aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak: Pompa sentrifugal merupakan peralatan penting dalam sistem industri yang berfungsi memindahkan fluida secara kontinu. Keandalan dan stabilitas kinerja pompa sangat dipengaruhi oleh kondisi mekanis selama operasi, terutama pada komponen berputar seperti bantalan. Gangguan mekanis pada pompa sering kali tidak terdeteksi secara visual pada tahap awal, sehingga diperlukan metode pemantauan kondisi yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi kinerja pompa sentrifugal melalui pengujian vibrasi sebagai langkah pemeliharaan preventif. Metode yang digunakan adalah pengukuran vibrasi menggunakan alat VibXpert 2 dengan parameter kecepatan getaran (*velocity*) berbasis nilai *Root Mean Square* (RMS). Pengukuran dilakukan pada bantalan pompa dengan tiga arah pengukuran, yaitu vertikal, horizontal, dan aksial. Hasil pengujian menunjukkan nilai vibrasi sebesar 0,360 mm/s pada arah vertikal, 0,815 mm/s pada arah horizontal, dan 0,518 mm/s pada arah aksial. Seluruh nilai vibrasi tersebut berada di bawah batas ambang yang ditetapkan dalam standar ISO 10816-3 untuk mesin kategori grup 2 dengan pondasi kaku. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi pompa sentrifugal masih berada dalam kategori aman atau kondisi mesin baru. Pengujian vibrasi terbukti efektif sebagai metode pemantauan kondisi untuk menjaga stabilitas kinerja dan mencegah terjadinya kerusakan dini pada pompa sentrifugal.

Kata kunci: pompa sentrifugal, vibrasi, VibXpert 2, ISO 10816-3, pemeliharaan preventif.

Abstract: Centrifugal pumps are essential equipment in industrial systems that function to continuously transfer fluids. The reliability and stability of pump performance are strongly influenced by mechanical conditions during operation, particularly in rotating components such as bearings. Mechanical disturbances in pumps are often not visually detectable at an early stage; therefore, an effective condition monitoring method is required. This study aimed to evaluate the performance condition of a centrifugal pump through vibration testing as a preventive maintenance approach. The method used was vibration measurement employing a VibXpert 2 device with vibration velocity parameters based on Root Mean Square (RMS) values. Measurements were conducted at the pump bearings in three directions: vertical, horizontal, and axial. The test results showed vibration values of 0.360 mm/s in the vertical direction, 0.815 mm/s in the horizontal direction, and 0.518 mm/s in the axial direction. All measured vibration values were below the threshold limits specified in the ISO 10816-3 standard for group 2 machines with rigid foundations. Based on these results, it was concluded that the centrifugal pump condition remained within a safe category or new machine condition. Vibration testing was proven to be an effective condition monitoring method to maintain performance stability and prevent early failure in centrifugal pumps.

Keywords: centrifugal pump; vibration; VibXpert 2; ISO 10816-3; preventive maintenance

© 2026, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan salah satu peralatan utama yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri untuk mendukung proses pemindahan fluida secara kontinu. Dalam praktik industri seperti kilang minyak, sistem distribusi air bersih, dan fasilitas pengolahan bahan kimia, kegagalan pompa dapat menyebabkan waktu produksi menurun, kerugian finansial, serta risiko keselamatan kerja jika tidak terdeteksi sejak dini. Oleh karena itu, upaya pemantauan kondisi mesin berputar secara berkala menjadi sangat penting untuk menjaga keandalan operasi dan mengurangi dampak risiko tersebut dalam jangka panjang (Fitrian, 2025).

Salah satu metode pemantauan kondisi yang efektif adalah melalui analisis vibrasi, karena getaran yang muncul selama operasi dapat mencerminkan kondisi elemen mesin seperti ketidakseimbangan, ketidaksejajaran poros, keausan bantalan, atau bahkan fenomena lain seperti kavitasi. Pengukuran vibrasi telah menjadi bagian dari strategi *condition monitoring* dalam pemeliharaan preventif, yang memungkinkan identifikasi awal terhadap potensi kerusakan sebelum berkembang menjadi kerusakan serius yang mengganggu operasi (Chen et al., 2022).

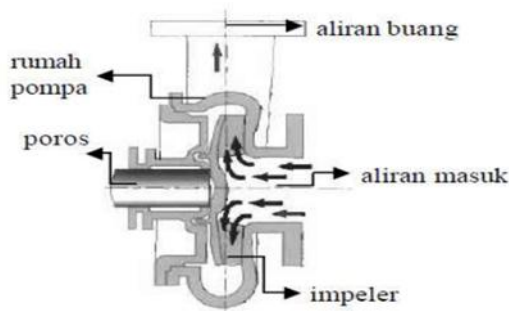
Pendekatan pemantauan vibrasi tidak hanya membantu meningkatkan efektivitas perawatan pada pompa sentrifugal, tetapi juga telah diterapkan secara

luas pada mesin berputar lainnya seperti motor listrik dan kompresor di lingkungan industri. Hal ini menjadikan vibrasi sebagai parameter penting dalam strategi *predictive maintenance* yang dapat memperpanjang umur pakai komponen, mengoptimalkan jadwal perawatan, dan mengurangi frekuensi kerusakan tak terduga. Penelitian ini difokuskan pada pengujian vibrasi pompa sentrifugal sebagai langkah preventif untuk menjaga stabilitas dan keandalan kinerjanya dalam operasi industri.

DASAR TEORI

2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan energi kinetik akibat putaran *impeller* (Karassik et al., 2008). Pompa ini bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal yang timbul saat *impeller* berputar dan mendorong fluida ke arah luar sehingga terjadi peningkatan tekanan. Komponen utama pompa sentrifugal meliputi *impeller*, *casing*, poros (*shaft*), bantalan (*bearing*), dan *seal* yang bekerja secara terpadu dalam sistem pompa (Gulich, 2014). *Impeller* berperan sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi kinetik fluida, sedangkan *casing* berfungsi mengarahkan aliran dan mengonversi energi kinetik menjadi energi tekanan (Karassik et al., 2008). Karakteristik kinerja pompa sentrifugal umumnya dinyatakan dalam hubungan antara debit aliran, tinggi tekan, dan efisiensi pompa (Gulich, 2014).



Gambar 1. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal
Sumber (Siregar & Damanik, 2020)

2.2 Getaran Mekanis (Vibrasi)

Getaran mekanis merupakan gerakan osilasi yang terjadi pada mesin berputar akibat adanya gaya dinamis selama proses operasi berlangsung (Rao, 2017). Pada pompa sentrifugal, vibrasi dapat terjadi akibat ketidakseimbangan massa, ketidaksejajaran poros, keausan bantalan, serta kelonggaran pada sambungan mekanis (Mobley, 2002). Vibrasi yang berlebihan dapat menurunkan kinerja mesin dan mempercepat terjadinya kegagalan komponen (Rao, 2017). Dampak vibrasi tidak hanya mempengaruhi umur pakai bantalan dan poros, tetapi juga meningkatkan risiko kebisingan dan kerusakan struktural (Mobley, 2002). Oleh karena itu, vibrasi

sering digunakan sebagai indikator utama dalam pemantauan kondisi pompa sentrifugal secara preventif (Randall, 2011).

2.3 Alat Ukur Vibrasi (VibXpert 2)

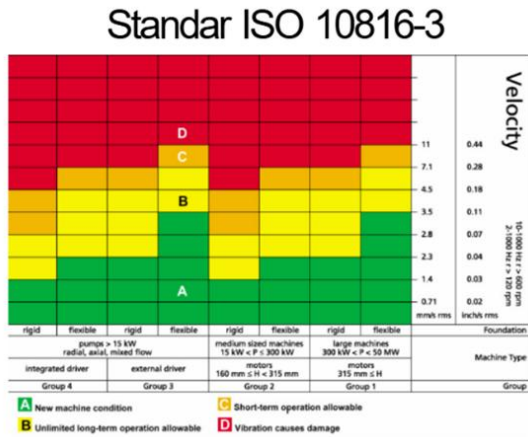
VibXpert 2 merupakan alat ukur portabel yang digunakan untuk melakukan analisis vibrasi pada mesin berputar sebagai bagian dari sistem *condition monitoring* (Prüftechnik, 2020). Alat ini bekerja dengan memanfaatkan sensor getaran yang mendeteksi respons dinamis mesin dalam bentuk sinyal mekanis (Randall, 2011). (Sinyal getaran tersebut kemudian dikonversi menjadi data digital yang dapat dianalisis dalam berbagai parameter vibrasi (Rao, 2017). Parameter pengukuran yang umum digunakan meliputi kecepatan (*velocity*), percepatan (*acceleration*), dan perpindahan (*displacement*) sesuai dengan kebutuhan analisis (Mobley, 2002). Keunggulan VibXpert 2 terletak pada kemampuannya memberikan hasil pengukuran yang akurat dan mendukung evaluasi kondisi mesin secara efisien (Prüftechnik, 2020).

2.4 Analisis Nilai RMS (*Root Mean Square*)

Nilai RMS (*Root Mean Square*) merupakan nilai efektif yang digunakan untuk merepresentasikan besarnya energi getaran pada suatu sistem mekanis (Rao, 2017). Dalam pengujian vibrasi mesin, nilai RMS banyak digunakan karena mampu menggambarkan tingkat getaran secara stabil dan representatif terhadap kondisi operasi mesin (Randall, 2011). Parameter RMS sangat efektif dalam mendeteksi perubahan kecil pada perilaku dinamis mesin (Mobley, 2002). Nilai RMS yang meningkat secara signifikan umumnya menunjukkan adanya ketidakwajaran seperti keausan bantalan atau ketidakseimbangan sistem (Rao, 2017). Oleh karena itu, interpretasi nilai RMS menjadi dasar penting dalam menilai stabilitas kinerja dan kesehatan pompa sentrifugal (Randall, 2011).

2.5 Standar ISO 10816-3 untuk Evaluasi Getaran Mesin Berputar

Standar pengukuran vibrasi memiliki tujuan untuk mengetahui batasan-batasan level vibrasi yang menunjukkan kondisi suatu pompa, apakah masih layak beroperasi atau memerlukan perbaikan. Standar vibrasi yang digunakan pada pengujian kali ini merupakan Standar ISO 10816-3. Standar ISO 10816-3 merupakan bagian dari seri standar ISO 10816 yang mengatur tentang evaluasi getaran pada mesin industri. Standar ini bertujuan untuk memberi pedoman mengenai pengujian vibrasi pada mesin industri yang memiliki daya lebih dari 15 Kw dan kecepatan operasi antara 150 sampai 15.000 RPM.



Gambar 2. Standar Klasifikasi Tingkat Vibrasi Mesin berdasarkan ISO 10816-3
 Sumber (Satrio & Martianis, 2024)

Berdasarkan gambar di atas, standar ISO 10816-3 dibagi menjadi empat grup berdasarkan tipe mesin. Berikut penjelasan tentang pembagian grup tipe mesin pada Standar ISO 10816-3:

- Grup 1 : Mesin ukuran besar dengan daya mesin antara 300 KW sampai 50 MW.
- Grup 2 : Mesin ukuran medium dengan daya mesin antara 15 KW sampai 300 KW.
- Grup 3 : Pompa yang menggunakan *external driver* dengan daya mesin lebih dari 15 KW arah radial, aksial, dan *mixed flow*.
- Grup 4 : Pompa yang menggunakan *integrated driver* dengan daya mesin lebih dari 15 KW arah radial, aksial, dan *mixed flow*.

METODE

Metode pengujian pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data vibrasi pompa sentrifugal secara akurat dan terukur. Tahap awal pengujian diawali dengan persiapan alat ukur berupa VibXpert 2 sebagai instrumen utama pengukuran vibrasi. Alat diaktifkan dengan menekan tombol daya hingga sistem siap digunakan. Selanjutnya, dilakukan pengaturan parameter pengukuran dengan memilih mode *velocity* untuk merekam kecepatan getaran. Parameter kecepatan getaran dipilih karena paling umum digunakan dalam evaluasi kondisi mesin berputar, khususnya untuk mendeteksi ketidakseimbangan, ketidaksejajaran, dan keausan bantalan sesuai dengan standar evaluasi vibrasi mesin industri.

Tahap berikutnya adalah pelaksanaan pengukuran vibrasi pada pompa sentrifugal. Pengukuran dilakukan pada titik bantalan (*bearing*) karena komponen ini berperan penting dalam menjaga kestabilan putaran poros dan menjadi salah satu indikator utama kondisi mekanis pompa. Data vibrasi diambil pada tiga arah pengukuran, yaitu sumbu vertikal, sumbu horizontal, dan sumbu aksial. Pemilihan ketiga arah pengukuran tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh

karakteristik getaran pompa, karena gaya dinamis selama operasi dapat bekerja pada berbagai arah akibat beban radial maupun aksial. Dengan demikian, potensi gangguan mekanis dapat teridentifikasi secara lebih komprehensif.

Sensor getaran dipasang menggunakan magnet agar terhubung secara stabil dengan permukaan titik ukur dan meminimalkan kesalahan pengukuran. Setiap arah pengukuran dilakukan secara bergantian untuk memastikan konsistensi dan akurasi data yang diperoleh. Proses ini memungkinkan analisis vibrasi dilakukan secara menyeluruh terhadap respons dinamis pompa selama beroperasi.

Hasil pengukuran vibrasi diperoleh secara langsung melalui tampilan pada alat VibXpert 2 dalam bentuk nilai RMS (*Root Mean Square*). Nilai RMS dipilih karena mampu merepresentasikan besarnya energi getaran secara efektif dan stabil, sehingga sering digunakan sebagai parameter utama dalam pemantauan kondisi mesin berputar. Satuan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah milimeter per detik (mm/s). Data RMS yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kondisi operasi pompa sentrifugal dengan membandingkannya terhadap standar batas vibrasi mesin berputar. Dengan demikian, hasil pengujian dapat dimanfaatkan untuk menilai tingkat kesehatan dan potensi gangguan mekanis pada pompa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Vibrasi Pompa Sentrifugal

Pengujian vibrasi pada pompa sentrifugal dilakukan menggunakan alat VibXpert 2 dengan parameter kecepatan getaran (*velocity*) berbasis nilai *Root Mean Square* (RMS). Pengukuran dilakukan pada bantalan ujung pompa karena komponen ini berperan penting dalam menjaga kestabilan putaran dan kinerja pompa secara keseluruhan.

Pengambilan data vibrasi dilakukan pada tiga arah pengukuran, yaitu sumbu vertikal, horizontal, dan aksial. Hasil pengukuran menunjukkan nilai vibrasi sebesar 0,360 mm/s pada arah vertikal, 0,815 mm/s pada arah horizontal, dan 0,518 mm/s pada arah aksial. Nilai vibrasi pada arah horizontal memiliki besaran paling tinggi dibandingkan dua arah lainnya, sedangkan nilai terendah terjadi pada arah vertikal. Perbedaan nilai vibrasi pada setiap arah pengukuran menunjukkan karakteristik respons dinamis pompa yang dipengaruhi oleh arah gaya kerja dan kondisi mekanis selama operasi.

Hasil pengujian vibrasi ini selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kondisi operasi pompa sentrifugal dengan cara membandingkannya terhadap standar getaran yang berlaku, yaitu ISO 10816-3, guna mengetahui tingkat kelayakan dan kondisi mekanis pompa.

4.2 Perbandingan Nilai Vibrasi dengan Standar ISO 10816-3

Berikut ini merupakan hasil perbandingan atau standarisasi hasil pengujian vibrasi pompa sentrifugal.

TABEL 1
Perbandingan Hasil Pengukuran Vibrasi Bantalan Pompa dengan Standar ISO 10816-3
Sumber : Penulis

| No | Sumbu | Nilai Vibrasi (mm/s) | Batas ISO 10816-3 | Hasil Standarisasi |
|----|------------|----------------------|-------------------|--|
| 1 | Vertikal | 0.360 | ≤ 1,12 mm/s | Berdasarkan tabel ISO 10816-3 nilai vibrasi ini termasuk kategori hijau (<i>New machine condition</i>) |
| 2 | Horizontal | 0.815 | | Berdasarkan tabel ISO 10816-3 nilai vibrasi ini termasuk kategori hijau (<i>New machine condition</i>) |
| 3 | Axial | 0.518 | | Berdasarkan tabel ISO 10816-3 nilai vibrasi ini termasuk kategori hijau (<i>New machine condition</i>) |

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengukuran vibrasi pada bantalan ujung pompa menunjukkan bahwa nilai vibrasi pada arah vertikal sebesar 0,360 mm/s, arah horizontal sebesar 0,815 mm/s, dan arah aksial sebesar 0,518 mm/s. Ketiga nilai vibrasi tersebut, setelah dibandingkan dengan standar ISO 10816-3, berada pada kategori hijau (A) yang menandakan kondisi mesin baru atau *new machine condition*. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat getaran pompa masih berada di bawah batas ambang yang diizinkan sehingga kondisi mekanis bantalan pompa dapat dinyatakan aman dan stabil. Dengan demikian, pompa sentrifugal masih layak untuk dioperasikan dan tidak menunjukkan indikasi adanya gangguan mekanis yang signifikan pada bantalan ujung pompa.

4.3 Interpretasi Kondisi Pompa Berdasarkan Nilai Vibrasi

Berdasarkan spesifikasi pompa yang digunakan sebagai objek pengujian, yaitu *Axially Split Multistage Between-Bearings Pumps* tipe BB3 dengan daya di atas 15 kW dan menggunakan pondasi kaku (*rigid foundation*), maka standar evaluasi vibrasi yang digunakan mengacu pada ISO 10816-3 grup 2 rigid. Standar ini digunakan untuk menilai kelayakan operasi mesin berputar berdasarkan besaran getaran yang dihasilkan selama beroperasi.

Hasil pengukuran vibrasi pada arah vertikal, horizontal, dan aksial menunjukkan bahwa seluruh nilai vibrasi berada pada zona hijau (A) menurut

klasifikasi ISO 10816-3. Zona hijau menandakan bahwa kondisi pompa masih dalam keadaan aman atau setara dengan kondisi mesin baru (*new machine condition*). Hal ini mengindikasikan bahwa komponen utama pompa, khususnya bantalan dan sistem poros, masih bekerja dengan baik tanpa adanya indikasi gangguan mekanis yang signifikan.

Meskipun hasil pengujian menunjukkan kondisi pompa yang aman, pemantauan vibrasi tetap memiliki peran penting sebagai langkah pemeliharaan preventif. Apabila nilai vibrasi meningkat dan melewati ambang batas yang ditetapkan oleh standar, maka potensi risiko kerusakan dapat mulai muncul. Vibrasi yang berada pada zona kuning atau jingga, misalnya, dapat mengindikasikan adanya ketidakseimbangan poros, ketidaksejajaran (*misalignment*), atau awal keausan bantalan. Jika kondisi tersebut tidak terdeteksi dan ditangani sejak dini, maka vibrasi yang terus meningkat berpotensi berkembang menjadi kondisi berbahaya yang dapat mempercepat kerusakan bantalan, poros, serta menurunkan efisiensi dan umur pakai pompa.

Lebih lanjut, vibrasi yang telah mencapai zona merah (D) dapat menyebabkan kegagalan mekanis serius, seperti kerusakan bantalan secara mendadak, peningkatan kebisingan, hingga terjadinya kegagalan operasi pompa yang berpotensi mengganggu kontinuitas proses industri. Oleh karena itu, meskipun hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pompa masih berada dalam kondisi aman, pengujian vibrasi secara berkala tetap diperlukan untuk mendeteksi perubahan kondisi mesin sejak tahap awal dan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar di kemudian hari.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran vibrasi pompa *Axially Split Multistage Between-Bearings Pumps* tipe BB3 menggunakan alat VibXpert 2 dan dibandingkan dengan standar ISO 10816-3, seluruh nilai vibrasi pada titik pengujian berada di bawah nilai ambang batas yang ditetapkan atau termasuk dalam zona hijau. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi mekanis pompa masih aman dan layak untuk dioperasikan.

Lebih lanjut, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian vibrasi dapat diterapkan sebagai metode pemantauan kondisi (*condition monitoring*) yang efektif tidak hanya pada pompa sentrifugal, tetapi juga pada mesin berputar lain di lingkungan industri, seperti motor listrik, kompresor, dan gearbox. Penerapan pemantauan vibrasi secara berkala berpotensi meningkatkan keandalan mesin, memperpanjang umur pakai komponen, serta mengurangi risiko kegagalan mendadak. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memantau tren vibrasi dalam jangka waktu yang lebih panjang, mengombinasikan analisis vibrasi dengan parameter lain seperti temperatur dan kebisingan, serta mengkaji metode analisis frekuensi

guna mendeteksi jenis gangguan mekanis secara lebih spesifik.

REFERENSI

- Chen, L., Wei, L., Wang, Y., Wang, J., & Li, W. (2022). *Monitoring and Predictive Maintenance of Centrifugal Pumps Based on Smart Sensors*.
- Fitrian, A. B. (2025). *Analisis Kondisi Pompa Sentrifugal Berdasarkan Getaran Untuk Mencegah Kegagalan Pompa di Kilang Migas Cepu*. 11(1), 1–5.
- Gülich, J. F. (2014). *Centrifugal Pumps* (3rd ed.). Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-41177-6>
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2008). *Pump Handbook* (4th ed.). McGraw-Hill.
<https://accessengineeringlibrary.mhprofessional.com>
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780750675314>
- Prüftechnik. (2020). *VibXpert II Vibration Analyzer*. Prüftechnik Dieter Busch AG.
<https://www.pruftechnik.com/products/vibration-analysis/vibxpert-ii/>
- Randall, R. B. (2011). *Vibration-Based Condition Monitoring*. John Wiley & Sons.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470977668>
- Rao, S. S. (2017). *Mechanical Vibrations* (6th ed.). Pearson Education.
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/mechanical-vibrations/P200000006263005>
- Satrio, A., & Martianis, E. (2024). *Analisa Getaran Bearing Housing untuk Meningkatkan Kinerja dan Keandalan pada Pompa Centrifugal di PDAM Tirta Trubuk Bengkalis*. 1(4), 349–364.
- Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2020). *FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU*. 3(2), 166–174.