



PENGARUH TIPE BANTALAN BOLA PADA POROS POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP SINYAL GETARAN

Ibnu hajar¹

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Bengkalis
Jl. Batin Alam, Sei Alam, Bengkalis – Riau
Email: ibnu@polbeng.ac.id

Abstrak

Pompa sentrifugal merupakan salah satu pompa yang sangat banyak digunakan pada industri pengolahan, seperti industri pengolahan air minum, industri pengolahan minyak, dan pabrik kelapa sawit. Bentuknya sederhana dan biaya perawatan lebih murah. Permasalahan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal adalah kerusakan pada bantalan poros yang diakibatkan oleh getaran, keausan, dan *misalignment*. Pada makalah ini membahas pengaruh tipe bantalan bola terhadap sinyal getaran poros pompa sentrifugal satu tingkat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui dan mendapatkan pengaruh tipe bantalan bola pada poros pompa sentrifugal dengan mengukur sinyal getaran. Pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa sentrifugal yang mempunyai *head* tekanan 9 meter, debit aliran 3 liter/detik dan daya output 746 watt. Metode penelitian dengan mengamati dan analisis perilaku sinyal getaran yang terdiri dari simpangan (*displacement*), kecepatan (*velocity*) dan percepatan (*acceleration*) pada bantalan bola pompa sentrifugal pada titik P-01 dan P-02 dari arah aksial, vertikal dan horizontal. Pengukuran sinyal getaran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Vibrometer Analog VM-3314A*. Bantalan (*bearing*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tipe cylindrical roller bearing* dan *roller ball bearing* yang dipasang pada poros pompa sentrifugal untuk diamati dan ukur sinyal getarannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa harga simpangan tertinggi 37,125 μm terjadi pada bantalan *tipe ball bearing* arah horizontal pada titik pengukuran P-02 tinggi tekan 3 meter dengan debit aliran 2,8 liter/detik. Sedangkan harga simpangan terendah 27,1 μm terjadi pada *cylindrical roller bearing* dengan tinggi tekan 3 meter dan debit aliran 2,8 liter/detik. Dengan naiknya tinggi tekan pada pompa sentrifugal menyebabkan turunnya getaran pompa sesuai penurunan beban pada pompa, sehingga untuk pompa sentrifugal satu tingkat lebih aman menggunakan tipe *cylindrical roller bearing*.

Kata kunci: Tipe bantalan, pompa sentrifugal, sinyal getaran

Abstract

Centrifugal pumps are one of the most widely used pumps in the processing industry, such as the drinking water treatment industry, the oil processing industry and the palm oil mill, in addition to the simpler and cheaper maintenance costs. The most common problem with centrifugal pumps is damage to the shaft bearings caused by vibration, wear and misalignment. This paper discusses the effect of ball bearing type on the single-stage centrifugal pump vibration signal. The purpose of this research is to know and get the influence of ball bearing type on centrifugal pump shaft by measuring vibration signal. The pumps used in this study are centrifugal pumps that have a 9-meter pressure head, a flow rate of 3 liters / second and a power output of 746 watts. Research method by observing and analyzing vibration signal behavior consist of displacement, velocity and acceleration on centrifugal pump ball bearing at point P-01 and P-02 from axial, vertical and horizontal direction. Measurement of vibration signal is done by using Analog Vibrometer VM-3314A. Bearings used in this study are cylindrical roller bearing and roller ball bearings mounted on the centrifugal pump shaft to be observed and measure the vibration signal. Test results showed that the highest deviation 37,125 μm occurred bearing type ball bearing horizontal direction at the point of measurement P-02 high press 3 meter with flow debit 2,8 liter / second. While the lowest 27.1 μm deviation occurred in cylindrical roller bearing with 3 meter press and 2.8 liter / second flow rate. With the increase in the height of the tap on the centrifugal pump causes the decrease of pump vibration according to the load decrease at the pump, so for the centrifugal pump one level safer using cylindrical roller bearing type.

Keywords: Bearing type, centrifugal pump, vibration signal

1. Pendahuluan

Pompa sentrifugal merupakan salah satu pompa yang sangat banyak digunakan pada industri pengolahan, seperti industri pengolahan air minum, industri pengolahan minyak dan pabrik kelapa sawit,

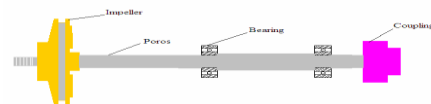
selain bentuknya sederhana dan biaya perawatan lebih murah. Permasalahan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal adalah kerusakan pada bantalan poros yang diakibatkan oleh getaran, keausan dan *misalignment*. Bantalan merupakan suatu elemen

mesin yang berfungsi untuk menumpu poros yang berputar, kegagalan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal adalah keausan pada bantalan poros akibat getaran yang tinggi dan pelumasan yang tidak bekerja dengan baik.

Beberapa penelitian terkait tentang pompa sentrifugal telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan kajian aspek yang berbeda yaitu, Isranuri [1] melaporkan bahwa hasil eksperimental pengaruh kapasitas dan tinggi tekan terhadap perilaku getaran pada pompa sentrifugal satu tingkat dengan mengukur sinyal getaran pada poros motor dan sambungan kopling menunjukkan bahwa simpangan getaran terbesar terjadi apabila pompa menaikkan kapasitas seiring dengan turunnya beban. Sumartono (2012) melakukan kajian perawatan prediktif pada pompa sentrifugal dengan sinyal getaran melaporkan bahwa kerusakan elemen bantalan ditandai dengan *overall spectrum velocity* dan *acceleration* yang tinggi pada frekuensi misalignment. Dwi Permana P, I [2] melakukan kajian tentang kerusakan poros pompa akibat misalignment dengan mengukur sinyal getaran dan diperoleh hasil perbandingan nilai getaran terhadap trending dengan standar yang berlaku ISO 108163. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan tipe bantalan bola terhadap sinyal getaran pada poros pompa satu tingkat, sedangkan manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini bagi industri dapat memberikan informasi tentang tipe bantalan yang sesuai untuk digunakan pada poros pompa sentrifugal yang rendah bising serta dapat dijadikan sebagai data awal dalam melakukan perawatan prediktif.

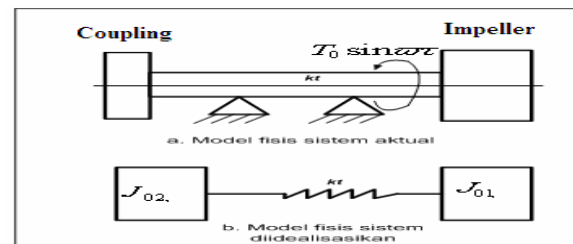
2. Tinjauan Pustaka

Dunia industri sangat suatu jenis pompa sentrifugal yang dapat beroperasi dan tahan dioperasikan dalam jangka waktu yang lama, hal ini tidak terlepas dari jenis pompa, pemasangan dan pengoperasian yang tepat sehingga akan bekerja sesuai dengan peruntukannya. Untuk menentukan suatu peralatan bekerja sesuai dengan kondisi terbaiknya diperlukan indikator, biasanya indikator yang sering digunakan adalah indikator yang dengan cepat mendapatkannya seperti temperatur dan vibrasi. Indikator yang baik untuk menentukan apakah suatu peralatan yang berputar dalam kondisi baik adalah vibrasi, semakin kecil nilai vibrasi semakin baik peralatan tersebut, sebaliknya apabila suatu peralatan yang berputar mempunyai getaran (vibrasi) yang besar maka kondisi peralatan tersebut cukup rawan kerusakan. Getaran dari pompa dikarenakan oleh putaran poros melalui kopling dan impeller sehingga dapat dianalisa sesuai gerak yang timbul seperti Gambar 4.1.



Gambar 2.1 Mekanisme gerak

Dalam kondisi ini dapat diasumsikan bahwa akan terjadi torsi yang dihasilkan motor melalui mekanisme kopling. Untuk memudahkan analisis gerak, maka gambar di atas dapat disederhanakan seperti Gambar 4.2.



Gambar 2.2 Model pendekatan getaran

Persamaan pada kondisi normal sesuai dengan hukum Newton.

$$\Sigma M = J \ddot{X} \quad (1)$$

$$\text{Maka : } (J_{01} + J_{02}) \ddot{x} \parallel x = T_0 \sin \omega t \quad (2)$$

Untuk gerak harmonik maka perpindahan osilasi dari titik kesetimbangan dinamikanya dapat dicari dengan rumus:

$$(x) = A \sin \omega t \quad (3)$$

Kecepatan adalah kelajuan pertambahan simpangan terhadap waktu dapat dicari :

$$(x) = \omega A \cos \omega t \quad (4)$$

Percepatan adalah pertambahan kelajuan kecepatan terhadap waktu dapat dicari:

$$(x) = -\omega^2 A \sin \omega t \quad (5)$$

sehingga

$$(J_{01} + J_{02})(-\omega^2 A \sin \omega t) = k_t (A \sin \omega t) = T_0 \sin \omega t$$

Karena: $\omega_n^2 = \frac{k}{m}$, dari persamaan linier orde

kedua, di peroleh natural frequency :

$$f_n = \frac{1}{\tau} = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6)$$

Frekuensi adalah karakteristik dasar yang digunakan untuk mengukur dan menggambarkan getaran. Yang termasuk didalamnya adalah kecepatan (*velocity*), percepatan (*acceleration*) dan perpindahan (*displacement*).

3. Metode Eksperimen

Eksperimen dilakukan pada pompa sentrifugal yang terpasang pada instalasi sederhana seperti Gambar 3.1.

Data teknis pompa sentrifugal :

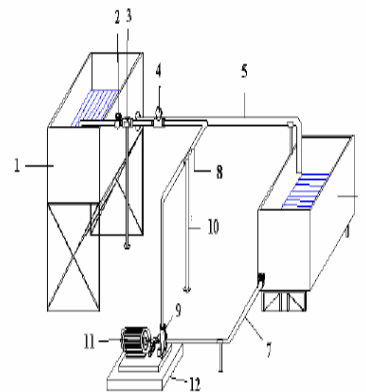
Merk : Aquavane KSB

Head : 9 meter

Debit : 3 liter/s
 Daya : 746 watt
 Putaran : 1450 rpm
 NPSH_R : 10,20 m



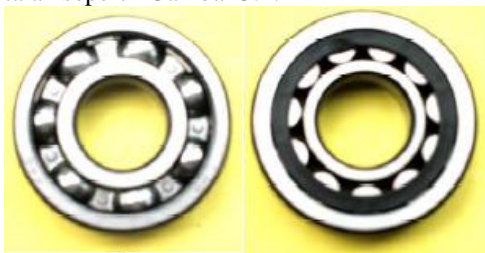
Gambar 3.1 Pompa sentrifugal



NO.	Keterangan Gambar
1	Tangki air keluar
2	Katup pipa tekan
3	Meter air
4	Manometer
5	Pipa sirkulasi
6	Tangki air masuk
7	Pipa isap
8	Pipa tekan
9	Pompa
10	Support
11	Motor
12	Pondasi

Gambar 3.3 Instalasi pengujian

Bantalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis bantalan (*bearing*) yang umum dipakai pada pompa sentrifugal dimana pada umumnya ukuran utama dari bantalan memiliki standart sebagai acuan, ISO 15 (DIN 616) untuk *ball bearing*, ISO 355 (DIN 355) untuk *cylindrical bearing*. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis bantalan seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tipe bantalan

(a) *Ball bearing* (b) *cylindrical bearing*

Data-data teknis bantalan:

(a) *Deep groove ball bearing*

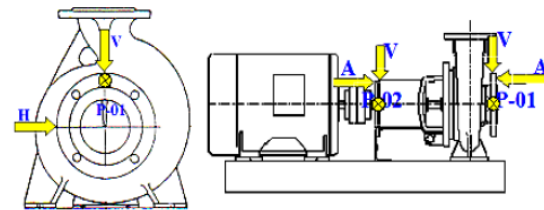
d mm	D mm	B mm	r _s Min	C kN	Co kN	Spd rpm	No	W kg
25	62	17	1.	22.	11.	110	630	0.
			1	4	4	0	5	3

(b) *Cylindrical roller bearing*

d mm	D mm	B mm	r _s Min	C kN	Co kN	Spd rpm	No	W kg
25	62	17	1.1	41.5	37.5	950	N305	0.2

Set up instalasi pengujian dan pendukungnya seperti Gambar 3.3.

Penyelidikan sinyal getaran akibat perubahan tipe bantalan dilakukan pada pompa dengan titik pengukuran searah sumbu aksial, vertikal dan horizontal. Pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan pengambilan berdasarkan *time domain* dan *frekuensi domain* menggunakan alat *vibrometer analog VM- 3314A*.



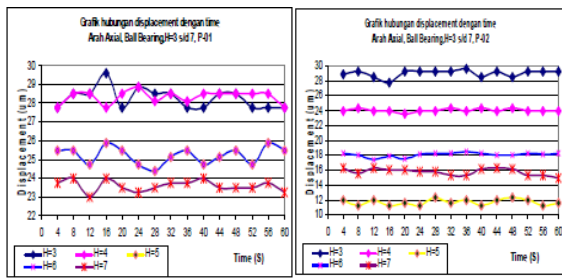
Gambar 3.4 Arah dan titik pengukuran

Pengambilan titik pengukuran (P-01 dan P-02) dengan pertimbangan pada titik P-01 akan didapat respon getaran yang ditimbulkan akibat tinggi tekan dan titik P-02 digunakan untuk menangkap respon getaran bantalan pada poros. Pada penelitian ini metode pengujian dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu pengujian dimulai dari *ball bearing* dengan terlebih dahulu mengukur *head* tekann, debit aliran dan putaran pompa, baru dilakukan pengukuran pada titik P-01 dan P-02 untuk arah aksial, vertikal dan horizontal dapat dilakukan. Data vibrasi yang diukur adalah simpangan, kecepatan, percepatan dan frekuensi. Setelah seluruh data dari *ball bearing* diambil, dan bantalan pompa diganti dengan *cylindrical bearing* dan pengukuran dimulai kembali seperti langkah-langkah pengukuran sebelumnya.

4. Hasil Pengujian dan Analisa Data

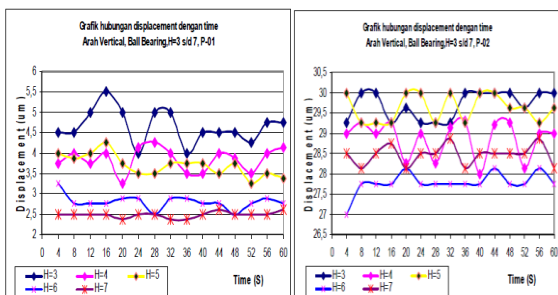
Pengukuran sinyal getaran pada pompa dengan bantalan jenis *ball bearing* yang merupakan bantalan bawaan pompa dilakukan variasi *head* tekanan. Maksud pengukuran ini adalah untuk mendapatkan karakteristik sinyal getaran dari pompa standart. Setelah dilakukan pengukuran data respon getaran untuk bantalan *ball bearing* arah aksial

dengan variasi head tekanan dari 2,5 m sampai dengan 5 m pada titik pengukuran P-01 dan P-02 dapat dilihat pada Gambar 6.1.



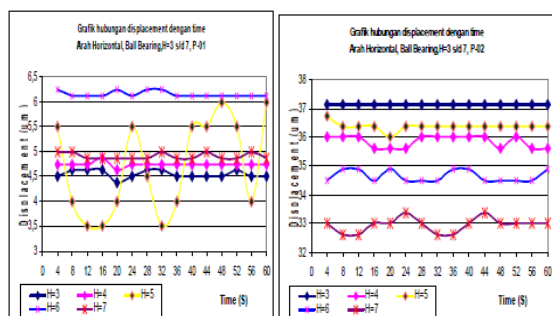
Gambar 4.1 Hubungan simpangan aksial dengan waktu H= 3 s.d 7, P-01 dan P-02

Dari gambar 6.1 titik P-01 dapat dilihat bahwa pada arah simpangan aksial terbesar rata-rata pada head 2 m dengan harga simpangan $28,25 \times 10^{-6}$ m dan harga simpangan terendah terjadi pada head 5 m dengan harga simpangan $23,6 \times 10^{-6}$ m. Pada titik pengukuran P-02 nilai simpangan tertinggi pada tinggi tekan 3 m dengan harga simpangan $29,25 \times 10^{-6}$ m, dan simpangan terendah pada head tekanan 5 m dengan harga $11,7 \times 10^{-6}$ m.



Gambar 4.2 Hubungan simpangan vertikal dengan Waktu, H = 3 s.d.7, P-01 dan P-02

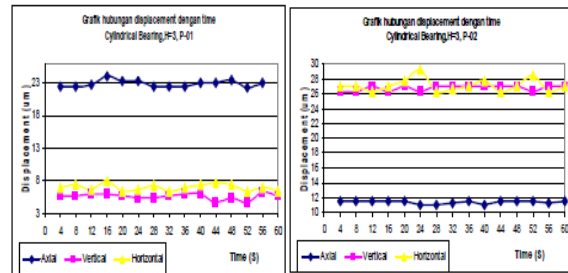
Pada Gambar 4.2 untuk pengukuran respon getaran bantalan *ball bearing* dengan titik pengukuran P-01 dan P-02 diperoleh bahwa simpangan terbesar terjadi pada arah vertical pada head 3 m dengan harga $4,65 \times 10^{-6}$ m, simpangan terendah rata-rata terjadi pada head 7 m dengan harga $2,4 \times 10^{-6}$ m.



Gambar 4.3 Hubungan Simpangan horizontal dengan Waktu, H = 3 s.d.7, P-01 dan P-02

Pada Gambar 4.3 untuk pengukuran respon getaran bantalan *ball bearing* dengan titik pengukuran P-01 dan P-02 diperoleh bahwa simpangan terbesar terjadi pada arah vertical pada head 6 m dengan harga $6,125 \times 10^{-6}$ m, simpangan terendah rata-rata terjadi pada head 5 m dengan harga $4,7 \times 10^{-6}$ m.

Pada pengukuran respon getaran pada pompa dengan bantalan pompa *cylindrical bearing* yang merupakan bantalan objek penelitian dengan tinggi tekan berbeda diperoleh hasil pengukuran titik P-01 dan P-02 seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hubungan Simpangan aksial dengan Waktu, H = 3 s.d.7, P-01 dan P-02

Pada Gambar 6.4 untuk pengukuran respon getaran bantalan *cylindrical bearing* dengan titik pengukuran P-01 dan P-02 diperoleh bahwa simpangan tertinggi dengan harga $22,9 \times 10^{-6}$ m, sedangkan simpangan pada arah vertikal $5,67 \times 10^{-6}$ m, dan horizontal $7,1 \times 10^{-6}$ m. Pada titik P-02 dapat dilihat bahwa simpangan arah horizontal adalah simpangan tertinggi dengan harga $27,125 \times 10^{-6}$ m, sedangkan simpangan arah vertikal $26,8 \times 10^{-6}$ m dan aksial $11,4 \times 10^{-6}$ m.

Dari Gambar 6.4 dapat dilihat bahwa pada arah aksial simpangan dititik P-01 dan P-02 turun sesuai dengan naiknya head. Pada titik P-01 simpangan tertinggi terjadi pada *ball bearing* dengan harga $28,25 \times 10^{-6}$ m, sedangkan pada *cylindrical bearing* dengan harga tertinggi simpangan $24,175 \times 10^{-6}$ m. Pada titik P-02 dapat dilihat bahwa simpangan arah aksial *ball bearing* lebih tinggi dari *cylindrical bearing*.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis terhadap pengukuran sinyal getaran bantalan poros pompa sentrifugal dengan pengukuran sinyal getaran pada simpangan tertinggi dapat disimpulkan bahwa getaran pada bantalan *ball bearing* meningkat seiring dengan kenaikan kapasitas aliran dan penurunan beban pompa. Getaran pompa secara keseluruhan menunjukkan pengaruh dari tipe bantalan poros yang lebih dominan mempengaruhi tingginya getaran adalah bantalan bola (*ball bearing*) karena terjadi kenaikan displacement pada frekuensi 24 Hz pada arah vertikal maupun horizontal. Tipe bantalan *cylindrical roller bearing* memberikan respon

getaran yang paling rendah dan sangat cocok digunakan pada pompa sentrifugal satu tingkat dengan head tekanan 9 meter dan kapasitas 3 liter/s. Metode penelitian ini bisa diaplikasikan untuk sistem perawatan berbasis kondisi (*condition based maintenace*) pada pompa sentrifugal.

Daftar Pustaka

- [1] Isranuri, T., Sitepu, N., Rafani, M., "Study on Vibration of Centrifugal Pump System Due to The Change of Capacity" Proceedings Noise & Vibration Reseach UKM, Malaysia. 2005.
- [2] Kadek I, Dwi Permana Putra., Ahmad T. 2016. *Analisa Getaran Poros pada Motor dan Pompa yang Mengalami Misalignment*, [Journal Online].
- [3] Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power *Pump and Pumping System*, In Energy Efficiency in Electrical Utilities, India. 2004.
- [4] Church, Austin H. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Jakarta. Erlangga. 1986.
- [5] David,P.F.,Poplawski,J.V."Transient Vibration Prediction for Rotor on Ball Bearing Using Load-Dependent Nonlinier Bearing Stiffness", *International Journal of Rotating Machinery*. 2004.
- [6] Hasha, S.P. "Nonlinier Dinamic Analysis of Rolling Element Bearing Due to Cage Run-out and Number of Balls" *Journal of Sound and Vibration*. 2005.
- [7] Isranuri, T., Sitepu, N., Rafani, M., "Machine Based Developing, Design of Vibration Testing Equipment for Centrifugal Water Pump", Proseding Seminar material dan Struktur (MASTRUCT). 2004.
- [8] Michael J, Robichaud, P.Eng. *Reference Standart for Vibration Monitoring and Analysis*, Bretech Engineering Ltd, 70, Sant Jhon NB Canada.
- [9] Montgomery, Douglas C, *Design and Analysis of Experiments*, 6th Ed, Jhon Wiley & Sons, New York. 2005.
- [10] Sularso, Tahara Haruo, *Pompa & Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, Edisi Keenam. Jakarta: PT Pradya Paramita, 2006.
- [11] G Kelly, *Fundamentals of Mechanical Vibration*, Second Edition, Mc Graw-Hill, 2000.
- [12] Thomson, William, T, *Vibration With Applications*, Prentice-Hall International, California, 1993.