

Bearing Failure Analysis in Centrifugal Pump at PT. XYZ

Erwin Fradana¹ & Ridwan Abdurrahman^{1*}

¹⁾ Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

ABSTRACT – This study conducts a comprehensive analysis of bearing failures in centrifugal pumps, aiming to find bearing life & the cause of difference in field data. Through meticulous examination of failed bearings, the research identifies root causes, including factors such as misalignment, inadequate lubrication, and excessive loads. The investigation involves a series of systematic steps to identify, evaluate, and understand the causes and impacts of damage that occurs. First, a visual survey of the centrifugal pump is carried out to look for physical signs that indicate damage to the bearing. This involves checking general conditions, such as wear, cracks, or leaks. The findings contribute to the nominal bearing life is 26.631,8 hours or about 3 years of use & the difference in life calculations between theoretical calculations and data found in the field is generally caused by high temperatures and vibrations in the bearing.

Riwayat Artikel:

Diterima: 2 Januari 2024

Direvisi: 27 Januari 2024

Disetujui: 29

Februari 2024

KEYWORDS: bearing, centrifugal pumps, damage analysis, preventive maintenance, pumps

1. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan sebuah perusahaan industri yang menghasilkan produk berupa *Pulp* and *Paper* atau bubur kertas dan kertas. Dalam industri pembuatan kertas, mesin yang cara kerjanya berputar yang paling banyak dipakai adalah pompa. Di PT XYZ ini salah satunya, banyak pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida mulai dari bahan-bahan baku pembuatan kertas seperti *pulp* ke sistem yang dilayaninya. Salah satunya adalah pompa sentrifugal, yang merupakan peralatan *rotating* yang digunakan pada penyaluran bahan-bahan dari pembuatan kertas. Pompa sentrifugal tersusun dari berbagai macam komponen, salah satu komponennya yaitu *bearing* yang memiliki peran yaitu menjaga agar putaran poros tetap lancar, sebagai tumpuan beban yang berputar, dan lain-lain. Kerusakan *bearing* pada pompa dapat menyebabkan kegagalan kerja pada pompa tersebut. Untuk mengetahui penyebab kerusakan dari *bearing* ini maka dilakukan penelitian pada *bearing* tersebut untuk mengetahui penyebab dan mengetahui umur nominal dari *bearing* pada pompa sentrifugal.

Pompa merupakan mesin yang banyak digunakan dalam suatu industri. Pompa merupakan suatu alat yang dapat memindahkan fluida melalui media pemipaan dengan menambahkan energi padanya secara berkala. Pompa adalah suatu alat (mesin fluida) yang banyak dipakai dalam suatu industri. Pompa ialah alat yang dapat memindahkan fluida dari satu tempat ke lain tempat melalui media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan dan berlangsung secara kontinyu^[1].

Energi pada fluida tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan pada pipa-pipa (gaya gesek), melawan tekanan

(gaya dorong) dan untuk menaikkan fluida pada suatu ketinggian ataupun menaikkan kecepatan aliran.

Pompa sentrifugal, yang dikenal karena kemampuannya mentransfer cairan melalui gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeller, sangat efektif dalam pergerakan fluida. Tujuan dari mekanisme ini adalah untuk memindahkan fluida dari area bertekanan rendah ke area bertekanan tinggi, sehingga secara efektif mengangkatnya[2].

Pompa memiliki fungsi meningkatkan tekanan dari fluida, yang memungkinkan fluida bergerak dari satu tempat ke tempat lain atau naik dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolik, pompa digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (fluida yang tidak dapat dikompresi atau *incompressible fluids*) dari satu tempat ke tempat lain dengan menaikkan tekanan fluida yang ditransfer.

Energi mekanis dari fluida kerja pompa dipakai untuk menaikkan tekanan fluida dan melawan tahanan-tahanan yang ada di saluran-saluran instalasi pompa.

Berdasarkan cara kerjanya, pompa dikelompokkan menjadi tiga yaitu pompa *positive displacement*, pompa *dynamic (kinetic)* dan pompa *special effect*. Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa *dynamic (kinetic)* [3].

*Corresponding author: ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id

Penerbit: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, <https://proksima.ejournal.unri.ac.id>

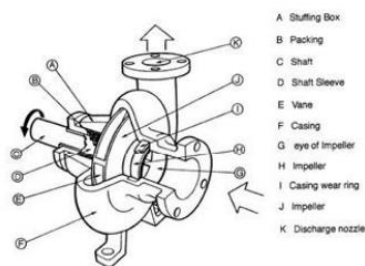
Pompa sentrifugal menggunakan prinsip gaya sentrifugal untuk meningkatkan energi fluida. Dengan memutar *impeller* atau rotor dengan sudu yang melengkung, gaya sentrifugal terjadi pada partikel fluida di antara sudu. bentuk pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Pompa Sentrifugal

Aliran fluida diarahkan oleh lengkungan sudu, dan fluida akan keluar sudu dengan kecepatan tinggi. Rumah pompa atau *volute* akan digunakan untuk menampung fluida dengan kecepatan tinggi ini. Fluida yang mempunyai kecepatan tinggi ini akan ditampung oleh *volute* yang penampangnya mulai dari kecil mengembang menjadi besar.

Bagian-bagian utama dari pompa sentrifugal secara umum dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Bagian-bagian Centrifugal Pump

a. *Stuffing Box*

Stuffing Box berfungsi untuk mencegah kebocoran di area di mana poros pompa menembus casing.

b. *Packing*

Digunakan untuk mencegah terjadinya fluida masuk dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.

c. *Shaft* (poros)

Selama beroperasi, poros meneruskan momen puntir dari penggerak ke tempat impeller dan komponen berputar lainnya.

d. *Shaft sleeve*

Shaft sleeve berfungsi sebagai *leakage joint*, *internal bearing*, dan *interstage* atau *distance sleeve* pada pompa *multistage* dan juga untuk melindungi poros dari korosi, erosi, dan korosi pada *stuffing box*.

e. *Vane*

Sudu yang berfungsi tempat cairan melalui impeller.

f. *Casing*

Ini adalah bagian paling luar dari pompa dan berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar. Ini

juga tempat diffuser (*guide vane*) berada, *inlet* dan *outlet* nozel, memberikan arah aliran *impeller*, dan mengubah energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis.

g. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.

h. *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara terus menerus, sehingga cairan pada sisi hisap terus masuk untuk mengisi ruang yang tercipta karena cairan yang masuk sebelumnya berpindah.

i. *Wearing Ring*

Wearing ring berfungsi untuk meminimalkan kebocoran cairan melalui bagian depan dan belakang impeller. Ini dicapai dengan mengurangi jarak antara casing dan impeller.

j. *Bearing* (bantalan)

Bearing (bantalan) berfungsi sebagai alat untuk menahan dan mendukung beban yang diperlukan untuk rotasi aksial atau radial poros. Selain itu, bantalan memungkinkan poros berputar dengan lancar.

k. *Discharge Nozzle*

Merupakan saluran keluar fluida dari dalam pompa / outlet pompa

Prinsip kerja pompa sentrifugal dapat digambarkan sebagai berikut: energi mekanis dari penggerak diubah menjadi energi kecepatan (kinetis) fluida melalui sudu pompa, dan kemudian dari komponen volute atau diffuser diubah menjadi energi potensial (tekanan cairan).

Pompa digerakkan oleh motor, daya dari motor diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller yang dipasangkan pada poros tersebut. Zat cair yang ada dalam impeller akan ikut berputar karena dorongan sudu-sudu. Karena timbulnya gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu dan meningkatkan impeller dengan kecepatan yang tinggi.

Zat cair yang keluar dari impeller dengan kecepatan tinggi ini kemudian mengalir melalui saluran dengan penampang yang lebih besar, seperti *volute* atau *diffuser*. Dengan demikian, *head* tekanan berubah menjadi *head* kecepatan, dan zat cair yang keluar dari flens keluar pompa *head* totalnya menjadi lebih besar. Setelah zat cair dilemparkan oleh impeller, ruang di antara sudu menjadi vakum, memungkinkan zat cair terisap masuk.

Bantalan (*bearing*) adalah suatu elemen mesin yang berfungsi menumpu poros berbeban sehingga dapat berputar atau bergerak bolak-balik dengan halus, aman, dan panjang umur.

Bearing merupakan salah satu komponen elemen mesin yang sangat penting adalah bantalan, yang berfungsi untuk menumpu poros agar poros kepala dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan[5].

2. METODOLOGI

2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan untuk mengukur *bearing* pada pompa sentrifugal ini diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Thermogun

Thermogun adalah sebuah alat yang memiliki fungsi untuk mengukur suhu permukaan suatu objek dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi inframerah untuk mengidentifikasi radiasi panas yang dipancarkan oleh suatu objek.



Gambar 6 *Thermogun*

2. Vibrometer

Vibrometer merupakan alat ukur yang memiliki fungsi utama yaitu mengukur getaran. Alat ini dapat memonitor kondisi mesin yang sedang beroperasi dengan mengukur getaran yang terjadi pada mesin. Setelah getaran terukur, kita bisa melihat apakah getaran yang terjadi sudah melebihi batas apa tidak



Gambar 7 *Vibrometer*

2.2 Metode Mencari Umur *Bearing*

1) Beban Ekuivalen Dinamis

Nilai beban aksial dan radial dapat digunakan untuk menghitung beban ekuivalen dinamis jenis *ball bearing angular contact single row* dengan metode umur SKF. Beban aksial (F_{am}) untuk *ball bearing single row individual* dan berpasangan dapat dihitung sebagai berikut[4]

$$F_{am} = K_a \frac{C_0}{1000} \left(\frac{n \cdot d_m}{100000} \right)^2 \quad (1)$$

Dimana:

K_a = nilai faktor beban aksial minimum

C_0 = nilai beban nominal statik (kN)

n = kecepatan putaran (rpm)

d_m = diameter *bearing* rata-rata = $0,5 (d+D)$

Tabel 1 Faktor Beban Minimum

Seri <i>Bearing</i>	Faktor Beban Minimum	
	k_a	K_r
72 BE	1,4	0,095
72 B	1,2	0,08
73 BE	1,6	0,1
73 B	1,4	0,09
32 A	-	0,06
33 A	-	0,07
33 D	-	0,095
33 DNR	-	0,095

Rumus yang dapat digunakan untuk beban radial (F_{rm}) *bearing* yang berpasangan dengan susunan *face-to-face*, *back-to-back*, dan *bearing* dua baris yaitu sebagai berikut.

$$F_{rm} = K_r \cdot \left(\frac{v \cdot n}{1000} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 \quad (2)$$

Dimana :

K_r = faktor beban radial minimum

v = viskositas oli saat temperatur operasi (mm^2/s)

d_m = diameter *bearing* rata-rata = $0,5 (d+D)$

Bila nilai dari beban aksial dan beban radial sudah didapat, selanjutnya yaitu mencari nilai beban ekuivalen dinamis dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut[5]

$$\begin{aligned} P &= F_r + 0,55 F_a & \text{Jika } F_a / F_r \leq 1,14 \\ P &= 0,57 F_r + 0,93 F_a & \text{Jika } F_a / F_r > 1,14 \end{aligned}$$

2) Umur Nominal *Bearing*

Jika C (kN) menyatakan beban nominal dinamis, n adalah kecepatan rotasi (rpm), dan P (kN) menyatakan nilai beban ekuivalen dinamis, maka faktor kecepatan (f_n) adalah[6]:

$$\text{Untuk bantalan bola, } f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3} \quad (3)$$

Faktor umur adalah:

$$f_h = f_n \cdot C/P \quad (4)$$

Umur nominal bantalan (jam):

$$L_h = 500 f_h^3 \quad (5)$$

Keandalan umur bantalan:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h \quad (6)$$

Dimana:

- a_1 = faktor keandalan
 a_2 = faktor bahan = 1, dilecairkan secara terbuka
 a_3 = faktor kerja = 1 (kondisi kerja normal)

Tabel 2 Harga faktor keandalan

Keandalan (%)	L_{nm}	a_1
90	L_{10m}	1
95	L_{5m}	0,62
96	L_{4m}	0,53
97	L_{3m}	0,44
98	L_{2m}	0,33
99	L_{1m}	0,21

Metodologi analisis kerusakan *bearing* pada pompa sentrifugal di PT. XYZ melibatkan serangkaian langkah sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memahami penyebab serta dampak kerusakan yang terjadi. Pertama-tama, dilakukan survei visual terhadap pompa sentrifugal untuk mencari tanda-tanda fisik yang menunjukkan adanya kerusakan pada *bearing*. Ini melibatkan pemeriksaan kondisi umum, seperti keausan, retakan, atau kebocoran.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran getaran pada pompa untuk mendeteksi anomali dalam gerakan mekanis yang dapat menunjukkan masalah pada *bearing*. Analisis getaran dapat memberikan informasi penting tentang frekuensi dan amplitudo getaran yang melebihi batas normal, membantu mengidentifikasi area spesifik yang mengalami kerusakan.

Langkah berikutnya melibatkan pemeriksaan suhu pompa dan *bearing*. Peningkatan suhu secara signifikan dapat menjadi indikasi *overheat* yang dapat merusak *bearing*. Analisis suhu ini dapat membantu dalam menilai apakah pelumasan berfungsi dengan baik atau ada masalah yang mempengaruhi kinerja *bearing*.

Berikutnya adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menghitung umur dari *bearing*, seperti jenis *bearing* yang digunakan, beban yang ditumpu oleh *bearing*, kecepatan putaran dari pompa, massa, dan data-data lainnya. Semua data ini dapat diperoleh di *database* perusahaan, dalam hal ini yaitu *database* perusahaan PT.XYZ.

Selain itu, dilakukan pemeriksaan minyak pelumas untuk menilai kondisi dan kualitasnya. Analisis minyak pelumas dapat memberikan informasi tentang kontaminasi, keausan, atau kebocoran yang dapat mempengaruhi kinerja *bearing*.

Langkah terakhir dalam metodologi ini melibatkan pembongkaran *bearing* untuk pemeriksaan langsung. Melalui pemeriksaan visual dan pengukuran dimensi, dapat diidentifikasi secara akurat sejauh mana kerusakan *bearing* tersebut. Hal ini memungkinkan penentuan apakah perbaikan dapat dilakukan atau apakah *bearing* perlu digantikan.

Metodologi ini memberikan pendekatan yang komprehensif dalam menganalisis kerusakan *bearing* pada pompa sentrifugal di PT. XYZ, memungkinkan identifikasi penyebab utama kerusakan dan mengarah pada tindakan perbaikan yang sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi *Bearing*

Bearing yang digunakan pada pompa sentrifugal ini adalah *bearing* SKF dengan tipe 7312 BECBM dengan spesifikasi sebagai berikut.

- 1) Beban dinamik : 104 kN
- 2) Beban statik : 76,5 kN
- 3) Putaran : 2970 rpm
- 4) Massa : 1,75 kg
- 5) Diameter dalam : 60 mm
- 6) Diameter luar : 130 mm
- 7) Pelumas : Shell Tellus Oil S 68 ($v = 68 \text{ mm}^2/\text{s}$)

3.2 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan secara teoritis yang dilakukan pada *bearing* pompa sentrifugal dengan menggunakan persamaan di atas menunjukkan bahwa umur nominal dari *bearing* tersebut ialah sebesar **26.631,8 jam**. Bila pompa sentrifugal beroperasi dengan waktu 24 jam sehari, maka umur dari bantalan ini adalah:

$$L_n = \frac{26.631,8}{24 \times 365} = 3,04 \text{ tahun}$$

Jadi secara teoritis *bearing* pada pompa sentrifugal dapat diganti dalam kurun waktu sekitar 3 tahun sekali. Namun, pada kondisi aktualnya di lapangan, umur dari *bearing* ini adalah tidak lebih dari satu tahun. Perbedaan umur antara perhitungan teoritis dengan aktual ini disebabkan oleh beberapa penyebab. Penyebab kerusakan pada *bearing* adalah.

1. Less Lubrication

Penyebab terjadinya kerusakan pada bantalan yang pertama yaitu dapat disebabkan oleh kurangnya pelumasan yang tersuplai ke dalam *bearing* sehingga *bearing* akan menjadi panas dan dapat menjadi aus.

2. Overheat

Karena oli atau pelumas tidak dapat tersuplai dengan baik, maka ini dapat menyebabkan bantalan tidak mendapatkan pelumasan yang cukup sehingga temperatur dari bantalan mengalami peningkatan melebihi temperature ketahanan dari bantalan.

3. Looseness dan unbalance

ketika pelumasan tidak tersuplai dengan baik ke bantalan maka akan mengakibatkan kenaikan suhu pada bantalan, suhu yang tinggi menyebabkan *bearing* tidak dapat menahan gaya aksial dari

putaran pompa dan menyebabkan *inner race* dan *balls* menjadi longgar dan mengakibatkan bantalan pada poros berputar secara *unbalance* (tidak seimbang). Hal ini yang dapat menyebabkan terjadinya getaran yang berlebih pada pompa.

4. Vibrasi

Getaran yang terjadi akan menimbulkan beberapa macam efek seperti timbulnya *noise*, kerusakan pada poros, dan lain-lain.

5. Penyebab lain

Dilihat dari riwayat kerja dari pompa, pompa diminta agar bekerja secara kontinyu selama 24 jam dalam satu hari. Pada saat sebelum dilakukan pergantian *bearing*, pompa memiliki riwayat yaitu terjadi kebocoran *gland packing* pada pompa. Kebocoran ini mengakibatkan keluarnya fluida berupa air yang mengalir ke *shaft* dan terindikasi memasuki area *bearing support*. Fluida yang masuk ke dalam *bearing support* dapat mempengaruhi umur pakai dari *bearing* tersebut. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Korosi akibat air masuk

Limbah (Ipal) Pt. Sier Menggunakan Program Preventive Maintenance Yang Terencana”. JPTM. 8(1), 128-134, (2019).

- [3] Siregar, M. A., “Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal”, Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(2), 166-174, (2020).
- [4] SKF, “Angular contact ball bearings – Your key to longer service life”, SKF Angular Contact Ball Bearings–Manual Book, Swedia (2003).
- [5] SKF, “Bearings and mounted – Engineered for long life in the world’s most demanding applications”, (2020).
- [6] Sularso, I., “Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin”, Oleh Suga Kiokatsu. Jakarta: PT. Pradaya Paramitha (1977)

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan teoritis bearing pompa sentrifugal dengan menggunakan rumus di atas, maka umur bearing nominal adalah 26.631,8 jam. Jika pompa sentrifugal beroperasi pada kapasitas penuh 24 jam sehari, umur bantalan adalah 3,04 Tahun. Kerusakan pada *bearing* terjadi dikarenakan kurangnya lubrikasi yang mengakibatkan *bearing* aus lalu terjadi kebocoran yang mengakibatkan fluida masuk ke dalam *bearing support* dan *bearing* pun menjadi korosi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ungkapan terimakasih ke para pihak yang telah mendukung penelitian. Jelaskan peran para pihak yang disebutkan tersebut terhadap keberhasilan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariady, S., “Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU Sungai Gerong PT. Pertamina RU III Plaju”, Jurnal Desiminasi Teknologi, 2(1), (2014).
- [2] Kusuma, J. A., & Utama, F. Y. “Analisis Bearing Pada Pompa Sentrifugal Di Instalasi Pengolahan Air