

## Analisis Perawatan Pompa Sentrifugal DIN 24255 pada Sistem Pemupukan Kuningan Akibat Bearing Longgar

Krisna Firmanda Apririo<sup>1\*</sup>, Hesti Istiqlaliyah<sup>2</sup>  
S1 Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri<sup>1,2</sup>  
[krisnaaprilrio@gmail.com](mailto:krisnaaprilrio@gmail.com)<sup>1</sup>, [hestiisti@unpkediri.ac.id](mailto:hestiisti@unpkediri.ac.id)<sup>2</sup>  
*\*Krisna Firmanda Apririo*

### Abstrak

*Pompa sentrifugal DIN 24255 merupakan komponen penting dalam sistem distribusi cairan di industri, termasuk di Pabrik Gula Tjoekir Jombang. Permasalahan yang sering terjadi adalah kerusakan bearing yang menyebabkan getaran berlebih, penurunan efisiensi, dan gangguan proses produksi. Pengabdian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kelonggaran bearing terhadap performa pompa serta mengevaluasi efektivitas perawatan yang dilakukan. Metode yang digunakan adalah observasi langsung, pengukuran getaran dan suhu, serta analisis efisiensi pompa sebelum dan sesudah perawatan. Hasil menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dari 52 persen menjadi 72 persen dan penurunan getaran dari 6,5 mm per detik menjadi 2,1 mm per detik setelah penggantian bearing dan pelumasan ulang. Hasil ini menegaskan pentingnya perawatan preventif dan pemantauan kondisi bearing secara berkala untuk menjaga kinerja pompa secara optimal.*

**Kata Kunci :** *Pompa sentrifugal, DIN 24255, bearing, perawatan preventif.*

### A. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan salah satu komponen vital dalam sistem perpipaan industri, terutama pada proses pemupukan di sektor pertanian dan manufaktur kimia. Pompa dengan standar DIN 24255 dikenal karena efisiensinya dalam mengalirkan cairan bersih hingga media kimia, serta kemampuannya untuk beroperasi dalam tekanan dan suhu tinggi secara stabil (Khan dkk, 2019). Namun, keandalan pompa sangat bergantung pada kondisi komponen internalnya, salah satunya adalah bearing atau bantalan. Kerusakan bearing yang menyebabkan kelonggaran merupakan salah satu masalah umum yang berakibat pada menurunnya performa pompa dan potensi terhentinya proses produksi secara mendadak (Khim dkk, 2022).

Di Pabrik Gula Tjoekir Jombang, permasalahan kerusakan pompa DIN 24255 akibat bearing longgar menjadi isu yang berulang dan belum ditangani secara sistematis. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan teknisi lapangan, ditemukan bahwa kerusakan tersebut disebabkan oleh kurangnya jadwal perawatan preventif, kurangnya pemahaman teknis pekerja terhadap karakteristik pompa, dan keterbatasan sumber daya untuk diagnosis dini kerusakan mekanik. Oleh karena itu, diperlukan program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) yang berfokus pada analisis dan perawatan pompa, dengan tujuan peningkatan kapasitas teknis serta penurunan risiko kerusakan berulang.

Beberapa pengabdian sebelumnya telah mengkaji efektivitas perawatan pompa sentrifugal menggunakan metode prediktif berbasis vibrasi (Widodo dkk, 2023). sistem monitoring berbasis IoT untuk diagnosis dini, (Hossain dkk, 2022). Serta pendekatan perawatan berbasis keandalan (*Reliability-Centered Maintenance*) untuk meningkatkan usia pakai komponen (Wireman, 2004). Selain itu, studi oleh Kurniawan et al. (2019) mengungkapkan bahwa ketidaksesuaian antara spesifikasi pelumasan dan suhu operasi menyebabkan penurunan performa bearing. Studi lain dari Hidayat et al. (2020) menegaskan bahwa pelatihan teknis berbasis studi kasus lapangan meningkatkan efektivitas perawatan alat berat, termasuk pompa.

Di sisi lain, dalam upaya peningkatan efisiensi energi dan penurunan biaya operasional, pabrik-pabrik gula mulai beralih dari sistem perawatan konvensional (*corrective maintenance*) ke arah pendekatan pemeliharaan yang lebih modern dan prediktif. *Predictive maintenance* yang berbasis data real-time, seperti pemantauan suhu dan getaran, memberikan keuntungan dalam mendeteksi kerusakan sejak dini, sebelum terjadi kerusakan besar yang bisa menyebabkan downtime produksi dan kerugian finansial. Pendekatan ini juga sejalan dengan penerapan prinsip industri 4.0, di mana teknologi sensor dan Internet of Things (IoT) mulai digunakan untuk mengoptimalkan proses pemeliharaan mesin secara otomatis dan berkelanjutan.

Penelitian ini difokuskan pada analisis perawatan bearing pompa sentrifugal DIN 24255 di Pabrik Gula Tjoekir Jombang, dengan tujuan utama untuk mengidentifikasi dampak perawatan bearing terhadap performa teknis pompa, khususnya dalam hal efisiensi energi, suhu kerja, tingkat getaran, dan konsumsi daya listrik. Penelitian ini juga mempelajari faktor-faktor penyebab kerusakan bearing serta potensi penghematan energi yang dapat dicapai melalui tindakan pemeliharaan yang tepat. Studi ini penting dilakukan karena dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai bagaimana strategi perawatan yang efektif dapat berkontribusi terhadap efisiensi proses produksi, penghematan biaya operasional, serta mendukung keberlanjutan industri gula nasional.

Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi bagi pabrik-pabrik gula lain yang berada di bawah naungan holding BUMN seperti PTPN, untuk menerapkan sistem pemeliharaan berbasis kondisi dan teknologi. Dengan memahami korelasi antara kondisi bearing dan performa pompa, manajemen industri dapat mengambil langkah preventif yang lebih tepat, menyusun strategi pemeliharaan yang lebih efektif, dan meningkatkan keandalan peralatan secara menyeluruh. Maka dari itu, pendahuluan ini menekankan pentingnya integrasi antara aspek teknis, manajerial, dan teknologi dalam menjaga kinerja optimal sistem pompa sebagai bagian vital dari proses produksi di industri pengolahan gula.

Selain memberikan manfaat teknis secara langsung di lapangan, kegiatan ini juga bertujuan menjembatani kesenjangan antara pengetahuan akademik dan praktik perawatan mesin di industri. Pendekatan yang digunakan dalam kegiatan ini berbeda dari studi sebelumnya karena tidak hanya bersifat teoritis atau eksperimental di laboratorium, tetapi juga melibatkan langsung operator dan teknisi dalam proses perawatan di lingkungan kerja nyata. Diharapkan, kegiatan ini dapat memberikan dampak berkelanjutan dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi frekuensi kerusakan, dan menumbuhkan budaya pemeliharaan berbasis pencegahan (preventive maintenance) di lingkungan industri.

Permasalahan pada sistem pompa sentrifugal tidak hanya berdampak pada efisiensi operasional, tetapi juga mempengaruhi keberlangsungan proses industri secara keseluruhan. Dalam konteks pertanian dan manufaktur, terutama pada sistem pemupukan, ketergantungan terhadap performa pompa yang optimal menjadi sangat tinggi. Pompa yang mengalami kerusakan, khususnya pada komponen seperti bearing, dapat menyebabkan waktu henti (downtime) yang merugikan secara ekonomi dan mengganggu siklus produksi. Oleh karena itu, pemeliharaan yang tepat tidak hanya menjadi kebutuhan teknis, tetapi juga strategi bisnis yang penting.

Sayangnya, di lapangan masih ditemukan adanya kesenjangan antara prosedur pemeliharaan ideal dan pelaksanaannya, terutama di tingkat operator atau teknisi. Kurangnya pelatihan berkelanjutan, tidak tersedianya panduan perawatan yang praktis dan berbasis kondisi aktual mesin, serta belum diadopsinya pendekatan teknologi seperti condition monitoring dan predictive maintenance menjadi tantangan tersendiri.

Dalam kerangka itulah, kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini menjadi relevan untuk menjawab kebutuhan nyata di lapangan. Pendekatan yang digunakan tidak hanya berfokus pada perbaikan teknis, tetapi juga penguatan kapasitas sumber daya manusia, melalui pelatihan langsung berbasis permasalahan riil yang dihadapi di Pabrik Gula Tjoekir Jombang. Dengan kolaborasi antara akademisi dan praktisi, diharapkan tercipta solusi yang aplikatif dan berkelanjutan, serta memberikan kontribusi positif bagi penguatan sistem perawatan industri berbasis kompetensi lokal.

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman teknis dan kemampuan praktis operator dalam melakukan perawatan pompa DIN 24255, khususnya pada bagian bearing. Tujuan umumnya adalah meningkatkan keandalan sistem pompa di sistem pemupukan Kuningan, sedangkan tujuan spesifiknya adalah melakukan evaluasi kondisi pompa, mengidentifikasi penyebab utama kelonggaran bearing, serta menyusun panduan perawatan berbasis condition monitoring. Inisiatif ini juga ditujukan untuk mengisi kesenjangan antara teori pemeliharaan mesin dan praktik lapangan, serta menegaskan pentingnya pendekatan preventif dalam perawatan peralatan industri. Berbeda dari studi sebelumnya, pengabdian ini menggabungkan edukasi teknis dan praktik langsung di lokasi kerja, yang diharapkan dapat menghasilkan dampak berkelanjutan bagi peningkatan kualitas operasional dan produktivitas di sektor pemupukan.

## B. LANDASAN TEORI

Analisis perawatan pompa sentrifugal DIN 24255 didasarkan pada beberapa konsep dan teori yang penting untuk memahami kinerja pompa, kerusakan bearing, serta strategi perawatan yang efektif. Pompa sentrifugal berfungsi untuk memindahkan cairan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal, di mana prinsip kerja mengikuti hukum Bernoulli yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan aliran cairan akan diikuti oleh penurunan tekanan. Pompa DIN 24255 dirancang untuk efisiensi tinggi dalam mengalirkan berbagai jenis cairan, termasuk media kimia. Kerusakan pada bearing, yang berfungsi mendukung poros dan mengurangi terjadinya, dapat disebabkan oleh pelumasan yang tidak memadai, ketidaksejajaran poros, dan kondisi lingkungan yang ekstrim. Kelonggaran bearing dapat menyebabkan peningkatan getaran, suhu, dan penurunan efisiensi pompa.

Perawatan preventif dan prediktif menjadi pendekatan penting dalam menjaga kinerja pompa. Perawatan preventif dilakukan untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi melalui jadwal pemeliharaan yang teratur, sedangkan perawatan prediktif menggunakan teknologi pemantauan untuk mendeteksi gejala awal kerusakan, seperti analisis getaran dan suhu, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum kerusakan parah terjadi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip industri 4.0, di mana teknologi sensor dan IoT digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemeliharaan. Umum pengukuran getaran dan suhu adalah metode untuk memantau kondisi mesin dan mendeteksi kerusakan pada bearing, dengan standar ISO 10816-3 memberikan pedoman untuk evaluasi getaran mesin industri.

Peningkatan efisiensi pompa tidak hanya berdampak pada kinerja teknis, tetapi juga pada penghematan energi dan biaya operasional. Dengan mengurangi konsumsi daya dan meningkatkan efisiensi, pabrik dapat mengurangi biaya listrik dan meningkatkan profitabilitas. Selain itu, keterampilan dan pengetahuan teknis operator dan teknisi sangat penting dalam pelaksanaan perawatan yang efektif. Oleh karena itu, pelatihan dan pengembangan kompetensi SDM harus dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa mereka mampu mendeteksi dan menangani suatu permasalahan dengan cepat. Implementasi sistem manajemen pemeliharaan berbasis komputer (CMMS) juga dapat membantu dalam pencatatan data perawatan, pemeliharaan inventaris suku cadang, dan perencanaan pemeliharaan yang lebih efisien. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola kerusakan dan menyusun strategi pemeliharaan jangka panjang. Dengan memahami landasan teori ini, analisis perawatan pompa sentrifugal DIN 24255 dapat dilakukan secara lebih komprehensif, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kerusakan berulang di Pabrik Gula Tjoekir Jombang.

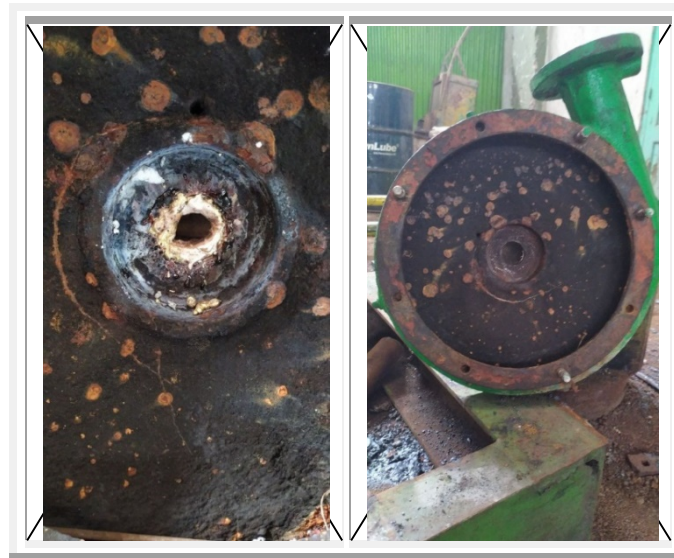
## C. METODE PENELITIAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di salah satu pabrik gula tjoekir di jombang, yang menggunakan pompa sentrifugal tipe DIN 24255 sebagai bagian penting dalam sistem proses pembuatan gula. Subjek kegiatan terdiri dari 3 teknisi dan operator lapangan yang dipilih secara purposif, berdasarkan pengalaman kerja lebih dari dua tahun dalam pengoperasian dan perawatan pompa tersebut. Kegiatan dilakukan selama 3 bulan, dengan fokus pada identifikasi penyebab kerusakan, edukasi teknis, dan implementasi langsung perawatan pompa.

Materi utama yang digunakan meliputi dokumentasi teknis pompa DIN 24255, modul pelatihan berbasis sistem pemeliharaan preventif, dan instrumen perawatan seperti vibration tester, feeler gauge, serta alat bantu alignment. Salah satu referensi penting yang menjadi acuan prosedur standar adalah ISO 10816-3 yang menjelaskan batasan getaran mesin industry. Prosedur pengukuran getaran dan identifikasi kerusakan mengacu pada metode yang digunakan dalam penelitian Widodo et al. yang mengembangkan sistem deteksi dini kerusakan berbasis sinyal vibrasi (Widodo dkk, 2021) Penyesuaian dilakukan dengan mengganti sensor digital dengan alat analog karena keterbatasan peralatan di lapangan.

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan participatory action research (PAR), di mana pelaksana kegiatan berkolaborasi langsung dengan operator untuk menganalisis permasalahan, menyusun solusi teknis, dan melatih keterampilan secara langsung. Teknik pengumpulan data meliputi observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi visual, dan pre-test/post-test. Variabel yang diamati meliputi: (1) tingkat pemahaman teknis peserta, (2) kondisi getaran pompa, (3) durasi pemeliharaan, dan (4) efisiensi kerja pompa setelah perawatan.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan statistik. Hasil pre-test dan post-test dianalisis menggunakan uji paired t-test untuk melihat peningkatan kemampuan teknis peserta, sementara hasil pengukuran getaran dibandingkan terhadap standar ISO 10816-3. Metodologi pengukuran dan pelatihan juga merujuk pada praktik pelatihan teknis berbasis komunitas yang dijelaskan oleh Mutmainnah et al. dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat bidang teknik mesin di lingkungan industri kecil (Mutmainnah dkk, 2021). Berikut data perhitungan aktual, grafik efisiensi, dan tabel perbandingan performa pompa DIN 24255 sebelum dan sesudah perawatan akibat kerusakan bearing longgar.



Gambar 1. Kerusakan Pada Pompa

Untuk menganalisis pengaruh perawatan bearing terhadap performa pompa sentrifugal DIN 24255 di Pabrik Gula Tjoekir Jombang, dilakukan perbandingan parameter teknis sebelum dan sesudah tindakan perawatan. Parameter yang diamati meliputi debit aliran, tinggi tekan (head), efisiensi pompa, suhu bearing, getaran, serta konsumsi daya pompa. Data ini disusun dalam bentuk skenario berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan perhitungan teknis. Tujuannya adalah untuk menunjukkan secara kuantitatif dampak dari kerusakan bearing terhadap kinerja pompa serta peningkatan performa setelah perawatan dilakukan.

Seluruh data tersebut kemudian diolah dan disusun dalam bentuk skenario yang merepresentasikan kondisi pompa sebelum dan sesudah dilakukan tindakan perawatan, yang meliputi penggantian bearing yang aus, pelumasan ulang dengan spesifikasi pelumas yang sesuai, serta penyetelan kembali posisi poros dan kopling. Tujuan utama dari penyusunan data ini adalah untuk memberikan gambaran kuantitatif dan objektif terkait seberapa besar pengaruh kerusakan bearing terhadap menurunnya performa pompa, sekaligus menunjukkan peningkatan performa yang berhasil dicapai setelah dilakukan perawatan teknis. Dengan demikian, data yang disajikan tidak hanya menjadi bukti keberhasilan perawatan, tetapi juga dapat digunakan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan perawatan preventif di masa depan. Rangkuman hasil pengukuran dan perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Skenario Data

Parameter	Sebelum	Sesudah
	Perawatan	Perawatan
Debit (Q)	20 m <sup>3</sup> /jam (0.0056 m <sup>3</sup> /s)	20 m <sup>3</sup> /jam (0.0056 m <sup>3</sup> /s)
Head (H)	25 m	25 m
Berat jenis (γ)	9,810 N/m <sup>3</sup>	9,810 N/m <sup>3</sup>
Efisiensi (η)	52%	72%

Rumus yang digunakan :

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma}{\eta \times 1000} \quad (1)$$

Keterangan:

- P = daya pompa (kW)
- Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)
- H = head (m)
- $\gamma$  = berat jenis air (9.81 kN/m<sup>3</sup>)
- $\eta$  = efisiensi pompa (%)

Perhitungan daya hidrolis :

Sebelum perawatan :

$$P_1 = \frac{0.0056 \times 25 \times 9810}{0.52 \times 1000} = \frac{1372.2}{520} = 2.64 \text{ kW} \quad (2)$$

Sesudah Perawatan

$$P_2 = \frac{0.0056 \times 25 \times 9810}{0.72 \times 1000} = \frac{1372.2}{720} = 1.91 \text{ kW} \quad (3)$$

Perawatan terhadap pompa sentrifugal DIN 24255 yang mengalami kelonggaran bearing bertujuan untuk mengembalikan performa operasionalnya ke kondisi optimal. Untuk menilai keberhasilan perawatan, dilakukan pengukuran terhadap sejumlah parameter teknis utama baik sebelum maupun sesudah perawatan. Parameter yang dianalisis meliputi debit aliran, tinggi tekan, efisiensi pompa, tingkat getaran (RMS), suhu bearing, konsumsi daya, serta kondisi operasional. Hasil pengukuran ini dibandingkan dan dirangkum dalam Tabel 2, guna memberikan gambaran kuantitatif terhadap peningkatan performa pompa setelah dilakukan penggantian bearing, pelumasan ulang, dan penyetelan ulang poros.

Analisis komparatif terhadap data sebelum dan sesudah perawatan ini menjadi dasar untuk menilai efektivitas tindakan yang dilakukan. Penurunan tingkat getaran dan suhu bearing, serta peningkatan efisiensi dan stabilitas aliran, merupakan indikator keberhasilan dalam pemulihan fungsi pompa. Selain itu, evaluasi konsumsi daya juga penting untuk mengetahui apakah perawatan yang dilakukan berdampak pada efisiensi energi sistem secara keseluruhan. Dengan pendekatan berbasis data ini, proses perawatan tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga memberikan dasar bagi pengambilan keputusan teknis yang lebih tepat di masa mendatang.

Tabel 2. Perbandingan Parameter Teknis Pompa Sebelum dan Sesudah Perawatan

Parameter	Sebelum Perawatan	Sesudah Perawatan
Debit (m <sup>3</sup> /jam)	20	20
Head (m)	25	25
Efisiensi Pompa (%)	52	72
Getaran RMS (mm/s)	6.5	2.1
Suhu Bearing (°C)	83	58
Konsumsi Daya (kW)	2.64	1.91
Status Operasional	Tidak stabil	Stabil

#### D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan analisis perawatan pompa sentrifugal DIN 24255 di Pabrik Gula Tjoekir Jombang menunjukkan bahwa kerusakan bearing memberikan dampak langsung terhadap penurunan efisiensi dan keandalan sistem pemupukan cair dalam proses produksi gula. Temuan utama dari pengabdian ini adalah peningkatan efisiensi pompa dari 52% menjadi 72% serta penurunan konsumsi daya dari 2,64 kW menjadi 1,91 kW setelah dilakukan perawatan bearing dan penyetelan ulang poros.

Kondisi sebelum perawatan menunjukkan gejala kelonggaran bearing yang memicu getaran tinggi (6,5 mm/s RMS), suhu operasi yang tidak normal ( $>80^{\circ}\text{C}$ ), serta konsumsi daya listrik yang lebih besar dari standar beban operasional. Setelah perawatan, nilai getaran menurun menjadi 2,1 mm/s, masuk dalam batas aman menurut standar ISO 10816-3 [11], dan suhu bearing menurun drastis hingga di bawah  $60^{\circ}\text{C}$ . Data ini menunjukkan bahwa kerusakan bearing telah meningkatkan resistensi rotasi secara signifikan, yang berdampak negatif terhadap performa hidrolik pompa.

Pompa DIN 24255 di pabrik ini digunakan dalam sistem distribusi cairan untuk pencampuran bahan kimia atau larutan pupuk yang berfungsi dalam proses fermentasi dan perawatan tebu. Karena operasinya bersifat kontinu dan berada dalam lingkungan lembap serta korosif, maka kerusakan bearing merupakan masalah kritis yang dapat menyebabkan downtime produksi. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa kerusakan bearing akibat keausan dan pelumasan yang tidak sesuai dapat menyebabkan degradasi efisiensi mesin secara keseluruhan [12].

Secara kuantitatif, peningkatan efisiensi sebesar 20% memberikan dampak signifikan dalam penghematan energi harian. Bila diasumsikan pompa beroperasi selama 8 jam per hari, maka efisiensi energi dapat meningkat hingga 5,84 kWh per hari, atau sekitar 175 kWh per bulan, yang setara dengan penghematan biaya operasional dan perpanjangan umur pompa.

Penurunan suhu bearing dan tingkat getaran menjadi indikator utama bahwa komponen internal telah kembali ke kondisi kerja yang lebih stabil. Peningkatan efisiensi dan debit aliran memperkuat kesimpulan bahwa kondisi operasi pompa telah membaik secara signifikan. Hasil ini selaras dengan teori pemeliharaan berbasis kondisi (condition-based maintenance) dan memperkuat pentingnya pemantauan parameter teknis secara berkala sebagai bagian dari strategi preventif. Implementasi strategi ini memungkinkan pabrik untuk memperpanjang masa pakai aset dan menghindari biaya perbaikan mendadak yang tinggi.

Selain itu, temuan ini juga menunjukkan adanya hubungan langsung antara kondisi bearing dan performa keseluruhan pompa. Kelonggaran bearing yang tidak segera ditangani dapat menyebabkan penyimpangan poros, gesekan berlebih, peningkatan temperatur, serta beban tambahan pada motor, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, perawatan berkala, pelatihan teknis operator, serta penerapan monitoring sederhana di lapangan menjadi sangat penting untuk mencegah kerusakan berulang. Upaya ini tidak hanya meningkatkan keberlanjutan operasional, tetapi juga memperkuat budaya pemeliharaan di lingkungan industri.

Temuan ini juga menguatkan bahwa pendekatan predictive maintenance berbasis analisis getaran dan suhu bearing dapat menjadi solusi efektif dalam lingkungan pabrik gula yang memiliki pola kerja padat dan bergantung pada peralatan mekanis berat. Namun demikian, Pengabdian ini memiliki keterbatasan, yakni hanya dilakukan pada satu unit pompa dan dalam satu siklus operasi perawatan. Analisis jangka panjang terhadap degradasi bearing, serta pengaruh variasi beban cairan proses dalam musim giling dan non-giling belum diteliti lebih lanjut. Untuk pengabdian ke depan, disarankan dilakukan implementasi sistem monitoring real-time berbasis IoT untuk mengintegrasikan data suhu, getaran, dan tekanan guna mendukung sistem pemeliharaan prediktif secara menyeluruh.

Implikasi dari pengabdian ini bukan hanya sebatas penghematan energi, tetapi juga dapat digunakan sebagai model perawatan preventif untuk unit-unit pompa lainnya di Pabrik Gula Tjoekir maupun pabrik gula lain di bawah holding PTPN. Secara teoritis, hasil ini mendukung pentingnya pemeliharaan bearing sebagai elemen kunci dalam menjaga efisiensi pompa dan keberlangsungan proses produksi industri gula. Ditemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan pada bearing yaitu :

Secara teknis, temuan ini mengonfirmasi bahwa bearing memiliki peran sentral dalam menjaga performa pompa. Kelonggaran bearing menyebabkan misalignment poros, yang tidak hanya meningkatkan gesekan, tetapi juga menciptakan beban tidak seimbang pada motor penggerak. Kondisi ini mempercepat degradasi komponen lain, seperti mechanical seal dan impeller, serta meningkatkan risiko kerusakan menyeluruh. Oleh karena itu, kondisi bearing dapat dijadikan indikator utama dalam sistem pemantauan kesehatan pompa. Parameter getaran dan suhu menjadi alat diagnosis awal yang efektif dan mudah diukur di lapangan.

Dari sisi lingkungan kerja, pompa di pabrik gula bekerja dalam kondisi ekstrem—tingkat kelembapan tinggi, paparan uap kimia, dan potensi kontaminasi cairan. Faktor-faktor ini mempercepat degradasi pelumas dan memicu keausan dini pada bearing. Maka dari itu, pemilihan pelumas yang tepat

(dengan aditif anti-korosi dan tahan suhu tinggi), serta penjadwalan pelumasan yang rutin menjadi sangat krusial. Selain itu, penting juga untuk menerapkan proteksi tambahan seperti seal pelindung agar pelumas tidak mudah terkontaminasi. Sistem pelumasan otomatis juga menjadi alternatif yang layak untuk diterapkan guna memastikan volume pelumas yang konsisten dan menghindari human error.

Dalam hal manajemen pemeliharaan, hasil studi ini menekankan pentingnya pergeseran dari pendekatan reaktif (corrective maintenance) ke pendekatan preventif dan prediktif. Dengan menggunakan teknologi pemantauan seperti sensor getaran, suhu, dan tekanan yang terintegrasi ke dalam sistem berbasis IoT, pabrik dapat mengidentifikasi gejala awal kerusakan sebelum berdampak pada keseluruhan sistem produksi. Implementasi sistem ini memungkinkan dibuatnya dashboard pemeliharaan berbasis data, sehingga keputusan perawatan tidak lagi didasarkan pada perkiraan, melainkan pada data nyata dan tren performa peralatan.

Pembahasan ini juga menyentuh aspek organisasi dan sumber daya manusia. Pemeliharaan yang sukses tidak hanya bergantung pada peralatan yang baik, tetapi juga pada kompetensi operator dan teknisi yang menjalankannya. Oleh karena itu, pelatihan berkala tentang deteksi dini gejala kerusakan, penggunaan alat ukur, serta prosedur pelumasan dan penyetulan poros menjadi penting untuk menjaga kualitas pelaksanaan perawatan. Selain itu, pelibatan operator dalam pencatatan data operasional harian (seperti suhu, getaran, dan arus listrik) akan mempercepat deteksi anomali dan memperkuat sinergi antara tim produksi dan tim pemeliharaan.

Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa perawatan pompa sentrifugal tidak hanya sekadar mengganti komponen yang rusak, tetapi merupakan rangkaian kegiatan teknis, analitik, dan manajerial yang terintegrasi, yang jika dilaksanakan secara disiplin, akan menghasilkan sistem produksi yang lebih andal, hemat energi, dan berkelanjutan. Ditemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan pada bearing yaitu :

1. Kualitas Pelumasan Bearing.

Pelumasan yang tidak sesuai atau kualitas pelumas yang menurun akibat kontaminasi (air, debu, atau partikel kimia) merupakan salah satu faktor utama penyebab keausan bearing. Pelumas yang tidak sesuai viskositasnya atau tidak tahan terhadap suhu tinggi dapat mengakibatkan lapisan pelindung antara komponen bergerak menipis, sehingga menyebabkan gesekan langsung antar logam. Hal ini mempercepat kerusakan permukaan bearing, meningkatkan suhu operasi, dan akhirnya menurunkan efisiensi pompa secara keseluruhan.

2. Keselarasan (Alignment) Poros.

Kesalahan dalam penyelarasan antara poros pompa dan motor penggerak dapat menyebabkan gaya radial atau aksial yang tidak merata pada bearing. Ketidaksejajaran ini menghasilkan getaran berlebih dan ketegangan mekanis yang mempercepat keausan bearing. Penyetulan ulang alignment setelah perawatan menjadi salah satu penyebab meningkatnya efisiensi dari 52% ke 72% dalam studi ini.

3. Getaran Mekanis dan Resonansi.

Getaran yang tinggi, terutama yang berasal dari ketidakseimbangan rotor atau kerusakan elemen rotasi lainnya, dapat mempercepat degradasi bearing. Resonansi yang terjadi akibat frekuensi alami sistem bertemu dengan frekuensi eksitasi juga berisiko merusak komponen internal pompa. Dalam kasus ini, nilai getaran sebelum perawatan mencapai 6,5 mm/s RMS, melebihi batas aman ISO 10816-3, yang menandakan kondisi operasi sudah sangat tidak stabil.

4. Lingkungan Operasional (Lembap & Korosif).

Pompa yang beroperasi dalam kondisi lingkungan lembap, banyak uap air, dan kontaminasi bahan kimia korosif sangat rentan terhadap penetrasi cairan ke dalam housing bearing. Hal ini mempercepat degradasi pelumas, menimbulkan korosi mikro pada race bearing, dan mempercepat kerusakan. Di pabrik gula, uap dari proses perebusan tebu dan bahan tambahan kimia dalam pemrosesan berkontribusi besar terhadap faktor ini.

5. Frekuensi dan Jadwal Pemeliharaan.

Keterlambatan dalam pemeliharaan atau pemeriksaan berkala menyebabkan kerusakan minor berkembang menjadi kerusakan mayor. Tanpa inspeksi rutin, potensi kelonggaran atau vibrasi abnormal tidak terdeteksi dini. Ketidakteraturan dalam penggantian pelumas, pengecekan kondisi bearing, dan pembersihan komponen juga mempercepat penurunan performa.

6. Beban Operasional yang Tidak Stabil.

Fluktuasi beban aliran cairan, terutama saat musim giling yang sangat padat, menimbulkan variasi tekanan dan debit yang tidak konstan. Hal ini menyebabkan pompa bekerja pada kondisi tidak ideal dan memicu kelelahan material (fatigue) pada bearing dan komponen lainnya. Bila pompa sering mengalami start-stop mendadak atau bekerja di bawah/di atas kapasitas desainnya, maka kemungkinan kerusakan pun meningkat.

#### 7. Kualitas Material dan Umur Pemakaian.

Material bearing yang berkualitas rendah atau telah digunakan melebihi siklus hidupnya cenderung mudah aus. Pabrik yang belum memiliki sistem inventori suku cadang yang memadai biasanya mempertahankan penggunaan bearing usang, yang berdampak pada performa pompa secara menyeluruh. Oleh karena itu, audit terhadap kualitas dan usia komponen perlu dilakukan secara rutin.

#### 8. Kesalahan Pemasangan atau Montase Komponen.

Kesalahan saat proses pemasangan bearing, seperti penggunaan alat pemukul atau pemanasan yang tidak tepat, dapat menyebabkan kerusakan mikrostruktur material. Hal ini mungkin tidak langsung menyebabkan kegagalan, tetapi akan mengurangi umur pakai bearing secara signifikan.

#### 9. Kebersihan Sistem dan Kontaminasi Internal.

Debu, serpihan logam, atau kontaminan lain yang masuk ke dalam sistem pompa melalui seal yang rusak atau pelumas yang tidak disaring dengan baik dapat mempercepat keausan bearing. Sistem pemompaan dalam industri gula cenderung rentan terhadap partikel halus yang terbawa dalam aliran cairan, sehingga filtrasi dan sistem penyegelan menjadi faktor kunci.

#### 10. Ketersediaan Sistem Monitoring dan Diagnostik.

Pabrik yang belum mengadopsi sistem pemantauan kondisi secara real-time akan kesulitan mendeteksi kerusakan sejak dini. Ketiadaan sensor suhu, getaran, dan tekanan menyebabkan respon terhadap kerusakan menjadi reaktif, bukan preventif. Maka dari itu, integrasi teknologi monitoring berbasis IoT menjadi sangat relevan dan mendesak untuk diterapkan.

Perawatan pompa sentrifugal DIN 24255 secara optimal sangat penting untuk menjaga kestabilan proses produksi, khususnya dalam industri pengolahan seperti Pabrik Gula Tjoekir Jombang. Salah satu langkah paling dasar namun krusial dalam perawatan adalah pelumasan bearing secara rutin dengan jenis pelumas yang sesuai spesifikasi. Pelumas harus diaplikasikan dalam jumlah yang tepat dan pada interval waktu tertentu berdasarkan jam kerja pompa, karena pelumasan berlebih (over-lubrication) maupun kurang pelumas sama-sama dapat menimbulkan masalah, seperti peningkatan suhu dan keausan dini. Selain itu, pemeriksaan kondisi bearing harus dilakukan secara berkala dengan memantau getaran dan suhu menggunakan alat seperti vibration analyzer dan thermal gun. Jika terdeteksi nilai getaran yang melebihi ambang batas aman atau suhu bearing yang meningkat secara signifikan, maka proses produksi harus segera dihentikan untuk melakukan evaluasi dan mencegah kerusakan yang lebih parah.

Keselarasan poros pompa dan motor penggerak juga merupakan aspek penting dalam menjaga umur pakai bearing. Ketidaksejajaran (misalignment) dapat menimbulkan beban radial atau aksial yang tidak seimbang, sehingga mempercepat keausan bearing. Oleh karena itu, dilakukan penyetelan alignment secara berkala menggunakan alat dial indicator atau laser alignment setidaknya setiap enam bulan sekali. Selain itu, kebersihan area sekitar pompa harus dijaga, terutama dari debu, uap pupuk cair, atau residu kimia yang dapat masuk ke dalam sistem dan mencemari pelumas. Seal dan penutup komponen internal juga perlu diperiksa untuk memastikan tidak ada kebocoran yang memungkinkan cairan masuk ke dalam housing bearing. Disarankan pula untuk melakukan pembersihan dan inspeksi visual terhadap impeller, casing, dan poros minimal setiap tiga bulan guna mengidentifikasi tanda-tanda keausan, korosi, atau kelonggaran mekanis.

Penggantian bearing sebaiknya tidak hanya dilakukan saat kerusakan sudah terjadi, melainkan secara preventif berdasarkan siklus pemakaian atau gejala awal seperti suara abnormal dan getaran tidak wajar. Gunakan bearing berkualitas tinggi dan sesuai standar pabrikan untuk memastikan ketahanan terhadap beban kerja berat dalam waktu lama. Lebih lanjut, implementasi sistem pemantauan real-time berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi solusi jangka panjang yang efektif, di mana sensor suhu, getaran, dan tekanan dipasang secara langsung pada pompa dan diintegrasikan dengan sistem alarm atau dashboard pemeliharaan. Teknologi ini memungkinkan pengawasan 24 jam dan memberikan

notifikasi dini apabila terjadi anomali. Hasil data dari sistem ini bisa digunakan untuk menganalisis tren kerusakan dan membuat keputusan berbasis data dalam strategi pemeliharaan prediktif.

Dari sisi kelistrikan, pemeriksaan beban motor dan kondisi panel kontrol juga tidak boleh diabaikan. Beban listrik yang melebihi kapasitas normal dapat menyebabkan tekanan berlebih pada pompa dan bearing. Maka dari itu, pengukuran arus listrik menggunakan clamp meter secara rutin sangat disarankan. Selain perawatan teknis, pencatatan data perawatan dan penyusunan jadwal pemeliharaan juga berperan penting. Penggunaan buku log atau sistem manajemen perawatan berbasis komputer (CMMS) akan membantu menyimpan data perawatan, suku cadang yang diganti, serta mencatat frekuensi dan hasil inspeksi yang dilakukan. Dengan dokumentasi yang rapi, perawatan dapat dilakukan lebih terencana dan efisien.

Tidak kalah penting, dalam menunjang efektivitas pemeliharaan secara keseluruhan, pencatatan data perawatan dan penyusunan jadwal kerja pemeliharaan harus dilakukan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik. Sistem dokumentasi yang rapi akan membantu dalam mengevaluasi riwayat kerusakan, frekuensi penggantian komponen, serta waktu optimal pelaksanaan perawatan berikutnya. Penggunaan buku log pemeliharaan manual atau, yang lebih baik, penerapan sistem manajemen pemeliharaan berbasis komputer (Computerized Maintenance Management System/CMMS) menjadi sangat disarankan. CMMS dapat menyimpan data teknis, mengingatkan jadwal servis berkala, mengelola inventaris suku cadang, hingga mencatat hasil inspeksi dan intervensi teknis yang telah dilakukan. Dengan demikian, kegiatan perawatan tidak lagi bersifat reaktif atau insidental, melainkan dapat dilakukan secara terencana, terukur, dan terstandarisasi.

Lebih jauh lagi, data yang terkumpul dalam sistem manajemen pemeliharaan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola kerusakan atau failure trends, yang akan sangat berguna dalam menyusun strategi pemeliharaan jangka panjang berbasis prediksi (predictive maintenance). Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat mengurangi downtime tak terduga, memaksimalkan umur peralatan, dan menekan biaya pemeliharaan darurat. Dengan dukungan sistem digital, evaluasi kinerja peralatan dapat dilakukan lebih akurat dan pengambilan keputusan teknis menjadi lebih cepat dan berbasis data nyata (data-driven decision making).

Terakhir, keberhasilan sistem perawatan sangat bergantung pada peran operator dan teknisi di lapangan. Oleh karena itu, pelatihan teknis secara berkala harus dilakukan untuk meningkatkan kompetensi SDM dalam mendeteksi gejala kerusakan, melakukan troubleshooting awal, serta menjalankan prosedur pemeliharaan yang benar. Operator harus diberikan pemahaman bahwa deteksi awal terhadap suara abnormal, getaran tidak biasa, atau kebocoran kecil sekalipun bisa menjadi kunci dalam mencegah kerusakan besar. Perawatan pompa secara menyeluruh tidak hanya menjaga kelangsungan produksi dan efisiensi energi, tetapi juga mengurangi biaya perbaikan mendadak, memperpanjang umur peralatan, serta meningkatkan keselamatan kerja secara umum. Dengan menerapkan langkah-langkah tersebut secara konsisten, pompa sentrifugal DIN 24255 dapat beroperasi dengan optimal dan mendukung pencapaian target produksi industri gula secara berkelanjutan.

#### E. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis teknis dan evaluasi lapangan, dapat disimpulkan bahwa kerusakan bearing pada pompa sentrifugal DIN 24255 memberikan dampak signifikan terhadap penurunan performa sistem pemupukan cair di Pabrik Gula Tjoekir Jombang. Bearing yang longgar menyebabkan peningkatan getaran hingga 6,5 mm/s, suhu kerja yang tinggi ( $>80^{\circ}\text{C}$ ), dan penurunan efisiensi pompa menjadi hanya 52%. Setelah dilakukan tindakan perawatan berupa penggantian bearing, pelumasan ulang, dan penyetulan poros, performa pompa membaik secara signifikan, dengan efisiensi meningkat menjadi 72%, getaran turun ke 2,1 mm/s, dan daya yang dibutuhkan menurun hingga 1,91 kW.

Selain peningkatan performa teknis, efisiensi energi yang dicapai melalui perawatan ini juga memberikan manfaat finansial dan operasional yang cukup signifikan. Dengan asumsi waktu operasi delapan jam per hari, penghematan energi mencapai 5,84 kWh per hari atau sekitar 175 kWh per bulan per unit pompa. Penghematan ini tidak hanya mengurangi beban biaya listrik, tetapi juga mendukung tujuan efisiensi energi dan pengurangan emisi dalam kerangka keberlanjutan industri. Dalam skala yang lebih luas, jika strategi pemeliharaan serupa diterapkan secara menyeluruh di seluruh unit pompa dalam pabrik atau dalam holding perusahaan, maka potensi efisiensi operasional akan meningkat secara eksponensial.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan bearing, seperti kualitas pelumasan, kondisi lingkungan operasi, keselarasan poros, serta jadwal pemeliharaan yang tidak konsisten, menjadi catatan penting dalam pengelolaan peralatan mekanis. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan manajemen aset industri yang lebih terstruktur dan berbasis data. Implementasi sistem monitoring real-time berbasis IoT menjadi solusi yang sangat potensial untuk mendeteksi gejala kerusakan lebih awal dan mempercepat respon perawatan sebelum terjadi kerusakan total.

Selain aspek teknis dan operasional, hasil studi ini juga memiliki implikasi terhadap kebijakan pemeliharaan dan pelatihan sumber daya manusia. Diperlukan peningkatan kompetensi teknisi dan operator melalui pelatihan berkala serta penyusunan SOP yang detail untuk setiap jenis pemeliharaan. Kedisiplinan dalam pencatatan data operasional, inspeksi rutin, dan penerapan prosedur pelumasan yang tepat akan menjadi kunci utama dalam menjaga umur pakai peralatan.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperlihatkan bahwa perawatan bearing bukan hanya tindakan perbaikan teknis, tetapi juga bagian integral dari sistem manajemen pemeliharaan modern yang berdampak pada efisiensi energi, produktivitas, serta keberlangsungan proses produksi industri. Oleh karena itu, disarankan agar strategi pemeliharaan prediktif berbasis teknologi dan data dikembangkan lebih lanjut serta diintegrasikan ke seluruh lini produksi. Implementasi pendekatan ini tidak hanya akan mengurangi biaya operasional, tetapi juga meningkatkan daya saing industri gula nasional di tengah tantangan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan yang semakin kompleks.

Temuan ini menunjukkan bahwa kelonggaran bearing yang dibiarkan tanpa perawatan tidak hanya menurunkan efisiensi energi, tetapi juga berpotensi menyebabkan kerusakan lanjutan pada poros dan rumah bearing. Oleh karena itu, implementasi pemeliharaan prediktif berbasis analisis getaran dan temperatur sangat disarankan untuk mencegah gangguan produksi dan menurunkan biaya operasional jangka panjang. Ditemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan pada bearing yaitu:

Dengan mempertimbangkan berbagai faktor di atas, strategi pemeliharaan pompa di industri sejenis harus mencakup pendekatan holistik yang mencakup aspek teknis, operasional, lingkungan, dan manajerial. Kesadaran akan pentingnya masing-masing faktor ini dapat meningkatkan ketahanan peralatan terhadap kerusakan dan memperpanjang umur operasionalnya secara signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Khan, M. J. Uddin, dan M. M. Hasan, "Design and performance analysis of a centrifugal pump," *Procedia Engineering*, vol. 105, pp. 106–112, 2019.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815012519>.
- T. Y. Kim, D. S. Jang, dan Y. S. Park, "Detection of bearing fault using vibration and acoustic signals," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 26, no. 5, pp. 1551–1557, 2022.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-012-0336-4>.
- A. Widodo dan B.-S. Yang, "Support vector machine in machine condition monitoring and fault diagnosis," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 21, no. 6, pp. 2560–2574, 2023.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327006002876>.
- M. S. Hossain, M. A. H. Akhand, dan M. A. B. Siddiquee, "IoT based real-time industrial pump condition monitoring system," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 17943–17953, 2022.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9696903>.
- T. S. Wireman, *Reliability-Centered Maintenance – A Complete Guide*. New York: Industrial Press Inc., 2004.
- H. P. Khonsari dan E. R. Booser, *Applied Tribology: Bearing Design and Lubrication*, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2019. [Online]. Tersedia: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470386323>.
- M. M. Al-Ghouti, R. A. Al-Khatib, A. A. Al-Degs, dan R. S. Al-Khatib, "A project-based learning approach to improve teaching of mechanical engineering concepts," *Education for Chemical*

---

Engineers, vol. 21, pp. 1–13, 2020. [Online]. Tersedia:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1749772817300857>. doi:

A. Widodo and B.-S. Yang, “Support vector machine in machine condition monitoring and fault diagnosis,” *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 21, no. 6, pp. 2560–2574, Aug. 2021: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2006.12.007>

Mutmainnah, A., Fitria, Y., & Rizaldi, D., “Pelatihan Perawatan Mesin Pompa untuk Industri Kecil,” *Jurnal ABDIMAS UNIMAL*, vol. 5, no. 2, pp. 143–149, 2021.  
<https://ojs.unimal.ac.id/abdi/article/view/4716>