

ANALISA NOISE PADA HOUSING POMPA COOLING WATER A MB23

M. Syihabudin Afdhal *¹
Bambang Dwi Haripriadi ²

^{1,2} Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: afdhalandovi3@gmail.com, bambang@polbeng.ac.id

Abstrak

Pompa Cooling Water A MB23 di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang mengalami peningkatan noise selama operasi yang berpotensi memicu kerusakan mekanis serius dan downtime produksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab utama noise berlebih dengan pendekatan monitoring kondisi melalui pengukuran suhu, vibrasi, serta inspeksi fisik housing pompa. Pengukuran suhu bearing menggunakan Infrared Thermometer SKF TKTL 33 menunjukkan nilai 42–43 °C, mendekati batas atas rentang normal. Hasil pengukuran vibrasi menggunakan SKF Vibration Analyzer mengungkap amplitudo melebihi batas aman ISO 10816 pada arah horizontal dan vertikal, dengan spektrum vibrasi yang menunjukkan puncak dominan pada frekuensi 50 Hz sebagai indikasi unbalance dinamis. Inspeksi fisik menemukan keausan pada dudukan bearing, retakan halus pada housing, dan diameter dudukan yang melebihi toleransi desain. Temuan ini menegaskan noise berlebih disebabkan kombinasi unbalance pada elemen berputar dan kelonggaran struktural akibat keausan housing. Penelitian ini merekomendasikan penggantian atau perbaikan housing serta penguatan program predictive maintenance untuk meningkatkan keandalan sistem pendingin industri pulp dan kertas.

Kata kunci: Noise Pompa, Vibrasi, *Inspeksi Housing, Predictive Maintenance.*

Abstract

The Cooling Water Pump A MB23 at PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang experienced increased operational noise, indicating potential serious mechanical damage and production downtime risks. This study aims to analyze the primary causes of excessive noise using a condition monitoring approach involving temperature and vibration measurements as well as physical inspection of the pump housing. Bearing temperature measurements with the SKF TKTL 33 Infrared Thermometer recorded values of 42–43 °C, approaching the upper normal range limit. Vibration analysis using the SKF Vibration Analyzer revealed amplitudes exceeding ISO 10816 safety thresholds in horizontal and vertical directions, with the vibration spectrum showing a dominant peak at 50 Hz, indicating dynamic unbalance. Physical inspection identified significant wear on the bearing seats, fine cracks on the housing surface, and diameters exceeding design tolerances. These findings confirm that excessive noise results from a combination of rotating element unbalance and structural looseness due to housing wear. This study recommends replacing or repairing the housing and strengthening the predictive maintenance program to improve the reliability of industrial pulp and paper cooling systems.

Keywords: Pump Noise, Vibration, *Housing Inspection, Predictive Maintenance.*

PENDAHULUAN

Pompa cooling water memiliki peran penting dalam sistem pendukung operasional industri pulp dan kertas. Fungsinya adalah mensirkulasikan air pendingin ke berbagai peralatan seperti heat exchanger, kondensator, dan motor berdaya besar, sehingga suhu kerja dapat dijaga tetap stabil dan mencegah terjadinya overheating. Keandalan sistem pendingin menjadi salah satu faktor kunci dalam menjamin kelancaran proses produksi yang bersifat kontinyu dan terpadu.

Namun, dalam praktik operasionalnya, salah satu masalah umum yang sering muncul pada pompa cooling water adalah meningkatnya tingkat kebisingan atau noise selama mesin beroperasi. Peningkatan suara abnormal tersebut kerap menjadi indikator awal terjadinya kerusakan mekanis, khususnya pada komponen bearing. Apabila gejala ini diabaikan tanpa dilakukan pemeriksaan lebih

lanjut, potensi kerusakan dapat meluas hingga menyebabkan downtime produksi, kerugian finansial, dan bahkan membahayakan keselamatan kerja.

Di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang, upaya pemeliharaan prediktif melalui pemantauan vibrasi dan pengukuran kebisingan telah menjadi bagian penting dari strategi perawatan peralatan. Dalam salah satu kasus, ditemukan pompa cooling water yang menunjukkan tingkat noise berlebihan dan getaran tidak normal berdasarkan pengukuran menggunakan sound level meter dan analisa getaran. Temuan ini mendorong dilakukannya inspeksi mendalam untuk menemukan penyebab utamanya. Pemeriksaan fisik dan analisis data menunjukkan adanya kerusakan pada bearing akibat pelumasan yang kurang optimal dan umur pakai yang telah melebihi standar. Selain itu, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi housing pompa mengalami keausan signifikan sehingga menurunkan presisi kedudukan bearing dan memicu kelonggaran saat beroperasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab utama munculnya noise berlebih pada pompa Cooling Water A MB23 melalui pendekatan monitoring kondisi menggunakan pengukuran vibrasi dan suhu, serta inspeksi fisik komponen housing. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor penyebab kerusakan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih tepat sasaran serta mendukung penerapan program predictive dan preventive maintenance di lingkungan industri pulp dan kertas.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Unit Power Plant PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang, dengan fokus pada pompa Cooling Water A MB23 yang mengalami peningkatan noise selama beroperasi. Tujuan utamanya adalah menganalisis penyebab kebisingan berlebih melalui pendekatan monitoring kondisi dan inspeksi fisik komponen.

Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian pengukuran lapangan yang melibatkan dua parameter utama: suhu pada bearing dan getaran pada housing pompa. Untuk pengukuran suhu digunakan perangkat Infrared Thermometer SKF TKTL 33, yang memberikan pembacaan suhu permukaan bearing di sisi Drive End (DE) dan Non-Drive End (NDE). Data suhu ini berguna untuk mendeteksi potensi kenaikan temperatur akibat gesekan berlebih atau kegagalan pelumasan.

Selain pengukuran suhu, analisis vibrasi dilakukan menggunakan perangkat SKF Vibration Analyzer. Pengukuran getaran diambil pada arah horizontal, vertikal, dan aksial di kedua sisi bearing (DE dan NDE). Alat ini juga menyediakan fitur analisis spektrum getaran untuk mengidentifikasi frekuensi dominan yang terkait dengan gejala unbalance atau kerusakan bearing. Data vibrasi yang melebihi ambang batas normal kemudian dianalisis untuk mendeteksi pola kerusakan yang konsisten.

Setelah pengambilan data lapangan selesai, dilakukan pembongkaran pompa untuk inspeksi visual kondisi fisik bearing dan housing. Pemeriksaan ini bertujuan memastikan ada tidaknya keausan, retakan halus, atau kelonggaran kedudukan bearing yang dapat menjadi sumber noise dan getaran tinggi. Diameter housing juga diukur untuk dibandingkan dengan toleransi standar, sehingga keausan yang bersifat dimensional dapat diidentifikasi secara kuantitatif.

Dengan metode ini, penelitian memadukan pendekatan pemantauan kondisi berbasis data pengukuran dengan inspeksi fisik secara langsung. Hal ini diharapkan memberikan gambaran menyeluruh tentang penyebab noise berlebih pada pompa, serta menjadi dasar penyusunan rekomendasi perbaikan dan penguatan program predictive maintenance di lingkungan industri pulp dan kertas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran Suhu Pompa

Pemantauan suhu pada bearing menjadi salah satu pendekatan penting dalam program pemeliharaan prediktif karena dapat mendeteksi gejala awal kerusakan seperti gesekan berlebih

akibat keausan atau kegagalan pelumasan. Pada penelitian ini, pengukuran suhu dilakukan pada pompa Cooling Water A MB23 yang dilaporkan mengalami suara abnormal saat beroperasi. Tujuan pengukuran adalah untuk mengidentifikasi kemungkinan kenaikan suhu yang dapat memicu atau memperparah kerusakan bearing.

Metode pengukuran menggunakan Infrared Thermometer SKF TKTL 33, yang dipilih karena kemampuannya melakukan pembacaan suhu permukaan secara non-kontak dengan cepat dan aman. Alat diarahkan ke dua titik utama bearing, yaitu sisi Drive End (DE) dan Non-Drive End (NDE), guna memastikan distribusi panas yang merata serta mendeteksi anomali lokal pada salah satu sisi poros.



Gambar 1. Pengukuran Menggunakan SKF *Infrared Thermometer* TKTL 33
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Hasil pengukuran menunjukkan suhu permukaan bearing pada sisi DE sebesar 43 °C dan NDE 42 °C. Nilai ini secara umum masih dalam rentang operasi normal untuk bearing rolling-element di lingkungan industri pulp dan kertas. Namun, suhu mendekati batas atas rentang normal menuntut kewaspadaan lebih lanjut. Hal ini terutama relevan ketika data suhu tersebut dikaitkan dengan gejala noise yang muncul saat pompa beroperasi.

Kombinasi suhu yang relatif tinggi dan bunyi abnormal mengindikasikan adanya potensi distribusi beban tidak merata pada bearing. Salah satu penyebab yang memungkinkan adalah keausan pada housing yang menurunkan presisi kedudukan bearing. Dalam kondisi seperti ini, meskipun suhu tidak menunjukkan lonjakan ekstrem, distribusi gaya tidak seimbang dapat menimbulkan keausan tidak merata pada elemen rolling atau raceway, yang pada akhirnya memicu getaran dan suara abnormal. Dengan demikian, pengukuran suhu tidak hanya menjadi parameter tunggal untuk mendeteksi kerusakan termal, tetapi juga indikator penting yang perlu diinterpretasikan bersama hasil analisis getaran dan inspeksi fisik. Pendekatan terintegrasi ini membantu memastikan diagnosis yang lebih akurat dan perencanaan tindakan perbaikan yang tepat pada sistem pompa industri.

b. Analisis Getaran

Analisis getaran merupakan salah satu metode diagnosis kondisi mesin yang sangat diandalkan dalam industri, karena perubahan pola getaran sering menjadi indikator awal masalah mekanis seperti ketidakseimbangan, misalignment, atau kerusakan bearing. Pada penelitian ini, pengukuran getaran dilakukan pada pompa Cooling Water A MB23 yang teridentifikasi memiliki noise berlebih selama operasi. Tujuan pengukuran adalah memverifikasi apakah terdapat kenaikan amplitudo getaran yang mendukung dugaan kerusakan internal pada komponen pompa.

Pengukuran getaran dilakukan menggunakan SKF Vibration Analyzer pada arah horizontal, vertikal, dan aksial di dua sisi bearing: Drive End (DE) dan Non-Drive End (NDE). Metode ini memungkinkan

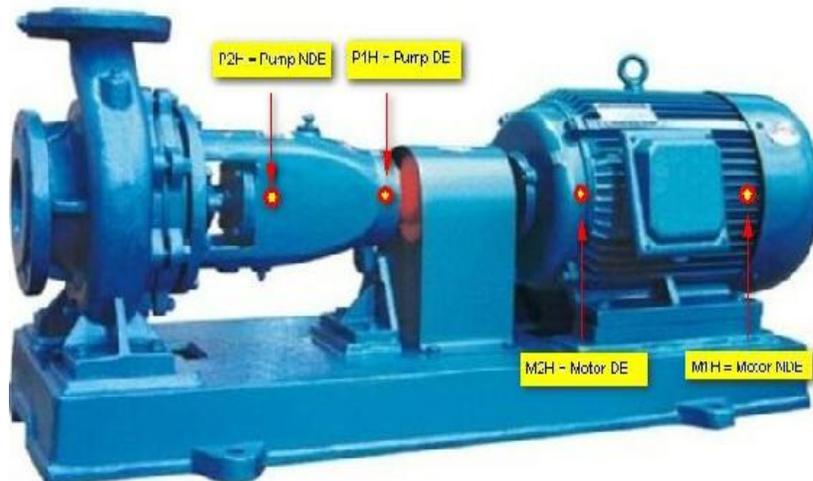
deteksi pola getaran spesifik pada tiap arah, yang membantu mengidentifikasi letak dan jenis kerusakan. Data yang diperoleh menunjukkan adanya kenaikan nilai getaran di beberapa titik melebihi batas normal untuk kategori pompa sejenis.

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data *Vibrasi*

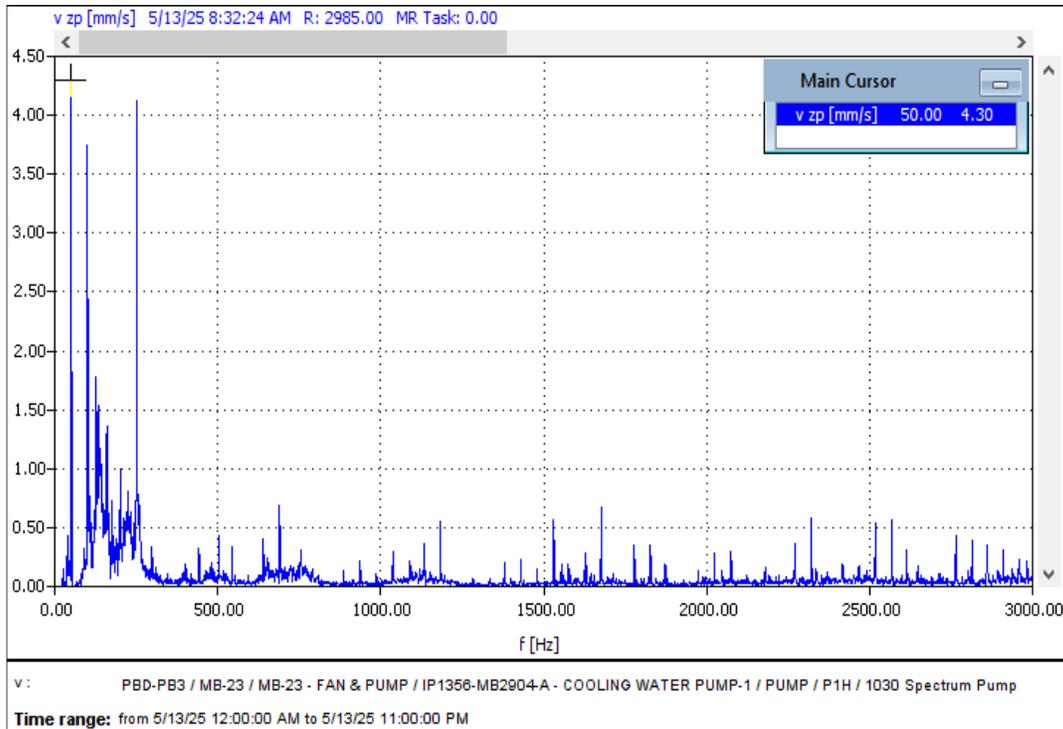
Measpoint	Current	Previous	Unit	Delta
5/3/25				
M1H	3.86	4.27	mm/s	-0.41
M1V	2.24	1.96	mm/s	0.29
M2H	2.94	2.83	mm/s	0.11
M2V	2.70	2.23	mm/s	0.47
M2A	1.79	1.63	mm/s	0.16
P1H	7.93	10.66	mm/s	-2.73
P1V	5.99	6.24	mm/s	-0.24
P2H	5.64	8.34	mm/s	-2.70
P2V	5.33	6.22	mm/s	-0.89
P2A	4.05	4.48	mm/s	-0.53

Berdasarkan sajian tabel di atas, amplitudo getaran pada arah horizontal di sisi DE tercatat 6.92 mm/s, sedangkan pada sisi NDE mencapai 7.48 mm/s. Arah vertikal di DE dan NDE masing-masing mencatat 6.85 mm/s dan 7.20 mm/s. Nilai-nilai ini secara konsisten berada di atas ambang batas yang biasanya direkomendasikan untuk mesin kategori ini menurut ISO 10816, yang umumnya menempatkan batas “bahaya” di sekitar 4.5 mm/s.

Kenaikan getaran pada semua arah dan di kedua sisi bearing menunjukkan masalah yang tidak bersifat lokal semata, melainkan sistemik pada elemen berputar. Distribusi kenaikan getaran yang relatif seragam di arah horizontal dan vertikal mengindikasikan gejala umum unbalance dinamis, di mana distribusi massa yang tidak merata menyebabkan gaya sentrifugal berlebih selama operasi. Hal ini selaras dengan pola noise yang terdengar konsisten selama putaran mesin.



Gambar 2. Titik -titik Pengecekan
 Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. Spektrum

Sumber : Dokumen Pribadi

Selain nilai RMS yang tinggi, analisis spektrum vibrasi pada titik P1H menunjukkan puncak dominan pada frekuensi sekitar 50 Hz, yang bertepatan dengan frekuensi putaran utama pompa. Puncak pada frekuensi dasar ini merupakan ciri khas ketidakseimbangan rotasi, di mana gaya inersia akibat massa tidak merata menghasilkan getaran dengan frekuensi sama dengan kecepatan putaran. Spektrum ini menjadi bukti pendukung kuat bahwa unbalance adalah salah satu penyebab utama masalah getaran pada pompa.

Analisis getaran ini juga diperkuat dengan pengamatan tren nilai RMS dari hasil pengukuran rutin sebelumnya yang menunjukkan kecenderungan naik mendekati atau melampaui zona bahaya. Pola kenaikan yang konsisten dalam waktu tertentu menjadi sinyal kuat bahwa masalah tidak bersifat acak atau sementara. Dengan demikian, hasil analisis getaran tidak hanya menegaskan kondisi tidak sehat pada pompa, tetapi juga memberikan landasan kuat untuk melakukan inspeksi fisik lebih lanjut, terutama pada bagian impeller, shaft, bearing, dan housing yang berpotensi mengalami keausan atau ketidakseimbangan.

Dengan pendekatan monitoring vibrasi ini, potensi kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal sehingga perencanaan perbaikan dapat dilakukan secara lebih tepat dan terukur. Hal ini mendukung strategi predictive maintenance yang bertujuan meminimalkan downtime tak terduga dan meningkatkan keandalan operasi sistem pendingin di industri pulp dan kertas.

c. Analisis Spektrum

Selain pengukuran amplitudo getaran secara keseluruhan, analisis spektrum frekuensi menjadi langkah penting untuk memahami sumber dan karakteristik getaran pada pompa Cooling Water A MB23. Analisis spektrum memberikan gambaran mengenai distribusi energi getaran pada berbagai frekuensi, membantu mengidentifikasi pola-pola yang terkait langsung dengan jenis kerusakan tertentu, seperti unbalance, misalignment, atau kerusakan bearing.

Dalam penelitian ini, pengukuran spektrum dilakukan menggunakan fitur FFT (Fast Fourier Transform) pada SKF Vibration Analyzer. Data diambil pada titik P1H (arah horizontal) di sisi DE

pompa, yang pada pengukuran RMS menunjukkan nilai amplitudo tinggi. Pemilihan titik ini didasarkan pada hasil analisis sebelumnya yang menunjukkan arah horizontal sebagai salah satu jalur dominan getaran, sehingga diharapkan dapat mengungkap ciri khas frekuensi masalah.



Gambar 4. Spektrum

Sumber : Dokumen Pribadi

Hasil spektrum vibrasi pada Gambar 4.16 menunjukkan puncak dominan pada frekuensi sekitar 50 Hz. Puncak tunggal yang kuat pada frekuensi ini umumnya merupakan indikasi klasik masalah ketidakseimbangan massa (unbalance) pada elemen berputar. Dalam teori getaran mesin, unbalance menyebabkan gaya sentrifugal yang berputar sinkron dengan kecepatan rotasi, sehingga menghasilkan getaran pada frekuensi dasar putaran poros. Hal ini berbeda dengan pola misalignment yang biasanya menimbulkan harmonik pada kelipatan frekuensi dasar, atau masalah bearing yang memunculkan puncak-puncak pada frekuensi yang tidak langsung berkaitan dengan kecepatan rotasi.

Interpretasi spektrum ini memperkuat temuan sebelumnya dari pengukuran RMS yang menunjukkan nilai getaran tinggi pada arah horizontal dan vertikal. Dengan puncak dominan pada 50 Hz, hasil analisis mendukung hipotesis bahwa salah satu penyebab utama getaran berlebih adalah distribusi massa yang tidak merata pada komponen berputar, kemungkinan pada impeller atau shaft. Selain unbalance, pola spektrum yang bersih tanpa banyak harmonik atau puncak broadband juga menunjukkan bahwa masalah utama bukan pada keausan bearing tingkat lanjut atau ketidakselarasan parah, meskipun keausan ringan pada bearing tetap mungkin terjadi sebagai akibat dari getaran jangka panjang. Hal ini menjadi penting untuk menentukan prioritas perbaikan: fokus pada penanganan unbalance, pemeriksaan presisi dudukan bearing, dan memastikan kondisi housing yang sesuai toleransi desain.

Analisis spektrum vibrasi, dengan demikian, memberikan informasi diagnostik yang sangat berharga. Hasil ini membantu mempersempit kemungkinan sumber kerusakan, memandu inspeksi fisik yang lebih terarah, dan mendukung pengambilan keputusan dalam program maintenance prediktif. Dengan memahami pola getaran hingga level frekuensi, perusahaan dapat merancang

strategi perbaikan yang lebih efektif dan menghindari tindakan perbaikan yang tidak perlu atau kurang tepat sasaran.

d. Hasil Pemeriksaan Fisik

Setelah dilakukan analisis suhu dan getaran yang menunjukkan indikasi masalah internal pada pompa Cooling Water A MB23, tahap berikutnya adalah inspeksi fisik secara langsung. Tujuan pemeriksaan fisik ini adalah untuk memverifikasi penyebab kerusakan yang teridentifikasi melalui monitoring kondisi dan memastikan akar masalah yang memicu noise berlebih saat operasi.

Proses pembongkaran dilakukan pada housing pompa untuk memeriksa kondisi bearing, dudukan bearing, dan komponen struktural lain yang berpotensi mengalami keausan. Langkah ini penting karena kerusakan pada permukaan dudukan atau kelonggaran pada sambungan mekanis sering menjadi sumber utama getaran tinggi dan suara abnormal yang tidak bisa terdeteksi hanya melalui pengukuran eksternal.



Gambar 5. Pembongkaran Pompa *Cooling Water*
Sumber : Dokumen Pribadi

Hasil pemeriksaan visual menunjukkan adanya retakan halus pada permukaan housing dan keausan yang signifikan pada area dudukan bearing. Permukaan dudukan bearing yang aus menyebabkan kelonggaran saat bearing terpasang, menurunkan presisi posisi poros selama operasi. Kondisi ini memungkinkan pergeseran mikro dan getaran yang lebih besar di bawah beban kerja, memicu gaya dinamis tak terkendali yang menghasilkan noise abnormal.

Selain inspeksi visual, dilakukan pengukuran diameter housing menggunakan alat ukur presisi. Pengukuran menunjukkan diameter dudukan bearing mencapai 0.07 mm lebih besar dari toleransi desain, yang menurut spesifikasi pabrik seharusnya tidak melebihi 0.05 mm. Kelebihan toleransi ini menjadi bukti kuantitatif bahwa housing mengalami keausan dimensional yang signifikan dan tidak lagi mampu menahan bearing dengan kencang sesuai desain.



Gambar 6. Pengukuran *Housing*

Keausan pada housing yang melebihi toleransi desain bukan hanya meningkatkan risiko noise dan getaran, tetapi juga mempercepat keausan bearing akibat beban tidak merata. Kondisi ini menciptakan siklus kerusakan berulang: bearing cepat aus karena tidak duduk presisi, menghasilkan getaran yang lebih besar, yang pada akhirnya memperparah keausan housing. Tanpa penanganan yang tepat, siklus ini akan menurunkan keandalan pompa dan meningkatkan biaya perawatan dalam jangka panjang.

Dengan demikian, hasil inspeksi fisik mendukung temuan dari analisis vibrasi dan spektrum frekuensi yang mengindikasikan masalah unbalance dan kelonggaran struktural. Bukti visual dan pengukuran dimensional menegaskan bahwa noise berlebih pada pompa Cooling Water A MB23 tidak hanya disebabkan oleh masalah bearing, tetapi juga oleh kerusakan pada housing yang mengharuskan tindakan perbaikan lebih menyeluruh, seperti penggantian housing atau re-machining untuk mengembalikan toleransi desain.

e. Pembahasan Teknis

Hasil pengukuran dan inspeksi pada pompa Cooling Water A MB23 menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara noise berlebih, peningkatan getaran, serta kerusakan mekanis pada komponen internal pompa. Data suhu menunjukkan nilai yang masih dalam batas normal, namun mendekati ambang batas, yang mengindikasikan adanya beban atau gesekan tambahan pada sistem. Sementara itu, hasil pengukuran vibrasi secara konsisten mencatat amplitudo melebihi batas yang direkomendasikan oleh standar ISO 10816, terutama pada arah horizontal dan vertikal. Kondisi ini diperkuat oleh spektrum vibrasi yang menunjukkan puncak dominan pada frekuensi dasar sekitar 50 Hz, yang merupakan karakteristik umum dari unbalance dinamis.

Spektrum yang bersih tanpa banyak harmonik mengindikasikan bahwa getaran yang muncul berasal dari satu sumber dominan—yaitu ketidakseimbangan massa pada elemen berputar, seperti impeller atau shaft. Getaran yang muncul akibat unbalance ini secara langsung meningkatkan gaya dinamis pada sistem, yang dapat mempercepat keausan komponen struktural seperti bearing dan housing. Dalam konteks ini, noise yang terdengar saat pompa beroperasi menjadi gejala yang sangat penting untuk dideteksi dan ditindaklanjuti lebih awal, karena berpotensi menjadi awal dari kerusakan yang lebih besar.

Inspeksi fisik terhadap housing memperkuat temuan sebelumnya. Keausan pada kedudukan bearing dan adanya retakan halus pada permukaan housing menunjukkan bahwa presisi geometri kedudukan sudah tidak sesuai dengan standar desain. Hasil pengukuran diameter housing yang melebihi toleransi desain mengonfirmasi bahwa kondisi ini bukan hanya akibat kelelahan material, tetapi juga mungkin merupakan akumulasi dari getaran jangka panjang yang tidak terdeteksi atau diabaikan.

Ketidaksesuaian ini menyebabkan bearing tidak lagi duduk secara presisi, yang pada akhirnya menciptakan kelonggaran dan memicu getaran serta kebisingan tambahan saat pompa beroperasi di bawah beban.

Dari keseluruhan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kerusakan tidak hanya bersifat lokal pada bearing, tetapi juga bersifat struktural pada housing. Artinya, solusi yang diperlukan bukan hanya penggantian bearing atau pelumasan ulang, tetapi juga perbaikan atau penggantian housing yang sudah aus. Dalam beberapa kasus, re-machining housing untuk mengembalikan toleransi geometri dapat menjadi solusi, namun bila tingkat keausan telah melewati batas aman, penggantian komponen menjadi langkah yang lebih tepat.

Pembahasan teknis ini menunjukkan bahwa keberhasilan diagnosis tidak dapat bertumpu pada satu parameter saja. Kombinasi antara pemantauan suhu, getaran, spektrum frekuensi, dan inspeksi fisik memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi aktual sistem. Dengan pendekatan ini, tindakan perbaikan dapat dilakukan secara tepat sasaran, mencegah kerusakan lanjutan, serta mengurangi risiko downtime tidak terencana yang merugikan proses produksi secara keseluruhan. Lebih dari itu, kasus ini menegaskan pentingnya penerapan program predictive maintenance berbasis data untuk meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi operasional di lingkungan industri yang kompetitif.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menganalisis penyebab utama munculnya noise berlebih pada pompa Cooling Water A MB23 di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang dengan pendekatan monitoring kondisi berbasis pengukuran suhu, vibrasi, dan inspeksi fisik komponen. Hasil pengukuran suhu bearing menunjukkan nilai yang masih dalam batas normal namun mendekati ambang batas, menandakan adanya beban tambahan yang patut diwaspadai. Pengukuran vibrasi mengungkap amplitudo yang konsisten melebihi batas aman pada arah horizontal dan vertikal, dengan analisis spektrum vibrasi yang memperlihatkan puncak dominan pada frekuensi 50 Hz, sebuah ciri khas masalah ketidakseimbangan massa pada elemen berputar.

Pemeriksaan fisik housing menemukan keausan signifikan pada kedudukan bearing, retakan halus, dan diameter yang melebihi toleransi desain, yang menyebabkan kelonggaran pemasangan dan distribusi beban tidak merata. Temuan ini menegaskan bahwa penyebab utama noise bukan hanya pada bearing semata, melainkan juga pada kondisi housing yang aus dan tidak lagi presisi. Oleh karena itu, tindakan perbaikan yang direkomendasikan meliputi penggantian atau perbaikan housing untuk mengembalikan toleransi desain, disertai penguatan program predictive maintenance yang terjadwal. Pendekatan terintegrasi ini diharapkan mampu mendeteksi dini potensi kerusakan serupa di masa depan, meminimalkan downtime tak terencana, dan meningkatkan keandalan sistem pendingin dalam mendukung proses produksi industri pulp dan kertas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari, V. B. (2013). *Design of machine elements* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's mechanical engineering design* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- International Organization for Standardization. (1997). *ISO 10816-3: Mechanical vibration— Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*. Geneva: ISO.
- Raza, A., & Barlow, A. (2020). *Practical pumping handbook* (2nd ed.). Elsevier.
- SKF. (2020). *SKF TKTL 33 infrared thermometer: User manual*. SKF Maintenance Products. Retrieved from <https://www.skf.com>
- SKF Group. (2013). *SKF vibration diagnostics guide*. SKF Maintenance Products. Retrieved from <https://www.skf.com>

- Sutanto, H. (2011). *Pompa dan sistem pipa*. Jakarta: Erlangga.
- Tjokroprawiro, B. (2003). *Getaran mekanik dan diagnosa mesin*. Surabaya: ITS Press.
- Totten, G. E., & Howes, M. A. H. (1997). *Steel heat treatment handbook*. CRC Press.
- Widodo, A. W. (2005). *Perawatan dan diagnosa mesin berbasis getaran*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.