

ANALISIS SINYAL GETARAN POMPA COOLING WATER TIPE SENTRIFUGAL MENGGUNAKAN METODE FFT DAN ISO 10816-3

Tri Wahyu Adinarto¹, Dedik Romahadi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: triwahyuadinarto@gmail.com

Abstrak-- Penelitian ini dilatar belakangi oleh getaran pompa cooling water P9114B yang berlebih Hal ini menyebabkan performa pompa menurun untuk menghindari terjadinya breakdown maintenance maka perlu dilakukan analisis vibrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui titik lokasi kerusakan pada pompa sentrifugal cooling water P9114B di PT. SAU dengan menggunakan sinyal getaran analisis dan dengan mengukur besarnya getaran dan menyajikannya ke domain frekuensi (spectrum). Metode yang digunakan untuk analisis penelitian ini adalah metode Fast Fourier Transform (FFT). Pengukuran dilakukan pada 3 titik pengukuran (horizontal, vertikal dan aksial) kondisi pompa yang diteliti termasuk dalam kategori kelompok 2 yaitu mesin berukuran medium mengacu pada standar ISO 10816-3. Diperoleh hasil dengan kriteria warna merah (Danger) yang dapat diartikan bahwa pompa dalam kondisi dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah jika terus beroperasi. Dari hasil analisis sinyal getaran yaitu dengan dominan frekuensi pada 24,17 Hz (1X RPM) dan nilai amplitudo RMS velocity pada Inboard Pump horizontal sebesar 6,67 mm/s. Frekuensi dominan tertinggi kedua 145 Hz (Blade Pass Frequency) yaitu sebesar 3,8 mm/s dan 2X RPM yang lebih rendah dari 1X atau 6X. Perbedaan phase arah radial Inboard pump dengan radial inboard motor sebesar 180°. Dari analisis data pengukuran getaran spektrum domain frekuensi dan pengukuran phase maka disimpulkan pompa mengalami kerusakan misalignment parallel dan kavitasi. Setelah dilakukan perbaikan dengan penggantian impeller pompa didapatkan penurunan vibrasi dari 6,67 mm/s turun menjadi 2,5 mm/s. Berdasarkan ISO 10816-3 klasifikasi pompa dalam fondasi rigid, daya 114Kw dan size medium, disimpulkan pompa dalam kondisi Satisfactory.

Kata kunci: Pompa, ketidakseimbangan, misalignment, ISO-10816-3, pompa cooling water, Fast Fourier Transform

Abstract-- This research is motivated by excessive vibration of the P9114B cooling water pump. This causes the pump performance to decrease to avoid breakdown maintenance, it is necessary to analyze the vibration. This study aims to determine the location of damage to the P9114B centrifugal cooling water pump at PT SAU by using vibration signal analysis and by measuring the magnitude of vibration and presenting it to the frequency domain (spectrum). The method used for this research analysis is the Fast Fourier Transform (FFT) method. Measurements were made at 3 measurement points (horizontal, vertical and axial). The condition of the pump under study is included in the group 2 category, namely medium-sized machines referring to the ISO 10816-3 standard. The results obtained with the red color criteria (Danger) which can be interpreted that the pump is in a condition that can cause more severe damage if it continues to operate. From the results of vibration signal analysis, the dominant frequency is 24.17 Hz (1X RPM) and the amplitude value of RMS velocity on the horizontal Inboard Pump is 6.67 mm/s. The second highest dominant frequency of 145 Hz (Blade Pass Frequency) is 3.8 mm/s and 2X RPM which is lower than 1X or 6X. The phase difference in the radial direction of the Inboard pump with the radial inboard motor is 180°. From the analysis of frequency domain spectrum vibration measurement data and phase measurements, it is concluded that the pump has parallel misalignment and cavitation damage. After repairing with the replacement of the pump impeller, it was found that the vibration decreased from 6.67 mm/s down to 2.5 mm/s. Based on ISO 10816-3 classification of pumps in rigid foundations, 114Kw power and medium size, it is concluded that the pump is in Satisfactory condition.

Keywords: Pump, unbalance, misalignment, ISO-10816-3, cooling water pump, Fast Fourier Transform

1. PENDAHULUAN

Dalam pengoperasian di lapangan, pompa air

pendingin sentrifugal P9114B mengalami getaran pompa berlebih yang dapat menyebabkan pompa mengalami kerusakan

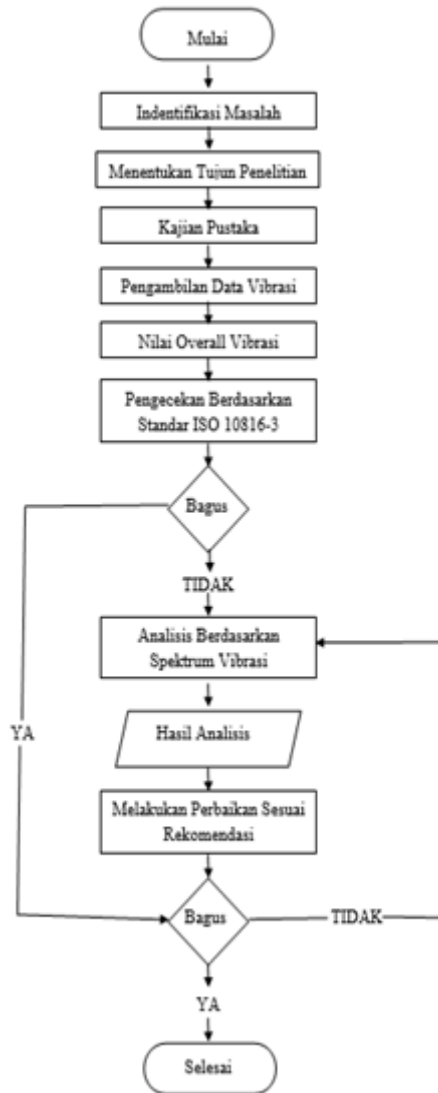
[1]. Jika getaran yang berlebihan tidak ditindak lanjuti, maka mesin akan mengalami kerusakan yang jauh lebih parah. *Predictive maintenance* merupakan salah satu perawatan yang dapat dilakukan dengan memantau kondisi (*condition monitoring*) vibrasi mesin [2].

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis getaran untuk mengetahui frekuensi dominan pompa tipe sentrifugal P9114B dengan mengolah data keluaran alat vibrasi yang kemudian disimpulkan hasil getaran yang terjadi apakah nilai RMS *overall* masih masuk toleransi yang memuaskan (*satisfactory*) atau tidak menurut standar getaran mesin ISO 10816-3. Metode yang digunakan untuk menganalisis spektrum getaran adalah metode *Fast Fourier Transform* (FFT) [3]. Analisis getaran dapat mendeteksi masalah mekanis pada peralatan berputar. Penyebab getaran mesin yang berlebih antara lain *unbalance*, *misalignment*, *shaft bending*, kerusakan pada bantalan, *mechanical looseness*, keausan pada roda gigi, *cavitasi*, dan resonansi. Masalah *unbalance* terjadi ketika massa dalam sistem mekanis tidak terdistribusi dengan baik, menyebabkan getaran yang berlebihan [4],[5]. *Misalignment* terjadi ketika sumbu rotasi tidak sejajar atau sejajar tetapi tidak presisi[6].

Shaft bending dapat menyebabkan pergeseran sumbu rotasi, yang berdampak pada getaran yang tidak normal. Kerusakan pada bantalan, baik akibat keausan atau kerusakan struktural, dapat menyebabkan getaran yang berbeda-beda tergantung pada jenis kerusakan [7],[8]. *Mechanical looseness*, seperti kehilangan kekencangan baut atau sistem pengencang lainnya, juga dapat menyebabkan getaran yang tidak normal. *Cavitasi* terjadi ketika tekanan pada cairan jatuh di bawah tekanan uap, yang menyebabkan gelembung-gelembung yang dapat merusak komponen dan menyebabkan getaran yang tidak normal [9].

2. METODOLOGI

Agar proses pengambilan data dapat dilakukan secara tepat dan terarah, maka dibuat diagram alir agar permasalahan dapat diselesaikan dan tujuan penelitian dapat tercapai. Gambar 1. langkah kerja yang akan dilakukan antara lain:



Gambar 1. Flowchart penelitian tugas akhir

2.1. ALAT DAN BAHAN

A. Alat

Berikut alat yang digunakan dalam proses penelitian adalah:

1. *Vibration Analyzer VibXpert II*

Dalam penelitian ini menggunakan alat ukur vibrasi *VibXpert II* untuk melihat tingkat vibrasi pada pompa. Berikut Gambar 2 menunjukkan alat yang digunakan untuk pengambilan data vibrasi.



Gambar 2. *Vibration analyzer vibxpert II*

2. Sensor accelerometer VIB. 6.142



Gambar 3. Sensor accelerometer VIB. 6.142

Dalam pengambilan data vibrasi ini menggunakan sensor *transduser accelerometer* yang langsung ditempelkan pada sisi *bearing inboard* dan *outboard* motor dan pompa P9114B. Gambar 3.

B. Bahan

1. Pompa Sentrifugal *Cooling Water* P9114B

Pada Gambar 4. Penelitian ini objek yang dilakukan pengambilan data vibrasi adalah pompa *cooling water* yang merupakan komponen penting di sistem tower pendingin (*cooling tower*). Pompa sentrifugal dengan putaran poros 1450 RPM, memiliki daya 114,4 kW. Pompa P9114B di PT. SAU yang digunakan untuk menyalurkan *fluida* dari *basin cooling tower* menuju ke *heat exchanger*. Jenis *bearing* yang digunakan pada pompa P9114B pada sisi DE tipe *bearing ball angular contact* 3314 dan sisi NDE tipe *bearing ball deep groove* 6314. Menggunakan tipe pelumasan oli dan memakai tipe *gland packing* untuk *sealing* dengan material *asbestos*.



Gambar 4. Pompa sentrifugal *cooling water* P9114B

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

1. *Bearing*

Pompa menggunakan bantalan bola (*ball bearing*) dalam putaran kerja 1450 RPM ($Fr = 24,15 \text{ Hz}$) menggunakan bantalan bola merk SKF no 6314, dimensi diameter *pitch* (Pd) 100 mm, diameter luar (Do) 150 mm, diameter dalam (Di) 70 mm, jumlah bola (Nb) 8, diameter bola (Bd) 20 mm, sudut kontak (α) 0° .

a) *Inner Race Defect Frequency (BPFI)*

$$BPFI = \frac{Nb}{2} \left(1 + \frac{Bd}{Pd} \cos \alpha \right) \cdot Fr \quad (1)$$

$$BPFI = \frac{8}{2} \left(1 + \frac{20}{100} \cdot 1 \right) \cdot Fr$$

$$BPFI = 115,96 \text{ Hz}$$

b) *Outer Race Defect Frequency (BPFO)*

$$BPFO = \frac{Nb}{2} \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \cos \alpha \right) \cdot Fr \quad (2)$$

$$BPFO = \frac{8}{2} \left(1 - \frac{20}{100} \cdot 1 \right) \cdot Fr$$

$$BPFO = 77,31 \text{ Hz}$$

c) *Fundamental Train Frequency (FTF)*

$$FTF = \frac{Fr}{2} \left(1 + \frac{Bd}{Pd} \cos \alpha \right) \quad (3)$$

$$FTF = \frac{24,16}{2} \left(1 + \frac{20}{100} \cdot 1 \right)$$

$$FTF = 9,66 \text{ Hz}$$

d) *Ball Spin Frequency (BSF)*

$$BSF = \frac{Pd}{2 \cdot Bd} \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \cos \alpha \right)^2 \quad (4)$$

$$BSF = \frac{24,16}{2 \cdot 20} \left(1 - \frac{20}{100} \cdot 1 \right)^2$$

$$BSF = 38,65 \text{ Hz}$$

2. Blade Pass Frekuensi (BPF)

Total *blade* yang di *impeller* pompa P9114B berjumlah 6. Untuk menghitung besar frekuensi yang dihasilkan oleh *blade* pompa menggunakan persamaan 2.8, [10]

$$BPF = \frac{\text{Number of Blade (Vane)}}{60} \times RPM \tag{5}$$

$$BPF = \frac{6}{60} \times 1450 = 144,96 \text{ Hz}$$

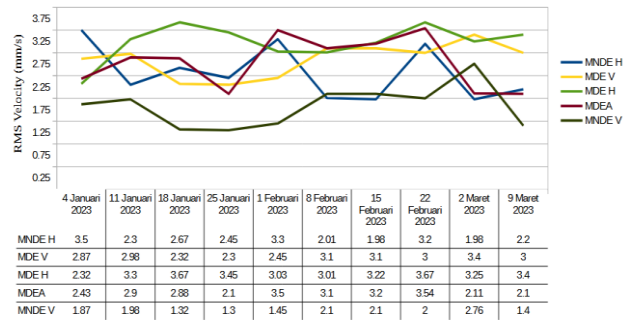
Tabel 1. memperlihatkan frekuensi komponen pompa P9114B.

Tabel 1. Frekuensi komponen pompa P9114B

Komponen/Atribut	Putaran Kerja (Order)	Frekuensi (Hz)
	0.5X	12,08
	1X	24,16
	2X	48,32
	3X	72,48
	4X	96,64
	5X	120,8
	6X	144,96
FTF	1X	9,66
	2X	19,32
	3X	28,98
	4X	38,64
BSF	1X	38,65
	2X	77,28
	3X	115,92
BPFO	4X	154,56
	1X	77,31
	2X	154,62
	3X	231,93
BPFI	4X	309,24
	1X	115,96
	2X	231,92
	3X	347,88
	4X	463,84

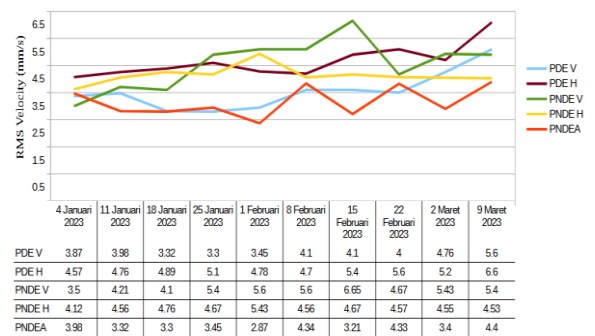
3. Pengambilan Data Overall RMS Vibrasi

Pengambilan data getaran dilakukan untuk mengetahui kerusakan pada pompa. Serta membandingkan hasil data nilai keseluruhan dengan hasil data pengukuran getaran fasa dan dengan hasil data sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan pompa. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan yang dapat dijadikan acuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat getaran yang ditimbulkan, beserta hasil pengolahan data yang telah diambil menggunakan *VibXpert II*.



Gambar 2. Diagram garis *overall velocity* motor

Pada grafik Gambar 5 diatas menunjukkan *trend* vibrasi motor dari Januari hingga Maret 2023. Pada grafik di atas bahwa getaran tertinggi arah *horizontal* pada motor terletak pada sisi *Inboard* sebesar (3,4 mm/s) sedangkan getaran tertinggi pada arah *vertikal* terletak pada titik *inboard* sebesar (3,4 mm/s) dan getaran pada arah aksial sebesar (2,1 mm/s). Menurut standar vibrasi ISO 18016-3 dengan kondisi operasi putaran poros 1450 RPM, daya 114 kW, dan fondasi *rigid*. Kondisi motor yang diteliti termasuk dalam kategori kelompok 2 yaitu motor berukuran *medium*, diperoleh hasil dengan kriteria warna *orange* (*alert*).



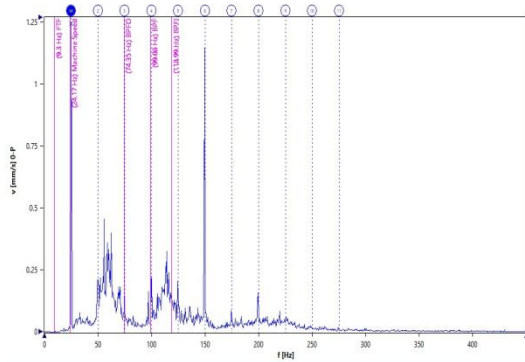
Gambar 3. Diagram garis *Overall Velocity* Pompa

Pada grafik Gambar 6 menunjukkan *trend* vibrasi pompa dari Januari hingga Maret 2023. Pada grafik di atas bahwa getaran tertinggi arah *horizontal* pada pompa terletak pada sisi *Inboard* sebesar (10,43 mm/s) sedangkan getaran tertinggi pada arah vertikal terletak pada titik *Inboard* sebesar (6,78 mm/s) dan getaran pada arah aksial terletak pada titik *inboard* sebesar (4,3 mm/s). Menurut standar vibrasi ISO 18016-3 dengan kondisi operasi putaran poros 1450 RPM, daya 114 kW, dan fondasi *rigid*. Kondisi mesin yang diteliti termasuk dalam kategori kelompok 2 yaitu mesin berukuran, diperoleh hasil dengan

kriteria warna merah (*danger*) yang dapat diartikan bahwa sisi pompa dalam kondisi buruk dan nilai vibrasi tidak dapat diterima karena dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen yang lain.

3.2. Analisis Spectrum

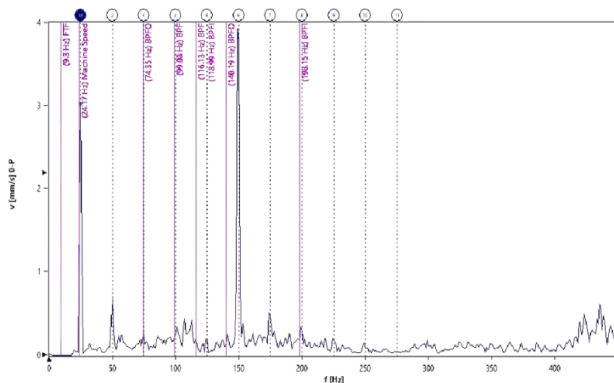
1. Analisis Frekuensi Domain Arah Radial Motor



Gambar 4. Frekuensi domain arah radial motor

Pada Gambar 7. menunjukkan bentuk spektrum motor dalam domain frekuensi. Dalam analisis domain frekuensi, sumbu horizontal Menunjukkan frekuensi dalam satuan (Hertz) dan sumbu vertikal menunjukkan amplitudo *velocity* dalam satuan (mm/s). Putaran poros yang digunakan 1450 RPM (24,16 Hz). Frekuensi tertinggi pada 1X RPM (24,17 Hz) yaitu frekuensi putaran kerja dengan nilai amplitudo sebesar 1,20 mm/s. frekuensi tertinggi kedua pada 6X RPM (150 Hz) yaitu frekuensi *vane / blade*. Amplitudo pada frekuensi 2X, 3X, 4X, 5X, 7X, 8X, 9X, 10X lebih kecil dari 1X dan 6X putaran kerja.

2. Analisis Frekuensi Domain Arah Radial NDE Pompa



Gambar 5. Spectrum velocity pompa

Gambar 8. menunjukkan bentuk spektrum dalam *domain* frekuensi. Dalam analisis *domain* frekuensi, sumbu *horizontal* menunjukkan frekuensi dalam satuan (Hertz) dan sumbu *vertikal* menunjukkan amplitudo *velocity* dalam satuan (mm/s) *zero to peak*. Putaran poros yang digunakan 1450 RPM (24,17 Hz). Frekuensi tertinggi pada 1X RPM (24,17 Hz) dengan nilai amplitudo sebesar 6,67 mm/s. Amplitudo pada frekuensi 2X, 3X, 4X, 5X, 7X, 8X, 9X, 10X lebih kecil dari 1X dan 6X putaran kerja. Frekuensi tertinggi kedua pada 6X RPM (144,96 Hz) dengan nilai amplitudo sebesar 3,9 mm/s. Referensi analisis spektrum [11] spektrum di atas menunjukkan adanya kerusakan akibat *misalignment paralel*, *frequency bearing* dan *frequency vane/ blades*.

3. Pengukuran Phase



Gambar 6. Pengukuran phase

Pada Gambar 9 Titik pengukuran fasa pada pompa P9114B. Pengukuran *phase* pada pompa dilakukan untuk lebih mengetahui kerusakan yang terjadi akibat getaran berlebih. Pengukuran *phase* pada titik *inboard* dan *outboard* pompa dengan arah *radial* (*horizontal* dan *vertical*)

Tabel 2. Hasil Pengukuran *phase* pompa P9114B

Titik Pengambilan (Radial)		φ) Beda Fase
<i>Inboard</i> motor	<i>Inboard</i> pump	180

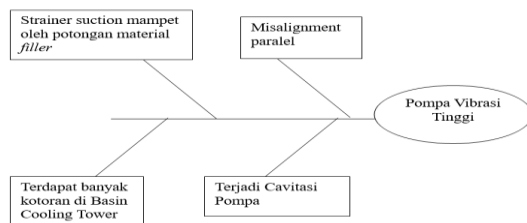
Pada tabel 2 hasil pengukuran *phase* pada pompa P9114B pada titik *inboard* motor dengan *inboard* pump didapatkan beda fasa arah sebesar 180⁰. Berdasarkan referensi vibrasi (*Technical Associates Of Charlotte*). Hasil dari analisis *phase* mengindikasikan *paralel misalignment*.

Tabel 3. Hasil Analisa Sinyal Getaran Motor dan Pompa P9114B

Bagian yang diperiksa:	Jenis Kerusakan
Motor <i>outboard</i>	Masih aman
Motor <i>inboard</i>	<i>Misalignment paralel</i>
Pump <i>inboard</i>	<i>Misalignment paralel</i> dan <i>defect bearing</i>
Pump <i>outboard</i>	<i>Defect bearing</i> dan <i>cavitasi</i>
<i>Volute pump</i>	Kerusakan pada <i>impeller</i>
<i>Strainer suction</i>	Banyak terdapat kotoran <i>filler cooling tower</i>

3.3. Analisis Akar Permasalahan

Berdasarkan analisa sinyal getaran yang dilakukan telah diketahui kerusakan yang terjadi pada pompa sentrifugal P9114B, kemudian langkah selanjutnya dibuatlah *ishikawa* diagram untuk memudahkan analisa akar dari kerusakan.



Gambar 7. Diagram *ishikawa* kerusakan pompa

Dari pengecekan yang telah dilakukan diketahui beberapa kerusakan komponen pada pompa P9114B, sehingga perlu penelusuran lebih lanjut mengapa *filler* pada *cooling tower* bisa terhisap dan menyumbat *suction* pompa sehingga menyebabkan *cavitasi*. Hasil penelusuran dan pengamatan langsung terhadap area sekitar *cooling tower* dan pompa P9114B antara lain:

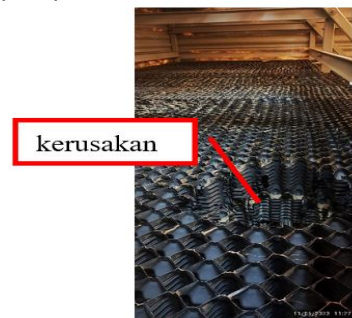
1. Nozzle sprayer

Pada *cooling tower* beberapa *nozzle sprayer* mengalami kerusakan. Sehingga memungkinkan fluida dari keluaran header pipa distributor memiliki tekanan tinggi dan temperatur panas (650C) langsung menghantam *filler*. Menyebabkan *filler* jebol dan cepat rusak.



Gambar 8. Nozzle sprayer

2. *Filler* mengalami kerusakan. *Filler* ini berfungsi sebagai pemecah butiran air dan memperlambat gerak jatuh air. jika bagian bawah *nozzle* rusak maka air dari pipa *header* akan langsung menghantap permukaan *filler*. Dan ketika jatuh ke *basin* akan terhisap oleh *suction* pompa.



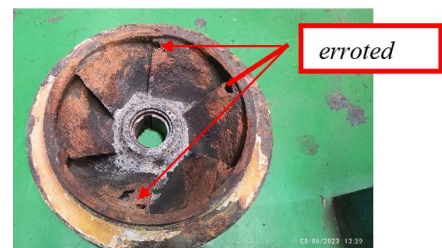
Gambar 9. Bentuk *filler* yang rusak dan berlubang

3.4. Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan analisa getaran dari data-data yang ada baik analisa *trending*, spektrum, dan *phase* ditetapkan bahwa pompa tersebut mengalami getaran berlebih yang sudah *alert* sehingga harus segera di *stop* untuk dilakukan perbaikan.

1) Cek Kondisi Impeller.

Gambar 13 dibawah ini adalah hasil pengecekan pada impeller pompa. Kondisi *impeller* ada *spot* yang ter-*erroted*. Kondisi ini juga yang menyebabkan getaran berlebih pada pompa. Sehingga perlu dilakukan penggantian *impeller*.



Gambar 10. Pengecekan visual *impeller* pompa

2) Cek Kondisi *Coupling*

Pada saat dilakukan pengecekan disisi kopling ditemukan kondisi *rubber coupling* yang sudah retak-retak rambut. Sehingga perlu dilakukan penggantian *rubber* nya.

3) Pengukuran *Shaft* dan *Housing Bearing*

Pada pengukuran *run out* pada *shaft* pompa sebesar 0,03 mm (*max* 0,03 mm menurut standart ISO 1708). Pengukuran dudukan *bearing* pada *shaft* pompa didapatkan hasil 70,02 mm dengan sesuaian k5 (15 µm) dengan ID bantalannya 70 mm.



Gambar 14. *Shaft* pompa

4) Pengukuran *Housing Bearing*

Sedangkan hasil pengecekan *bore* diameter *housing bearing* juga masih masuk toleransi yaitu 150,02 mm dengan sesuaian H6 (25 µm) dengan OD bantalannya 150 mm. Sehingga disimpulkan *shaft* dan *housing bearing* tidak perlu dilakukan penggantian.



Gambar 15. *Housing bearing* pompa

5) *Visual* Kondisi *Bearing*



Gambar 11. *Bearing* pompa

Pengecekan *bearing* dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual pada *bearing*. Sehingga perlu dilakukan penggantian *bearing* dengan kode 6314 untuk *outboard pump* dan 3314 untuk *inboard pump*.

6) Pengecekan *Stariner Suction*

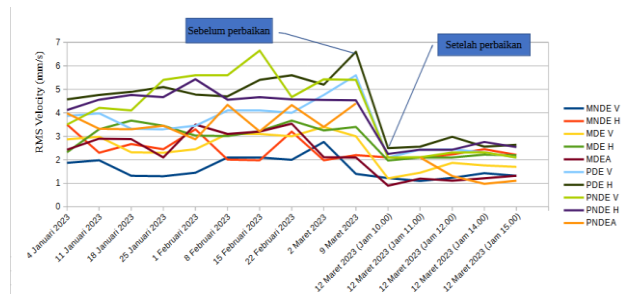
Ditemukan banyak tumpukan *filler* yang ada pada *stariner suction* pompa sehingga bisa menyumbat laju aliran di *line suction* bisa menyebabkan *cavitasi*.



Gambar 12. *Strainer* pompa

3.5. Data Setelah Perbaikan

1. Nilai RMS *Velocity* Setelah Perbaikan



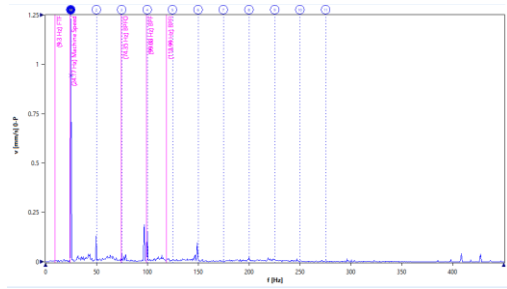
Gambar 13. *Diagram* garis overall RMS *velocity* pompa setelah perbaikan

Gambar 18 *trend monitoring* vibrasi pompa mengalami penurunan yang signifikan setelah dilakukan perbaikan. Nilai RMS *velocity* pada titik *radial inboard motor* dari 3,4 mm/s turun menjadi 1,9 mm/s. Nilai RMS *velocity* pada titik *radial inboard pump* turun dari 6,67 mm/s menjadi 2.5 mm/s. Berdasarkan standar ISO 18016-3 dengan kondisi operasi putaran poros 1450 RPM, daya 114 kW, dan pondasi *rigid*. Kondisi mesin yang diteliti termasuk dalam kategori kelompok 2 yaitu mesin berukuran *medium*, diperoleh hasil dengan kriteria warna kuning (*satisfactory*) yang dapat diartikan bahwa motor dalam kondisi performa yang bagus dan diijinkan untuk dioperasikan untuk jangka panjang.

2. *Spectrum Velocity* Motor Setelah Perbaikan

Pada Gambar 19 menunjukkan bentuk spektrum dalam *domain* frekuensi. Dalam

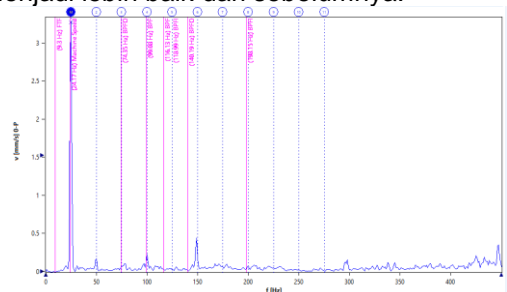
analisis *domain* frekuensi, sumbu *horizontal* menunjukkan frekuensi dalam satuan (*Hertz*) dan sumbu *vertikal* menunjukkan amplitudo *velocity* dalam satuan (mm/s) *zero to peak*. Putaran RPM yang digunakan ialah 1450 RPM (24,16 Hz) Setelah dilakukan perbaikan pada pompa vibrasi pompa mengalami penurunan nilai amplitudo. Frekuensi tertinggi pada 1X RPM (24,17 Hz) dengan nilai amplitudo sebesar 1,25 mm/s. Amplitudo pada frekuensi 2X, 3X, 4X, 5X, 6X, 7X, 8X, 9X, 10X lebih kecil dari 1X putaran kerja.



Gambar 19. *Spectrum velocity* motor setelah perbaikan

3. *Spectrum Velocity* Pompa Setelah Perbaikan

Gambar 20 menunjukkan bentuk spektrum dalam *domain* frekuensi. Dalam analisis *domain* frekuensi, sumbu *horizontal* menunjukkan frekuensi dalam satuan (*Hertz*) dan sumbu *vertikal* menunjukkan amplitudo *velocity* dalam satuan (mm/s) *zero to peak*. Putaran RPM yang digunakan ialah 1450 RPM (24,17 Hz). Setelah dilakukan perbaikan pada pompa vibrasi pompa mengalami penurunan nilai amplitudo. Frekuensi tertinggi pada 1X RPM (24,17 Hz) dengan nilai amplitudo sebesar 3,5 mm/s. Frekuensi tertinggi kedua pada 6X RPM (140,19 Hz) dengan nilai amplitudo sebesar 0,4 mm/s. Amplitudo pada frekuensi 2X, 3X, 4X, 5X, 6X, 7X, 8X, 9X, 10X lebih kecil dari 1X putaran kerja. Setelah dilakukan perbaikan kondisi pompa sudah menjadi lebih baik dari sebelumnya.



Gambar 20. *Spectrum velocity* pompa setelah perbaikan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dalam tugas akhir ini adalah:

1. Kerusakan yang terjadi pada pompa setrifugal P9114B:
 - Dari analisis sinyal getaran motor dan pompa pada titik *inboard* diindikasikan *misalignment parallel*.
 - Untuk volute pompa dari analisa pembacaan sinyal getaran disimpulkan terjadi kavitasi. Ditandai pada saat pompa beroperasi terdengar suara dari *casing* pompa dengan tingkat kebisingan yang tidak normal.
2. Karakteristik sinyal getaran yang dihasilkan oleh pompa P9114B adalah sebagai berikut:
 - Getaran arah *radial* yang terjadi lebih besar. Munculnya frekuensi 2X RPM dengan nilai amplitudo yang tinggi disimpulkan *misalignment parallel*.
 - Sinyal getaran pada frekuensi *dominan* 145 Hz (*Blade Pass Frequency* = 6 x 24,17 Hz) menghasilkan nilai amplitudo tinggi (3,6 mm/s) pada pompa disimpulkan kavitasi.
3. Akar permasalahan dari kerusakan pompa P9114B adalah dari potongan *filler cooling tower* yang kemudian terhisap oleh pompa dan kekumpul di *strainer* bersamaan dengan benda asing lain menyebabkan getaran berlebih pada pompa.

4.2 SARAN

Adapun saran-saran penting yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya adalah:

Sebaiknya menambahkan perhitungan *life time* material *nozzle sprayer*. Untuk mengetahui kapan sebaiknya diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Suriady Sihombing and D. William Nababan, "Tinjauan Karakteristik Getaran Pada Pompa Sentrifugal Satu Tingkat Paralel."
- [2] Sumartono, "Kaji Analisis Perawatan Prediktif Pada Unit Pompa Dengan Menggunakan Sinyal Getaran".
- [3] Fatkur Rachmanu, "Pemantauan Kondisi Pompa Sentrifugal P-12a Menggunakan Analisis Vibrasi Studi Kasus Di Pt. X".

- [4] M. Riva'i and N. Pranandita, "Analisis Unbalance pada Media Pembelajaran Vibrasi Berdasarkan Sinyal Getaran," *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, p. 181, Nov. 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.7011.
- [5] N. Endriatno, "Analisis Getaran Akibat Massa Yang Tidak Seimbang Pada Motor Yang Berputar," vol. xx, No. y, no. 2, 2021, doi: 10.33772/djtm.v%vi%i.18225.
- [6] D. Romahadi and R. Putra Youlia, "Analisis Getaran Displacement Drum Roller Menggunakan Fast Fourier Transform dan Short Time Fourier Transform," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 1, p. 41, 2023.
- [7] H. Dwi Nur Cahyo, "Optimalisasi Analisa Vibrasi Untuk Mendeteksi Gejala Misalignment pada Mesin Berputar," 2015.
- [8] N. Carnegie, D. Suryadi, J. W. Supratman, K. Limun, and M. Bangkahulu, "Analisa Level Getaran Cooling Water Pump 1 Jenis Sentrifugal."
- [9] I. Isranuri, "Analisa Karakteristik Getaran Dan Machine Learning Untuk Deteksi Dini Kerusakan Bearing," Oktober, 2015.
- [10] P. Busono and S. Pujiarta, "Analisis Penyebab Terjadinya Vibrasi Pompa Sistem Pendingin Sekunder PA-02 AP001," 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.batan.go.id/idex/php/bprn>
- [11] Technical Associates of Charlotte, *P.C.* 2001.
- [12] B. Syahputra, I. Isranuri, S. Abda, and A. Hamsi, "Studi Eksperimental Deteksi Fenomena Kavitasasi Pada Pompa Distilasi Dengan Menggunakan Sinyal Spektrum Getaran," *Jurnal Dinamis*, vol. 5, no. 3, pp. 216–7492, 2017.