



IMPLEMENTASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA POMPA SENTRIFUGAL DEPARTEMEN *STAINLESS STEEL* PT. *GUANG CHING NIKEL AND STAINLESS STEEL*

Kadriadi^a, Agus Salim Opu^b, Kadex Widhy Wirakusuma^a, Angga Bahri Pratama^{c*}

^aProgram Studi Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah 94974, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik Industri Logam Morowali, Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah 94974, Indonesia

^cProgram Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2015, Indonesia

*Corresponding authors at: anggabahri@polmed.ac.id (A.B Pratama) Telp: +62822 8801 1812

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 15 Januari 2024

Direvisi pada 06 Februari 2024

Disetujui pada 20 Februari 2024

Tersedia daring pada 02 Maret 2024

Kata kunci:

Preventive Maintenance, Pompa Sentrifugal, Suhu, Getaran

Keywords:

Preventive Maintenance, Centrifugal Pumps, Temperature, Vibration

ABSTRAK

PT. *Guang Ching Nickel and Stainless Steel* (GCNS) merupakan industri smelter yang memproduksi baja *stainless steel billet* dan *slab*. Pada proses produksi tersebut memerlukan pompa sentrifugal untuk menyalurkan air sebagai sistem pendingin pada peralatan, mesin dan perendaman baja *stainless steel*. Hal tersebut menjadikan pompa mengalami kelebihan kapasitas kerja yang mengakibatkan penurunan performa mesin sehingga berdampak pada aktivitas produksi. Oleh karena itu, hal ini perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan agar mencegah kerusakan dan menjaga kinerja optimal pada pompa sentrifugal. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif melalui proses pengambilan data suhu dan getaran lalu dilakukan pengolahan data dengan menghitung nilai *mean*, *median*, dan standar deviasi. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pompa sentrifugal didapatkan bahwa standar deviasi pengukuran suhu tertinggi ada pada pompa P7 yaitu 5,2 dan standar deviasi terendah ada pada pompa P2 yaitu 1,8, sedangkan pada hasil pengukuran getaran didapatkan standar deviasi tertinggi ada pada pompa *inboard* vertikal menunjukkan bahwa P11 yaitu 1.7 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* vertikal pada pompa P7 yaitu 0,1. Sedangkan pada standar deviasi tertinggi pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P4 yaitu 1.2 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P7 yaitu 0.1.

ABSTRACT

The smelting industry known as PT. *Guang Ching Nickel and Stainless Steel* (GCNS) is responsible for the production of *stainless-steel slabs* and *aluminium billets*. As part of the manufacturing process, a centrifugal pump is required to distribute water in order to serve as a cooling system for the various pieces of machinery, equipment, and *stainless-steel baths*. Because of this, the pump is subjected to an excessive amount of working capacity, which leads to a decline in machine performance, which in turn has an effect on the activities that are involved in production. Because of this, it is essential to perform care and maintenance on the centrifugal pump in order to avoid any damage and ensure that it continues to function at its highest possible level. The type of study that is utilised is quantitative, and it is accomplished by first collecting data on temperature and vibration, and then processing the data by determining the mean, median, and standard deviation values. Based on the findings of the research that was conducted on centrifugal pumps, it was discovered that the pump P7 had the highest standard deviation of temperature measurements, which was 5.2, and the pump P2 had the lowest standard deviation, which was 1.8. On the other hand, the results of vibration measurements revealed that the vertical *inboard* pumps had the highest standard deviation. demonstrates that pump P11 has a standard deviation of 1.7, while pump P7 has the lowest standard deviation for the vertical *inboard* pump, which is 0.1. While this is going on, the P4 pump has the highest standard deviation on the horizontal *inboard* pump, which is 1.2, and the P7 pump has the lowest standard deviation on the horizontal *inboard* pump, which is 0.1.

1. PENGANTAR

Pompa sentrifugal adalah termasuk kedalam jenis pompa tekanan dinamis, dimana pompa jenis ini memiliki *impeller* yang berfungsi untuk menciptakan tekanan dan aliran air. Daya dari luar diberikan keporos untuk memutar *impeller* kedalam rumah pompa, maka fluida yang berada disekitar *impeller* juga akan ikut berputar akibat dari dorongan sudu-sudu *impeller*. Karena timbulnya gaya sentrifugal maka fluida mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran diantara sudu-sudu *impeller* (Darmawan, 2016).

Pompa sentrifugal juga digunakan dalam berbagai aplikasi industri diantaranya, pengolahan limbah, sistem pendingin, dan aplikasi lingkungan teknik lainnya, seperti halnya di departemen *Stainless Steel PT. Guang Ching Nikel and Stainless Steel* sebagai industri smelter dengan produknya yaitu *stainless steel billet* dan *slab*. Salah satu proses produksi untuk menghasilkan baja *stainless steel* adalah dengan mencetak bahan baku berupa cairan baja yang sudah dimurnikan menjadi padatan baja *stainless steel billet* dan *slab*, proses pencetakan tersebut memerlukan pompa sentrifugal untuk menyalurkan air sebagai sistem pendingin pada peralatan atau mesin maupun pada baja itu sendiri dan proses ini akan berlangsung selama 24 jam tanpa henti hal tersebut menjadikan pompa mengalami kerusakan, dari hasil pengamatan selama dilapangan faktor lain yang menimbulkan kerusakan adalah pompa bekerja di luar batas kapasitasnya dengan suhu dan tekanan yang tidak sesuai, usia pompa yang sudah lama, dan kurangnya pemeliharaan pada pompa sentrifugal yang mengakibatkan terjadinya penurunan performa mesin yang berdampak pada aktivitas produksi didalam perusahaan oleh karena itu hal ini perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan agar mencegah kerusakan dan menjaga kinerja optimal pada pompa sentrifugal (Adhi, 2016).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan melakukan *preventive maintenance* (pemeliharaan pencegahan) yang dimana maksudnya ialah suatu strategi pemeliharaan yang dilakukan secara terencana dan berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada peralatan, mesin, dan sistem. Keuntungan menggunakan *preventive maintenance* dapat mencegah adanya kerusakan pada mesin dengan melakukan perawatan secara teratur, termasuk pemeriksaan rutin, perawatan berkala, dan penggantian suku cadang yang diperlukan, biaya perbaikan yang signifikan dapat diminimalkan dengan melakukan perawatan terjadwal, perawatan juga membantu menjaga keandalan peralatan dan mengurangi risiko kecelakaan atau cedera yang mungkin terjadi akibat kegagalan peralatan, dan mempertahankan mesin dalam kondisi yang baik, risiko *downtime* yang merugikan dapat dikurangi, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas dan menghindari kerugian finansial (Huda dkk, 2021). Sehingga dengan menerapkan *preventive maintenance* ini diharapkan mampu memberikan solusi yang efektif bagi penanganan pompa sentrifugal agar tetap bekerja secara maksimal dan tidak mengalami kegagalan fungsi yang menyebabkan target produksi tidak tercapai (Wirang, 2019).

1.1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (*preventive*) (Bakti, 2021). Ruang lingkup pekerjaan *preventive* termasuk: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan (Huda dkk, 2021).

Pada kenyataannya, kerusakan masih mungkin saja terjadi meskipun telah dilakukan *preventive maintenance*. Tujuan utama *preventive maintenance* adalah mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada peralatan atau sistem (Fa'izin 2019). Dengan melakukan pemeliharaan yang terencana secara rutin, komponen yang aus atau rentan dapat diidentifikasi dan diperbaiki sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius atau kegagalan yang dapat mengganggu operasional (Wahyudi dkk, 2021).

1.2. Kavitasi

Kavitasi merupakan fenomena perubahan *fase* uap dari zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut dapat diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur. Kavitasi dapat terjadi di *suction* pompa, sudu pompa maupun di pipa. Indikasi kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, suara bising maupun vibrasi. Efek kavitasi pada pompa adalah turunnya unjuk kerja (*performance*). Akibat lanjutan kavitasi pada *casing* dan sudu menimbulkan lubang-lubang (*pitting*) pada dinding *casing* maupun permukaan sudu. Gelembung-gelembung uap dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir, baik didalam pompa maupun di dalam pipa (Muis dkk., 2019).

Pada pompa sentrifugal penurunan tekanan sampai tekanan terendah terjadi pada sisi hisap. Bila penurunan tekanan ini sampai dibawah tekanan uap jenuhnya maka akan menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung uap, lalu berkembang dan bergerak mengikuti aliran zat cair sampai ke daerah tekanan yang lebih tinggi, selanjutnya gelembung uap tersebut akan pecah akibat tekanan sekelilingnya (Mesra, 2020).

1.3. Head Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan (m). Menurut persamaan *Bernoulli*, ada tiga macam *head* (energi) *fluida* dari sistem instalasi aliran, yaitu, energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial (Muliawan dan Yani, 2018). Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus (Hutabarat, 2019) sebagai berikut:

$$H = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2.g} \quad (1)$$

Keterangan:

H = *Head* total pompa (m)

$\frac{P}{\gamma}$ = *Head* tekanan

Z = *Head* statis total (m)

$\frac{v^2}{2.g}$ = *Head* kecepatan

1.4. Net Positive Suction Head (NPSH)

Net Positive Suction Head (NPSH) adalah nilai total head yang terjadi pada suction pompa yang terbagi menjadi *NPSHr* (*Net Positive Suction Head required*) yang merupakan nilai *NPSH* awal yang berasal dari pabrik tempat pembuatan pompa dan juga menjadi batasan maksimum nilai *NPSH* agar tidak terjadi kavitasi, lalu ada *NPSHa* (*Net Positive Suction Head available*) merupakan nilai *NPSH* yang nantinya akan dihitung untuk mengetahui kemungkinan besar terjadinya kavitasi (Jenny Delly, 2009). Ada syarat yang harus dipenuhi agar pompa tidak terjadi kavitasi yaitu $NPSHa > NPSHr$. Adapun rumus mencari nilai *NPSHa* (Putra, 2018) sebagai berikut.

$$NPSHa = H_a + H_s - H_{vp} - H_f - H_i \quad (2)$$

Keterangan:

H_a = Tekanan atmosfer (Pa)

H_s = *Static Head* level fluida, positif atau negative (m)

H_{vp} = *Vapor Head* fluida (m)

H_f = *Friction Head* atau *Friction Losses* dalam *suction piping* dan konektor-konektornya

H_i = kehilangan energi yang terjadi pada leher *suction* pompa (m)

1.5. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah pompa yang memiliki elemen utama berupa motor penggerak dengan sudu *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi (Adji, 2021). Salah satu jenis pompa pemindah non positif yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) fluida menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*. Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa kinetik (*kinetic*). Pompa sentrifugal didasarkan pada prinsip gaya sentrifugal, yaitu gaya yang timbul akibat putaran suatu benda pompa sentrifugal terdiri dari sebuah *impeller* atau roda berputar yang dipasang di dalam *casing*. *Impeller* terdiri dari baling-baling berbentuk sayap yang terpasang pada poros ketika poros diputar oleh motor atau tenaga mekanik lainnya, baling-baling akan berputar sehingga memindahkan cairan dari inlet ke outlet (Sianturi et al., 2021). Pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Pompa sentrifugal

2. METODE

2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam pengambilan data tugas akhir ini yaitu: *thermogun* dan *vibration meter*.

a. Alat Pengukur Suhu *Thermogun*

Penggunaan *thermogun* pada pompa sentrifugal dapat membantu dalam memonitor kondisi pompa dan mendeteksi masalah yang mungkin terjadi pada pompa. Salah satu penggunaan *thermogun* pada pompa sentrifugal adalah untuk mengukur suhu bantalan (*bearing*) pompa, sehingga suhu bantalan dapat diukur tanpa harus membuka bagian pompa yang sulit dijangkau (Dana, 2018).



Gambar 2: Thermogun

Terdapat standar nilai Pengecekan Suhu yang dibuat oleh *engineer* lapangan PT. GCNS dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Standar Nilai Pengecekan Suhu PT. GCNS

Kategori	Range Suhu Pompa	Ket
I	<45°C	Good
II	46°C-60°C	Pre warning
III	61°C-75°C	Warning
IV	>76°C	Danger

Keterangan:

- I. Peralatan dalam kondisi baik (*Good*)
- II. Pengoperasian jangka panjang masih dizinkan (*Pre warning*)
- III. Masih dapat dioperasikan dengan pemantauan secara intensif (*Warning*)
- IV. Harus segera dilakukan perbaikan (*Danger*)

b. Alat Pengukuran Getaran (*Vibration Meter*)

Vibration meter adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengukur getaran mekanis pada suatu sistem. Alat ini dapat mengukur getaran pada berbagai jenis mesin dan peralatan, seperti motor listrik, pompa, dan mesin industri lainnya (Muhtadin, 2017). Guna mendukung fungsinya, kemampuan pengukuran *vibration meter* dikembangkan untuk dapat mendeteksi sejumlah parameter (unit pengukuran) yang dihasilkan dari sebuah getaran pada mesin *Vibration meter* dapat dilihat pada gambar 3. Unit pengukuran *vibration meter* (Nashrullah, 2022) sebagai berikut:

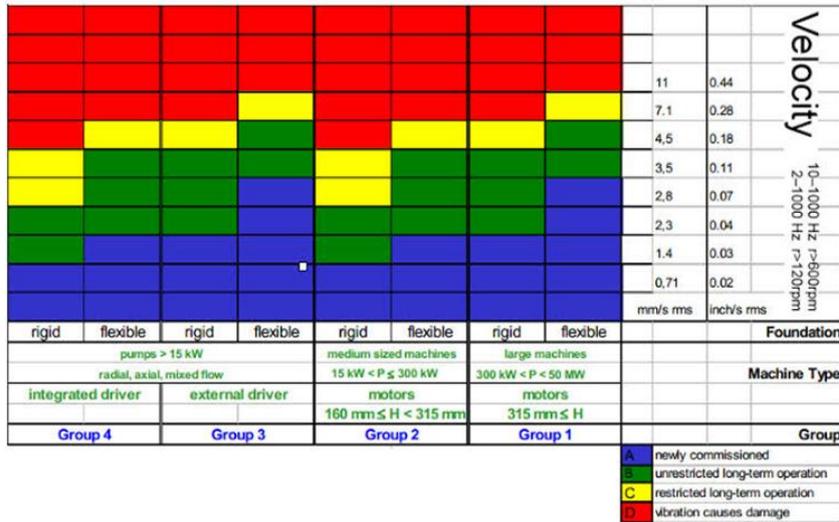
- 1) *Displacement*
Displacement adalah ukuran dari jumlah gerakan yang ada di massa suatu benda.
- 2) *Velocity*
Velocity adalah jumlah waktu yang dibutuhkan ketika terjadinya displacement.
- 3) *Acceleration*
Acceleration di dalam praktik pengukuran vibrasi berguna untuk menghitung percepatan getaran yang ada.



Gambar 3: *Vibration meter*

Penggunaan *vibration meter* pada pompa sentrifugal dapat membantu mengidentifikasi berbagai masalah seperti ketidakseimbangan, keausan pada bantalan, kerusakan pada *impeller*, dan lain sebagainya. Hal ini dapat membantu teknisi untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu, penggunaan *vibration meter* dapat membantu mengoptimalkan kinerja pompa sentrifugal dengan memastikan bahwa getaran pada mesin berada dalam batas yang aman (Gusniar, 2014).

Untuk mengetahui peralatan tersebut dalam kondisi baik, getaran pada peralatan pembangkit tersebut harus dibawah dari batasan yang telah ditetapkan. Standar yang digunakan pada pengukuran getaran menggunakan *ISO 10816-3* sebagai acuan untuk melakukan analisa getaran mesin pompa sentrifugal (Sianturi et al., 2021). Dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4: Standarisasi vibrasi ISO 10816-3

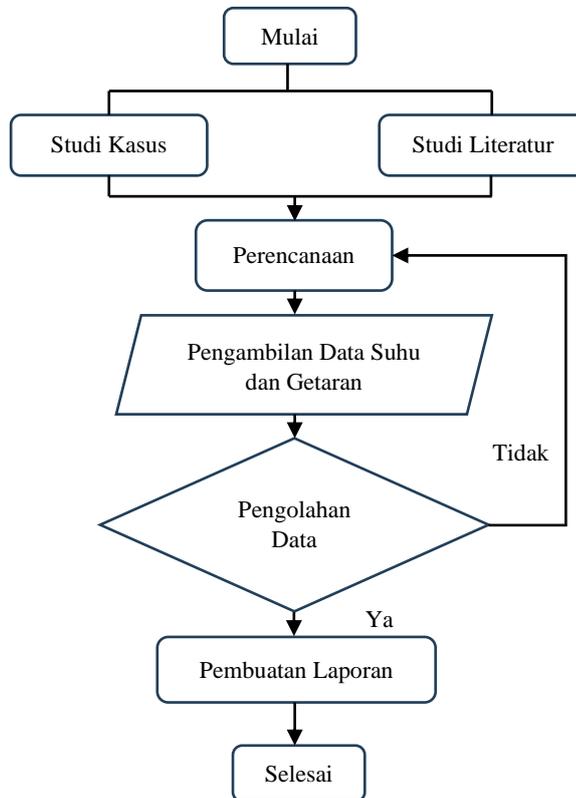
Spesifikasi Pompa

Pada tahapan ini terdapat spesifikasi pompa sentrifugal PT.GCNS dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Pompa Sentrifugal PT.GCNS

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Type	YE3-315L1-4
2	Rotary Speed	1450 r/min
3	Motor Power	160 kW
4	Motor Voltage	380 V
5	Motor Ampere	285 A
6	Motor Speed	1485 r/min
7	Flow Capacity	1450 m3/H

2.2. Diagram Alir



Gambar 5: Diagram alir penelitian

Studi Kasus; Studi kasus memuat kegiatan yang dilakukan untuk mencari permasalahan yang terdapat pada suatu objek yang akan diberikan solusi. **Studi Literatur;** Pada tahapan studi literatur kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan referensi, literatur, dan penelitian terdahulu. **Perencanaan;** Tahap perencanaan adalah kegiatan membuat gambaran terhadap objek yang akan atau diteliti. Mengetahui tahapan-tahapan dengan fokus ke satu tujuan. **Pengambilan Data Pengukuran Suhu dan Vibrasi;** Tahap ini melakukan pengambilan data pada pompa sentrifugal, berfokus pada pengukuran data suhu dan vibrasi pada semua pompa PT.GCNS. **Pengolahan Data;** Pada tahap data yang diperoleh berupa nilai satuan waktu dan gambar dimasukkan kedalam tabel untuk menentukan hasil dari pengambilan data pengukuran suhu dan getaran pada pompa PT.GCNS akan dilakukan pengolahan data dan jika data tidak sesuai maka akan dilakukan perencanaan kembali.

2.3. Prosedur Pengambilan Data Suhu dan Getaran

Berikut prosedur pengambilan data suhu dan getaran. Ketika melakukan pengecekan suhu dan getaran wajib dilakukan minimal 2 orang agar menghindari bekerja sendirian. Persiapkan alat yang diperlukan: thermogun dan vibration meter adalah alat yg digunakan sebagai untuk pengecekan suhu dan getaran (Abi, 2021). Siapkan *form* pengecekan suhu dan getaran serta alat tulis yang akan digunakan untuk mencatat hasil. Untuk pengecekan suhu arahkan thermogun ke rumah bearing diamkan selama kurang lebih 3 detik agar suhu yang terbaca stabil. Dapat dilihat pada gambar 1.16. Dicatat hasil pengecekan suhu, kemudian lakukan pada pompa berikutnya. Selanjutnya, untuk pengecekan getaran letakkan jarum vibrator meter pada rumah bearing secara horizontal dan vertikal agar lebih akurat. Dapat dilihat pada gambar 1.17. Dicatat hasil pengecekan getaran, kemudian lakukan pada pompa berikutnya. Untuk suhu dilakukan 5 jam sekali sedangkan vibrasi 2 hari sekali. Jika suhu pompa abnormal atau lewat dari 70°C dan getaran bantalan melewati 6.0 mm/s, segera laporkan kepada pengawas agar bisa ditindak lanjuti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Trend Pengukuran Suhu

Adapun data suhu yang telah diambil dari tanggal 24 Maret 2023 sampai tanggal 26 April 2023, semua pompa yang ada pada penelitian ini memiliki spesifikasi yang sama. Dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Pengukuran Suhu Pompa Sentrifugal PT. GCNS

No	Waktu Pengukuran	Pompa PT. GCNS															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
1	24/03/2023	09:00	37	38	37	38	49	37	51	56	44	44	43	45	53	40	52
		14:00	35	38	34	36	48	37	45	52	46	43	42	55	54	41	51
2	25/03/2023	09:00	35	39	39	40	50	46	52	57	41	42	41	50	53	43	53
		14:00	41	41	45	44	51	48	57	50	40	40	43	54	54	41	45
3	27/03/2023	09:00	38	37	37	38	48	45	47	55	42	43	42	52	52	41	56
		14:00	37	37	38	43	48	45	45	56	43	42	37	52	54	40	47
4	29/03/2023	09:00	33	38	39	37	46	42	51	55	42	48	44	43	51	38	55
		14:00	37	36	35	36	47	43	42	53	42	44	44	44	56	39	49
5	30/03/2023	09:00	36	37	42	38	46	41	52	54	41	41	42	51	52	41	54
		14:00	39	39	41	39	49	45	51	56	39	41	39	48	53	40	50
6	31/03/2023	09:00	35	36	37	36	42	44	49	53	39	37	41	49	53	40	52
		14:00	37	37	40	37	51	44	49	55	40	39	41	49	51	42	52
7	01/04/2023	09:00	41	39	42	41	42	45	42	57	41	39	43	42	47	41	53
		14:00	39	40	41	41	48	46	44	56	41	42	40	45	45	41	52
8	03/04/2023	09:00	41	40	41	43	50	47	45	54	43	42	44	50	58	48	54
		14:00	39	38	40	38	47	42	43	48	43	41	42	46	46	41	52
9	04/04/2023	09:00	40	38	43	41	43	45	40	56	41	42	43	44	44	48	54
		14:00	36	39	43	41	51	46	44	54	42	40	43	42	41	45	53
10	05/04/2023	09:00	36	35	40	39	40	43	48	56	40	40	40	41	41	41	53
		14:00	39	39	41	39	48	42	48	56	41	41	42	41	41	36	53
11	06/04/2023	09:00	39	38	40	38	51	43	41	57	43	44	43	43	49	49	54
		14:00	40	37	40	37	51	40	41	55	49	44	45	45	49	50	53
12	07/04/2023	09:00	40	39	44	41	50	48	41	51	42	44	42	44	49	48	54
		14:00	41	40	43	42	52	44	43	57	40	41	41	44	46	47	51
13	08/04/2023	09:00	38	38	38	38	51	44	40	56	44	42	43	44	51	41	54
		14:00	39	38	40	39	49	42	40	54	43	44	42	46	49	42	54
14	10/04/2023	09:00	41	40	38	39	49	40	41	55	40	44	44	43	53	44	55
		14:00	42	41	41	43	52	48	44	53	44	44	44	45	50	42	56
15	11/04/2023	09:00	39	42	36	40	50	46	53	56	43	55	55	56	51	46	56
		14:00	40	38	37	38	48	50	56	52	44	46	46	54	49	45	53
16	12/04/2023	09:00	39	39	40	38	48	48	52	57	41	41	41	55	48	44	54
		14:00	40	38	38	39	48	51	55	53	43	45	45	54	48	46	53

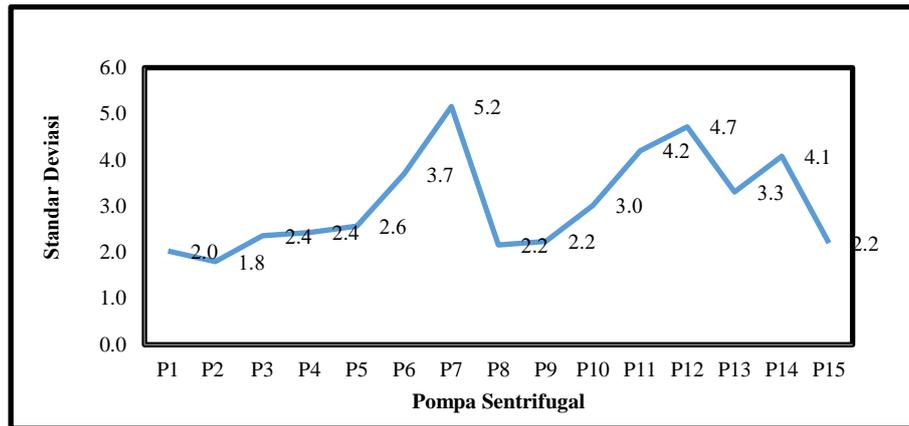
No	Waktu Pengukuran	Pompa PT. GCNS															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
17	13/04/2023	09:00	40	38	39	38	47	45	50	56	50	44	45	56	51	49	56
	14:00	42	40	40	39	49	52	53	54	44	46	45	53	50	46	53	
18	14/04/2023	09:00	37	38	38	39	47	50	52	55	41	43	42	52	47	46	55
	14:00	38	40	41	39	49	47	52	54	40	45	40	53	48	45	52	
19	15/04/2023	09:00	39	41	42	41	48	50	55	56	42	46	46	54	49	46	55
	14:00	41	43	43	39	45	52	56	54	41	42	41	53	47	42	52	
20	18/04/2023	09:00	39	34	38	41	50	47	52	55	42	46	43	56	49	41	53
	14:00	40	38	40	41	52	50	53	52	42	47	57	54	50	40	47	
21	19/04/2023	09:00	39	39	37	39	50	49	47	55	42	49	52	52	49	44	53
	14:00	40	39	40	40	51	50	51	51	43	50	54	54	52	40	51	
22	20/04/2023	09:00	37	38	36	49	49	48	50	56	48	45	54	52	50	39	50
	14:00	39	37	38	47	47	50	51	53	43	47	54	54	52	39	50	
23	21/04/2023	09:00	38	39	38	40	47	48	55	54	43	45	47	53	48	63	53
	14:00	42	42	42	42	50	50	53	51	42	45	44	52	49	44	53	
24	22/04/2023	09:00	38	39	35	38	49	47	49	53	41	45	40	47	47	45	52
	14:00	38	40	42	42	50	50	54	49	37	40	38	49	48	47	50	
25	23/04/2023	09:00	42	38	41	40	48	45	55	53	41	43	41	49	50	41	52
	14:00	40	39	41	39	49	49	54	54	42	46	44	55	52	41	54	
26	24/04/2023	09:00	42	38	41	40	48	46	55	53	41	43	40	54	51	45	52
	14:00	38	41	41	39	51	49	53	56	42	46	45	57	50	47	51	
27	25/04/2023	09:00	42	40	43	43	51	51	53	58	44	46	43	55	50	43	52
	14:00	40	34	40	39	52	52	53	57	41	47	40	53	50	44	50	
28	26/04/2023	09:00	40	40	39	39	51	51	53	57	42	44	43	55	49	43	53
	14:00	38	41	39	40	52	52	59	57	44	46	46	52	49	44	51	
Mean			38.9	38.7	39.7	39.8	48.7	46.4	49.3	54.4	42.2	43.8	43.8	49.8	49.6	43.5	52.4
Median			39	39	40	39	49	47	51	55	42	44	43	52	50	43	53
Standar Deviasi			2.03	1.80	2.36	2.43	2.57	3.70	5.16	2.16	2.24	3.02	4.20	4.72	3.31	4.08	2.20

Keterangan:

- P1: Pompa air pendingin peleburan 1 dan 2
- P2: Pompa air pendingin peleburan 3 dan 4
- P3: Pompa air pendingin peleburan 5
- P4: Pompa air Pendingin tungku LF
- P5: Pompa air pendingin AOD 1 bagian 1
- P6: Pompa air pendingin AOD 1 bagian 2
- P7: Pompa air pendingin AOD 2 bagian 1
- P8: Pompa air pendingin AOD 2 bagian 2
- P9: Pompa air pendingin air peralatan 1
- P10: Pompa air pendingin peralatan 2
- P11: Pompa air pendingin peralatan 2
- P12: Pompa air pendingin sekunder 1
- P13: Pompa air pendingin sekunder 2
- P14: Pompa air pendingin kristalisasi 1
- P15: Pompa air pendingin krisalisasi 2

Hasil pembacaan pengambilan data pengukuran suhu menunjukkan nilai suhu tertinggi pada pompa P7 tanggal 26 april 2023 pukul 14:00 nilai suhu 59°C dan pada pompa P8 tanggal 25 april 2023 pukul 09:00 nilai suhu 58°C dan masuk dalam kategori II yaitu pengoperasian jangka panjang masih diizinkan (*Pre warning*) sehingga tidak perlu dilakukan pengecekan secara intensif atau *maintenance* pada pompa tetapi tetap wajib mengambil data suhu secara rutin dan berkala mulai dari waktu yang dijadwalkan sampai dengan waktu yang telah ditetapkan sehingga didapatkan nilai *mean* dan *median* untuk mendapatkan hasil nilai standar deviasinya dapat dilihat pada gambar 6.

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa standar deviasi tertinggi ada pada pompa P7 yaitu 5,2 dan standar deviasi terendah ada pada pompa P2 yaitu 1,8. Hal ini menunjukkan semakin tinggi nilai standar deviasi maka pompa berada keadaan tidak stabil dan semakin rendah nilai standar deviasi maka pompa berada dalam keadaan stabil.



Gambar 6: Grafik pengukuran suhu

3.2. Data Trend Pengukuran Getaran

Setelah proses *maintenance* selesai maka akan dilakukan pengambilan data untuk melihat bagaimana kondisi dari pompa sentrifugal yang mengalami nilai vibrasi yang tinggi (abnormal) dan perbandingan setelah proses *maintenance*. Bisa dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Tabel Pengukuran Getaran Pompa Sentrifugal PT. GCNS

No	Waktu Pengukuran	Getaran Bantalan Pompa (mm/s)															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
1	12/04/2023	PIV	4.1	2.4	3.6	5.3	4.4	2	1.6	1.8	5.1	3.2	9.7	8.2	4.2	5.2	2.1
		PIH	3.6	1.4	4.2	8.5	5.2	2.9	1.8	2.2	4.8	3.6	4.6	5.8	3.8	4	2.7
2	14/04/2023	PIV	4.6	2.7	3.8	4.8	4.7	2	1.7	2	5.1	3.5	10.5	8.2	4	5.4	2.3
		PIH	3.5	1.9	4.4	8.4	5.4	3.3	1.9	2.3	5	4.1	5.1	5.6	3.4	4.1	2.8
3	17/04/2023	PIV	3.7	2.7	4.6	3	4.2	2.1	1.4	1.9	5.4	3	11.1	6.4	3.2	5.4	3.6
		PIH	3.6	1.9	4.7	8.7	3.1	2.8	1.6	2.2	4.7	3.3	5.4	4.4	3.3	3.5	2.7
4	19/04/2023	PIV	3.9	2.5	3.7	3.5	4.3	2	1.6	2.2	5.1	3.2	6.8	6.4	3.1	5.6	3.2
		PIH	3.7	1.8	5	8.6	3.3	3.2	1.8	2.3	5	3.5	3.8	4.4	3.1	3	2.8
5	21/04/2023	PIV	3.7	2.7	4.8	3.4	4.3	2.3	1.5	1.5	5	3.2	6.7	6.3	3.2	5.8	3.7
		PIH	3.6	1.6	4.7	6.4	3.2	2.7	1.7	1.9	4.6	3.3	6.8	4.2	3.2	4.5	2.9
6	23/04/2023	PIV	3.8	2.6	4.8	3.5	4.4	2.2	1.6	2.3	5.2	2.5	6.9	6.5	3.3	6	3.4
		PIH	3.4	2	5	6.3	3.5	3.2	1.5	2.7	5.2	2.8	6.5	4.3	3.2	4.3	2.5
7	25/04/2023	PIV	3.4	1.6	3.9	3.7	4.2	2.4	1.4	2.4	5.4	2	7.1	6.6	3.4	6.3	3.3
		PIH	3.3	1.2	4.4	6.2	3.6	3.5	1.6	2.8	4.9	2.1	4.8	4	3.2	4.2	2.4
Mean		PIV	3.9	2.5	4.2	3.9	4.4	2.1	1.5	2.0	5.2	2.9	8.4	6.9	3.5	5.7	3.1
		PIH	3.5	1.7	4.6	7.6	3.9	3.1	1.7	2.3	4.9	3.2	5.3	4.7	3.3	4.1	2.7
Median		PIV	3.8	2.5	3.9	3.5	4.3	2.1	1.5	2.0	5.1	3.0	7.1	6.5	3.3	5.6	3.2
		PIH	3.6	1.7	4.6	7.4	3.4	3.1	1.7	2.3	4.9	3.3	5.0	4.4	3.2	4.1	2.7
Standar Deviasi		PIV	0.4	0.4	0.5	0.8	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.5	1.8	0.8	0.4	0.4	0.6
		PIH	0.1	0.3	0.3	1.1	0.9	0.3	0.1	0.3	0.2	0.6	1.0	0.7	0.2	0.3	0.3

Hasil pengukuran getaran pompa sentrifugal PT.GCNS sesudah dilakukan *maintenance*, diambil pada tanggal 25 April 2023 menunjukkan telah terjadi penurunan nilai *overall* pada pompa yang mengalami kerusakan, dapat dilihat dari tabel diatas pompa P4, P11, dan P12 sudah masuk dalam kategori *warning* (masih dapat dioperasikan dengan pemantauan secara intensif) pada standar Iso 10816-3. Sehingga masih perlu dilakukan pemantauan secara intensif serta dilakukannya pemeriksaan setiap saat pompa pada kondisi *warning*. Sehingga didapatkan nilai *mean* dan *median* untuk mendapatkan hasil nilai standar deviasinya dapat dilihat pada gambar 10.

3.3. Maintenance Pada Pompa Yang Mengalami Getaran Abnormal

Pada tanggal 24 Maret 2023 dan 27 Maret 2023 Pompa P4 mengalami vibrasi melebihi batas normal pada pengukuran posisi PIH (Pompa *Inboard Horizontal*) dan bunyinya terasa agak kasar sehingga dilakukan pemeriksaan pada pompa dan didapati ketidaksejajaran antara kedua poros (*misalignment*) hal ini jika tidak langsung di tindakai akan terjadi kerusakan pada semua elemen mesin (*bearing*, poros, kopling) sehingga hal tersebut langsung ditindakai dengan melakukan *alignment* pada kopling menggunakan *dial indicator*. Proses *maintenance* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7: *Alignment kopling*

Pada tanggal 24 maret 2023 dan 27 maret 2023 pompa P11 pengukuran posisi vibrasi PIV (Pompa *Inboard* Vertikal) melebihi batas normal sehingga dilakukan pemeriksaan lebih lanjut dan ketika dilakukan proses *maintenance* didapati kerusakan pada *bearing*, hal tersebut yang membuat getaran memiliki nilai yang tinggi (abnormal) serta suara yang kasar pada mesin. Kemudian dilakukan penggantian *bearing* dengan menggunakan bantuan *treaker bearing* untuk mengeluarkan *bearing* yang rusak pada pompa P11. Proses *maintenance* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8: *Penggantian bearing*

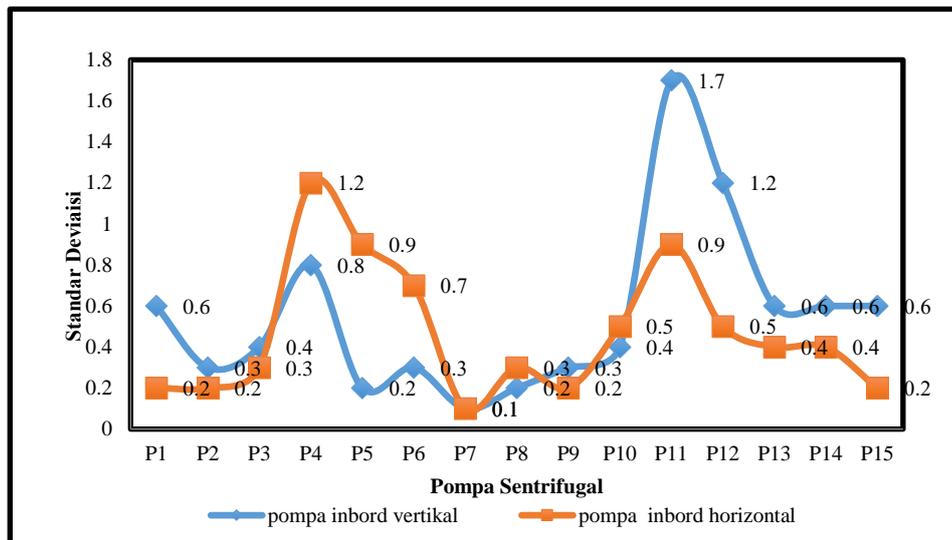
Pada tanggal 24 maret 2023 dan 27 maret 2023 pompa P12 pengukuran posisi vibrasi PIV (Pompa *Inboard* Vertikal) melebihi batas normal (abnormal) sehingga dilakukan pemeriksaan lebih lanjut dan ketika dilakukan proses *maintenance* didapati kerusakan pada bagian *mechanical seal*, hal tersebut yang membuat vibrasi memiliki nilai yang tinggi melebihi batas normal sampai membuat kebocoran yang mengeluarkan air pada pompa. Kemudian dilakukan *maintenance* dan didapati *mechanical seal* dalam keadaan yang rusak sehingga segera dilakukan penggantian *mechanical seal* yang rusak pada pompa P12. Proses *maintenance* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9: *Penggantian mechanical seal*

3.4. Data Getaran Setelah dilakukan Proses Maintenance

Setelah proses *maintenance* selesai maka akan dilakukan pengambilan data lagi untuk melihat bagaimana kondisi dari pompa sentrifugal yang mengalami nilai vibrasi yang tinggi (abnormal) dan perbandingan setelah proses *maintenance*. Berdasarkan pada grafik 2.5 dapat dilihat bahwa standar deviasi tertinggi ada pada pompa *inboard* vertikal menunjukan bahwa P11 yaitu 1.7 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* vertikal pada pompa P7 yaitu 0,1. Sedangkan pada standar deviasi tertinggi pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P4 yaitu 1.2 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P7 yaitu 0.1. Hal ini menunjukkan semakin tinggi nilai standar deviasi maka pompa berada keadaan tidak stabil dan semakin rendah nilai standar deviasi maka pompa berada dalam keadaan stabil.



Gambar 10: Grafik pengukuran getaran

4. KESIMPULAN

Dari pengambilan data yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Hasil pengukuran temperatur (suhu) pada pompa sentrifugal PT.GCNS menunjukkan standar deviasi tertinggi ada pada pompa P7 yaitu 5,2 dan standar deviasi terendah ada pada pompa P2 yaitu 1,8. Pada hasil pengukuran getaran didapatkan standar deviasi tertinggi ada pada pompa *inboard* vertikal menunjukan bahwa P11 yaitu 1,7 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* vertikal pada pompa P7 yaitu 0,1. Sedangkan pada standar deviasi tertinggi pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P4 yaitu 1,2 dan standar deviasi terendah pada pompa *inboard* horizontal ada pada pompa P7 yaitu 0,1. Sebelum dilakukan *maintenance* pompa sentrifugal berada pada kategori *danger* dan setelah *maintenance* pompa sentrifugal berubah menjadi kategori *warning*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan peneliti yang sudah membantu dan berkontribusi di penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Darmawan, S. (2016). Pompa Sentrifugal. *Surakarta: Universitas Sebelas Maret*.
- Adji, C. (2021). Corrective Maintenance Pompa High Pressure (AP 10.2) PT. Kuala Lumpur Kepong Dumai-Riau.
- Abi, W. (2021). Analisa Sinyal Vibrasi Untuk Mendeteksi Kerusakan Pada Condensate Pump Di Pltu Air Anyir Bangka (Doctoral Dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung)
- Bakti, A. R. (2021). Analisa Preventive Maintenance, Domestic Booster Pump Di Pltu Keban Agung 2 X 135 MW. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 1(1), 1-7.
- Dana, M. M. M., Kurniawan, W., & Fitriyah, H. (2018). Rancang Bangun Sistem Deteksi Titik Kebakaran Dengan Metode Naive Bayes Menggunakan Sensor Suhu dan Sensor Api Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(9), 3384-3390.
- Fa'izin, M. U. (2019). Analisa Preventive Maintenance Pompa Sentrifugal Type Jet Pump Dab Terhadap Kebocoran Mechanical Seal (Doctoral dissertation, Universitas Islam Majapahit Mojokerto).
- Gusniar, I. N. (2014). Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal Di Unit Utility PT. ABC. *Majalah Ilmiah SOLUSI*, 1(01).
- Huda, S., Tripariyanto, A. Y., & Komari, A. (2021). Perencanaan Predictive Dan Preventive Maintenance Pada Pompa SWLP (Sea Water Lift Pump) Dengan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di Saka Indonesia Pangkah Limited. *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri)*, 3(1), 37-51.
- Hutabarat, B. (2019). Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Head (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Mesra, T. (2020). Analisis Perawatan Mesin Pompa Sentrifugal Dengan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Unitek*, 13(2), 39-46.
- Muhtadin, M. (2017). Corrective Maintenance Pompa Sentrifugal Between Bearing (3003 J) Di Pt. Pupuk Kujang Cikampek (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknik). Corder, A. (1992). Teknik Manajemen Pemeliharaan. Jakarta.: Erlangga.
- Muis, A., Muchsin, M., & Basri, M. H. (2019). Karakteristik Kavitasasi Pada Pompa Sentrifugal. *Jurnal Mekanikal*, 10(2).