

# ANALISA KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL 53-101C WTU SUNGAI GERONG PT. PERTAMINA RU III PLAJU

Sofwan Hariady<sup>1)</sup>

**Abstrak :** Pompa merupakan suatu alat yang dapat memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan dan berlangsung secara kontinyu. Pompa sentrifugal sebagai salah satu jenis pompa yang banyak dijumpai dalam industri, bekerja dengan prinsip putaran impeller sebagai elemen pemindah fluida yang digerakkan oleh suatu penggerak mula. Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Analisa vibrasi merupakan kunci keberhasilan predictive maintenance karena kondisi peralatan rotating yang sedang beroperasi dapat dilihat pada pola (symptom) vibrasinya. Vibrasi dapat dipicu oleh adanya kavitasi dan korosi pada pompa. Pengoperasian pompa pada keadaan kavitasi secara terus menerus dalam jangka waktu lama menyebabkan permukaan dinding saluran di sekitar aliran akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang.

Kata kunci : Korosi

*Abstract : Pump is instrument condelivery fluids from media place to others using piping system by added some energies to the fluids continously. Centrifugal pump is one of pump kind that uses in industries that worked by impeller rotation as fluid tranfered that driven by prime mover.*

*Decreased performance of pump suddenly and unstable in operating, caused performance of pump discreased totally.*

*Vibration analysis is the key of successfull in predective maintenance, because of instrument rotated can be seen in model (symton) vibration. Vibration caused the cavitation and corrotion at pump. Pump operating at cavitation continously and long caused surface of chanel will be fitted and holly.*

*Keyword : corrotion*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pompa adalah suatu alat (mesin fluida) yang banyak digunakan dalam suatu industri khususnya di industri perminyakan. Pompa merupakan suatu alat yang dapat memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara

menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan dan berlangsung secara kontinyu.

Energi pada fluida tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan pada pipa-pipa (gaya gesek), melawan tekanan (gaya dorong) dan untuk menaikkan fluida pada suatu ketinggian ataupun menaikkan kecepatan aliran (beda elevasi).

Pada umumnya jenis pompa ada bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan

---

<sup>1)</sup> Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

dan kondisi yang diinginkan. Berdasarkan prinsip kerjanya, secara garis besar jenis pompa dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu Pompa kerja Positif (*Positive Displacement Pump*) dan Pompa kerja dinamis (*Non Positif Displacement Pump*). Tetapi pada skripsi ini penulis membatasi hanya akan membahas mengenai Pompa kerja dinamis (*Non Positif Displacement Pump*) khususnya Pompa sentrifugal.

Pompa sentrifugal sebagai salah satu jenis pompa yang banyak dijumpai dalam industri, bekerja dengan prinsip putaran *impeller* sebagai elemen pemindah fluida yang digerakkan oleh suatu penggerak mula. Zat cair yang berada didalam akan berputar akibat dorongan sudu-sudu dan menimbulkan gaya sentrifugal yang menyebabkan cairan mengalir dari tengah *impeller* dan keluar melalui saluran diantara sudu-sudu dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan tinggi.

Salah satu pompa sentrifugal di PT. PERTAMINA RU III Plaju adalah pompa 53-101C WTU Sei. Gerong yang mengalirkan / mentransferkan air dari bak penampung (*cooling tower*) ke semua Unit RFCCU Group yang berfungsi sebagai pendingin

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi Pompa

Pompa merupakan mesin yang berfungsi untuk menaikkan tekanan fluida. Dengan naiknya tekanan fluida maka fluida dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau untuk menaikkan fluida dari level yang rendah ke level yang lebih tinggi. Kenaikkan tekanan fluida sering juga diperlukan sebagai persyaratan untuk kebutuhan proses berikutnya dalam kilang. Karena tekanan dapat diubah menjadi kecepatan, maka kenaikan tekanan fluida kadang juga diperlukan untuk menaikkan kecepatan aliran fluida proses apabila dalam

proses berikutnya diperlukan kecepatan aliran fluida yang lebih tinggi.

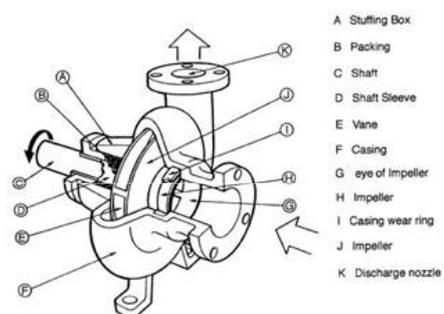
Pompa dapat dikelompokkan berdasarkan tipe pompa dan cara kerja pompa. Berdasarkan cara kerjanya, pompa dikelompokkan menjadi tiga yaitu pompa *positive displacement*, pompa *dynamic (kinetic)* dan pompa *special effect*.

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa *dynamic (kinetic)*. Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (*incompressible fluids*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang dipindahkan tersebut. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa.

Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Salah satu indikasi penyebab turunnya performansi pompa adalah apa yang dikenal sebagai peristiwa kavitasi (*cavitation*), dan menjadi ancaman serius pada pengoperasian pompa sentrifugal.

### 2.2 Bagian-bagian utama pompa sentrifugal

Bagian-bagian utama pompa *centrifugal* secara umum dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar. 2 Bagian Utama Pompa Sentrifugal

Keterangan gambar dan fungsi masing-masing bagian adalah sebagai berikut:

A. *Stuffing Box*

*Stuffing Box* berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*.

B. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari *casing* pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon

C. *Shaft* (poros)

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya.

D. *Shaft sleeve*

*Shaft sleeve* berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. Pada pompa multi stage dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing* dan *interstage* atau *distance sleeve*.

E. *Vane*

Sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.

F. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffusor* (*guide vane*), inlet dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

G. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.

H. *Impeller*

*Impeller* berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

I. *Wearing Ring*

*Wearing ring* berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*.

J. *Bearing* (bantalan)

*Bearing* (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.

K. *Discharge Nozzle*

Merupakan saluran keluar fluida dari dalam pompa / outlet pompa.

### 2.3 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Secara singkat prinsip kerja pompa sentrifugal yaitu merubah energi mekanis dari penggerak menjadi energi kecepatan (kinetis) fluida melalui sudu pompa, kemudian merubah energi kinetik menjadi energi potensial (tekanan cairan) melalui komponen *volute* atau *diffuser*. Alasan utama digunakannya jenis pompa ini dibanding jenis pompa lainnya adalah karena pompa sentrifugal memiliki tingkat fleksibilitas dan kehandalan yang lebih tinggi.

Pompa sentrifugal mempunyai banyak kelebihan bila dibandingkan dengan pompa jenis lain, walaupun masih memiliki kekurangan.

**a. Kelebihan Pompa Centrifugal**

- Kapasitas bisa lebih besar dan aliran kontinyu.
- Pada kapasitas yang sama dengan pompa jenis lain ukurannya lebih kecil, bobot lebih ringan, ruangan yang dipakai lebih kecil.
- Kontruksi lebih sederhana sehingga mudah perawatannya.
- Pada waktu operasi suara relatif tenang.
- Pompa dihubungkan langsung dengan penggerak sehingga tidak ada kerugian transmisi.

**b. Kekurangan Pompa Centrifugal.**

- Dalam jenis tertentu dan operasi tertentu perlu pancingan (priming).
- Tidak bisa untuk kapasitas yang kecil dengan head yang tinggi.
- Kurang cocok digunakan pada cairan yang kental dan kotor.
- Head pompa terbatas sesuai dengan design pompa.

**2.4 Klasifikasi Pompa Sentrifugal**

Pompa Sentrifugal dapat di klasifikasikan. Berdasarkan literatur 4 (pompa) antara lain :

**a. Berdasarkan Kapasitas :**

- Kapasitas Rendah :  $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas Sedang :  $20 \text{ m}^3 / \text{jam}$  s/ d  $60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas Tinggi :  $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

**b. Berdasarkan Tekanan Discharge :**

- Tekanan Rendah :  $< 5 \text{ kg cm}^2$
- Tekanan Sedang :  $5 \text{ kg / cm}^2$  s/ d  $50 \text{ kg / cm}^2$

- Tekanan Tinggi :  $> 50 \text{ kg / cm}^2$

**c. Berdasarkan Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat ( Stage ) :**

- Single Stage : Terdiri satu impeller dalam satu casing.
- Multi Stage : Terdiri dari beberapa impeller tersusun seri dalam satu casing.
- Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun parallel dalam satu casing.
- Multi Impeller Multi Stage : Kombinasi antara multi impeller dan multi stage.

**2.5 Karakteristik Pompa Sentrifugal**

Untuk mengetahui cara kerja dan operasi pompa perlu diketahui beberapa karakteristik penting pada pompa, yaitu antara lain :

- 1) Kapasitas : jumlah fluida yang dialirkan oleh pompa.
- 2) Tekanan (head) : kenaikan tekanan yang dialami oleh fluida.
- 3) Daya (power/BHP) : energi yang diperlukan untuk operasi pompa.
- 4) Efisiensi : energi yang diperoleh fluida dari pompa berbanding energi yang diberikan kepada pompa.
- 5) Kecepatan : kecepatan putar dari pompa.

**2.6 NPSH (Net Positive Suction Head)**

NPSH dapat diterjemahkan sebagai tinggi tekan isap positif neto, yaitu tekanan fluida yang tersedia pada waktu masuk pompa. Untuk dapat memompakan cairan, harus tersedia tekanan hisap yang cukup tinggi. Apabila tekanan hisap hanya sedikit lebih tinggi dari tekanan uap, mungkin sebagian cairan akan berubah menjadi uap (*flash*) didalam pompa. Peristiwa ini dikenal dengan peristiwa kavitasi

pada baling-baling pompa, yang dapat merugikan.

Setiap pompa biasanya disertai dengan persyaratan NPSH-nya, agar pemompaan dapat berlangsung dengan baik, aman, dan awet (*prima*) maka NPSH yang tersedia harus melebihi NPSH yang disyaratkan.

NPSH yang tersedia, tergantung dari sistem pemompaannya sendiri. NPSH boleh dikatakan merupakan kelebihan sisa tekanan uapnya, pada waktu fluida mencapai pompa.

### 2.7 Minimum tinggi isap pompa

Untuk operasional pompa sentrifugal tanpa kavitasi, tinggi isap ditambah dengan semua kehilangan lainnya harus lebih kecil dari tek. Atm teoritis.

$$H_s = H_a - H_f - e_s - NPSH - F_s \dots\dots(2-16)$$

Dimana :

- H<sub>s</sub> : minimum tinggi isap atau jarak dari pusat pompa ke muka air (m)
- H<sub>a</sub> : tekanan atmosfer pada permukaan air (m atau 10,33 m pada permukaan laut)
- H<sub>f</sub> : kehilangan karena gesekan pada saringan, pipa, sambungan, dan klep pada pipa isap (m)
- e<sub>s</sub> : tekanan uap air jenuh (m)
- NPSH : net positive suction head pompa termasuk kehilangan di impeller dan velocity head (m)
- F<sub>s</sub> : Faktor pengaman biasanya diambil sekitar 0.6 m

Koreksi H<sub>a</sub> untuk ketinggian tempat adalah sekitar 0.36 m per 300 m tinggi tempat.

#### Kehilangan gesekan pada sistem perpipaan

Gesekan terjadi baik pada pipa isap dan pipa tekan yang besarnya tergantung pada:

- a. kecepatan aliran

- b. ukuran pipa
- c. kondisi pipa bagian dalam
- d. bahan pembuat pipa.

Dimana :

- v = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/detik)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)
- Kehilangan energi pada Klep Balik (*Reflux Valve*) disamakan dengan Klep Kaki.
- Pada penyempitan mendadak head loss dihitung dengan :

### 2.8 Fenomena Water Hammer

Water hammer adalah kondisi dimana terjadi peningkatan sesaat didalam pipa yang disebabkan oleh perubahan arah atau kecepatan cairan dalam pipa secara tiba-tiba. Water hammer sangat berbahaya, karena peningkatan tekanan yang terjadi dapat menyebabkan pipa pecah dan kerusakan lainnya pada komponen pompa.

Faktor utama yang menyebabkan waterhammer pada pompa adalah sewaktu melakukan operasi buka/tutup katub, dimana akan terjadi perubahan tekanan pada pompa. Sehingga perlu dilakukan perhitungan waktu pembukaan dan penutupan katub yang tepat.

$$P_{wh} = (0,070VL)/t + P_i \dots\dots\dots (2-19)$$

Dimana :

- P<sub>wh</sub> = Pressure resulting from water hammer
- V = Change in velocity of the liquid in the pipe
- L = Upstream pipe length
- t = Valve closing time
- P<sub>i</sub> = Inlet Pressure (Tekanan sebelum terjadi water hammer)

### 2.9 Vibrasi

Vibrasi adalah gerakan yang dialami oleh suatu benda / materi yang berupa gerakan

osilasi (bolak-balik) dari titik referensi secara periodic (berulang-ulang). Setiap elemen dari mesin yang berotasi akan memberikan pola gelombang tertentu dari gerakannya. Adanya cacat atau kerusakan dari pola rotasinya akan menimbulkan mekanisme gerakan yang berbeda dari sewajarnya. Vibrasi yang terjadi inilah yang dapat menunjukkan kondisi mesin dalam keadaan beroperasi. Kemampuan untuk bereaksi terhadap gaya yang menimbulkan vibrasi, merupakan kombinasi tiga sifat dasar yang dimiliki semua mesin, yaitu :

- Kekakuan (stiffness)
- Berat (mass)
- Redaman (damping)

## 2.10 Fenomena Kavitasasi

Peristiwa kavitasasi adalah peristiwa pembentukan dan pecahnya gelembung dalam suatu aliran fluida cair pada kondisi tertentu.

Kavitasasi terjadi bila tekanan fluida pada saat memasuki pompa turun hingga di bawah tekanan uap jenuhnya (pada temperatur lingkungan), gelembung-gelembung uap kecil akan mulai terbentuk. Gelembung-gelembung uap ini akan terbawa oleh aliran fluida dan masuk pada daerah yang bertekanan lebih tinggi, sehingga gelembung akan pecah dan menimbulkan suara berisik dan getaran. Selain itu performansi pompa akan turun secara tiba-tiba sehingga pompa tidak dapat beroperasi dengan baik. Jika pompa dijalankan dalam keadaan kavitasasi secara terus-menerus dalam jangka waktu lama, maka permukaan dinding saluran di sekitar aliran akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang. Peristiwa ini yang dinamakan erosi kavitasasi, sebagai akibat tumbukan gelembung-gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus-menerus.

Pada pompa bagian yang sering mengalami kavitasasi adalah sisi isap pompa. Hal ini terjadi jika tekanan isap pompa terlalu

rendah hingga dibawah tekanan uap jenuhnya, hal ini dapat menyebabkan :

- Suara berisik, getaran atau kerusakan komponen pompa sewaktu gelembung-gelembung fluida tersebut pecah ketika melalui daerah yang lebih tinggi tekanannya
- Kapasitas pompa menjadi berkurang
- Pompa tidak mampu membangkitkan head (tekanan)
- Berkurangnya efisiensi pompa. atas :

Untuk mencegah peristiwa kavitasasi ini, pompa centrifugal didesain untuk suatu kondisi operasi tertentu yang harus dipenuhi. NPSH merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencegah peristiwa kavitasasi tersebut.

## 2.11 Korosi

Korosi adalah penurunan mutu material karena berinteraksi dengan lingkungannya. Penyebab terjadinya korosi ada dua macam yakni proses secara kimiawi dan proses perlakuan (Fontana, 1984: 2). Proses korosi secara kimiawi adalah proses ionisasi yang terjadi secara alamiah akibat adanya interaksi dengan udara seperti kelembaban, keasaman daerah atau kondisi operasi tertentu. Dua buah logam yang memiliki sifat yang berbeda yang saling berdekatan akan menghasilkan ion positif dan negatif, kemudian apabila bersinggungan dengan udara maka akan terbentuk senyawa baru karena udara mengandung bermacam-macam unsur, salah satu yang paling berpengaruh adalah hidrogen yang merupakan penyebab terjadinya korosi yang disebut dengan *atmospheric corrosion*. Save M Dagun (2005: 98) mendefinisikan korosi sebagai berikut:

1. Pengikisan atau pelapukan karena karat atau peristiwa kimia.
2. Proses elektro-kimia yang menyebabkan logam/bahan keramik berubah ke bentuk oksidannya.

3. Erosi kimia oleh oksigen di udara yang menimbulkan batuan yang mengandung besi karat.

Suatu proses korosi dapat menyebabkan timbulnya degradasi atau penurunan mutu suatu logam. Penurunan mutu ini tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga melibatkan reaksi elektrokimia yaitu reaksi antara bahan-bahan bersangkutan yang menyebabkan terjadinya perpindahan elektron. Atom logam yang mengalami suatu reaksi korosi, atom itu akan diubah menjadi sebuah ion melalui reaksi dengan suatu unsur yang terdapat di lingkungannya, jika suatu atom logam disimbolkan dengan M, maka proses korosi dapat digambarkan sebagai:



Persamaan diatas memperlihatkan bahwa atom-atom logam dapat melepaskan sejumlah Z elektron yang merupakan bilangan valensi yang dimiliki oleh atom logam M (Trethewey, 1991: 24).

Jenis-jenis korosi yaitu:

1. Korosi merata (*surface corrosion*)  
Merupakan korosi yang terjadi pada suatu logam secara menyeluruh, sebagai contoh: korosi yang terjadi pada tiang-tiang penyangga pada penambangan lepas pantai.
2. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)  
Adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik atau mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi dan presipitasi.
3. Korosi celah (*crevice corrosion*)  
Adalah korosi yang terjadi karena sebagian permukaan logam terhalang dari lingkungan dibanding bagian lain logam

yang menghadapi elektrolit dalam volume yang besar.

4. Korosi logam tak sejenis (*galvanic corrosion*)  
Adalah korosi yang disebabkan adanya dua logam tak sejenis (dissimilar metals) yang bergandengan (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana.
5. Korosi erosi (*erosion corrosion*)  
Adalah korosi yang disebabkan akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Korosi ini biasanya disebabkan karena terjadinya proses-proses elektrokimia dan oleh efek-efek mekanik seperti abrasi dan gesekan.
6. Korosi tegangan (*sulfide stress cracking*)  
Logam yang mengalami beban dinamis yang berulang-ulang lama kelamaan akan patah, patahnya logam ini dapat dipercepat bila terdapatnya korosi pada logam tersebut.
7. Korosi batas butir (*Intergranular corrosion*)  
Adalah korosi yang disebabkan oleh ketidaksesuaian struktur kristal pada batas butir yang memiliki kedudukan atom-atom secara termodinamika yang kurang mantap dibandingkan atom-atom pada kedudukan kisi sempurna.

### 3. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian pada pompa 53 – 101C WTU dilakukan dengan beberapa pendekatan teknis yaitu :

1. Melakukan site visit serta pengumpulan data teknis dan data teoritis pompa.
2. Menentukan faktor penyebab utama kerusakan pompa
3. Melakukan pengolahan dan analisa data

### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di area *Water Treatment Unit* (WTU) Utilities dan *Workshop* PT. Pertamina (Persero) RU III Plaju – Sungai Gerong.

### 3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah roll meter untuk mengukur instalasi pompa terpasang berikut tanki / basin.

### 3.4 Pompa 53-101C WTU

Salah satu peralatan pompa di PT. PERTAMINA RU III adalah pompa 53-101C WTU Sei. Gerong yang mengalirkan air dari bak penampung (cooling tower) ke semua Unit RFCCU Group yang berfungsi sebagai pendingin. Untuk menjaga kehandalan pompa, disediakan tiga buah pompa dengan kapasitas sama yang dioperasikan secara bergantian. Untuk memenuhi supply air pendingin ke unit RFCCU group dioperasikan dua pompa sekaligus dan setiap pompa akan di switch setiap awal bulan.



**Gambar. 3.1. Instalasi Pompa 53 – 101 C WTU**

Sebagai unit pendukung, cooling tower memegang peranan penting dalam

kelangsungan produksi, Perbaikan yang dilakukan hanya pada bagian-bagian yang memiliki spare / cadangan seperti : pompa, motor dan fan. Pompa 53-101C WTU merupakan pompa rekondisi, dimana pada tahun sebelumnya pompa tersebut telah dilakukan perbaikan pada rotor pompa, meliputi perbaikan pada bearing, sleeve, wearing serta melapisi impeller pompa dengan *ceramic coating*.

Pompa tersebut merupakan pompa sentrifugal dengan positif suction. Permasalahan yang ditemui pada pompa ini adalah terjadinya kebocoran, air masuk ke celah di antara shaft dan sleeve sehingga air tersebut masuk ke dalam rumah bearing yang mengakibatkan shaft menjadi unbalance dan mengakibatkan sleeve dan impeller memiliki celah dengan kata lain sleeve mengalami perubahan posisi dari tempatnya yang semula, dan air bisa masuk melalui celah tersebut, dan berakibat vibrasi dan noise pada pompa yang melebihi toleransi yang diperbolehkan

### 3.5 Data Pompa dan Penggerak

#### 1. Pompa

Nama Pompa	: P-2003 JB
Jenis pompa	: <i>Centrifugal pump between bearing</i>
Manufacture	: KSB AG.
Tahun pembuatan	: 1991
Debit (Q)	: 2050 m <sup>3</sup> /hr
Pressure discharge:	5.1 kg/cm <sup>2</sup>
NPSH <sub>A</sub>	: 8.5 m
NPSH <sub>R</sub>	: 8.0 m
Rpm	: 1480 rpm
Effisiensi	: 84.5 %
Spec. Gravity	: 1.0
Temperatur	: 32 °C
Viscositas	: 1 cP
Vapor Press.	: 0.05 Kg/cm <sup>2</sup> A

2. Penggerak

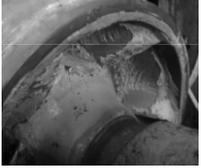
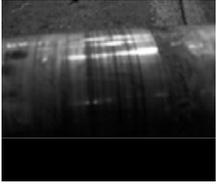
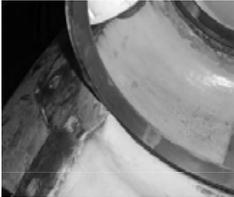
Tenaga penggerak : Motor listrik P-53-101 A/B  
 Phase : 3  
 Daya : 380 KW  
 Volt : 6600 V  
 Rpm : 1480 Rpm  
 Manufacture : Siemens  
 Tahun pembuatan : 1991

5.	Bushing impeller mengalami keausan.	
6.	Pada shaft yang diduduki oleh bearing mengalami keausan.	

Tempat-tempat kerusakan pada pompa

Vibrasi tinggi yang terjadi secara terus – menerus menyebabkan beberapa komponen utama pada pompa mengalami kerusakan berat. Kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel. 3.1. Tempat – tempat kerusakan pompa

No.	Kerusakan	Visualisasi
1.	Impeller mengalami pengelupasan pada lapisan coatingnya/blustering	
2.	Bearing mengalami kerusakan parah, terjadi overheating berakibat putusnya inner bearing.	
3.	Sleeve mengalami keausan.	
4.	Impeler Wearing mengalami keausan.	

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

4.1 Data Instalasi aktual pompa

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan terhadap instalasi pompa, diperoleh:

- Q in = 1925 m<sup>3</sup>/jam
  - Tinggi basin = 2,2 meter
  - Diameter Suction pompa= 16" sch 40
  - Diameter Discharge pompa = 14" sch 40
  - Discharge Pressure = 5 kg/cm<sup>2</sup>
  - Temperatur inlet = 330C
  - Ph air = 6,00
- Pada instalasi pompa 53 – 101C WTU terdapat:

- 1 buah pipa dia 24" sch 40 dengan panjang 5 m
- 1 buah strainer
- 1 buah reflux (check valve)
- 1 buah constraksi pipa

4.2 Data Vibrasi Pompa 53-101C WTU

NO. PUMP	UNIT	STATUS	REMARKS
53-101C	WTU	Running	Vibrasi dalam kondisi Fair
53-101C	WTU	Running	Vibrasi dalam kondisi Fair
53-101C	WTU	Running	Vibrasi dalam kondisi Fair

**Gambar. 12 Data Record Vibrasi Tabel. 4 Conditioning Monitoring Pompa 53-101C WTU**

Analisa vibrasi merupakan kunci keberhasilan predictive maintenance karena kondisi peralatan *rotating* yang sedang beroperasi dapat dilihat pada pola (symptom) vibrasinya. Bekerja sama dengan fungsi Rotating Equipment PT.Pertamina RU.III Plaju, penulis memperoleh data conditioning monitoring dari pompa 53-101C WTU.

Dari data conditioning monitoring pompa 53-101C WTU Sungai gerong terlihat *trend* vibrasi yang semakin membesar sampai pada zona *Slightly rough*. Jika mengacu pada **Tabel. 4 General Machinery Vibration Velocity Guide Line**, Zona tersebut merupakan zona alarm dalam pengoperasian pompa, karena jika pompa dioperasikan secara terus-menerus maka akan semakin memperburuk kondisi pompa atau dengan kata lain, akan semakin besar kerugian pada waktu perbaikan pompa. Hal inilah yang terjadi pada pompa 53-101C WTU dimana operasional pompa berhenti setelah terjadi kerusakan yang parah pada komponen pompa.

Penyebab utama timbulnya vibrasi pada pompa 53-101C WTU, adalah :

**1. Unbalance rotor.**

Pompa 53-101C WTU merupakan pompa rekondisi, dimana telah dilakukan pelapisan pada impeller pompa dengan menggunakan *ceramic coating*. Namun dari observasi dilapangan terlihat telah terjadi pengelupasan pada lapisan coating impeller. (lihat table. 5 No.1)

**2. Pengendapan kotoran (Impurities) pada dasar bak.**

Cooling tower Sungai gerong merupakan unit yang bertugas mendinginkan air dari unit operasi dan mendistribusikan kembali air pendingin ke unit tersebut melalui pompa 53-101C WTU. Sebagai unit yang men-support produksi dan tingginya jam operasional, unit cooling tower tidak dapat dilakukan penyetopan operasi sehingga

Tag No	Planning Date	Actual date	Highest Vibration (mm/s)	Frekuensi (rpm)	Posisi	Indikasi	Status	Keterangan
P-53-101C	11.06.2012	11.06.2012	3.94 mm/s	1480 cpm	horizontal	Yellow	fair	
P-53-101C	13.06.2012	13.06.2012	4.05 mm/s	1480 cpm	horizontal	Red	slightly rough	
P-53-101C	15.06.2012	15.06.2012	4.13 mm/s	1480 cpm	horizontal	Dark Red	slightly rough	
P-53-101C	18.06.2012	18.06.2012	4.21 mm/s	1480 cpm	horizontal	Dark Red	slightly rough	
P-53-101C	20.06.2012	20.06.2012	4.27 mm/s	1480 cpm	horizontal	Dark Red	slightly rough	

**Tabel. 4 Conditioning Monitoring Pompa 53-101C WTU**

banyak endapan dan kotoran (impurities) pada dasar bak yang ikut terhisap suction pompa sehingga semakin menambah vibrasi dan dapat memicu terjadinya erosi pada sisi isap pompa.

Dari penyebab vibrasi diatas, memicu terjadinya kerusakan pada komponen pompa lainnya seperti shaft menjadi bengkok, kerusakan bearing, kelonggaran mekanis, gesekan (rubbing), noise, korosi serta kerusakan lainnya.

Kekasaran permukaan coating serta terikutnya endapan dan kotoran (*impurities*) pada *suction* pompa memicu terjadinya kavitasi dan korosi pada pompa, gelembung uap air yang pecah menyebabkan benturan/tumbukan pada dinding didekatnya karena cairan akan masuk secara tiba-tiba pada ruangan yang terbentuk akibat pecahnya gelembung uap tersebut. Pecahnya gelembung uap air ini menimbulkan suara berisik dan getaran (vibrasi). Selain itu performansi pompa juga akan menurun yang terlihat pada penurunan debit air yang dipompakan dari design awal 2050 m<sup>3</sup>/hr menjadi 1925 m<sup>3</sup>/jam.

### 4.3 Minimum tinggi isap pompa (Hs)

Minimum tinggi isap pompa sesuai design

$$HS_{design} = H_a - H_f - e_s - NPSH_R - F_s$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} H_a &= 10,33 \text{ m} - 0,36 \text{ m} \\ &= 9,97 \text{ m} \\ e_s &= 0,43 \text{ m (pada } t = 30^{\circ}\text{C)} \\ NPS &= 8,0 \text{ m} \\ F_s &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan harga Hf, maka harus terlebih dahulu menghitung nilai kerugian gesekan yang disebabkan oleh pipa itu sendiri maupun fitting.

**Hf yang disebabkan tahanan pipa yang terbentang sepanjang pipa :**

$$Hf_1 = 10,684 \times Q^{1,85} \times L \times C^{1,85} \times D^{4,87}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= 2050 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,569 \text{ m}^3/\text{sec} \\ C &= 120 \text{ (pipa baja baru)} \\ D &= 0,574 \text{ m (pipa 24" sch 40)} \\ L &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Hf_1 = 10,684 \times 0,569^{1,85} \times L \times 120^{1,85} \times 0,574^{4,87}$$

$$Hf_1 = 0,04 \text{ m}$$

**Kehilangan energy akibat adanya fitting :**

1. Strainer

$$Hf_2 = K_s \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} K_s &= 0,95 \\ g &= 9,81 \text{ m/sec}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = \frac{\Phi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\Phi \times 0,574^2}{4}$$

$$A = 0,258 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,569 \text{ m}^3/\text{sec}}{0,258 \text{ m}^2}$$

$$V = 2,2 \text{ m/sec}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Hf_2 &= 0,95 \times \\ Hf_2 &= 0,23 \text{ m} \times \frac{2,2^2}{2 \times 9,81} \end{aligned}$$

2. Check valve

$$Hf_3 = K_f \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$$K_f = 0,8$$

Sehingga :

$$Hf_3 = 0,8 \times \frac{2,2^2}{2 \times 9,81}$$

$$Hf_3 = 0,197 \text{ m}$$

3. Konstraksi pipa 24" to 16"

$$Hf_4 = K_1 \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$$K_1 = 0,4$$

$$D_2 = 0,381 \text{ m (ID pipa 16" sch 40)}$$

$$\frac{\pi \times 0,381^2}{4}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi \times 0,381^2}{4}$$

$$A = 0,114 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,569 \text{ m}^3/\text{sec}}{0,114 \text{ m}^2}$$

$$V = 4,99 \text{ m/sec}$$

$$\text{Sehingga : } \frac{4,99^2}{2 \times 9,81}$$

$$Hf_4 = 0,4 \times$$

$$Hf_4 = 0,1 \text{ m}$$

Total kerugian energi pada head hisap sesuai design:

$$Hf = Hf_1 + Hf_2 + Hf_3 + Hf_4$$

$$= 0,04 + 0,23 + 0,197 + 0,1$$

$$Hf = 0,567 \text{ m}$$

Minimum tinggi isap pompa sesuai design

$$HS_{design} = H_a - H_f - e_s - NPSH_R - F_s$$

$$= 9,97 - 0,567 - 0,43 - 8 - 0,6$$

$$HS_{design} = 0,373 \text{ m}$$

**Tinggi isap aktual pompa 53 – 101C WTU**

Dari data hasil pengukuran dilapangan diperoleh tinggi isap pompa (Hs actual) adalah sebesar **0,25 m**

**4.4 Perhitungan valve closing time**

Dalam pengoperasian pompa sering terjadi buka/tutup katup isap, terutama pada waktu switch / change pompa. Untuk mencegah terjadinya water hammer pada pompa, maka perlu dihitung waktu yang tepat dalam membuka dan menutup katup.

$$P_{wh} = (0,070VL)/t + P_i$$

Dimana :

$$L = 5 \text{ m}$$

$$P_i = P_{atm} - P_{vp}$$

$$= 10333 \text{ kg/m}^2 - 4,325 \text{ kg/m}^2$$

$$= 9900,5 \text{ kg/m}^2$$

$$V = 4,99 \text{ m/sec}$$

$$\bullet t = 5 \text{ detik}$$

$$P_{wh} = (0,070 \times 4,99 \times 5)/5 + 9900,5$$

$$= 9900,85 \text{ kg/m}^2$$

Pada t = 5 detik terjadi kenaikan tekanan akibat water hammer sebesar 0,35 kg/cm<sup>2</sup>

$$\bullet t = 10 \text{ detik}$$

$$P_{wh} = (0,070 \times 4,99 \times 5)/10 + 9900,5$$

$$= 9900,675 \text{ kg/m}^2$$

Pada t = 10 detik terjadi kenaikan tekanan akibat water hammer sebesar 0,175 kg/cm<sup>2</sup>

$$\bullet t = 15 \text{ detik}$$

$$P_{wh} = (0,070 \times 4,99 \times 5)/15 + 9900,5$$

$$= 9900,616 \text{ kg/m}^2$$

Pada t = 15 detik terjadi kenaikan tekanan akibat water hammer sebesar 0,116 kg/cm<sup>2</sup>

$$\bullet t = 20 \text{ detik}$$

$$P_{wh} = (0,070 \times 4,99 \times 5)/20 + 9900,5$$

$$= 9900,587 \text{ kg/m}^2$$

Pada t = 20 detik terjadi kenaikan tekanan akibat water hammer sebesar 0,087 kg/cm<sup>2</sup>

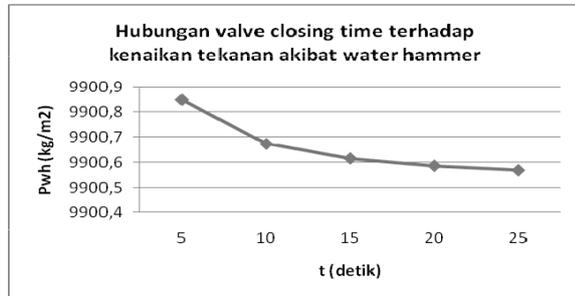
$$\bullet t = 25 \text{ detik}$$

$$P_{wh} = (0,070 \times 4,99 \times 5)/25 + 9900,5$$

$$= 9900,57 \text{ kg/m}^2$$

Pada  $t = 25$  detik terjadi kenaikan tekanan akibat water hammer sebesar  $0,07 \text{ kg/cm}^2$

Grafik hasil Pengolahan Data :



**Grafik. 4 – 1. Hubungan  $t$  (detik) &  $P_{wh}$  ( $\text{Kg/m}^2$ )**

Grafik hubungan valve closing time terhadap kenaikan tekanan akibat water hammer  
Pada grafik diatas,  $v = \text{konstan}$ ,

Dapat diketahui bahwa semakin lama waktu dalam membuka dan menutup katup, maka akan semakin memperkecil kemungkinan terjadinya *water hammer*.

#### 4.5 Analisa Data

Dari hasil penelitian dan pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa telah terjadi kegagalan dalam pengoperasian pompa 53-101C WTU Kilang Sungai gerong yang di indikasikan dengan tingginya trend vibrasi pada pompa.

Pompa 53-101C WTU merupakan pompa rekondisi dengan melakukan perbaikan pada komponen-komponen pompa, seperti melakukan *ceramic coating*. Dari visualisasi dilapangan terlihat pengelupasan pada ceramic coating, peristiwa tersebut akan membuat pompa menjadi semakin unbalance.

Kondisi Cooling tower WTU Sungai gerong yang beroperasi secara terus-menerus menyebabkan terjadinya pengendapan pada

dasar basin. Endapan tersebut akan ikut terisap oleh suction pompa sehingga terjadi gesekan terhadap dinding impeller.

Vibrasi yang terjadi dipicu oleh adanya kavitasi dan korosi pada pompa. Pengoperasian pompa pada keadaan kavitasi secara terus menerus dalam jangka waktu lama menyebabkan permukaan dinding saluran di sekitar aliran akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang.

Diperoleh tinggi isap actual pompa lebih rendah dari minimum tinggi isap desain, sehingga pompa tersebut akan beresiko tinggi terhadap terjadinya kavitasi. Kemudian kerja pompa akan semakin berat dan pada akhirnya akan berpengaruh terhadap komponen-komponen pompa yang lain. Jika pompa bekerja diatas minimum tinggi isap design maka kemungkinan resiko terjadinya kavitasi kecil dan kerja pompa juga akan semakin ringan.

Temperatur dan tekanan atmosfer juga berpengaruh terhadap performance pompa, karena temperature dan tekanan atmosfer berhubungan dengan Net Positive Suction Head (NPSH) yang pada akhirnya menentukan suatu pompa aman terhadap terjadinya kavitasi atau tidak.

Waktu yang tepat dalam membuka dan menutup katup akan berpengaruh terhadap kenaikan tekanan yang akan memicu terjadinya water hammer.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pompa 53-101C WTU Sungai Gerong mengalami kerusakan berat pada beberapa komponen pompa yang disebabkan oleh vibrasi yang tinggi pada pompa.

2. Vibrasi tinggi tersebut dipicu oleh kavitasi dan korosi pada pompa yang menyebabkan un-balance rotor akibat terkelupasnya lapisan coating pada impeller dan terikutnya endapan lumpur pada suction pompa.
3. Kondisi terbaik pompa adalah kondisi dimana pompa dapat bekerja dengan baik tanpa mengalami kavitasi, korosi dan efisiensi yang dicapai relative baik.

## 5.2 Saran

Dari pengamatan dan hasil-hasil yang didapat, maka saran-saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Mengganti baru impeller pompa dengan material baru sesuai OEM (*Original Equipment Manufacturing*)
2. Melakukan pembersihan rutin terhadap lumpur dan kotoran (*impurities*) yang mengendap pada bak penampung.
3. Meningkatkan besarnya head statis pompa dengan menambah ketinggian level fluida dalam tangki / basin atau menurunkan posisi pompa dari muka air, yaitu  $H_s \text{ actual} < H_s \text{ design}$
4. Mengurangi kerugian head pada pipa dengan mengganti pipa 24" dengan pipa baru
5. Menjaga kondisi operasi agar selalu sesuai dengan design.
6. Melakukan perawatan secara berkala (*preventive and predictive maintenance*)

## DAFTAR PUSTAKA

- “*Pompa dan Kompresor*”, Ir. Sularso, MSME; Prof. Dr.Haruo Tahara, edisi keenam, PT. Prodnya Paramita, Jakarta.
- “*Mekanika Fluida*”, Frank M. White, edisi kedua jilid 1, 1998, Penerbit Erlangga.
- “*Turbin, pompa dan kompresor*”, Fritts Dietze, Prof. dipl. Ir. Dakso Sriyono, Penerbit Erlangga, Jakarta 1998.
- “*Pompa*”, Uki Wiharyanto, PT.Pertamina, 2008.
- “*Mesin-mesin fluida*”, Dr.Ir. Erizal, MAgr.
- “*Aliran fluida*”, Indar Kustiningsih ST., MT, Banten 2008.
- “*Conditioning Monitoring*”, PT.Pertamina
- “*Cara Menentukan Head Total Pompa*” MECHANICAL BLOG.
- “*Analisa Pengaruh Ketinggian Head Isap Statis Terhadap Performance Pompa Sentrifugal, Deri Prambudi*, Skripsi UTP,2011.
- “*Dasar-dasar pompa air dan pemipaan: Total head, friction loss, NPSH dan kavitasi*”, Mechanical Enginner Blog:2011.
- “*Deteksi Instalasi Pompa Sentrifugal terhadap gejala Kavitasi*”, Theodorus Bayu Hanandoko:2000
- “*Pump Handbook*”, I.J.karassik, Joseph P.Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald. McGraw-Hill, third edition.