



# **ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KAVITASI DI POMPA AIR PENGISIAN KETEL UAP DI MV KT 05**

**SKRIPSI**

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran pada  
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

**Oleh**

**TAUFIQ HIDAYAT**

**NIT. 531611206157T**

**PROGRAM STUDI TEKNIKA  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG  
TAHUN 2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KAVITASI DI POMPA AIR PENGISIAN KETEL UAP DI MV. KT 05

Disusun Oleh :

**TAUFIQ HIDAYAT**

**NIT. 531611206157 T**

Telah disetujui dan diterima, selanjutnya dapat diujikan di depan Dewan Penguji  
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Semarang,.....

Dosen Pembimbing I

Materi



NASRI, M.T., M.Mar.E

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19711124 199903 1 003

Dosen Pembimbing II

Metodelogi dan Penulisan

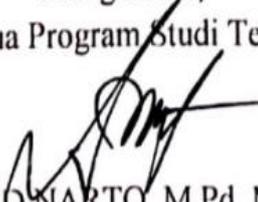


LATIFA IKA SARI, S.Psi, M.Pd

Penata (III/c)

NIP. 19850731 200812 2 002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknika



H.AMAD NARTO, M.Pd, M.Mar.E.

Pembina, IV/a

NIP. 19641212 199808 1 001

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows.

## PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Skripsi dengan judul “Analisa Penyebab Terjadinya Kavitasi di Pompa Air Pengisian Ketel Uap di MV. KT 05” karya,

Nama : TAUFIQ HIDAYAT

NIT : 531611206157 T

Program Studi : TEKNIKA

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi Prodi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang pada hari....., tanggal...



Semarang, .....

Penguji I

ACHMAD WAHYUDIONO, MM, M.Mar.E  
Pembina Utama Muda (IV/c)  
NIP. 19560124 198703 1 002

Penguji II

NASRI, M.T., M.Mar.E  
Penata Tk.I (III/d)  
NIP.19711124 199903 1 003

Penguji III

Capt.AKHMAH NDORI, S.ST., MM., Mar  
Penata (III/c)  
NIP.19770410 201012 1 002

Mengetahui

Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

**Dr. Capt. MASHUDI ROFIK, M.Sc**

**Pembina Tk. I (IV/b)**

**NIP. 19670605 199808 1 001**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : TAUFIQ HIDAYAT

NIT : 531611206157 T

Program Studi : TEKNIKA

Skripsi dengan judul “ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KAVITASI DI POMPA AIR PEGISIAN KETEL UAP DI MV. KT 05”.

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya (penelitian dan tulisan) sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang,.....

Yang membuat pernyataan,

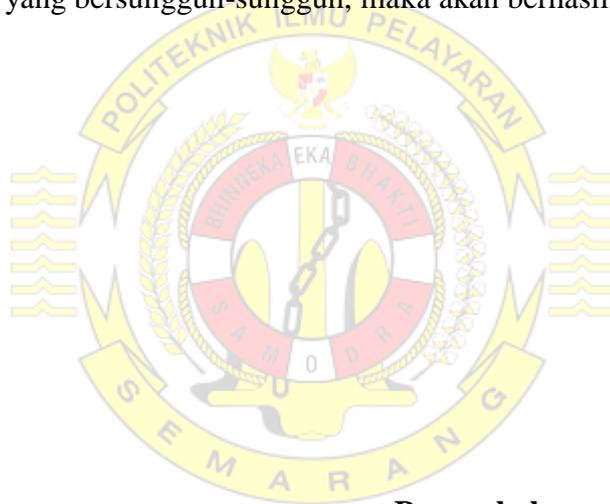


**TAUFIQ HIDAYAT**  
**NIT. 531611206157 T**

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto:

1. Barang siapa yang bersungguh-sungguh maka ia pasti akan sampai pada tujuannya.
2. Hargailah karya orang lain, karena dengan menghargai karya orang lain berarti menghargai diri sendiri.
3. Barang siapa yang bersungguh-sungguh, maka akan berhasil.



### Persembahan:

1. Orang tua tercinta
2. Almamater PIP Semarang
3. Crew MV. KT 05

## PRAKATA

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Analisa Penyebab Terjadinya Kavitasi di Pompa Air Pengisian Ketel Uap di MV. KT 05” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran (S.Tr.Pel.) di bidang studi teknik pada program DIV Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Proses pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak manapun baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu melalui kata pengantar ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yth. Bapak Dr. Capt. Mashudi Rofik, M.Sc, selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
2. Yth. Bapak H. Amad Narto, M.Pd., M.Mar.E, selaku Ketua Program Studi Teknika.
3. Yth. Bapak Nasri, M.T., M.Mar.E, selaku dosen pembimbing materi.
4. Yth. Ibu Latifa Ika Sari, S.Psi, M.Pd selaku dosen pembimbing metodologi penulisan.
5. Yth. Para dosen pengajar yang telah memberikan pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

6. Perusahaan PT. Karya Sumber Energy yang telah memberikan kesempatan pada Penulis untuk melakukan penelitian dan praktek di atas kapal.
7. Seluruh awak kapal MV. KT 05 khususnya *crew* bagian mesin yang telah memberikan data dan informasi yang diperlukan dalam penyusunan skripsi ini
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi.
9. Senior, rekan dan junior Kasta Pati yang selalu memberi semangat.

Demikian sedikit kata pengantar yang dapat penulis utarakan, semoga hasil karya yang masih jauh dari kesempurnaan ini dapat bermanfaat bagi semua orang. Penulis menyadari, dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangannya. Untuk itu, penulis berharap adanya tanggapan, kritik dan saran dari pihak manapun yang bersifat membangun.

Semarang,.....

Penulis

**TAUFIQ HIDAYAT**

**NIT. 531611206157 T**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAKSI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3

1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Definisi Operasional.....	26
2.3. Kerangka Pikir Penelitian.....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Metode Penelitian.....	29
3.2. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	29
3.3. Sumber Data.....	30
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.5. Teknik Analisis Data.....	36
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1. Hasil Penelitian.....	42
4.2. Fakta kondisi.....	45
4.3. Analisa permasalahan.....	47
4.4. Pembahasan masalah.....	74
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>79</b>
5.1. Kesimpulan.....	79
5.2. Saran.....	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram <i>Equilibrium</i> .....	9
Gambar 2.2. Pembentukan kavitasi karena penurunan tekanan.....	11
Gambar 2.3. Skema aliran pada pompa sentrifugal .....	21
Gambar 2.4. Konstruksi pompa sentrifugal .....	22
Gambar 2.5. <i>Semi –open impeller</i> dan <i>open impeller</i> .....	23
Gambar 2.6. Poros dan <i>bearing</i> .....	24
Gambar 2.7. Kerangka pikir .....	28
Gambar 3.1. <i>Fishbone analysis</i> .....	37
Gambar 4.1. Kapal MV. KT 05 .....	43
Gambar 4.2. Manometer <i>suction</i> dan <i>discharge</i> .....	46
Gambar 4.3. <i>Overhaul</i> pompa air pengisian ketel uap .....	46
Gambar 4.4. Diagram <i>fishbone</i> .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. <i>Ship Particular</i> .....	43
Tabel 4.2. Spesifikasi pompa air pengisian ketel uap .....	44
Tabel 4.3. Penilaian prioritas masalah dengan menggunakan metode USG.....	74



## ABSTRAKSI

**Taufiq Hidayat**, 531611206157.T, 2020, “*Analisa penyebab terjadinya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap*”, dengan Metode *Fishbone* dan *Urgency Seriousnees Growth*, Diploma IV, Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Pembimbing I Nasri, M.T., M.Mar.E dan Pembimbing II Latifah Ika Sari ,S.Psi, M.Pd.

Pompa adalah pesawat yang mengubah kerja mekanis poros menjadi energi kinetik cairan. Energi yang dihasilkan oleh cairan ini digunakan untuk melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran, sehingga dapat dikatakan fungsi pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Adanya fenomena kavitasi akan mempengaruhi kerja pompa air pengisian ketel uap, untuk itu perlu dilakukan penanganan dan bagaimana cara mencegah fenomena kavitasi tersebut.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan teknik analisis *fishbone analysis* dan *urgency seriousnees growth*. Dalam menentukan faktor permasalahan menggunakan teknik *fishbone* yang bertujuan untuk mengetahui sebab akibat dari permasalahan tersebut dan teknik *urgency seriousnees growth* digunakan untuk menyusun urutan prioritas isu yang harus diselesaikan dengan menentukan tingkat urgensi keseriusan dan perkembangan isu dengan menentuakn skala 1 sampai 5.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap, dampak yang terjadi terhadap pompa air pengisian ketel uap, dan upaya untuk mencegah kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap.

**Kata kunci:** Pompa, Kavitasi, pompa air pengisian ketel uap, *fishbone*, *urgency seriousnees growth*

## ABSTRACT

**Taufiq Hidayat**, 531611206157.T, 2020, “Analysis the causes of cavitation at boiler feed water pump on MV. KT 05”, with Methode Fishbone and Urgency Seriousnees Growth, Technical Department, Merchant Marine Polytechnic of Semarang, Material Adviser (I): Nasri, M.T., M.Mar.E and as Methodologi and Writing Adviser (II): Latifah Ika Sari, S.Psi, M.Pd.

Pumps are machinery that converts mechanical work into kinetic energy fluid shaft. The energy produced by these fluids used against resistance which is on the channel, so that it can be said pump's function is a tool or device used to move liquids from one place to another place through an pipeline by adding energy to the fluid moved and continues over. The presence of cavitation phenomenon will effect performance of boiler feed water pump, for it is necessary for the handling and how to prevent that cavitation phenomenon occurs.

This is a descriptive qualitative research with data analysis technique fishbone analysis and urgency seriousnees growth, In determining the problem factors use fishbone anaylis technique using for to know the cause-effect of the factors and urgency seriousnees growth technique using for arrange priority order of issues that must be resolv by determining the level of urgency seriousnees and development issues with determining the scala of values 1 to 5.

This research was conducted to determine the causes of cavitation of the boiler feef water pump, the impact that occurred on the boiler feed water pump, and efforts to prevent cavitation of the boiler feed water pump.

**Keyword:** Pump, Cavitation, boiler feed water pump, fishbone and urgency seriousness growth

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar belakang**

Pada zaman modern dengan perkembangan teknologi yang tinggi, persaingan di dunia bisnis sangat ketat. Pihak pengusaha memanfaatkan berbagai alat transportasi untuk mendukung kelancaran bisnis mereka. Transportasi laut merupakan sarana transportasi yang aman dan mudah, sehingga banyak dari pengusaha memilih transportasi laut. Dengan banyaknya pengusaha yang memanfaatkan jasa transportasi laut ini, maka persaingan di bidang transportasi pun semakin tinggi.

Kelancaran operasi kapal perlu didukung oleh perawatan dan perbaikan secara optimal dan rutin pada mesin induk dan semua mesin-mesin bantu yang ada diatas kapal. Salah satu mesin bantu yang berperan aktif untuk menunjang kinerja mesin adalah pompa.

Pompa memegang peranan yang penting dalam industri-industri besar khususnya industri perkapalan. Pompa adalah pesawat yang mengubah kerja mekanis poros menjadi energi kinetik cairan (Volk, 2018). Energi yang dihasilkan oleh cairan ini digunakan untuk melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran, sehingga dapat dikatakan fungsi pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media pipa dengan cara

menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pada tanggal 20 Februari 2019 saat kapal dalam pelayaran dari Padang menuju pelabuhan Dumai saat penulis melaksanakan praktek berlayar di MV. KT 05, penulis beserta Masinis IV selaku perwira jaga jam 08.00-12.00 mengalami suatu kejadian dimana pada saat jaga dan melakukan pengecekan terhadap mesin termasuk juga pompa pengisian air ketel, ditemukan suatu hal yang tidak wajar dengan kerja pompa air pengisian No 2. Monitor di *engine control room* mendeteksi adanya *alarm low water level* pada ketel uap. Menindak lanjuti hal tersebut, diadakan analisis terhadap pompa air pengisian ketel uap dan ditemukan manometer *suction* dan *discharge* serta terdengar suara yang kasar dan berisik, tidak seperti pada umumnya bersumber dari pompa air pengisian No 2. Manometer *suction* menunjukkan angka  $-0.5 \text{ kg/cm}^2$  dan *discharge* menunjukkan angka  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

Pada bagian pompa diadakan penerkatan untuk membuang udara yang berada di dalam pompa dan sistem perpipaannya. Namun setelah pompa dicerat masih juga belum mendapatkan hasil yang maksimal. Pompa air pengisian No 1 dihidupkan untuk menggantikan kerja pompa No 2. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan bahwa terjadi proses kavitasi pada pompa air pengisian No 2. Menurut Tahara (2012: 9), kavitasi adalah “fenomena perubahan *phase* uap dari zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang hingga di bawah tekanan uap jenuhnya”. Setelah sampai di pelabuhan sandar, dilakukan *overhaul* terhadap pompa air pengisian guna

mengetahui penyebab lebih jelas dan sekaligus melakukan perawatan pada pompa. Setelah pompa di *overhaul* dan semua bagian pompa terlepas, terdapat lubang-lubang pada sisi hisap diakibatkan oleh penguapan dan masuknya udara ke dalam sistem, sehingga aliran fluida menjadi tidak konstan.

Berdasarkan penjelasan tersebut di atas maka penulis terdorong untuk menyusun skripsi dengan judul sebagai berikut: **“ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KAVITASI DI POMPA AIR PENGISIAN KETEL UAP DI MV. KT 05”**.

## **1.2. Perumusan masalah**

Untuk memudahkan pembaca dalam memperoleh gambaran mengenai permasalahan yang dibahas, maka penulis merumuskan masalah dalam skripsi ini sebagai berikut:

- 1.2.1 Bagaimana proses terbentuknya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap?
- 1.2.2 Dampak apa yang terjadi jika kavitasi terjadi di pompa air pengisian ketel uap?
- 1.2.3 Bagaimana upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap?

## **1.3. Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1.3.1 Mengetahui penyebab dan proses terbentuknya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap.
- 1.3.2 Mengetahui apa saja dampak kavitasi terhadap kinerja pompa air pengisian ketel uap.
- 1.3.3 Mengetahui upaya pencegahan supaya tidak terjadi kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap.

#### **1.4. Manfaat penelitian**

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi orang lain yang membutuhkan pengetahuan tentang masalah yang akan dibahas oleh penulis:

##### **1.4.1 Manfaat Teoritis**

Manfaat yang ingin dicapai penulis bagi pembaca dalam penelitian ini adalah untuk memperluas serta memperdalam pengetahuan tentang cara mencegah serta menangani terjadinya kavitasi di kapal.

##### **1.4.2 Manfaat Praktis**

###### **1.4.2.1 Bagi perwira dan awak kapal**

Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi tambahan bagi masinis di kapal dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan mesin, serta dapat menemukan penyelesaian masalah khususnya fenomena kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap.

#### 1.4.2.2 Bagi Perusahaan Pelayaran

Bagi perusahaan pelayaran hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar bagi perusahaan pelayaran untuk mengetahui pentingnya tentang manajemen perawatan pada kapal khususnya pompa air pengisian ketel uap demi menunjang kemajuan perusahaan dan lebih selektif dalam pembelian suku cadang kapal.

#### 1.4.2.3 Bagi PIP Semarang

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi bagi taruna-taruni serta sebagai tambahan referensi di perpustakaan Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Semarang tentang kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel.

### 1.5. Sistematika penulisan

Untuk mempermudah dalam penulisan dalam skripsi ini maka penulis membuat sistematika penulisan dari judul skripsi menjadi beberapa bab. Bagian awal dari skripsi berisikan halaman judul, lembar persetujuan, lembar pengesahan, halaman motto, persembahan, kata pengantar, abstraksi dan daftar isi.

## **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini, penulis akan memaparkan mengenai latar belakang masalah, manfaat pembahasan, beserta rumusan masalahnya. Penulis

mengangkat permasalahan mengenai kavitasi pada pompa air pengisian ketel. Sehingga di bagian awal latar belakang berisi mengenai pemikiran awal penulis yang mendorong untuk menganalisa terjadinya kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap, dilanjutkan dengan permasalahan yang berhubungan dengan penanganan kerusakan tersebut, dan rumusan masalah yang terpapar dengan jelas.

## **BAB II: LANDASAN TEORI**

Pada bab ini, penulis akan menguraikan tentang tinjauan pustaka penyebab terjadinya kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap. Selain itu, penulis menyusun kerangka pikir penelitian yang merupakan pemaparan penelitian atau penahapan pemikiran secara kronologis dalam menyelesaikan pokok permasalahan penelitian berdasarkan pemahaman teori dan konsep.

## **BAB III: METODE PENELITIAN**

Pada bab ini, penulis menjelaskan tentang metode penelitian, spesifikasi penelitian, sumber data, metode pengumpulan data, metode analisa data, tahap-tahap penelitian dan metode penarikan kesimpulan.

## **BAB IV: ANALISA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini, penulis menguraikan hasil analisa data penelitian dan pembahasan masalah tentang kavitasi yang terjadi pada pompa air pengisian ketel uap. Analisa data merupakan bagian inti dari skripsi dan berisi pembahasan mengenai hasil-hasil penelitian yang diperoleh.

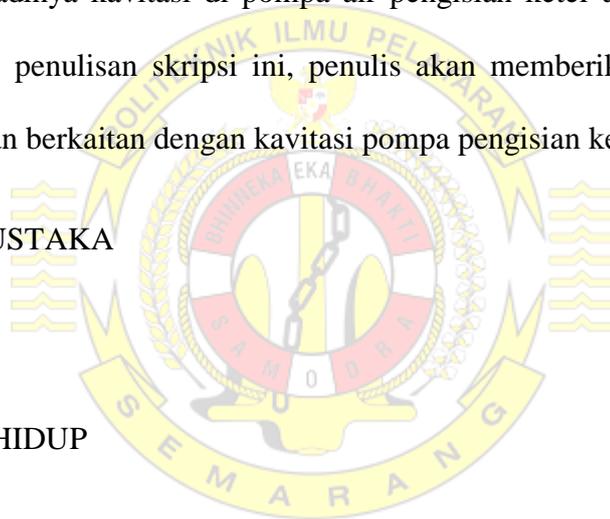
## **BAB V: PENUTUP**

Pada bab ini, penulis menjelaskan tentang simpulan dari penyebab terjadinya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap. Sebagai hasil dari penulisan skripsi ini, penulis akan memberikan simpulan dan saran berkaitan dengan kavitasi pompa pengisian ketel.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan pustaka**

##### **2.1.1 Kavitasi**

###### **2.1.1.1 Definisi Kavitasi**

Menurut Tahara (2012: 9), kavitasi adalah “fenomena perubahan phase uap dari zat cair yang sedang mengalir, gejala menguapnya zat cair karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya”. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100°C. Tetapi jika tekanan direndahkan maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. Jika tekanannya cukup rendah maka pada temperatur kamar air juga dapat mendidih. Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair, hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan atau yang berkecepatan tinggi di dalam aliran, sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi.

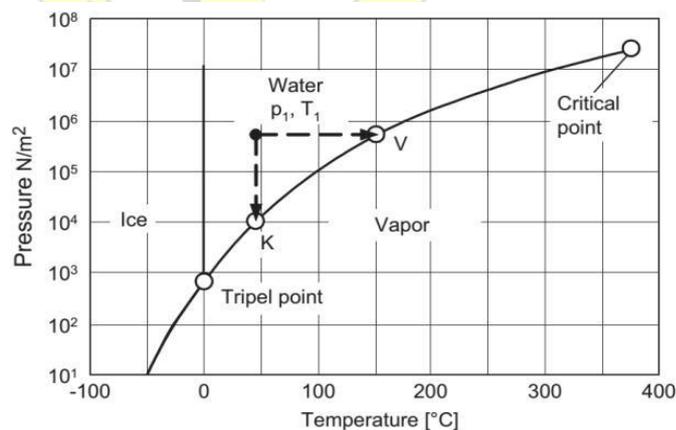
Menurut Brannen (2018: 18), kavitasi atau peronggaan adalah “bentuk khusus korosi erosi yang disebabkan oleh pembentukan dan pecahnya gelembung-gelembung uap di permukaan logam”. Bentuk korosi ini cenderung diderita lebih banyak oleh komponen-komponen yang digerakkan dengan kecepatan tinggi dalam *fluida* atau zat cair. Hal ini menyebabkan baling-baling, *impeller*, dan roda gigi turbin hidrolik menjadi komponen-komponen yang paling mungkin menderita korosi peronggan.

Berdasarkan teori tersebut, maka penulis mendefinisikan kavitasi sebagai salah satu bentuk serangan karat atau korosi yang disebabkan oleh terbentuknya gelembung-gelembung yang disebabkan oleh terbentuknya uap (*vapor bubble*) dalam suatu cairan yang berdekatan dengan permukaan sebuah logam dan kemudian pecah. Kerusakan seperti ini juga disebut kavitasi erosi atau kerusakan karena kavitasi. Kavitasi umumnya terjadi pada turbin-turbin air, baling-baling kapal, *impeller* pada pompa-pompa, dan biasanya juga terjadi pada bagian-bagian lain yang ada kaitannya dengan kecepatan tinggi dan mengalami perubahan-perubahan tekanan.

#### 2.1.1.2 Penyebab Kavitasi

Secara natural kavitasi dapat dihasilkan dan dipengaruhi oleh banyak faktor terutama pada fase cairan yang digunakan. Oleh karenanya penting untuk mengetahui fase dari perubahan cairan (*liquid state*) pada diagram fase untuk memahami terjadinya kavitasi. Menurut Brennen (2018), penggunaan diagram fase mempunyai ciri khas yang ideal serta relevan untuk digunakan dari banyak zat. Hal ini dilihat pada Gambar 2.1 yang menunjukkan diagram fase p, T dari air yang umum digunakan sebagai standar penelitian.

Setiap substansi bisa ada dalam setiap fase padat, cair, maupun gas. Transisi dari tiap fase tersebut dapat dijelaskan pada diagram fase p-T (*equilibriums diagram*). Dengan demikian, kurva tekanan uap  $p_v(T)$  mencirikan status saturasi (*equilibrium*) dari cairan dan uap dari tiga titik kritis.



Gambar 2.1 Diagram *Equilibrium*

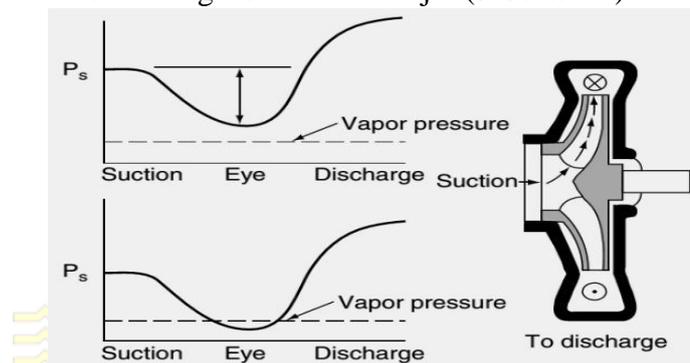
Suatu cairan dalam kondisi  $p_1, T_1$  dengan  $p_1 > p_v(T_1)$  dapat menguap apabila dipanaskan pada tekanan konstant ke suhu

jenuhnya. Pada saat perubahan fase dari cair ke uap terjadi, entalpi penguapan harus ditambahkan. Pada saat sistem pompa berjalan, perubahan tekanan dan temperatur dapat dimungkinkan terjadi karena faktor dari rangkaian perpipaan dan lingkungan yang dalam keadaan natural dipengaruhi oleh berbagai hal seperti keadaan lingkungan dan pengaruh dari komponen rangkaian perpipaan.

Pada pompa sentrifugal, kavitasi pada umumnya terjadi saat cairan masuk pada sisi hisap pompa khususnya pada *impeller* dan *diffuser*. Ketika pompa sentrifugal menghisap dari tangki air ataupun penampungan yang lain, tekanan pada saat hisap adalah jumlah dari tekanan absolute pada permukaan zat cair yang ada ditangi ditambah tekanan sehubungan dengan perbedaan ketinggian tempat tanki antara permukaan zat cair dengan hisapan pompa dikurangi kehilangan *head* yaitu gesekan pada saluran hisap dari tanki ke pompa.

Kavitasi akan terjadi bila tekanan statis suatu aliran zat cair turun sampai di bawah tekanan uap jenuhnya, dan akibat dari proses kavitasi tersebut dapat mengakibatkan menurunnya kerja pada suatu pompa. Oleh sebab itu, untuk mencegah atau menghindari terjadinya proses kavitasi, harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran di dalam pompa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan uap jenuh

cairan pada temperatur yang bersangkutan. Kondisi kavitasasi dapat dilihat berdasarkan Gambar 2.2, disaat tekanan turun mendekati tekanan uap jenuhnya akan menyebabkan cairan mengalami penguapan. Setelah gelembung uap tersebut mengalir lebih dalam pada bagian *impeller*, tekanan akan naik kembali menyebabkan gelembung uap untuk mengempis atau meledak menghasilkan efek kejut (*shockwave*).



Gambar 2.2 Pembentukan kavitasasi karena penurunan tekanan

### 2.1.1.3 Tinggi Tekan Hisap / *Net Positif Suction Head* (NPSH)

Seperti uraian di atas bahwa kavitasasi akan terjadi bila tekanan suatu aliran zat cair turun sampai di bawah tekanan uapnya. Jadi untuk menghindari kavitasasi, harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran di dalam sistem pompa yang mempunyai tekanan lebih rendah dari tekanan uap jenuh cairan pada temperatur yang bersangkutan.

Dalam hal ini perlu diperhatikan dua macam tekanan yang memegang peranan penting, yaitu tekanan yang ditentukan oleh kondisi lingkungan dimana pompa dipasang

dan tekanan yang ditentukan oleh keadaan aliran di dalam pompa. Berhubung dengan hal tersebut di atas maka NPSH dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi. Berikut ini akan diuraikan dua macam NPSH, yaitu :

#### 2.1.1.3.1 NPSHa (*Net Positive Suction Head available*)

Yang Tersedia

NPSH yang tersedia ialah *head* yang dimiliki oleh zat cair pada sisi hisap pompa (ekuivalen dengan tekanan mutlak pada sisi isap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. Dengan kata lain adalah perbedaan antara tekanan hisap pompa dengan tekanan jenuh ketika zat cair di pompa.

#### 2.1.1.3.2 NPSHr (*Net Positive Suction Head required*)

Yang Diperlukan

NPSH yang diperlukan adalah tekanan terendah di dalam pompa terdapat di suatu titik dekat setelah sisi masuk sudu *impeller*. NPSH yang diperlukan berfungsi untuk menghindari terjadinya kavitasi.

Pada tempat tersebut, tekanan adalah lebih rendah dari pada tekanan pada lubang hisap

pompa. Hal ini disebabkan oleh kerugian *head* di *nozzel* hisap, kenaikan kecepatan aliran karena luas penampang yang menyempit, dan kenaikan kecepatan aliran karena tebal sudu setempat. Agar tidak terjadi penguapan zat cair, maka tekanan pada lubang masuk pompa dikurangi, penurunan tekanan di dalam pompa harus lebih tinggi dari pada tekanan uap zat cair. *Head* tekanan yang besarnya NPSH sama dengan penurunan tekanan ini disebut NPSH yang diperlukan. Besarnya NPSH yang diperlukan berbeda untuk setiap pompa. NPSH yang diperlukan berubah menurut kapasitas dan putarannya.

## 2.1.2 Pompa Sentrifugal

### 2.1.2.1 Definisi Pompa

Menurut Volk (2018: 1), [pompa](#) adalah [mesin](#) atau peralatan mekanis yang digunakan untuk memindahkan cairan melalui sistem perpipaan dan untuk meningkatkan tekanan cairan. Pompa juga sebagai sarana untuk memindahkan cairan dari bagian rendah ke bagian tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan.

Pada prinsip kerjanya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mendorong tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Serta air akan ditampung pada tanki penampungan yang biasanya bertempat di posisi yang lebih tinggi.

#### 2.1.2.2 Pompa Sentrifugal

Menurut Tahara (2012: 4), pompa sentrifugal, mempunyai sebuah *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar.

Pompa ini digerakkan oleh motor. Daya dari motor diberikan pada poros pompa untuk memutar *impeller* yang dipasangkan pada poros tersebut. Akibat dari putaran *impeller* yang menimbulkan gaya sentrifugal, maka zat cair akan mengalir dari tengah *impeller* keluar lewat saluran di

antara sudu-sudu dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan yang tinggi.

Zat cair yang keluar dari *impeller* dengan kecepatan tinggi kemudian melalui saluran yang penampangnya semakin membesar yang disebut *volute*, sehingga akan terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan. Jadi zat cair yang keluar dari *flens* keluar pompa *head* totalnya bertambah besar. Sedangkan proses pengisapan terjadi karena setelah zat cair dilemparkan oleh *impeller*, ruang diantara sudu-sudu menjadi vakum, sehingga zat cair akan terisap masuk.

Selisih energi persatuan berat atau *head* total dari zat cair pada *flens* keluar dan *flens* masuk disebut sebagai *head* total pompa. Sehingga dapat dikatakan bahwa pompa sentrifugal berfungsi mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi inilah yang mengakibatkan penambahan *head* kecepatan, *head* tekanan dan *head* potensial secara berlanjutan.

Pompa merupakan mesin fluida yang memberikan energi kepada fluida. Untuk pompa sentrifugal, pompa dapat bekerja karena ada *impeller*, *shaft* (pusat putaran) dan *casing* (penutup *impeller*). Mekanisme kerja dari pompa tersebut ketika *impeller* berputar, *fluida* masuk melalui *volute* yang

berbentuk spiral. Pompa sentrifugal mempunyai *impeller* untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. *Head* akan menarik zat cair karena daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* didalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar, karena gaya sentrifugal maka kapasitas zat cair mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran di antara sudu-sudu.

Pompa juga mempunyai karakteristik diantaranya:

#### **2.1.2.2.1 Kecepatan spesifik**

Kecepatan spesifik merupakan kecepatan dalam putaran per menit (rpm) pada pompa *impeller* yang sangat berguna untuk menentukan jenis *impeller*.

Jenis *impeller* berdasarkan kecepatan spesifik dapat dibedakan menjadi 4 yaitu pertama *impeller* pompa *diffuser* dengan kecepatan spesifikasi 100 rpm – 240 rpm. Kedua *impeller* pompa *volut* dengan kecepatan spesifikasi 100 rpm – 760 rpm. Ketiga *impeller* pompa aliran campur dengan kecepatan spesifikasi 360 rpm – 1450 rpm. Keempat *impeller* pompa aliran aksial dengan kecepatan spesifikasi 1200 rpm – 2500 rpm. Di sini campuran melalui

*impeller* akan mempunyai arah diagonal terhadap sumbu poros. Jikalau nilai  $n_s$  diperbesar lagi maka aliran yang terjadi mempunyai arah aksial atau sejajar dengan sumbu poros (Tahara, 2006).

#### **2.1.2.2.2 Daya air**

Menurut Tahara (2012: 52), daya air adalah “energi yang diperoleh air dari pompa per-satuan waktu. Daya air besarnya sama dengan daya poros pompa dikurangi kerugian daya didalam pompa”.

#### **2.1.2.2.3 Daya poros**

Menurut Tahara (2012: 53), “daya poros diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya di dalam pompa”.

#### **2.1.2.3 Pengklasifikasian pompa sentrifugal**

Pengklasifikasian pompa sentrifugal merupakan salah satu cara untuk mengelompokkan pompa berdasarkan spesifikasinya. Adapun pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam:

##### **2.1.2.3.1 Menurut kapasitas**

Kapasitas merupakan volum fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu. Berdasarkan kapasitasnya, pompa sentrifugal dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu kapasitas rendah yang dapat mengalirkan volum fluida antara  $3 \text{ m}^3/\text{jam}$  sampai dengan  $20 \text{ m}^3/\text{jam}$ , kapasitas sedang yang dapat mengalirkan volum fluida antara  $20 \text{ m}^3/\text{jam}$  sampai dengan  $60 \text{ m}^3/\text{jam}$ , dan kapasitas tinggi yang dapat mengalirkan volum fluida antara  $>60 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

#### 2.1.2.3.2 Menurut tekanan yang dihasilkan

Klasifikasi pompa bila ditinjau dari segi tekanan yang menimbulkan energi pada fluida. Berdasarkan tekanan yang dihasilkan, pompa sentrifugal dapat dikategorikan tiga jenis yaitu pompa sentrifugal bertekanan rendah antara  $2 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $5 \text{ kg/cm}^2$ , pompa sentrifugal tekanan menengah antara  $5 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $50 \text{ kg/cm}^2$ , dan pompa sentrifugal bertekanan tinggi antara  $>50 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 2.1.2.3.3 Menurut kecepatan spesifik

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi kecepatan spesifik ada lima jenis yaitu

kecepatan rendah, kecepatan menengah, kecepatan tinggi, pompa aliran campur, dan pompa aliran aksial.

#### 2.1.2.3.4 Menurut jumlah *impeller* dengan tingkatannya

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi jumlah *impeller* dengan tingkatannya ada tiga yaitu pompa dengan *impeller diffuser*, pompa dengan *impeller volute*, dan pompa dengan *impeller regenerative*.

#### 2.1.2.3.5 Menurut sisi masuk *impeller*

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi sisi masuk *impeller* ada dua yaitu pompa isapan tunggal (*single suction*), dan pompa isapan ganda (*double suction*).

#### 2.1.2.3.6 Menurut perencanaan rumah pompa

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi perencanaan rumah pompa ada dua yaitu rumah tunggal, dan rumah bersekat-sekat.

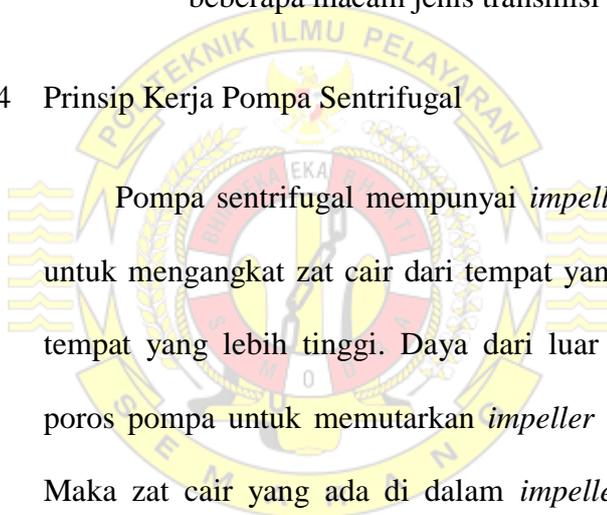
#### 2.1.2.3.7 Menurut letak poros

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi letak poros ada dua yaitu pompa poros horisontal, dan pompa poros vertikal.

#### 2.1.2.3.8 Menurut sistem penggerak

Klasifikasi pompa sentrifugal bila ditinjau dari segi sistem penggerak pompa ada di kopel langsung pada unit penggerak, dan melewati beberapa macam jenis transmisi .

#### 2.1.2.4 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

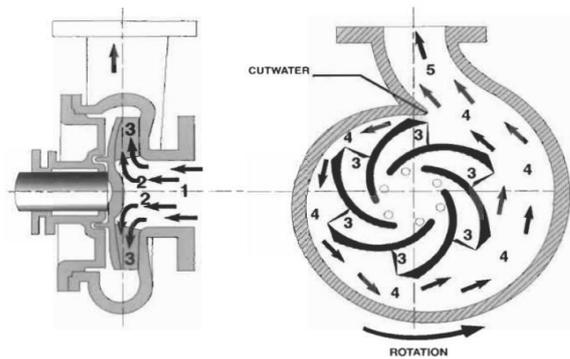


Pompa sentrifugal mempunyai *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Oleh karena itu, timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Pada saat itu, tinggi tekanan (*head*) zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian *head* kecepataannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari *impeller* ditampung oleh saluran yang berbentuk *volut* (*spiral*) di keliling *impeller* disalurkan keluar pompa melalui *nozzel*. Sehingga di dalam

*nozzel* ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.

Jadi *impeller* pompa berfungsi menerima putaran dan memberikan tenaga kerja ke *fluida* atau zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Dan selisih energi per satuan berat atau *head* total zat cair antara *flens* hisap dan *flens* keluar (*out put*) pompa disebut *head* total pompa.

Cairan masuk ke *impeller* dengan arah aksial melalui mata *impeller* (*impeller eye*) dan bergerak ke arah radial diantara sudu-sudu *impeller* (*impeller vanes*) sehingga cairan tersebut keluar dari diameter luar *impeller*. Ketika cairan tersebut meninggalkan *impeller*, cairan tersebut dikumpulkan didalam rumah pompa (*casing*). Salah satu desain *casing* dibentuk seperti spiral yang mengumpulkan cairan dari *impeller* dan mengarahkannya ke *discharge nozzel*. *Discharge nozzel* dibentuk seperti suatu kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari *impeller* secara bertahap turun. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser*, energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekanan. Gambar 2.3, memperlihatkan bagaimana pompa jenis ini beroperasi.



Gambar 2.3 Skema aliran pada pompa sentrifugal

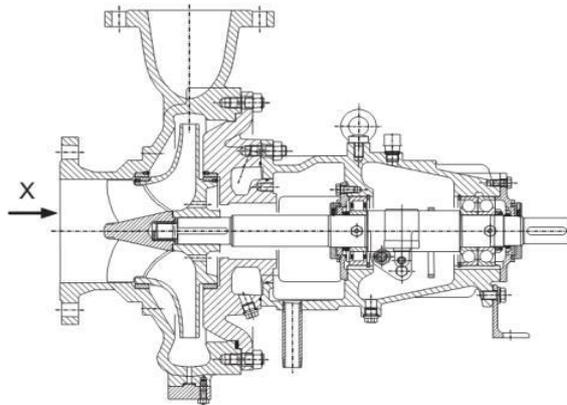
Penjelasan dari gambar tersebut adalah sebagai berikut :

- 1 Cairan dipaksa menuju sebuah *impeller* oleh tekanan atmosfer, atau dalam hal pompa diberikan tekanan.
- 2 Baling-baling *impeller* meneruskan energi kinetik ke cairan, sehingga menyebabkan cairan berputar. Cairan meninggalkan *impeller* pada kecepatan tinggi.
- 3 *Impeller* dikelilingi oleh *volute casing* atau dalam hal pompa turbin digunakan cincin *diffuser stasioner*. *Volute* atau cincin *diffuser* mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan.

#### 2.1.2.5 Komponen Utama Pompa Sentrifugal

Selain dari penjelasan di atas, maksud dari penelitian ini juga untuk mengetahui pengaruh-pengaruh kavitasi pada pompa sentrifugal termasuk kerusakan yang terjadi pada

komponen pompa. Oleh karenanya penting untuk mengetahui konstruksi yang dimiliki oleh pompa sentrifugal. Sebuah pompa sentrifugal berdasarkan Gambar 2.4 mempunyai kompleksitas akan komponen pembangunnya.



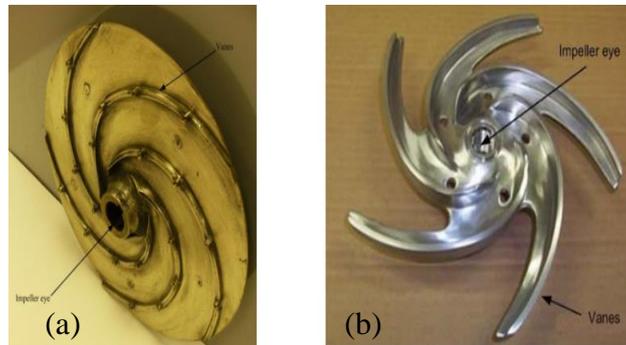
Gambar 2.4 Konstruksi pompa sentrifugal

Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa secara umum pompa sentrifugal mempunyai banyak komponen mekanik yaitu: *impeller*, rumah pompa, *shaft* pompa dan bantalan (*bearing*). Berikut merupakan penjelasan dari komponen-komponen tersebut:

#### 2.1.2.5.1 *Impeller*

*Impeller* adalah merupakan cakram bulat dari logam dengan lintasan untuk aliran fluida yang sudah terpasang. *Impeller* tersebut biasanya terbuat dari kuningan, atau besi tuang dan *stainless steel* yang tahan karat, namun bahan-bahan lain juga dapat digunakan untuk paduan pembuatan *impeller*.

Bentuk, ukuran dan kecepatan pada *impeller* seperti pada Gambar 2.5 akan menentukan kapasitas yang dimiliki oleh pompa sentrifugal.



Gambar 2.5 (a) *semi-open impeller*, (b) *open impeller*

Seperti yang terlihat pada Gambar di atas, pada *impeller* terdapat *hub* yang berguna untuk menghubungkan *impeller* pada poros pompa. Pada bagian lebih luar dari *hub* terdapat beberapa lengan kaku melengkung yang disebut dengan baling-baling (*vanes*). Guna dari *vanes* tersebut untuk melemparkan cairan ke arah luar menuju *volute casing* serta menghasilkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh energi mekanik pompa.

#### 2.1.2.5.2 Rumah pompa (*Casing*)

Fungsi utama wadah adalah menutup *impeller* pada penghisapan dan pengiriman pada ujungnya sehingga berbentuk tangki tekanan, memberikan

media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan *impeller*, serta putaran *impeller* akan membawa dan menekan *fluida* yang berada di dalam rumah pompa.

#### 2.1.2.5.3 *Shaft* pompa dan *bearing*

*Shaft* pada pompa sentrifugal seperti pada Gambar 2.6 merupakan alat yang digunakan untuk mentransmisikan torsi yang diperlukan untuk memutar *impeller* sambil menopang bagian *impeller* dan bagian berputar lainnya serta digunakan sepaket dengan *bearing*. Bentuk dan material poros dibuat sedemikian rupa sehingga lendutan yang terjadi saat beroperasi dapat diminimalisir sekecil mungkin.



(a)

(b)

Gambar 2.6 (a) Poros; (b) *Bearing*

*Bearing* pada poros memungkinkan gesekan yang terjadi antara permukaan poros dan badan

pompa dapat diminimalisir sekecil mungkin sehingga poros dapat berputar dengan bebas.

### 2.1.3 Ketel uap

#### 2.1.2.1 Definisi ketel uap

Menurut Handoyo (2019: 10), “ketel uap adalah bejana yang tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer dengan jalan memanaskan air ketel yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar”.

#### 2.1.2.2 Fungsi ketel uap

Ketel uap di atas kapal berfungsi mensuplai kebutuhan pemanasan di kamar mesin dan di akomodasi, ketel uap menggunakan media air tawar untuk produksi uap panas dan untuk mendukung kerja ketel uap maka dipasang pipa baja agar tahan terhadap korosi, tetapi jika baja langsung terkena air yang mempunyai kandungan PH yang rendah maka akan timbul karatan lebih cepat.

Seperti diketahui air mengandung garam-garam natrium klorida seperti garam-garam lainnya, garam inilah yang mengakibatkan korosi tersebut. Kandungan hydrogen di atas dapat dinyatakan PH (kadar keasaman), PH normal adalah diantara 10-11. Bila konsentrasinya lebih 11 maka larutannya

mempunyai sifat basa (alkalis) jika air bersifat basa maka akan menghasilkan uap basah tidak bisa menjadi *pure steam*, bila konsentrasinya kurang dari 10 maka larutannya adalah asam dan air laut pada umumnya mempunyai harga PH yang rendah sehingga sangat mudah sekali untuk menimbulkan korosi.

## 2.2 Definisi operasional

Melihat akan kenyataan pentingnya pengaruh kavitasi terhadap kinerja pompa sentrifugal, yang mana menimbulkan rasa keingintahuan bagi pembaca maka di bawah ini akan di jelaskan mengenai pengertian dari istilah yang ada:

### 2.2.1 *Diffuser*

Adalah seperangkat baling-baling stasioner yang mengelilingi *impeller*. Fungsinya adalah untuk menurunkan kecepatan pompa dan menaikkan tekanan kerjanya.

### 2.2.2 *Head*

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 dinyatakan dalam satuan panjang.

### 2.2.3 Tekanan uap jenuh

Adalah setiap cairan pada temperatur di atas titik bekunya akan terbentuknya uap pada permukaan bebasnya. Jika tekanan cukup rendah maka pada temperatur kamar air dapat mendidih. Misal air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100°C dan pada tekanan dibawahnya maka akan mendidih lebih cepat kurang dari 100°C.

#### 2.2.4 Gelembung (*Imploding*)

Adalah Gelembung-gelembung yang pecah dari segala sisi, tetapi bila jatuh menghantam bagian dari metal seperti *impeller* atau *volute* tidak bisa pecah dari sisi tersebut.

#### 2.2.5 *Flens*

Adalah suatu komponen yang digunakan untuk menghubungkan antara dua element pipa dengan *valve* atau pipa lainnya menjadi satu yang utuh dengan menggunakan baut sebagai perekatnya.

#### 2.2.6 PH (*Power of Hydrogen*)

Adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan oleh suatu larutan yang dinilai dengan skala 0 – 14.

#### 2.2.7 NPSH (*Net Point Suction Head*)

Adalah tekanan yang diperluakn ini, disiapkan ole pabrik pembuat pompa dan dihitung berdasarkan asumsi bahwa air yang dipompakan adalah *fresh water* pada suhu 68<sup>0</sup>F.

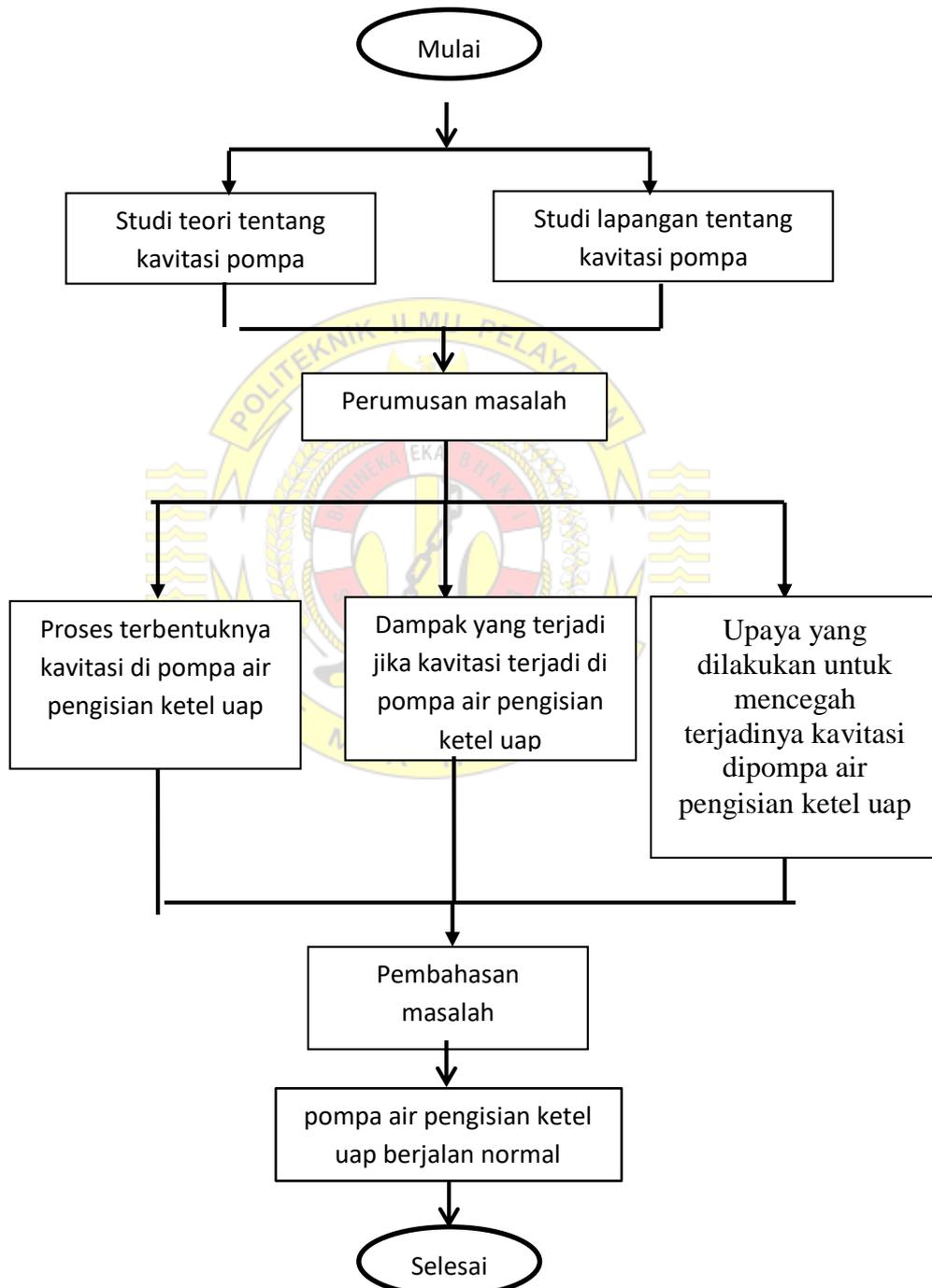
#### 2.2.8 Efisiensi

Adalah besarnya perbandingan antara energi yang dipakai (*input*) dengan energi *output* pompa.



### 2.3 Kerangka pikir penelitian

Untuk mempermudah penulis dalam memecahkan masalah, maka penulis membuat kerangka pikir sebagai berikut:



Gambar 2.7 Kerangka pikir

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah penulis melakukan penelitian dan menemukan permasalahan yang telah diperoleh pada hasil analisa penyebab terjadinya kavitasi di pompa air pengisian ketel uap di MV. KT 05 dengan menggunakan metode *fishbone* dan *urgency seriousness growth*, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- 5.1.1 Faktor utama yang menyebabkan terjadinya kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap adalah gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat adalah tingginya temperature di *cascade tank*, penggunaan *spare part* yang tidak standart, serta kurangnya perawatan pada pompa.
- 5.1.2 Dampak yang muncul akibat dari fenomena kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap yaitu tekanan NPSH (*net positif suction head*) berkurang, menurunnya kapasitas pompa, serta rusaknya bagian-bagian pompa.
- 5.1.3 Upaya untuk mencegah terjadinya kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap adalah dengan melakukan perawatan pompa sesuai dengan PMS (*Plan maintenance schedule*), mentukan jumlah

sudu *impeller* yang tepat, penentuan putaran dan jenis pompa yang sesuai, serta melakukan pembersihan pada kondensor.

## 5.2 Saran

Berdasarkan permasalahan yang sudah diuraikan maka diberikan solusi untuk pemecahannya, agar pompa air pengisian ketel uap dapat bekerja dengan baik dan optimal. Untuk itu, berikut ini penulis paparkan saran-saran yang diberikan kepada Masinis di kapal dan perusahaan selaku pemilik kapal agar kavitasi tidak terjadi pada pompa air pengisian ketel uap.

5.2.1 Sebaiknya Masinis melakukan *monitoring* dan jaga tekanan pada sisi hisap pompa agar tidak berada pada tekanan di bawah tekanan uap jenuh cairan, sehingga tidak akan terbentuk gelembung-gelembung gas yang dapat pecah dan merusak *impeller* dan bagian lainya pada pompa air pengisian ketel uap.

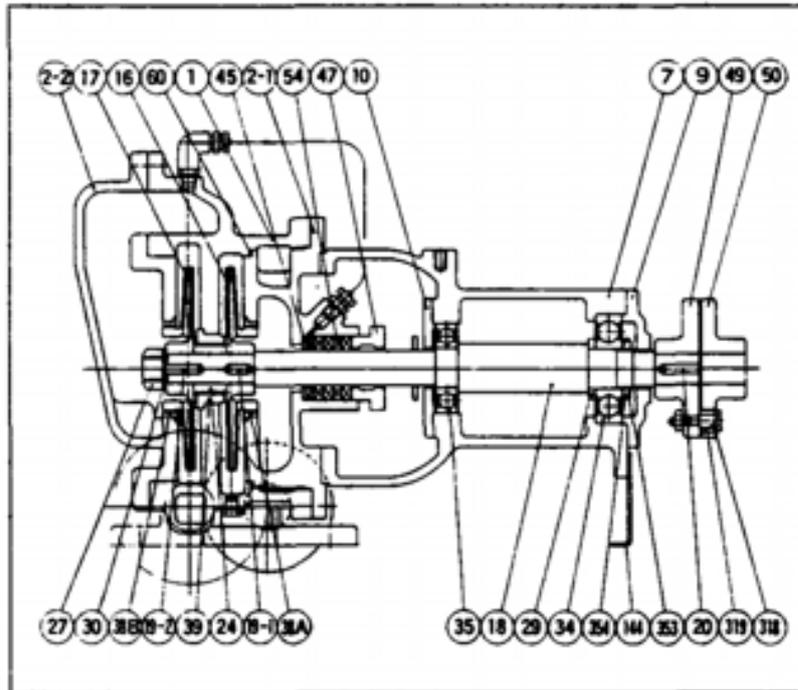
5.2.2 Mengingat dampak yang begitu besar akibat terjadinya kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap, perusahaan harus tanggap terhadap permasalahan yang dialami di atas kapal, dan tanggap terhadap permintaan Masinis di kapal baik dari segi *spare part* yang baru. Sehingga Masinis bisa mengganti bagian-bagian pompa yang rusak akibat fenomena kavitasi dengan *spare part* yang baru.

5.2.3 Untuk menghindari fenomena kavitasi terhadap pompa air pengisian ketel uap, sebaiknya Masinis melakukan perencanaan dalam pemasangan pompa dan lakukan pemilihan pompa yang tepat dari jumlah sudu, serta penentuan putaran dan jenis pompa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brannen, 2018, *Cavitation and Buble Dynamics*, Cambridge University Press, New York.
- Handoyo, 2019, *Mesin Penggerak Utama Turbin Uap*, Deepublish, Yogyakarta.
- KSE Engine Cadet Course Handout, 2018, Pump & Fan, KSE Maritime College.
- Manual Book, 2012, *Centrifugal Pump*, MV. KT 05.
- Nawawi,. 2014, *Metodelogi Penelitian dan Bidang Sosial*. PT. Asdi Mahasatya, Jakarta.
- Sugiyono. 2016, *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*, Alfabeta, Bandung.
- Sujarweni, 2018, *Metodologi Penelitian*, PT. Pustaka Baru, Yogyakarta.
- Tahara, Haruo, 2016, *Pompa & Kompessor*,PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Volk, Michael, 2018, *Pump Characteristics and Applications*, Taylor and francis Group, Boca Raton.

## LAMPIRAN 1



PART NO.	NAME OF PART	REQ.NO. FOR 1 PUMP	PART NO.	NAME OF PART	REQ.NO. FOR 1 PUMP
1	VOLUTE CASING	1	34	SEALED BALL BEARING	1
2-1	VOLUTE COVER	1	35	SEALED BALL BEARING	1
2-2	VOLUTE COVER	1	38A	MOUTH RING	1
7	BEARING HOUSING	1	388	MOUTH RING	1
9	BEARING COVER	1	39	CASING RING	1
10	BEARING COVER	1	45	SEALING RING	1
16	IMPELLER	1	47	GLAND	1
17	IMPELLER	1	49	COUPLING	1
18	IMPELLER SHAFT	1	50	COUPLING	1
19-1	IMPELLER KEY	1	54	GLAND PACKING	1SET
19-2	IMPELLER KEY	1	60	CASING GASKET	1
20	COUPLING KEY	1	144	BRACKET	1
24	INTERMEDIATE SLEEVE	1	318	COUPLING BOLT & NUT	1SET
27	IMPELLER NUT	1	319	COUPLING RING	1SET
29	WASHER	1	353	BEARING NUT	1
30	WASHER	1	354	BEARING WASHER	1

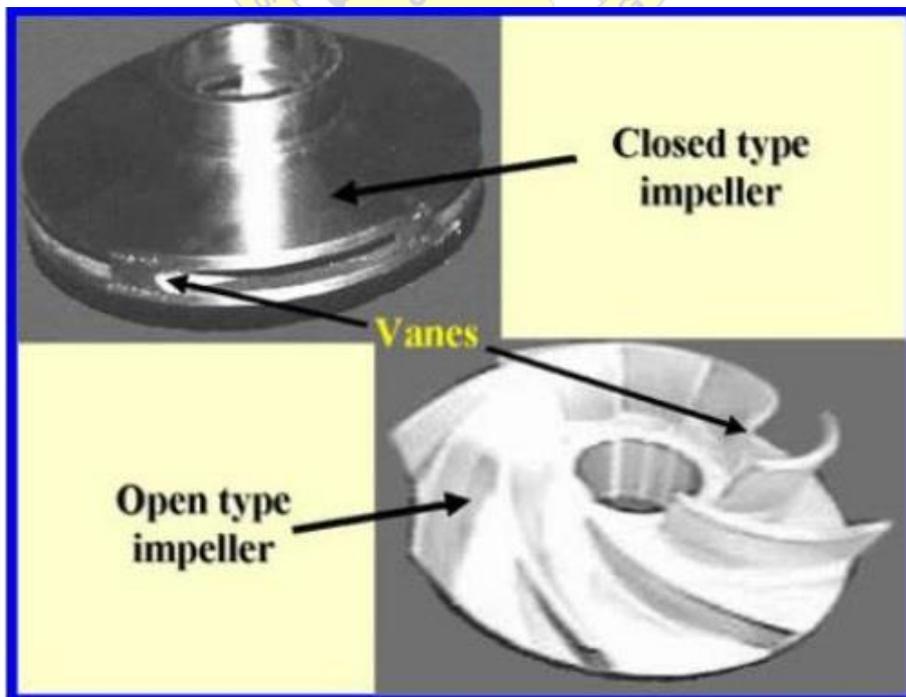
GAMBAR

Gambar: Penampang melintang pompa air pengisian ketel uap



k  
nya casing akibat kavitasi

amb  
ar :  
Jeni  
s  
imp  
eler





Gambar : kerusakan impeler pompa air pengisian ketel uap akibat kavitasi di MV. KT 05



## LAMPIRAN 2

### WAWANCARA

#### Responden I

Nama : Panji

Jabatan : Masinis IV

Tempat : *Engine control room*

Cadet : Selamat siang Bas, bagaimana menurut Bas mengenai pompa air pengisian ketel uap?

Masinis IV : Selamat siang det, pompa air pengisian ketel uap merupakan dari pompa yang digunakan untuk mengalirkan air pada jumlah tertentu yang berasal dari *cascade tank* menuju ke ketel uap dengan spesifikasi tekanan tertentu.

Cadet : Apa yang menyebabkan terjadinya fenomena kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap Bas?

Masinis IV : Jadi setelah dianalisa, masalah yang menyebabkan kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap itu ada 3 yaitu adanya gelembung udara pada sistem, kurangnya perawatan pada pompa dan pemilihan *spare part* yang tidak sesuai standar.

Cadet : Lalu apa dampak yang terjadi ketika kavitasi terjadi pada pompa air pengisian ketel uap Bas?

- Masinis IV : Dampak yang akan terjadi adalah tekanan NPSH (*net positif suction head*) berkurang, menurunnya kapasitas pompa, serta rusaknya bagian-bagian pompa.
- Cadet : Kemudian upaya apa saja untuk mencegah ketika kavitasi terjadi pada pompa air pengisian ketel uap Bas?
- Masinis IV : Hal yang di lakukan untuk mencegahnya yaitu dengan melakukan perawatan pompa sesuai dengan PMS (*Plan maintenance schedule*), mentukan jumlah sudu *impeller* yang tepat, penentuan putaran dan jenis pompa yang sesuai serta menjaga tekanan NPSH yang tersedia harus lebih besar atau sama dengan NPSH pada pompa .
- Cadet : Terimakasih Bas, semoga kedepannya semakin sukses dan semoga informasi yang telah diberikan biar menambah wawasan dan berguna bagi penelitian saya.
- Masinis IV : Sama-sama det semoga sukses, jangan malu bertanya jika masih ragu di kemudian hari. semoga sukses untuk kita semua.

## Responden II

- Nama : Sugito
- Jabatan : KKM
- Tempat : *Engine control room*

- Cadet : *Chief* ijin tanya, faktor apa saja yang bisa menyebabkan kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap *Chief* ?
- KKM : Banyak faktor yang bisa mempengaruhi kavitasi det.
- Cadet : Izin *Chief*, faktor apa saja *Chief* ?

- KKM : Karena kita kemarin baru saja melakukan *overhaul* pompa air pengisian ketel uap dan terdapat lubang-lubang pada impeller serta lubang-lubang pada pada sisi hisap pada pompa bisa disimpulkan bahwa penyebabnya adalah adanya gelembung udara pada sistem pompa, tingginya temperatur fluida di *cascade tank*, penggunaan *spare part* yang tidak standar dan kurangnya perawatan pada pompa.
- Cadet : Banyaknya juga ya *chief* faktor yang mempengaruhi kavitasi pompa air pengisian ketel uap.
- KKM : Iya det banyak.
- Cadet : Apakah ada dampak dari faktor tersebut *chief* ?
- KKM : Ada det.
- Cadet : Lalu dampak apa saja yang terjadi dari faktor tersebut *chief* ?
- KKM : Dampak yang terjadi dari faktor tersebut pada pompa adalah turunnya tekanan NPSH, kapasitas pompa berkurang, rusaknya komponen pompa dan pengisian air ke ketel uap menjadi terhambat det.
- Cadet : Kemudian upaya apa saja untuk mencegah kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap *chief* ?
- KKM : Upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan perawatan pada pompa sesuai dengan PMS, menggunakan *spare part* yang sesuai standar dan menjaga tekanan NPSH yang tersedia harus lebih besar atau sama dengan NPSH pada pompa
- Cadet : Siap *chief*, terimakasih atas informasinya yang diberikan semoga menambah ilmu pengetahuan saya tentang fenomena kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap.
- KKM : Sama-sama det, semoga bermanfaat dan kalau masih ada yang bingung jaga malu-malu untuk bertanya det.
- Cadet : Hehehehe, Siap *chief*.

### **Responden III**

Nama : Didik

Jabatan : Masinis II

Tempat : *Engine control room*

Cadet : Selamat sore Bas, boleh minta waktunya sebentar untuk wawancara?

Masinis II : Iya silahkan det.

Cadet : Menurut Bas, apakah faktor penyebab terjadinya kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap Bas?

Masinis II : Faktor penyebab terjadinya kavitasi pada pompa air pengisian ketel uap itu karena gelembung udara di dalam sistem pompa dan kurangnya perawatan pada pompa.

Cadet : Menurut Bas, apakah faktor penyebab adanya gelembung udara di dalam sistem dan kurangnya perawatan pada pompa mempunyai dampak terhadap pompa air pengisian ketel uap Bas?

Masinis II : Adanya gelembung udara pada sistem dan kurang perawatan pompa mempunyai dampak besar det, diantaranya adalah rusaknya komponen pada pompa dan pengisian air ketel uap terhambat dikarenakan tekanan NPSH menurun pada pompa berkurang serta kapasitas pompa

Cadet : Lalu upaya yang dilakukan untuk mencegah hal tersebut gimana Bas?

Masinis II : Upaya yang dilakukan untuk mencegah hal tersebut adalah melakukan perawatan pada pompa sesuai dengan PMS (*plan maintenance system*) dan penggunaan *spare part* yang standar.

Cadet : Terimakasih Bas atas ilmunya, semoga bermanfaat untuk kedepannya.

Masinis II : Aminn..., kalau masih ada yang belum dimengerti bisa ditanyakan lagi det.

Cadet : Siap Bas.



## LAMPIRAN 3

## CREW LIST

### CREW LIST MV. KT05

(Name of shipping line, agents, etc)										Arrival	Departure	Page No.
PT.KARYA SUMBER ENERGY												
1. Name of ship / Call sign / IMO number				2. Port of Arrival				3. Date of Arrival				
MV. KT 05/YBMG2/9154610				DUMAI				JUNE 2019				
4. Nationality of ship				5. Next port of Call				6. Seaman Book Number		7. Place of Birth		
INDONESIA								Date of Expire		Date of Birth		
8. No	9. Family Name/given names	10. Sex	11. Rank	12. Nationality	13. Certificate No. and Validity		14. Seaman Book Number	15. Date of Expire	16. Place of Birth	17. Date of Birth		
						Date of Expiration						
1	MAKRUF SUBALI / ANT I	M	MASTER	INDONESIA	6200132790N10217	15-Jun-2022	C 087743	8-Sep-2019	Surabaya	2-Mar-1966		
2	L. HERU SUGIAN / ANT II	M	C/O	INDONESIA	620031728N20316	1-Aug-2021	B 005761	2-Oct-2019	Praya	29-Dec-1985		
3	KHAIRUL AMRI / ANT III	M	2/O	INDONESIA	6202115734NC0316	8-Sep-2021	C 061815	31-May-2019	Tanjung Ampatu	21-Nov-1993		
4	OPRA WAHYU PRIATMOKO / ANT III	M	3/O	INDONESIA	6211520515NC0318	17-Apr-2023	D 075120	11-Jun-2020	Kab. Semarang	8-Sep-1995		
5	SUGITO / ATT I	M	CH.ENG	INDONESIA	6200061983T10214	23-Apr-2024	D 082326	1-Jun-2020	Pemalang	11-Apr-1959		
6	DIDIK SUHARDI / ATT II	M	2nd.ENG.	INDONESIA	6200078991TB0316	12-Feb-2021	F 087519	1-Nov-2021	Kamal Bangkalan	4-May-1969		
7	WINDY PRASTYO AJIE / ATT III	M	3rd.ENG	INDONESIA	6200387747SC0316	4-Aug-2021	E 102793	12-Oct-2019	Tegal	26-May-1982		
8	PANJI APRIS VENTINO / ATT III	M	4th.ENG	INDONESIA	6211502299T30117	26-Sep-2022	D 060787	22-Apr-2020	Sumani	17-Nov-1995		
9	ACHMAD ZAENUDIN / ANT-D	M	BOSUN	INDONESIA	6200001613340210	25-Feb-2021	F 061904	7-Sep-2020	Bandung	21-Jun-1964		
10	HARYADI / ANT-D	M	A/B 1	INDONESIA	6200066252340716	25-Jun-2021	E 093883	20-Jun-2021	Klaten	6-Oct-1970		
11	ARIFIN WIDODO / ANT-D	M	A/B 2	INDONESIA	6200386061340216	7-Nov-2021	F 010031	21-May-2020	Kebumen	29-Jan-1991		
12	ARIEF DARMAWAN / ANT-D	M	A/B 3	INDONESIA	62006011193406	27-Jul-2021	F 221410	14-Mar-2022	Banyuwangi	10-Oct-1985		
13	TEGUIH HARI WIBOWO / ATT-D	M	FITTER	INDONESIA	6201029974420517	7-Mar-2022	A 056320	16-Jul-2019	Tuban	22-Jun-1975		
14	RUSMANA DENY SUSANTO / ATT-D	M	OILER 1	INDONESIA	6201505195420517	10-Feb-2022	E 143890	13-Jan-2020	Malang	12-Mar-1982		
15	HARIANTO / ATT-D	M	OILER 2	INDONESIA	6201409880422817	27-Sep-2022	B 029098	17-Dec-2019	Kampiri	2-Sep-1991		
16	FADLI SYAHPUTRA / ATT-D	M	OILER 3	INDONESIA	6201327129420719	19-Feb-2024	F 218279	25-Jan-2022	Blang Cut	30-Jun-1986		
17	IVAN HARSONO / BST	M	C/COOK	INDONESIA	6200413757010715	6-Jan-2020	E 116695	31-Aug-2019	Cikampek	6-Apr-1975		
18	ALDY ISRALDI PUTRA / BST	M	DECK CADET 1	INDONESIA	6211754725010317	17-Nov-2022	F 120723	4-Jun-2021	Pamekasan	28-Nov-1997		
19	IMAWAN ARIP RAHMAN / BST	M	DECK CADET 2	INDONESIA	6211754675010317	17-Nov-2022	F 120771	4-Jun-2021	Blora	22-Feb-1998		
20	FISKHAN ARYA PURNAMA / BST	M	DECK CADET 3	INDONESIA	6211754627010317	17-Nov-2022	F 120772	30-May-2021	Kendal	18-Mar-1995		
21	TAUFIQ HIDAYAT / BST	M	ENG.CADET 1	INDONESIA	6211755528010317	17-Nov-2022	F 120561	14-May-2021	Pati	2-Feb-1997		
22	MUKHAMMAD JIMI ARIFIN / BST	M	ENG.CADET 2	INDONESIA	6211754698010317	17-Nov-2022	F 120557	14-May-2021	Demak	11-Jun-1996		
23	DIMAS AHMAD SETYAWAN / BST	M	ENG.CADET 3	INDONESIA	6211754658010317	17-Nov-2022	F 120757	1-Jun-2021	Temanggung	23-Sep-1997		

14. Date and signature by master, authorized agent or officer

June 2019



# LAMPIRAN 4

## SHIP PARTICULAR



### PT. KARYA SUMBER ENERGY SHIP'S PARTICULARS

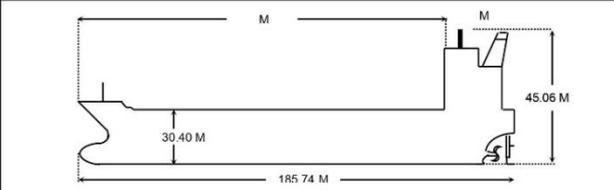
<b>NAME</b>	MV KT 05	<b>KEEL LAID</b>	1998	<b>SATELLITE COMMUNICATION</b>	
CALL SIGN	LAVD5	LAUNCHED	24-AUG-1998	INM-C 425860410	
FLAG	NORWAY	DELIVERED	1998	E-MAIL	master@searshipping.amcesconnect.com
PORT OF REGISTRY	BERGEN	SHIPYARD	Hashihama Shipbuilding Co Ltd Tadotsu KG	PHONE	870773235910
OFFICIAL NUMBER	IMO - 9154610			FAX	047 55983910
IMO NUMBER	9154610			TELEX	425860510 NA
CLASS SOCIETY	NIPPON KAJI KYOKA			MMSI	258 605 000
CLASSIFICATION CHARACTER	1A1			EX. NAME	MV SPAR LUPUS - MV GOLDEN ALOE
P & I CLUB	GARD AS			CS / FLAG	PANAMA

<b>OWNERS</b>	PT KARYA TEKNIK UTAMA		
<b>OPERATORS</b>	PT KARYA SUMBER ENERGY, JL. KALI BESAR BARAT NO 37 JAKARTA BARAT - 11230 INDONESIA +62216910382 , PIC SUHAFRIVAL , MOBILE PHONE +6281381699009 , EMAIL suha@indoshipping.com , dpa.kse1@gmail.com		TLP

PRINCIPAL DIMENSIONS	
LOA	185.74 M
LBP	177.00 M
BREADTH	30.40 M
DEPTH (molded)	16.50 M
HEIGHT (maximum)	45.06 M
BRIDGE FRONT - BOW	
BRIDGE FRONT - STERN	



TONNAGE	
NET	15 890 MT
GROSS	25 982 MT
GROSS Reduced (Rn:13495)	NA

LOAD LINE INFORMATION			
	FREEBOARD	DRAFT	DWT
TROPICAL FRESH	12.473 M	12.224 M	48.624 MT
FRESH		12.224 M	47.375 MT
TROPICAL	4.338 M	12.199 M	48.624 MT
SUMMER	4.587 M	11.95 M	47.375 MT
WINTER	4.836 M	11.701 M	46.130 MT
LIGHT SHIP T= 7,131 MT			

TANK CAPACITIES ( cbm )					
CARGO HOLD CAPACITY				BLST TKS (100 %)	
GRAIN ( M3 )	BALE (M3)		F. P. TK.	2004 m3	
NO 1	9,932.8 m3	NO 1	9,586.3 m3	NO.1P/S	2330 m3
NO 2	11,753.5 m3	NO 2	11,398.7 m3	NO.2P/S	3029 m3
NO 3	11,285.2 m3	NO 3	10,946.1 m3	NO.3P/S	2057 m3
NO 4	11,747.9 m3	NO 4	11,368.1 m3	NO.4P/S	2403 m3
NO 5	10,276.6 m3	NO 5	10,053.3 m3	NO.5P/S	2712 m3
				APT	402 m3
				NO CH	11769 m3
<b>TOTAL</b>	<b>54,996 m3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>53,352.5 m3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>26600 m3</b>

MACHINERY / PROPELLER / RUDDER	
MAIN ENGINE	MISTSUI MAN B&W 6550 MC MARK 5
M.C.O	7171 KW X 120 RPM
NCR	6454 KW X 116 RPM
Consumption	24 50 mt/day loading condition
MAX CRITICAL RANGE	53 - 64 RPM
AUX. BOILER TYPE	Vertical Composite Type
GENERATOR (3 sets)	Daihatsu 5DK-20, 3 x 600 KVA
	440 V , 60 HZ
EMER D.G.	1 X 64 KW @ 1800 RPM
PROPELLER	5 Blade Fixed Pitch, D = 5,900 MM
RUDDER	Streamlined Marine Type

BUNKER TANKS	
1 FO TK	772 m3
2 FO TK	669 m3
3 FO TK	225 m3
4 FO TK	
FO SETT TK	17.9 m3
FO SERV	19.1 m3
<b>TOTAL</b>	<b>1,703.8 M3</b>
DO TK	56.2 m3
DO SERV	30.4 m3
<b>TOTAL</b>	<b>86.6 m3</b>

WINCHES / WINDLASS / ROPES / EMERGENCY TOWING			
	FWD	AFT	PARTICULARS
WINCHES			
MRG Ropes			
Winch BHC			
WINDLASS		N/A	
FIRE WIRE			
ANCHOR		N/A	
EMG			
TOWING			

BALLAST PUMPING SYSTEM				
MAIN PUMPS	NO.	CAPACITY	HEAD	RPM
BALLAST PUMP				

LIFE BOATS	

FIRE FIGHTING SYSTEM	
E/RM	
CARGO/ DK AREA	

LUBE OIL TANK M3	
NO 1 CYL TK	
NO 2 CYL TK	
G/E LO SETT TK	
G/E LO STOR TK	
<b>TOTAL</b>	

CRANES	
4 X 30 T SWL	

## LAMPIRAN 5

### RIWAYAT HIDUP

1. Nama : Taufiq Hidayat
2. NIT / Jurusan : 531611206157 / TEKNIKA
3. Tempat, Tanggal Lahir : Pati, 02 Februari 1997
4. Agama : Islam
5. Alamat : Jatimulyo RT: 01, RW: 02,  
Wedarijaksa, Pati
6. Nama Orang Tua
  - a. Ayah : Alm.Muhlis
  - b. Ibu : Zulaikah
7. Riwayat Pendidikan
  - a. MI Bustanul Ulum Pati : Tahun 2003 - 2009
  - b. MTs Raudlatul Ulum Pati : Tahun 2009 - 2012
  - c. MA Raudlatul Ulum Pati : Tahun 2012 - 2015
  - d. PIP Semarang : Tahun 2016 - Sekarang
8. Pengalaman Praktek Berlayar
  - a. MV. KT 05– PT. Karya Sumber Energy

