KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

S K R I P S I

"ANALISIS KERJA POMPA BALLAST GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN KAPAL MV ARMADA SETIA"

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan

Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh :

VICCY HEBEL STEVEN GINTING

NRP. 14.7956/T

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

JAKARTA

2019

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	**:**	**VICCY HEBEL STEVEN GINTING**
NRP	**:**	**14.7956/T**
Program Pendidikan	**:**	**DIPLOMA IV**
Jurusan	**:**	**TEKNIKA**
Judul	**:**	**ANALISIS KERJA POMPA BALLAST GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN KAPAL MV.ARMADA SETIA**

Jakarta, Januari 2019

Pembimbing Materi	**Pembimbing Penulisan**
NAFI ALMUZANI M.M.Tr	**Drs. BAMBANG SUMALI. M.Sc**
Penata Tk. I (III/d)	**Pembina (IV/b)**
NIP. 19720901 200502 1 001	**NIP. 19601105 198503 1 001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknika

NAFI ALMUZANI, M.M.Tr
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA TANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	**:**	**VICCY HEBEL STEVEN GINTING**
NRP	**:**	**14.7956/T**
Progam Pendidikan	**:**	**DIPLOMA IV**
Jurusan	**:**	**TEKNIKA**
Judul	**:**	**ANALISIS KERJA POMPA BALLAST GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN KAPAL MV. ARMADA SETIA**

Jakarta, Januari 2019

Penguji I	Penguji II	Penguji III
?	**?**	**?**
Penata muda Tk. I (III/b)	**Penata (III/c)**	**Penata (III/c)**
NIP. 19730331 200604 1 001	**NIP. 19720901 200502 1 001**	**NIP. 19740717 199803 1 001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknika

BUSWAN, M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19680203 199709 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berkat rahmat serta perlindungan dari NYA, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telas ditentukan. Dalam hal ini penulis mengambil bidang keahlian Teknika menyusun skripsi dengan judul :

"ANALISIS KERJA POMPA BALLAST GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN KAPAL MV ARMADA SETIA"

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangannya.Oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis yang sifatnya membangun dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Yth, Capt. Marihot Simanjuntak, MM selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

2. Yth, Nafi Almuzani, M.MTr selaku Ketua Jurusan Teknika dan juga sebagai dosen pembimbing materi skripsi, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulisan, dan memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Yth. Drs. Bambang Sumali M.Sc yang telah memberikan bimbingan penulisan skripsi ini.
4. Para Bapak / Ibu dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
5. Yang tercinta dan tersayang orang tua saya Bapak Kongsi Ginting dan Marhaini Br Tarigan yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh cinta dan kasih sayang, yang selalu membantu penulis baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini tepat pada waktunya.
6. Kepada adikku tercinta Josus Em Arapenta Ginting atas dukungannya selama penulis membuat skripsi
7. Seluruh rekan taruna/taruni Angkatan LVII Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran dalam kebersamaannya selama 4 tahun ini, terutama kelas Teknika VIII Alpa yang selalu bekerja sama
8. Kepada semua Crew MV ARMADA SETIA atas dukungannya selama penulis menjalankan praktek laut.
9. Kepada teman-teman yang berada di kosan wisma dan 57, serta teman satu kamar K103 atas kerjasama, motivasi, dan canda tawanya.
10. Kepada Water Team, dan juga junior saya angkatan LX yang sudah memberi dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung serta teman-teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya, penulis mengucapkan terima kasih atas dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan di dalam penulis skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan bergua bagi pembaca yang budiman.

Jakarta, Januari 2019

Penulis

VICCY HEBEL STEVEN GINTING

NRP. 14.7956/T

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman dan Judul …… i

Lembar persetujuan …….. ii

Lembar pengesahan …….. iii

Kata pengantar …….. iv

Daftar isi …… vi

Daftar lampiran…….. viii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar belakang …… 1
B. Identifikasi masalah……. 3
C. Batasan masalah ……. 4
D. Rumusan masalah ……... 4
E. Tujuan dan manfaat penelitian ……..... 4
F. Sistematika penulisan ……. 5

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka ……. 7
B. Kerangka pemikiran …… 21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian ……... 22
B. Metode pendekatan dan teknik pengumpulan data…….. 23
C. Subjek penelitian…….. 26
D. Teknik analisis data ……. 26

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi data ……... 28
B. Analisis data ……. 29
C. Alternatif pemecahan masalah ……. 33
D. Evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah…….. 36
E. Pemecahan masalah……... 37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan …….. 38
B. Saran …… 39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Bagian- bagian dari pada pompa *Ballast*

Lampiran 2 Gambar Kebocoran *Packing* pada pompa Ballast

Lampiran 3 Gambar kerusakan *impeller* akibat *kavitasi*

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sektor transportasi dalam fungsinya sebagai unsur penunjang dan perangsang memiliki peranan yang sangat besar dalam pembangunan, baik dibidang ekonomi, politik, sosial budaya maupun pertahanan dan keamanan. Selain itu peranan transportasi sangat penting dalam pembangunan wilayah, khususnya Indonesia yang menuntut penyediaan jasa transportasi kian meningkat baik darat, laut dan udara dalam jumlah maupun mutunya, kalau tidak transportasi laut misalnya akan kehilangan pangsa dan beralih ke jenis transportasi lain seperti transportasi udara dan transportasi darat, demikian juga sebaliknya.

Kapal merupakan sarana angkutan laut yang terpenting dalam kegiatan transportasi yang tepat dan efisien. Dikarenakan dapat mengangkut suatu muatan yang lebih besar dibandingkan alat transportasi lainnya. Seiring dengan perkembangannya kapal laut banyak mengalami berbagai macam perubahan, mulai dari bentuk konstruksi, maupun tenaga penggeraknya. Untuk tenaga penggerak kapal laut di zaman modern ini telah banyak mengalami kemajuan. Selain itu juga terdapat permesinan bantu yang berguna untuk mendukung kerja dari penggerak utama. Bila semua permesinan yang ada di atas kapal tidak dapat saling mendukung, maka dapat dipastikan dapat menghambat pengoperasian kapal.

Oleh karena itu, pengoperasian alat angkutan laut memerlukan biaya yang tinggi, sehingga kecepatan dan ketepatan waktu berlabuh di pelabuhan untuk keperluan

bongkar-muat mutlak, karena apabila terjadi keterlambatan maka akan membawa dampak kepada biaya pelabuhan yang dikenal sebagai *demorage* yakni biaya yang dikenakan kepada kapal apabila terlambat dari waktu yang ditentukan untuk berlabuh disuatu pelabuhan. Kecepatan dan ketepatan bongkar di suatu pelabuhan tergantung dari kelancaran pengangkutan darat *(delivery)* ke pemilik, di mana apakah setelah dibongkar dari kapal langsung di muat di truk *(trucking)* dikirim kepada pemilik barang ataukah ketempat gudang pelabuhan.

Apabila pengangkutan darat langsung ke pemilik barang, maka sudah tentu pembongkaran muatan menjadi lamban, sehingga dapat menyebabkan keterlambatan kapal untuk memenuhi waktu yang telah ditentukan di pelabuhan. Keterlambatan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain adalah umur kapal sudah tua, mesin kapal sering mengalami kerusakan dan sebagainya yang akan membawa konsekuensi biaya tinggi, maka perawatan dan perbaikan atas fasilitas transportasi dan fasilitas penunjangnya terus ditingkatkan agar kelancaran pengoperasian berjalan baik.

Untuk perusahaan pelayaran, kapal merupakan ujung tombak untuk mendapatkan penghasilan, karena salah satu tujuan perusahaan pelayaran adalah memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya sebagai hasil dari jasa angkutan, untuk kemajuan suatu perusahaan, maka perusahaan pelayaran harus untung artinya pemasukan harus lebih besar dari pengeluarannya, dengan demikian biaya operasi harus ditekan sekecil mungkin. Pendapatan maupun biaya operasi sangat dipengaruhi oleh perawatan kapal yang dilaksanakan dengan baik dan secara tidak langsung akan meningkatkan jumlah hari berlayar kapal.

Lancarnya operasi kapal, tentunya tidak lepas dari personil yang menangani motor induk, motor bantu, pesawat-pesawat bantu maupun suku cadangnya, karena merupakan satu sistem yang berfungsi menunjang kelancaran operasi kapal. Motor induk sebagai penggerak utama kapal harus mendapat perhatian atau perawatan secara terencana dan berkelanjutan, agar kapal selalu berada di lautan dan dapat mengangkut serta memindahkan barang dari satu pelabuhan ke pelabuhan yang lain dan mesin-mesin selalu berjalan lancar dan tahan lama meskipun dalam kondisi cuaca yang buruk.

Arti dari permesinan bantu adalah pesawat yang ada diatas kapal yang berfungsi untuk menunjang kelancaran operasi mesin induk. Adapun yang termasuk dari permesinan bantu ialah *Auxiliary engine*, *fresh water generator*, *boiler*, *pompa*, *LO & FO purifier*, *economizer*, dan lainnya. Untuk permesinan bantu yang saya analisis ialah pompa *ballast*. Pompa *ballast* berguna untuk memompa air laut yang digunakan untuk mengisi tangki *ballast* di samping itu juga berguna untuk mendinginkan mesin motor induk. Bila kebutuhan untuk mengisi tangki *ballast* tidak terpenuhi maka kapal tidak dapat beroperasi. Pada saat (PRALA) terjadi masalah kurangnya daya hisap dan terjadi getaran pada pompa *ballast*, pada saat beroperasi.

Kenyataannya, ketersediaan suku cadang dan perawatan yang kurang maksimal terhadap pompa *ballast* belum mendapatkan perhatian dan ini penulis buktikan pada saat penulis melaksanakan praktek laut (PRALA) terjadi masalah pada penurunan tekanan pada pompa *ballast* sehingga dengan kondisi tersebut akan mengakibatkan gangguan keseimbangan dan kelancaran pengoperasian kapal yang akan menghambat keberangkatan (*delay time*). Berdasarkan fakta-fakta yang penulis alami maka penulis tertarik mengambil judul :

“ ANALISIS KERJA POMPA BALLAST GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN KAPAL MV. ARMADA SETIA ”

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Adapun identifikasi masalah dari penulisan skripsi yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Kurangnya daya hisap pada pompa *ballast*
2. Terjadi getaran pada pompa pada saat beroperasi
3. Kurangnya *maintenance* khusus terhadap pompa *ballast*
4. Sparepart yang kurang memadai

C. PEMBATASAN MASALAH

Dengan keterbatasan waktu dan kemampuan yang penulis miliki, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Kurangnya daya hisap pada pompa *ballast*
2. Terjadi getaran pada pompa ballast pada saat beroperasi

D. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dan untuk menyusun rumusan masalah, maka sebelumnya ditentukan terlebih dahulu pokok masalah guna memudahkan dalam pembahasan pada bab – bab berikutnya. Adapun masalah pokoknya adalah :

1. Upaya apa yang harus dilakukan untuk menangani kurangnya daya hisap pada pompa *ballast ?*
2. Apa yang menyebabkan pompa *ballast* bergetar pada saat beroperasi, dan bagaimana menanganinya ?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENYUSUNAN SKRIPSI

a. Tujuan Penelitian :

Adapun tujuan penelitian dari penulisan skripsi yang penulis buat ini adalah untuk memperoleh solusi agar dapat mengoperasikan pompa *ballast* dengan baik yaitu :

1. Mengetahui apa yang menyebabkan gangguan atau masalah pada pompa *ballast* yang tidak berjalan atau bekerja dengan baik
2. Menemukan pemecahan yang tepat untuk penanganan masalah pada pompa *ballast* sehingga dapat meningkatkan kinerja dan mencegah kerusakan yang lebih fatal
3. Penelitian sebagai referensi pengetahuan bagi para masinis diatas kapal

b. Manfaat Penelitian

1. Untuk menjadikan bahan perbandingan bagi para pembaca agar lebih mengerti terutama yang ada pada lingkungan kapal atau pelayaran khususnya.
2. Untuk mengetahui bagaimana pentingnya perawatan terhadap pompa *ballast* untuk pengoperasian bongkar muat dan alur pelayaran kapal.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh tentang isi dari skripsi ini yang terdiri dari lima bab, yang masing–masing bab merupakan suatu rangkaian yang saling berkaitan antara bab satu dengan bab–bab yang lain.

Sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Menyajikan pendahuluan-pendahuluan dalam pembuatan skripsi

a. Latar Belakang
   Menjelaskan tentang latar belakang penulisan skripsi
b. Identifikasi Masalah
   Mengidentifikasi beberapa masalah yang timbul dari latar belakang skripsi
c. Batasan Masalah
   Membahas masalah pada bab selanjutnya mengenai kinerja terhadap pompa *ballast*
d. Rumusan Masalah
   Menjelaskan masalah yang timbul pada pompa *ballast*
e. Tujuan Dan Manfaat Penelitian
   Menguraikan tujuan dan manfaat dari penyusunan skripsi
f. Sistematika Penulisan
   Menyajikan urutan hal-hal yang dimuat dalam penyusunan skripsi

Bab II : Landasan Teori

Memuat tentang hasil-hasil penelitian yang dilakukan terdahulu oleh orang–orang sebelumnya, yang berkaitan dengan kasus sejenis.

a. Tinjauan Pustaka

   Berisikan uraian mengenai pompa *ballast* yang ada di atas kapal serta teori-teori yang relevan dengan masalah yang diteliti.

b. Kerangka Pemikiran

   Menjelaskan beberapa masalah yang diteliti sehingga menimbulkan asumsi–asumsi pemecahan masalah.

Bab III : Metodologi Penelitian

Berisikan tentang waktu lama penelitian dan tempat atau lokasi penelitian yang dilakukan, teknik pengumpulan data menemukan cara mendapatkan data melalui observasi atau pengamatan, wawancara selama berlayar di atas kapal yang dipergunakan untuk menganalisis data yang diperoleh.

Bab IV : Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Dalam bab ini penulis menjelaskan tentang deskripsi data yang diambil dari lapangan dapat berupa fakta-fakta, menganalisis data yang ada untuk memecahkan masalah dengan alat ukur serta mengevaluasi terhadap pemecahan masalah tersebut yang telah ditemukan.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Bagian ini merupakan bab terakhir yang berisikan tentang kesimpulan yang merupakan jawaban terhadap masalah penelitian tentang pompa *ballast* yang telah dibuat berdasarkan hasil analisis dan pembahasan serta saran yang merupakan usul-usul konkrit penulis bagi penyelesaian masalah yang dihadapi oleh objek penelitian.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam sub bab ini berisi uraian tentang teori-teori yang relevan, pengertian dan prinsip kerja dari pompa *ballast*, hal ini bertujuan untuk mempermudahkan pembaca dalam memahami isi dari skripsi ini.:

1. Definisi Analisa/Analisis

Analisa atau analisis atau analysis adalah suatu usaha untuk mengamati secara detail sesuatu hal atau benda dengan cara menguraikan komponen- komponen pembentuknya atau penyusunnya untuk di kaji lebih lanjut. Analisa berasal dari bahasa Yunani kuno *analusis* yang artinya melepaskan. Analusis terbentuk dari dua suku kata, yaitu ana yang berarti kembali, dan luein yang berarti melepas sehingga jika di gabungkan maka artinya adalah melepas kembali atau menguraikan. Kata *anlusis* ini di serap ke dalam bahasa inggris menjadi *analysis* yang kemudian di serap juga ke dalam bahasa Indonesia menjadi *analisis*.

2. Pompa

Menurut Hicks Edwards (1971 : hal 5) Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus-menerus

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak)

menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berfungsi untuk mengalirkan *fluida*. *http://www.scribd.com.*

Pengertian sebuah pompa *centrifugal* adalah suatu pompa *rotodynamic* yang menggunakan *impeller* yang berputar untuk meningkatkan tekanan *fluida*. Pompa *centrifugal* biasanya digunakan untuk menggerakkan cairan melalui sistem pipa. *Fluida* memasuki *impeller* pompa di sepanjang atau dekat sumbu yang berputar dan dipercepat oleh *impeller*, radial mengalir keluar kedalam *diffuser* atau pilin kamar (*casing*), dari mana ia keluar ke dalam sistem pipa hilir. Pompa *centrifugal* digunakan untuk pembuangan besar melalui kepala lebih kecil (*www.en.wikipedia.org*).

Prinsip kerja dari sebuah pompa *centrifugal* adalah air mengalir dengan kecepatan yang agak rendah (2 sampai $3^{m}/_{s}$) melalui mulut isapan masuk kedalam pompa. Melalui saluran-saluran isapan dan ruangan isapan selanjutnya air masuk kedalam kipas yang berputar dengan kecepatan mutlak yang hampir tetap. Di dalam kipas bagian - bagian kecil dari air diputar . pada tiap-tiap bagian kecil ini bekerja sebuah gaya *centrifugal* dan berhubungan.

Pompa dan penggeraknya pada umunya diluruskan di atas satu landasan oleh pabrik pembuatnya. Meskipun demikian perangkat ini tidak boleh langsung dijalankan setelah dipasang ditempat, karna landasan yang dipakai pada. Umumnya tidak mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga masih mungkin terjadi deformasi elastis. Selain itu perlu di ingat pelurusan di pabrik umumnya dilakukan diatas bidang yang sangat rata, berbeda dengan permukaan yang ada ditempat pemasangan di lapangan. Jika dibuat-buat jangkar dikencangkan pada permukaan beton yang tidak benar-benar rata di lapangan, maka landasan akan mengalami perubahan bentuk, sehingga poros pompa dan motor penggeraknya menjadi tidak lurus kembali.

Pemakaian ganjal-ganjal dari baja besi mempunyai tujuan untuk mendapatkan kerataan bidang dasar landasan pada waktu pemasangan di atas permukaan pondasi beton yang tidak beraturan.

Menurut Haruo Tahara (1983 : 126) dijelaskan juga tentang terjadinya masalah dalam pompa *ballast centrifugal* yaitu sebagai berikut :

a. Kavitasi

Kavitasi adalah pembentukan gelembung uap zat cair yang mengalir di wilayah dimana tekanan dari cairan turun dibawah tekanan uap. Kavitasi biasanya dibagi menjadi dua kelas perilaku : *inersia* (atau temporer) kavitasi, dan *noninertial* kavitasi adalah proses dimana kekosongan atau gelembung dalam cairan cepat runtuh, menghasilkan gelombang kejut. Kavitasi itu sering terjadi di pompa, baling-baling, *impeller*, dan dalam jaringan *vascular* tanaman. *Noninertial* kavitasi adalah proses dimana sebuah gelembung dalam cairan di paksa untuk terombang-ambing dalam ukuran atau bentuk yang disebabkan oleh beberapa bentuk energi *input*, seperti lapangan akustik. Karena gelombang kejut yang di bentuk oleh kavitasi cukup kuat untuk secara signifikan merusak komponen yang bergerak, kavitasi biasanya merupakan fenomena yang tidak di inginkan. Ini secara khusus di hindari dalam desain mesin seperti turbin atau baling-baling, dan menghilangkan kavitasi adalah bidang utama dalam studi dinamika *fluida* NPSH adalah akronim untuk *Net Positif Suction Head*. Ini menunjukan perbedaan, dalam setiap lintasan sirkuit hidrolik yang umum, antara tekanan dan tekanan uap cair di bagian tersebut.

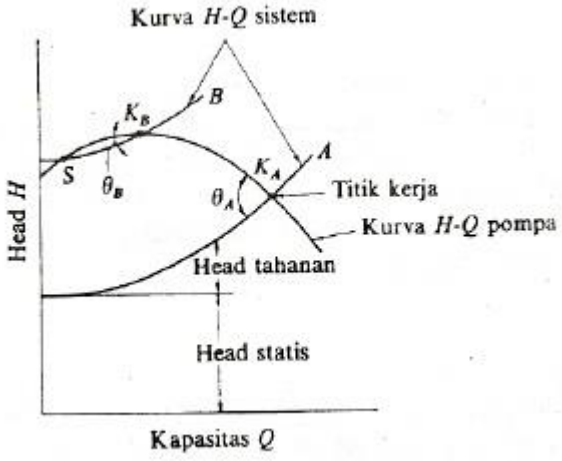
Net Positif Head (NPSH) adalah parameter yang penting di perhitungkan ketika merancang suatu rangkaian: setiap kali penurunan tekanan stagnasi cairan di bawah tekanan uap, cair mendidih terjadi, dan efek akhir akan kavitasi: gelembung uap dapat mengurangi atau menghentikan aliran cairan. Pompa *centrifugal* sangat rentan, sedangakan pompa perpindahan positif kurang di pengaruhi oleh kavitasi, karena mereka lebih mampu memompa aliran dua fase (campuran gas cairan), namun resultan laju aliran dari pompa akan berkurang

karena *volumetrically* gas menggantikan ketidak seimbangan cairan, adapun penyebab kavitasi sebagai berikut :

1) Korosi di dalam pompa disebabkan oleh sifat *fluida*
2) Terlalu panas karena aliran rendah
3) Kurang perdana–pompa sentrifugal harus diisi dengan air untuk beroperasi

b. Surjing

Beberapa pompa sentrifugal mempunyai lengkungan head H yang menanjak, dan beberapa lagi mempunyai beberapa lengkungan yang menurun, jika kapasitas Q mengecil mendekati nol (Gb. 5.20). Pompa yang mempunyai kurva H yang menanjak selalu bekerja dengan stabil. Namun pompa dengan kurva H yang menurun dalam keadaan tertentu dapat mengalami gejala seperti orang bernafas. Di sini laju aliran berubah- ubah terus secara periodic dan penunjukan manometer di nosel keluar serta vakummeter di sisi isap pompa memperlihatkan adanya fluktuasi tekanan. Gejala seperti ini di sebut surjing.



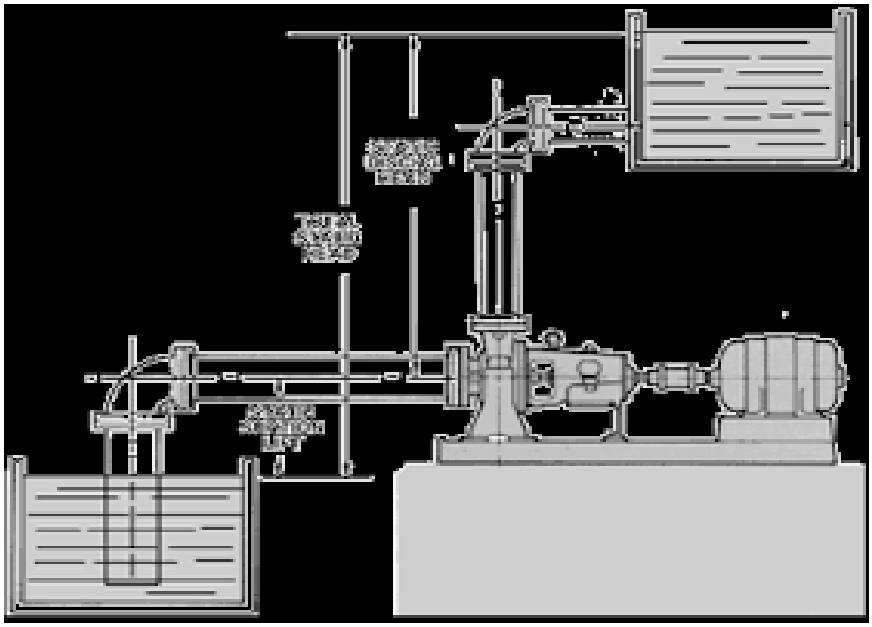
Gb. 5.20 kurva head system dan kurva head kapasitas

c. Head pompa

Head pompa adalah energy per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesusai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Menurut persamaan Bernouli, ada tiga macam head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu energy tekanan, energy kinetic dan energy potensial.

$$H = \frac{P}{Y} + Z + \frac{V^2}{2.g} \text{ .....}$$

Karena energi itu kekal, maka bentuk head (tinggi tekan) dapat bervariasi pada penampang yang berbeda. Namun pada kenyataannya selalu ada rugi energy (losses)



Gambar 1 Head pompa

d. Fluktuasi tekanan

Gejala fluktuasi tekanan yang berasl dari pompa dapat diterangkan sebagai

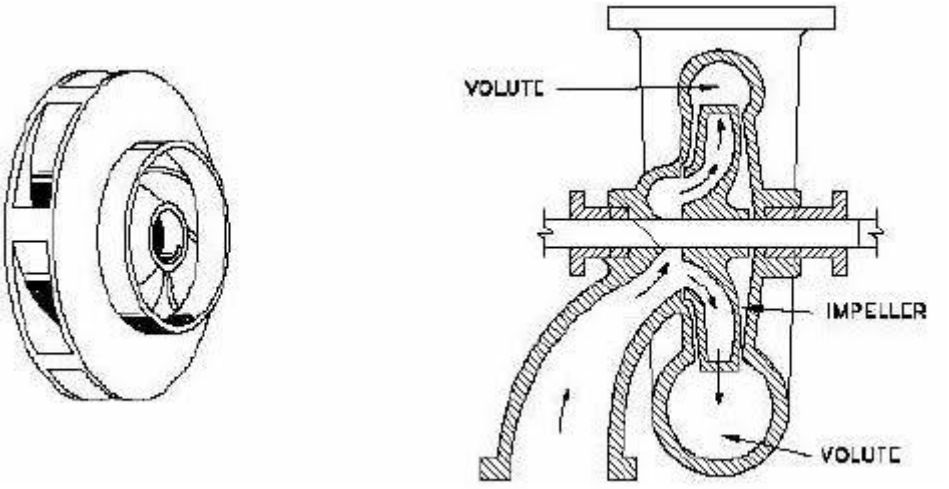
berikut (lihat Gb. 5.22).Setiap kali sisi keluar sudu impeller lewat dekat lidah volute pada waktu berputar, tekanan zat cair akan berdenyut. Denyut yang terus menerus akan di rasakan sebagai fluktuasi tekanan yang merambat pada zat cair di dalam pipa keluar.Frequensi dasar $\boldsymbol{F}(H_z)$ dari denyut tekanan ini dapat dihitung dengan rumus

$$f=\frac{z-n}{60}$$

Di mana z: Jumlah sudu impeller

N: Putaran (rpm)

Pada umumnya denyut tekanan yang di sebabkan oleh interferensi antara impeller dan rumah seperti dikemukakan di atas akan menjadi lebih kecil jika jarak antara sisi luar sudu impeller dengan lidah volute bertambah besar. Selama denyut tekanan yang timbul di dalam pompa hanya dirambatkan melalui zat cair saja, tidak akan menjadi masalah. Namun jika denyut tersebut kemudian bersonasi dengan kolom air di dalam pipa, maka akan dapat timbul getar dan bunyi.



Gambar 2 lidah volute dan impeller

e. Benturan Air (Water Hammer)

Gejala ini terjadi bila suatu aliran zat cair di dalam pipa dengan tiba- tiba dihentikan misalnya dengan menutup katup secara sangat cepat.disini seolah olah zat cair membentur katup sehingga timbul tekanan yang melonjak dan diikuti fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat.pada pipa yang dihubungkan dengan pompa gejala benturan air ini juga dapat terjadi. Misalnya, bila sebuah pompa yang sedang bekerja tiba-tiba mati (karena dimatikan atau karena listrik padam), maka aliran air akan terhalang impeller sehingga mengalami perlambatan yang mendadak. Disini terjadi lonjakan tekanan pada pompa dan pipa, seperti peristiwa penutupan katup secara tiba-tiba atau katup dibuka secara cepat.

3. Pengertian Dari Bagian Pompa

Pompa yang sering digunakan untuk penghisap *ballast* (air laut) adalah pompa jenis pompa *centrifugal*. Prinsip kerja pompa *centrifugal* adalah air mengalir dengan kecepatan agak rendah melalui isapan masuk kedalam pompa. Melalui saluran-saluran isapan selanjutnya air masuk ke dalam kipas yang berputar dengan kecepatan mutlak yang hampir tetap. Di dalam kipas bagian-bagian kecil dari air diputar. Pada tiap-tiap bagian kecil ini bekerja sebuah gaya *centrifugal* dan berhubungan dengan diameter kipas sehingga bertambah besar ke arah sekelilingnya. Selama air melewati kipas, ia melewati energi kinetik atau energi percepatan. Adapun bagian dari pompa tersebut di bagi menjadi dua, yaitu :

a. Bagian pompa yang tidak bergerak

1) *Base Plate*

Berfungsi untuk mendukung seluruh bagian pompa dan tempat kedudukan pompa terhadap pondasi.

2) *Casing* (rumah pompa)

   Casing adalah bagian terluar dari rumah pompa yang befungsi sebagai :

   a) Pelindung semua elemen yang berputar
   b) Tempat kedudukan *diffuser guide vane*, *inlet* dan *outlet nozzle*
   c) Tempat yang memberikan arahan aliran dari *impeller*
   d) Tempat yang mengkonversikan energi kinetik menjadi energi tekan (untuk rumah pompa keong atau *volute*)

3) *Diffuser Guide Vane*

   Bagian ini biasanya menjadi satu kesatuan dengan *casing* atau di pasang pada *casing* dengan cara di baut. Bagian ini berfungsi untuk :

   a) Mengarahkan aliran *fluida* menuju *volute* (untuk *single stage*) atau menuju *stage* berikutnya (*multi stage)*
   b) Merubah energi kinetik *fluida* menjadi energi tekan

4) *Stuffing Box*

   Fungsi utama *stuffing box* adalah untuk mencegah terjadinya kebocoran pada daerah dimana pompa menembus *casing*. Jika pompa bekerja dengan *suction lift* dan tekanan pada ujung *stuffing box* lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka *stuffing box* berfungsi untuk mencegah kebocoran udara masuk kedalam pompa. Dan bila tekanan lebih besar daripada tekanan *atmosfer,* maka berfungsi untuk mencegah kebocoran keluaran pompa.

   Secara umum *stuffing box* berbentuk silindris sebagai tempat kedudukan beberapa *mechanical packing* yang mengelilingi *shift sleeve*. Untuk menekan *packing* digunakan *gland packing* yang dapat diatur posisinya ke arah aksial dengan cara mengencangkan atau mengendorkan baut pengikat.

5) *Wearing Ring* (cincin penahan haus)

Adalah *ring* yang di pasang pada casing (tidak berputar) sebagai *wearing ring casing* dan di pasang pada *impeller* (berputar) sebagai *wearing ring impeller*. Fungsi utama *wearing ring* adalah untuk memperkecil kebocoran cairan dari *impeller* yang masuk kembali ke bagian *eye of impeller*.

6) *Discharge Nozzle*

Adalah saluran cairan keluar dari pompa dan berfungsi untuk meningkatkan energi tekanan keluar pompa

7. *Inlet / Suction*

Berfungsi sebagai saluran masuk/isap *fluida* ke dalam pompa

8. *Outlet / Discharge*

Berfungsi sebagai saluran keluar/tekan *fluida*

9. *Suction Flange*

Berfungsi sebagai tempat penyambungan pipa *inlet* kerumah Pompa

10. *Discharge Flange*

Berfungsi sebagai tempat penyambungan pipa *outlet*/tekan ke rumah pompa

11. *Casing Wear Ring*

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

12. *Cooling Jacket*

Merupakan ruangan ventilasi untuk pendingin *cover* dan rumah pompa pada saat beroperasi

13. *Casing Drain Conecting*

Adalah tempat penyambungan pipa cerat ke rumah pompa yang biasanya dalam waktu-waktu tertentu dibuka guna membuang kotoran yang mengendap di dalam pompa

14. *Seal Flushing Pipe*

    Adalah pipa penghubung antara *outlet* dan ruang operasi yang berfungsi untuk pelepas tekanan *fluida* yang berlebihan antara kedua ruang tersebut.

15. *Bearing Bracket*

    adalah rumah tempat pemasangan *bearing* aksial/radial

16. *Bearing Cover*

    Adalah tutup *bearing* yang berfungsi untuk menahan dan menutup *bearing* supaya *bearing* tetap pada posisi dan bebas dari debu

17. *Bearing Bracket Support*

    Berfungsi sebagai pendukung rumah *bearing*

18. *Oil Chamber*

    Berfungsi sebagai wadah dan tempat pembuangan minyak pelumas antara poros dan *bearing*.

19. *Oil/spalsh seal*

    Biasanya dipasang pada ujung poros guna mencegah kebocoran oli pelumas *bearing* melalui poros yang beputar.

20. *Shaft Protection Sleeve*

    Berfungsi untuk melindungi poros dari erosi keausan maupun untuk mencegah gerak aksial yang akan terjadi.

21. *Mechanic Seal*

    Berfungsi untuk mencegah kebocoran *fluida* melalui poros

b. Bagian pompa yang bergerak

1. *Shaft* (poros)

   Shaft berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama pompa beroperasi, dan merupakan tempat kedudukan *impeller* dan bagian yang berputar lainnya

2. *Shaft Sleeve* (selongsong poros)

   Shaft sleeve berfungsi melindungi *shaft* dari erosi, korosi dan keausan khususnya bila poros itu melewati *stuffing box*.

3. *Impeller*

   Impeller berfungsi untuk merubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang di pompakan secara berkelanjutan, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus pula akan mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan sebelumnya.

4. *Radial bearing*

   Berfungsi untuk menahan gaya radial yang timbul akibat adanya berat rotor dan memperkecil gaya gesekan sehingga memperlancar gerak putar poros itu sendiri.

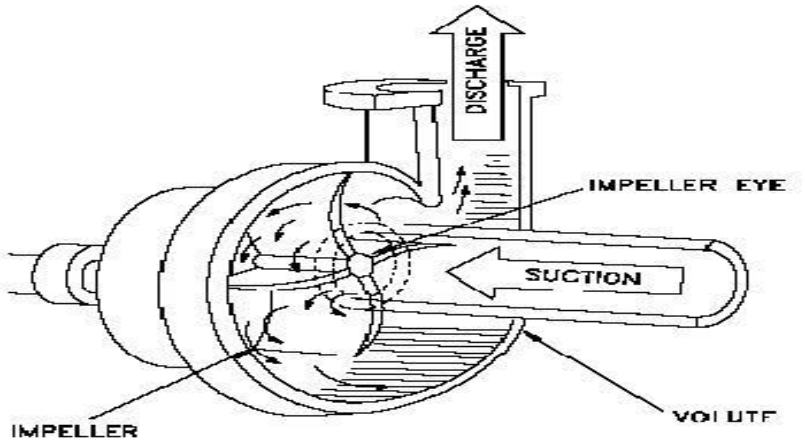
4. Kerja Pompa

a. Prinsip Kerja Pompa

Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap *fluida*.Pada sisi hisap (*suction)* elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan *fluida* yang dihisap. Akibanya *fluida* akan mengalir pada keruang pompa. Oleh elemen pompa *fluida* ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga *fluida*

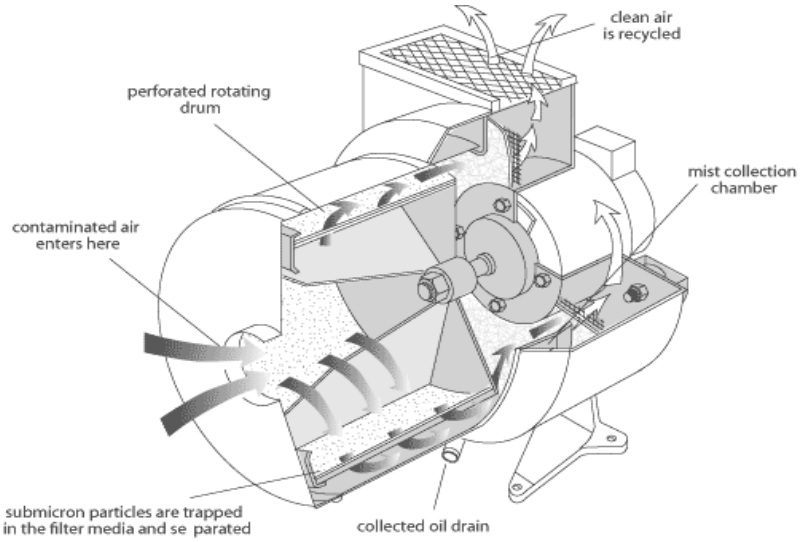
akan mengalir kedalam saluran tekan (*discharge)* melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.(*www.slideshare.net*).

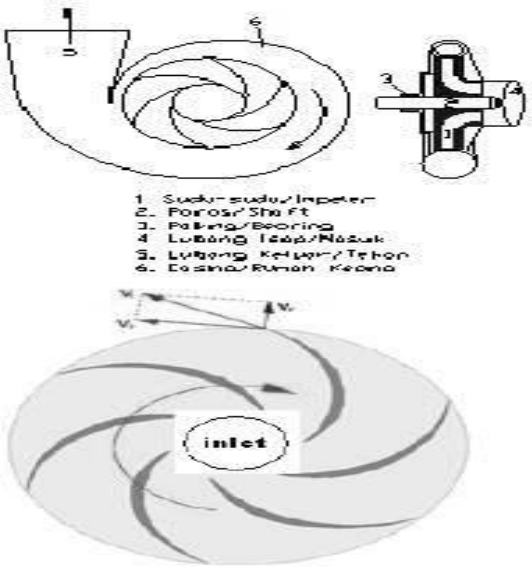
Pompa *centrifugal* secara prinsip terdiri dari *casing* pompa dan *impeller* yang terpasang pada poros putar. *Casing* pompa berfungsi sebagai pelindung, batas tekanan dan juga terdiri dari saluran-saluran masuk (*suction*) dan keluaran (*discharge*). Casing ini memiliki *vent* dan *drain* yang berguna untuk melepas udara atau gas yang terjebak dalam *casing* selain untuk juga berguna perawatannya.
Gambar ilustrasi di bawah ini merupakan diagram sederhana daripada pompa



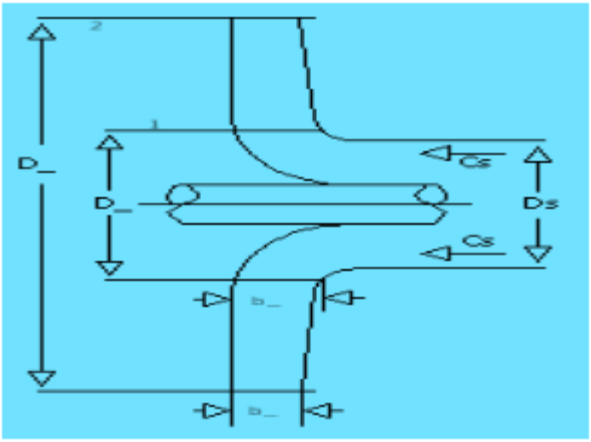
sentrifugal yang menunjukkan lokasi dari *suction* pompa, *impeller*, *volute*, dan *discharge*. *Casing* pompa sentrifugal menuntun aliran suatu cairan dari saluran *suction* menuju mata (*eye*) *impeller*. Vanes daripada *impeller* yang berputar meneruskan dan memberikan gaya putar *centrifugal* kepada cairan ini sehingga cairan bergerak menuju keluar *impeller* dan kecepatan tinggi. Cairan tersebut kemudian sampai dan berkumpul pada bagian terluar *casing* yaitu *volute*. *Volute* ini merupakan area atau saluran yang melengkung yang semakin lama semakin membesar ukurannya, dan seperti halnya *difussor*, *volute* berperan besar dalam hal

peningkatan tekanan cairan saat keluar dari pompa, merubah energi kecepatan menjadi tekanan. Setelah itu cairan keluar dari pompa melalui saluran *discharge.*





b. Cara Kerja Pompa



Berdasarkan gambar dapat dijelaskan cara kerja pompa sentrifugal sebagai berikut: Fluida masuk melalui saluran hisap Ds, kemudian dalam arah aliran aksial mengalir masuk kedalam impeller dengan kecepatan terbatas Cs. Sudu pompa di mulai dari D1, lebar sudunya b1. Kecepatan mutlak mengalirnya fluida c1 dan luas penampang yang dilalui aliran fluida = D1 x π x b1 ; maka menurut persamaan kontinuitas didapat :

$$b1 = \frac{Q}{d1 \cdot \pi \cdot C1}$$

Dimana :

B1 = lebar sudu (m)

Q = kapasitas aliran (m3/det)

D1 = diameter masuk sudu pompa (m)

C1 = kecepatan mutlak aliran fluida masuk sudu impeller (m/det)

5. Kondisi pengoperasian pompa

Dibawah ini diuraikan berbagai hal yang perlu diperiksa serta cara penilaian kasar tentang kondisi pompa baik pada waktu uji coba, maupun pada waktu operasi.

1) Pembacaan manometer dan ampermeter
    a) Tekanan keluar dan tekanan isap harus sesuai atau mendekati harga yang telah ditentukan atau diperhitungkan sebelumnya serta tidak boleh berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing yang menyumbat atau ada udara yang terisap, maka tekanan akan jatuh atau akan berfluktuasi secara tidak normal.
    b) Arus listrik yang dikonsumsi harus lebih rendah dari pada yang dinyatakan pada label motor. Arus ini tidak berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing atau pasir yang terselip pada celah-celah sempit antara impeller dan rumahpompa, arus listrik dapan berflukuasi secara tidak normal sebelum impeller macet.

2) Temperatur dan kebocoran pada kotak paking
    a) Kebocoran dari kotak paking harus berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak lebih dari 0.5cm3/s jika Jumlah tetesan lebih dari ini, penekan paking harus dikencangkan pelan-pelan dan merata (dengan mengencangkan kedua mur secara bergantian) sampai tetesan menjadi normal. Jika kebocoran tidak mengecil setelah penekan paking dikencangkan dan pompa dioperasikan beberapa jam, maka paking harus diganti dengan yang baru.
    b) Jika dipakai perapat mekanis, keadaan dipandang normal jika tidak ada kebocoran yang dapat dilihat dengan mata. Jika ada kebocoran pada saat dilakukan uji coba, operasi dapat diteruskan. Jika

kebocoran berhenti setelah beberapa waktu, maka keadaan normal sudah dicapai.

3) Bantalan pada pompa *ballast*
    a) Jika bantalan yang digunakan memakai cara pelumasan cincin maka cincin harus dapat berputar secara normal.
    b) Jika rumah bantalan dipegang dengan tangan, harus tidak terasa adanya panas yang berlebihan. Jika diukurdengan termometer, biasanya bantalan dianggap normal bila atas termperatur udara di sekitarnya.

4) Getaran dan bunyi pada pompa *ballast*
    a) Jika tangan diletakkan diatas permukaan rumah pompa maka harus tidak terasa adanya getaran yang berlebihan.
    b) Tidak boleh ada bunyi yang luar biasa karena kavitasi atau surjing maupun bunyi dari bantalan.

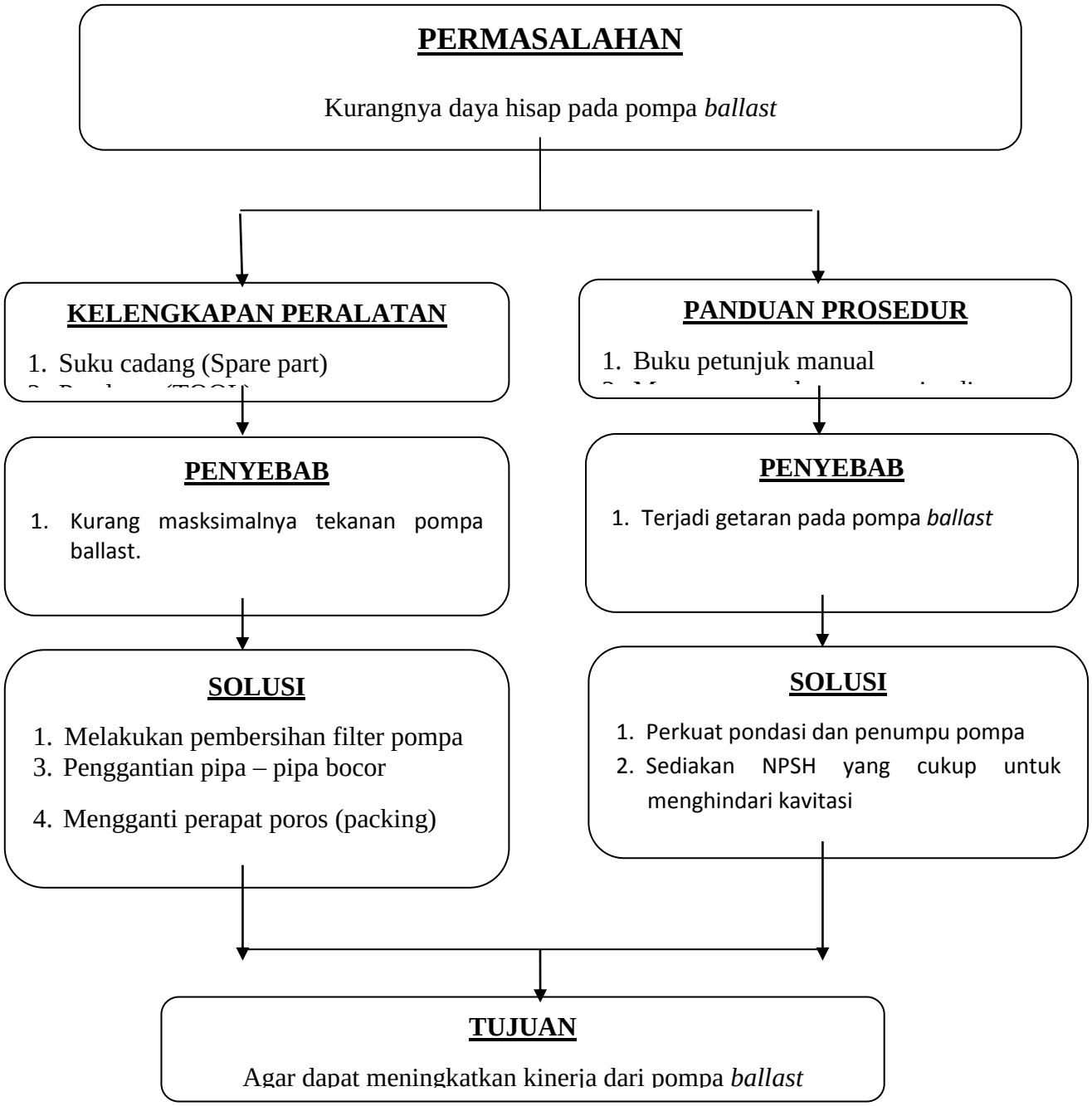
5) Cakram pengimbang pada pompa *ballast*

    Bila cakram pengimbang dipakai pada pompa bertingkat banyak, tidak boleh ada pemanasan yang berlebihan pada ruang cakram pengimbang aau pada saluran air balik nya pada ujung poros terdapat tanda untuk memeriksa keausan cakram dari luar.

6) Instrument pada pompa *ballast*

    Beberapa alat ukur seperti manometer dan vakumeter selalu diperlengkapi dengan katup sumbat. Katup ini sering dibiarkan terbuka selama operasi sehingga meter akan terus-menerus mengukur tekanan.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



Tabel : Kerangka Pemikiran

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

   Penelitian dilakukan selama penulis praktek laut selama 12 bulan. Mulai dari tanggal 10 Desember 2016 sampai dengan 13 Desember 2017. Namun, tidak seluruhnya waktu selama praktek oleh penulis digunakan sebagai waktu untuk meneliti atau memfokuskan pada analisa dan perawatan pompa *ballast* saja. Yang di bahas pada skripsi ini, karena masih banyak permesinan dia atas kapal yang memerlukan perawatan serta harus di pelajari, maka penilitian dilakukan pada kesempatan yang dapat dilakukan yaitu saat kapal mengalami penurunan tekanan pompa *ballast*, penelitian dilakukan dengan pengambilan data-data pokok tentang pesawat bantu pompa *ballast* yang akan di kaji di dalam skripsi ini.

2. Tempat Penelitian

   Adapun tempat penelitian yang dilakukan penulis dalam penyusunan skripsi ini adalah kapal *Cargo* pada salah satu perusahaan di Indonesia.

   Berikut ini adalah data-data yang spesifik tentang tempat penelitian dimana penulis menjalankan praktek laut, yaitu:

Nama Perusahaan	: SPIL
Nama Kapal	: MV. ARMADA SETIA
Kode Panggilan	: PNMF
IMO number	: 9000338
Tipe Kapal	: CARGO
Bendera	: INDONESIA (ID)
Tahun Pembuatan	: 1990
Berat Bersih	: 6088 T
Berat Kotor	: 8268 T
Panjang Keseluruhan	: 114m x 18.22m
Tipe Mesin Induk	: 6080 Hp Makita – Mitsui B & W 8L35MC

Data dari Pompa Ballast tersebut adalah :

a. Pompa

Digunakan untuk	:	Mengisi Tanki Ballast, Mendinginkan M/E.
Maker	:	Allweiler, Germany
Type	:	Centrifugal Pump NISM 65-250/22/239
Capacity	:	120 m^3/h
Impeller	:	Volute semi open

b. Motor

Revolving speed	:	1750 rpm
Motor output	:	12,6 kw
Power source	:	440V,60 Hz,

B. METODE PENDEKATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Metode Pendekatan

Teknk pengumpulan data-data yang penulis gunakan di skripsi ini didasarkan pada fakta dan informasi yang dialami penulis selama melakukan

praktek laut. Kemudia dari fakta, data, dan informasi yang ada tersebut menjadi bahan dalam penyusunan skripsi ini, jadi penulis sebenarnya tidak mengadakan suatu jenis penelitian langsung terhadap analisis dan perawatan pompa *ballast*, dimana penulis mengalami kejadian yang pernah terjadi terhadap pompa *ballast* selama melaksanakan praktek laut dan menuangkannya ke dalam skripsi ini.

Dalam hal ini menggunakan beberapa cara teknik pengumpulan data sebagai berikut:

2. Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Observasi merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan cara meninjau, mengamati, dan menganalisis permasalahan yang akan diteliti secara langsung sehingga data yang diperoleh bersifat objektif. Dalam melakukan pengamatan terhadap pesawat bantu pompa *ballast* penulis menemukan masalah seperti: "menurunya tekanan yang dihasilkan oleh pompa ballast". Sehingga menyebabkan lambatnya pengisian atau pembuangan ke dan dari tangki *ballast*.

Dari hasil pengamatan itulah penulis merasa tertarik untuk membantu masinis tiga dalam melakukan penelitian lebih lanjut yang akan penulis bahas dalam skripsi ini, mengapa permasalahan tersebut diatas kapal dapat terjadi dan berupaya untuk memecahkan permasalahan tersebut sehingga tidak mengganggu kelancaran operasional kapal.

b. Wawancara dan Diskusi

Wawancara adalah teknik pengumpulan data yang dibutuhkan dengan cara melakukan komunikasi dan suatu tanya jawab yang dilakukan oleh penulis kepada masinis dan crew kapal dengan maksut mencari suatu

jawaban yang dimaksutkan. Dalam hal ini penulis melakukan wawancara dengan tujuan untuk mendapatkan penjelasan dan jawaban yang lebih jelas dan terinci mengenai pertanyaan ataupun suatu hal yang tidak dimengerti oleh penulis.

Teknik wawancara ini dapat dibagi menjadi 2 cara yaitu :

1. **Wawancara langsung**

   Yaitu wawancara atau komunikasi yang dilakukan secara langsung terhadap orang yang lebih berpengalaman (masinis) terhadap menganalisis pompa *ballast* diatas kapal MV. ARMADA SETIA maupun perawatan diatas kapal lainnya sehingga dapat membandingakan cara menganalisis dan melaksanakan trouble shooting.

2. **Wawancara tidak langsung**

   Yaitu wawancara atau komunikasi yang sumber beritanya tidak langsung dari orang yang mempunyai berita atau data berasal dari orang kedua dimana data tersebut dapat dijamin kebenarannya. Wawancara tidak langsung ini dilakukan penulis dengan cara menanyakan hal-hal yang berhubungan dengan pompa *ballast* dimana sumber beritanya antara lain orang yang bekerja dikapal lain yang mempunyai pengalaman tentang pompa *ballast*.

   Adapun jenis dan macam pertanyaan yang diajukan oleh penulis kepada masinis di kamar mesin adalah permasalahan yang berhubungan tentang menganalisis kerja pompa *ballast* di atas kapal MV. ARMADA SETIA

   a. Mengapa terjadi penurunan tekanan hisap pada pesawat bantu terhadap pompa *ballast* ?
   b. Bagai mana cara merawat pompa *ballast* sehingga penurunan tekanan pada pompa dapat dihindari ?

Pada dasar nya permasalahan yang terjadi diatas kapal tidak semuanya dijelaskan cara pemecahan masalahnya secara rinci dalam buku petunjuk manual (Instruction Manual Book), melainkan atas pengalaman-pengalaman para masinis selama melakukan pelayaran.

C. SUBJEK PENELITIAN

Dalam hal ini penulis memilih pompa *ballast* di kapal MV.ARMADA SETIA milik perusahaan PT.SALAM PASIFIC INDONESIA LINES sebagai subjek penelitian dalam menganalisa kerja pompa ballast guna kelancaran pengoperasian kapal MV. ARMADA SETIA dengan sample yang diambil adalah pompa ballast pada kapal MV. ARMADA SETIA dengan spesifikasi sebagai berikut :

Model	Centrifugal Pump NISM 65-250/22/239
Jumlah diatas kapal	1 unit
capacity	120 m^3/h
Impeller	Volute semi open

Motor	
Revolving speed	1750 rpm
Motor output	12,6 kw
Power source	440 V, 60 Hz

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Metode yang digunakan penulis dalam teknik analisis adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah teknik analisis yang digunakan untuk menggambarkan suatu kejadian-kejadian atau peristiwa yang terjadi diatas kapal berdasarkan atas pengamatan dan pandangan dari data-data yang ada. Dengan teknik ini diharapkan penelitian skripsi ini dapat menghasilkan suatu pemecahan masalah yang tepat dan akurat, dalam mengatasi permasalahan yang diangkat. Selama melakukan praktek berlayar (prala) penulis mengalami permasalahan pada pompa pendingin mesin induk yang khususnya terjadi pada pompa *ballast* sehingga terjadi penurunan tekanan pompa yang berakibat pada terlambatnya keberangkatan, proses bongkar muat, dan keseimbangan kapal yang mengakibatkan *delay time.*

Dari hasil pengamatan itulah penulis merasa tertarik untuk membantu masinis tiga dalam melakukan penelitian lebih lanjut yang akan penulis bahas dalam skripsi ini, mengapa permasalahan tersebut diatas kapal dapat terjadi dan berupaya untuk memecahkan permasalahan tersebut sehingga tidak mengganggu kelancaran operasional kapal.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Pada dasarnya setiap peralatan yang bergerak pasti akan mengalami masalah. Seperti kita ketahui pompa *ballast* juga merupakan peralatan yang tidak luput dari masalah yang akan mengganggu fungsi dari pompa tersebut. Berdasarkan pengalaman penulis pada saat melakukan proyek laut terdapat masalah yang terjadi pada pompa, masalah yang sangat terasa yaitu kurangnya tekanan dan hisapan pompa yang dapat menghambat pengoperasian kapal, yaitu untuk pengisian dan pembuangan air *ballast*. Berikut ini adalah beberapa gambaran dari pengalaman atau data-data yang pernah dialami oleh penulis selama melaksanakan proyek laut penulis menemukan permasalahan yang terjadi pada pompa *ballast*, dan pada skripsi ini penulis mencoba menggambarkan permasalahan yang pernah dialami di antaranya :

1. Kurangnya daya hisap pada pompa ballast

Pada saat kapal melakukan proses memuat, mualim jaga memberikan perintah untuk membuang air *ballast* pada tangki dua kanan (*wing tank 2 starboard*). Disaat proses tersebut pada mulanya pompa berjalan normal pada tekanan *manometer* 3 $^{kg}/_{cm^3}$, selama hampir 1 jam 45 menit proses pembuangan air *ballast* belum juga usai. Setelah dilakukan pengecekan pada *manometer*, tekanan pada pompa terlihat adanya penurunan hisapan dan terlihat pada tekanan *manometer* 2,5 $^{kg}/_{cm^3}$. Biasanya proses pembuangan *ballast* berlangsung hanya 1 jam saja (normal), tetapi pada saat itu proses pembuangan memakan waktu hampir 1 jam 45 menit (tidak normal). Setelah proses muat dari anjungan memberikan order untuk mengisi tangki *ballast* 3 kiri (*wing tank 3 portside*).

Pada saat pengisian tersebut pompa mengalami masalah yaitu adanya penurunan tekanan sebanyak 1 $^{kg}/_{cm^3}$ pada proses pengisian *ballast*. Dengan adanya

penurunan tekanan maka proses pengisian tangki *ballast* menjadi lebih lama dan mengganggu para pekerja sehingga proses memuat pun terganggu.

2. Terjadi getaran pada pompa ballast pada saat beroperasi

Hal ini dialami penulis pada tanggal 10 Agustus 2017 pada saat kapal berlabuh di Makassar. Pada jam 16.45 WITA Masinis jaga yaitu Masinis 3 sedang melakukan patroli di area kamar mesin mendengar suara berisik (noise) dan getaran dari pompa *ballast* yang sedang bekerja. Setelah mengetahui hal ini masinis jaga langsung mematikan pompa yang bermasalah tersebut. Masinis jaga kemudian memberi tahu masalah tersebut kepada Kepala Kamar Mesin selaku pimpinan di departemen mesin untuk mengecek pompa tersebut, dengan di bantu oleh cadet segera mengecek pompa dengan membawa peralatan yang di perlukan.

B. ANALISIS DATA

Karena permasalahan tersebut maka penulis ingin membahas beberapa fakta-fakta yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Kurangnya daya hisap pada pompa *ballast*

Kurangnya daya hisap pada pompa ballast disebabkan oleh :

a. Kebocoran pada pipa – pipa

   Kebocoran pada instalasi pipa air laut dapat pula mengurangi tekanan pompa, karena jumlah *supply* air yang berkurang ke pompa.

b. Kebocoran pada kotak *packing*

   Kebocoran dari kotak *packing* harus berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak banyak dari 0,5 cm^3/s. Adapun temperatur kotak *packing* yang masih diizinkan adalah tidak lebih dari 30^oC diatas temperatur zat cair yang di pompa, karena itu untuk pompa air kebocoran ini dalam jumlah sedikit justru diperlukan untuk pendinginan dan pelumasan *packing* untuk banyak zat cair yang diperbolehkan.

c. Adanya kotoran pada saringan hisap dan instalasi pompa ballast. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada saringan hisap dan instalasi pompa ballast yang disebabkan oleh kurangnya perawatan yang diberikan kepada masinis III yang bertanggung jawab terhadap pompa dan kondisi pelabuhan yang dekat pemukiman sehingga banyak sekali kotoran yang tersumbat di saringan hisap dan instalasi pompa ballast. Kotoran yang terdapat pada saringan hisap dan instalasi pompa ballast menghambat aliran masuknya air laut kedalam pompa tersebut. hal ini dapat menyebabkan kinerja pompa ballast menjadi kurang maksimal

2. Terjadi getaran pada pompa *ballast* pada saat beroperasi

Ketika pompa mengalami kavitasi, gelembung uap terbentuk di daerah tekanan rendah tepat sebelum putaran baling-baling *impeller.* Gelembung uap kemudian bergerak pada baling-baling *impeller,*dimana mereka meletup dan menyebabkan kejutan secara fisik , pada sudut depan baling-baling *impeller*. Gelembung-gelembung itu pecah dari segala sisi, tetapi bila ia jatuh menghantam bagian dari metal seperti *impeller* atau *volute* tidak bisa pecah dari sisi tersebut, maka cairan masuk dari sisi kebalikannya pada kecepatan yang tinggi dilanjutkan dengan gelombang kejutan yang mampu merusak bagian pompa disertai dengan suara yang berisik. Kavitasi juga bisa menyebabkan kelebihan getaran pada pompa, yang mana bisa menyebabkan kerusakan bearing pompa, *ring* penahan aus dan *seal-seal.* Ada bentuk yang unik yaitu bentuk lingkaran akibat pukulan ini, dimana metal seperti dipukul dengan *ball peen hammer*. Semakin tinggi kapasitas pompa, kelihatannya semakin mungkin kavitasi terjadi.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengapa timbulnya suara berisik dan getaran disertai kerusakan pada bagian-bagian pompa *ballast*. Penulis akan memaparkan penyebab getaran dan bunyi pada pompa *ballast* yaitu :

a. Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfir akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100ºC. Tetapi jka tekanan direndahkan maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. jika tekanannnya cukup rendah maka pada temperatur kamarpun air 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 pmpa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan/atau yang berkecepatan tinggi di dalam aliran, sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi. Pada pompa misalnya, bagian yang mudah mengalami kavitasi akn timbul bila tekanan isap selalu rendah.

Jika pompa mengalami kavitasi, maka kana timbul suara berisik dan getaran. Selain itu pada performansi pompa akan menurun secara tiba-tib, sehingga pompa tidak dapat bekerja dengan baik. Jika pompa dijalankan dalam keadaan kavitasi secara terus menerus dalam jangka lama, maka permukaan dinding saluran di sekitar aliran yang berkavitasi akan mengalami kerusakan. Permukaan dinding akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang atau bopeng. Peristiwa ini disebut erosi kaviatasi, sebagai akibat dari tumbukan gelembung-gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus-menerus.

Karena kavitasi sangat merugikan, yaitu mengakibatkan turunnya performansi, timbulnya suara dan getaran, serta rusaknya pompa.

b. Surjing

Beberapa pompa sentrifugal mempunyai lengkungan head yang menanjak dan beberapa lagi mempunyai lengkungan yang menurun, jika kapasitas mengecil mendekati nol. Pompa yang mempunyai kurva yang menanjak selalu bekerja dengan stabil. Namun pompa dengan kurva yang menurun dalam keadaan tertentu dapat mengalami gejala seperti orang bernafas. Disini laju aliran air berubah-ubah secara periodik dan penunjukan *manometer* di

nosel keluar serta *vakummeter* disisi isap pompa memperlihatkan adanya fluktausi tekanan. Gejala seperti ini disebut surjing.

c. Fluktuasi tekanan

Gejala fluktuasi tekanan yang berasal dari pompa pada saat setiap kali sisi keluar sudut impeller lewat dekat lidah vulut pada waktu berputar, tekanan zat cair akan berdenyut. Denyut yang terus menerus akan dirasakan sebagai fluktuasi tekanan yang merambat pada zat cair di dalam pipa keluar. Frekuensi dasar $f=\frac{z-n}{60}$

Di mana z: Jumlah sudu impeller

N: Putaran (rpm)

Pada umumnya denyut tekanan yang disebabkan interferensi antara *impeller* dan rumah seperti dikemukakan di atas akan menjadi lebih kecil jika jarak antara sisi luar sudu *impeller* dengan lidah volut bertambah besar.

Selama denyut tekanan yang timbul di dalam pompa hanya dirambatkan melalui zat cair saja, tidak akan menjadi masalah. Namun jika denyut tersebut kemudian beresonansi dengan kolom air di dalam pipa, maka akan dapat timbul getaran dan bunyi. Di sini denyut yang ditimbulkan di dalam pompa merambat dalam bentuk gelombang tekanan di sepanjang pipa. Gelombang ini akan dipantulkan kembali bila mencapai ujung pipa, sehingga gelombang yang datang dan yang dipantulkan akan berinterferensi membentuk gelombang tegak di dalam pipa.

d. Benturan air

Gejala ini terjadi bila suatu aliran zat cair di dalam pipa dengan tiba-tiba dihentikan misalnya dengan menutup katup secara sangat cepat. Disini seolah-olah zat cair membentur katup sehingga timbul tekanan yang melonjak dan diikuti fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat. Pada pipa yang dihubungkan dengan pompa gejala benturan air ini juga dapat terjadi. Misalnya, bila sebuah pompa yang sedang bekerja tiba-tiba mati (karena dimatikan atau karena listrik padam), maka aliran air akan terhalang *impeller*

sehingga mengalami perlambatan yang mendadak. Dis sini terjadi lonjakan tekanan pada pompa dan pipa, seperti peristiwa penutupan katup secara tiba-tiba. Lonjakan tekanan juga dapat terjadi jika pompa dijalankan dengan tiba-tiba atau katup dibuka secara cepat. Besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena benturan air, tergantung pada laju perubahan kecepatan aliran. Dalam hal katup, tergantung pada kecepatan penutupan atau pembukaan katup, dan dalam hal pompa, tergantung pada cara menjalankan dan menghentikan pompa. Selain itu, panjang pipa, kecepatan aliran, dan karakteristik pompa, merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena benturan air.

e. Aliran yang tak mantap

   Di dalam *impeller*, sudu antar dan rumah pompa akan terjadi pusaran jika pompa dioperasikan jauh di luar titik spesifikasinya. Pusaran ini akan menimbulkan gaya penyebab getaran. Demikian pula jika katup terbuka sebagian dapat timbul pusaran tak stabil yang menyebabkan getaran dan bunyi.

f. Keadaan tak seimbang bagian yang berputar.

   Keadaan yang tak seimbang dapat terjadi karena keausan dan korosi pada bagian yang berputar. Selain itu kopling yang rusak sering pula menyebabkan getaran.

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan hasil analisa data terdapat beberapa hal yang dapat menimbulkan masalah yang terjadi pada pompa *ballast*, maka dibuat alternatif pemecahan masalah yang dapat dilakukan secara teknik operasional dalam ini pompa *ballast* alat yang sangat perlu mendapat perhatian yang cukup serius. Permasalahan yang terjadi dan

telah di sebutkan pada bab-bab sebelumnya harus segera diatasi agar dapat bekerja secara normal seperti apa yang diharapkan.

1. Kurangnya daya hisap pada pompa *ballast*

Terjadi menurunnya tekanan pada pompa *ballast* adalah :

a. Kebocoran pada kotak *packing*

Kerusakan pada perapat poros sangat berpengaruh pada pendayagunaan pompa tesebut, karena akan ada udara yang masuk kedalam pompa sehingga merusak kevakuman yang berakibat berkurangnya aliran air yang dipompakan atau bahkan tidak adanya aliran air sama sekali.

Selain itu juga kebocoran perapat poros pada sisi hisap juga dapat mengakibatkan kurang maksimalnya tekanan pompa, kebocoran dari kotak *packing* (pada *packing* tekanan) harus berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak lebih dari 0,5 cm^3/s. Jika jumlah tetesan lebih dari ini, penekan *packing* harus dikencangkan pelan – pelan dan merata dengan mengencangkan kedua mur secara bergantian sampai tetesan menjadi normal. Pengencangan yang berlebihan akan menyebabkan *packing* menjadi panas. Jika hal ini terjadi maka mur penekan harus dikendorkan dan sementara pompa berjalan, mur penekan dikendorkan untuk membocorkan zat cair yang lebih banyak selama beberapa saat kemudian penekanan *packing* dikencangkan kembali secara lebih baik. Adapun temperatur kotak *packing* yang masih diizinkan adalah tidak lebih dari 30^oC diatas temperature zat cair yang di pompa, karena itu untuk pompa air kebocoran ini dalam jumlah sedikit justru diperlukan untuk pendinginan dan pelumasan *packing* untuk banyak zat cair yang diperbolehkan.

Jika kebocoran tidak mengecil setelah penekanan *packing* dikencangkan, dan pompa dioperasikan beberapa jam, maka *packing* harus diganti dengan yang baru.

Pergantian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a) Alternatif 1

Sediakan *packing* dalam jumlah dan ukuran yang sesuai, masing – masing potongan *packing* harus dapat menutup penuh tanpa celah pada bagian belakang, bila *packing* dipasang pada proses, arah anyamannya harus sesuai dengan arah putaran poros. Belahan dari *packing* - *packing* yang saling berdekatan harus disusun membentuk sudut 180^{o}. Masing – masing bagian *packing* dimasukan satu persatu dirapatkan, setelah semua dimasukkan, penekan *packing* dipasang dan dikeraskan secukupnya, jangan memasang belahan *packing* dalam satu garis karena akan mudah bocor.

b) Alternatif 2

Jika dipakai perapat mekanis, keadaan dipandang normal jika tidak ada kebocoran yang dapat dilihat dengan mata. Jika ada kebocoran pada saat dilakukan uji coba, operasi dapat diteruskan jika kebocoran berhenti setelah beberapa waktu maka keadaan normal sudah dicapai.

2. Terjadi getaran pada pompa pada saat beroperasi

Terjadinya getaran pada pompa ballast dikarenakan :

a. Kavitasi

Ambil tindakan pencegahan kavitasi. Pencegahan kavitasi dapat dilakukan dengan hal di bawah ini :

- Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang diisap harus dibuat serendah mungkin agar head statis rendah pula.
- Pipa isap harus dibuat sependek mungkin. Jika terpaksa dipakai pipa isap yang panjang, sebaiknya diambil pipa yang berdiameter satu nomor yang lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.
- Sama sekali tidak dibenarkan untuk memperkecil laju aliran air dengan menghambat aliran di sisi isap.

- Jika pompa mempunyai head total yang berlebihan, maka pompa akan bekerja dengan kapasitas aliran yang berlebihan pula, sehingga kemungkinan akan terjadi kavitasi menjadi lebih besar. Karena itu head total pompa harus ditentukan sedemikian hingga sesuai dengan yang diperlukan pada kondisi operasi sesungguhnya.
- Bila head total pompa sangat berfluktuasi, maka pada keadaan head terendah harus diadakan pengamanan penuh terhadap terjadinya kavitasi.
- Namun dalam beberapa hal terjadinya sedikit kavitasi yang tidak mempengaruhi performansi yang sering tidak dapat dihindari sebagai akibat dari pertimbangan ekonomis. Dalam hal ini perlu dipilih bahan *impeller*.

b. Surjing

Terjadinya surjing dipengaruhi oleh bentuk kurva H-Q dari system pipa. Dalam Gb.5.20 diperlihatkan 2 macam system, yaitu system A dan system B. kurva system A memotong kurva pompa di K_A dengan sudut θ_A yang besar sehingga diperoleh kondisi kerja yang stabil tanpa surjing. Sebaliknya kurva system B memotong kurva pompa di K_B dengan sudut θ_B yang kecil hal ini menyebabkan operasi yang tak stabil. Laju aliran akan berfluktuasi di sekitar titik kerja ini yang berarti mengalami surjing. Jika dalam fluktuasi ini aliran mengecil sampai di sebelah kiri titik S, maka pompa tidak akan dapat mengembalikan laju aliran lagi ke titik K_B karena head system menjadi lebih tinggi daripada head pompa. System B yang mempunyai head statis lebih tinggi dari pada head tertutup (*Shut-off head*) dari pompa juga mempunyai kesulitan pada waktu mengawali aliran. Untuk mengatasi hal ini harus dipakai pompa dengan head tertutup yang lebih tinggi.

Dalam system pemipaan yang sesungguhnya, surjing akan terjadi pada kondisi dan situasi berikut :

1) Pompa mempunyai kurva H-Q yang naik sampai suatu harga puncak, dan jika aliran dibesarkan terus kurva H-Q akan turun kembali (seperti pada Gb.5.20)
2) Pada jalur pipa ada tangki zat cair atau pada fasa gas didalam aliran
3) Katup pengatur aliran dipasang di sebelah hilir tangki zat cair

D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Dalam beberapa alternatif pemecahan masalah yang didapatkan dan diterangkan diatas,maka didapatkan evaluasi pemecahan masalah untuk mendapatkan jawaban dan alternatif pemecahan masalah yang lebih tepat didalam membuat keputusan saat melakukan pekerjaan. Dengan adanya evaluasi ini,dapat berguna untuk acuan Masinis selanjutnya dalam melakukan perbaikan dan menganalisa kinerja permesinan diatas kapal khususnya pompa *ballast*. Berikut ini adalah evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah yang dibuat oleh penulis yang berupa keuntungan dan kerugian dari masing masing alternatif pemecahan masalahnya:

1. Kurangnya daya hisap pada pompa ballast.

a. Mengganti perapat poros (*packing*)

Keuntungan :

1) Memaksimalkan tekanan pompa
2) Mencegah kebocoran

Kerugian :

1) Sisa potongan packing akan terbuang dan tidak bias di pakai

2. Terjadi getaran pada pompa ballast pada saat beroperasi.

a. Ambil tindakkan pencegahan kavitasi

Keuntungan :

1) Penurunan tekan pada sisi masuk sudu menjadi lebih besar.
2) Kecepatan aliran fluida bertambah besar.

Kerugian :

1) Tekanan uap zat cair dapat berubah menurut temperaturnya.
2) Tekanan uap tergantung pada zat cair yang di pompa

b. Ambil tindakan mencegah surjing

Keuntungan :

1) Dapat mengembalikan laju aliran air.

Kerugian :

1) Fluktuasi aliran menjadi mengecil.

E. PEMECAHAN MASALAH

Dalam mengatsi permasalahan yang telah dikemukakan diatas, penulis mencoba melakukan pemecahan masalah yang terbaik dan alternatif yang diberikan. Berdasarkan atas penjelasan-penjelasan yang penulis mengungkapkan, mulai dari permasalahan yang diberikan hingga pemecahan masalahnya yang dilandasi atas teori-teori yang digunakan, maka pemecahan yang efektif dalam mengatasi masalah diatas adalah :

1. Kurangnya daya isap dan daya tekan pompa *ballast* perlu dilakukan :
    a. Melakukan perbaikan/pengecekan terhadap kerusakan pada pompa dengan melakukan analisa sebab dan akibat terlebih dahulu akibat timbulnya permasalahan serta cara perbaikarn sesuai dengan prosedur yang tertera pada buku panduan perbaikan.
    b. Memberikan perhatian atau pengecekan secara berkala terhadap bagian-bagian yang ada pada pompa *ballast*, seperti packing, pipa, dan bagian lainnya yang dapat mempengaruhi daya hisap pada pompa *ballast.*
2. Terjadinya suara berisik dan getaran pada pompa *ballast* dengan cara :
    a. Perkuat pondasi dan penumpu pompa
    b. Sediakan NPSH yang cukup untuk menghindari kavitasi

c. Operasikan pompa pada daerah kerja yang semestinya, yaitu dalam batas- batas yang di berikan oleh pabrik (mengenai kapasitas, head total pompa, tinggi isap dan lain- lain)
d. Operasikan pompa tanpa terlalu banyak mengecilkan pembukaan (mentrotel) katup keluar. Jika laju aliran terlalu terlalu besar secara berlebihan pada keadaan katup terbuka penuh, sebaiknya pompa diganti dengan yang lebih kecil, atau pada pipa keluar dipasang orifis.
e. Jika getaran dan bunyi timbul karena ada bagian yang aus atau mengalami korosi, perbaiki atau ganti bagian ini dengan yang baru. Selain itu periksa dan luruskan poros pompa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dan disusun secara sistematis sesuai dengan urutan permasalahan yang ditemui pada saat melakukan analisa dan perbaikan maupun sewaktu mencari penyebab pada kurangnya kinerja pompa *ballast* karena terjadinya kavitasi, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Sehingga mengakibatkan timbulnya suara berisik (*noise*) dan getaran disertai kerusakan pada bagian pompa *ballast* serta berkurangnya daya hisap dan daya tekan pompa *ballast*.

1. Kurangnya daya hisap pada pompa ballast

Kurangnya daya hisap terjadi karena :

a. Kebocoran pada kotak *packing*

Kebocoran dari kotak packing harus berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak banyak dari 0,5 cm3/s. Jika jumlah tetesan lebih dari ini, penekan packing harus dikencangkan pelan- pelandan merata dengan mengencangkan kedua mur secara bergantian sampai tetesan menjadi normal

2. **Terjadi getaran pada pompa *ballast* pada saat beroperasi**

Akibat terjadi getaran karena :

a. Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air

pada tekanan 1 atmosfir akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100ºC. Tetapi jka tekanan direndahkan maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. jika tekanannnya cukup rendah maka pada temperatur kamarpun air dapat mendidih.

b. Surjing

Beberapa pompa sentrifugal mempunyai lengkungan head yang menanjak dan beberapa lagi mempunyai lengkungan yang mnurun, jika kapasitas mengecil mendekati nol. Pompa yang mempunyai kurva yang menanjak selalu bekerja dengan stabil. Namun pompa dengan kurva yang menurun dalam keadaan tertentu dapat mengalami gejala seperti orang bernafas.

B. SARAN

Dari kesimpulan diatas maka untuk mencegah kejadian yang buruk terjadi sehubungan dengan terjadinya fenomena kavitasi yang mengakibatkan menurunnya kinerja pompa pendingin air laut maka diberikan saran-saran agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan yang sama agar tercapainya pengoptimalan kinerja pompa *ballast* guna menunjang kelancaran pengoperasian diatas kapal. Maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Kurangnya daya hisap pada pompa *ballast*

Pemeriksaan pipa- pipa dan pengecekan packing pada pompa *ballast* yang mengakibatkan daya hisap pompa tidak maksimal :
Disarankan melakukan pemeriksaan dan perawatan terhadap kondisi dari pompa *ballast* secara detail dan periodik khususnya pada packing dan pipa- pipa pompa ballast agar pompa *ballast* dapat beroperasi dengan baik.

2. Terjadi getaran pada pompa *ballast* pada saat beroperasi

Memberikan pemahaman perawatan pompa kepada operator terhadap bagian-bagian yang bersangkutan khususnya pompa *ballast* dengan memperkuat pondasi dan penumpu pompa sehingga dapat mencegah timbulnya suara berisik dan getaran pada pompa.

DAFTAR PUSTAKA

Edwards, Hicks; Harahap, Zulkifli, 1971, ***Teknologi Pemakaian Pompa,*** Erlangga, jakarta.

Sularso, Haruo Tahara, 2000, ***Pompa dan Kompressor,*** Pradnya Paramita, Jakarta.

http://www.slideshare.net (diupload tanggal 10 januri 2009 dan diakses tanggal 03 oktober 2018

http://www.scribd.com. (diupload tanggal 07 Mei 2011 dan diakses tanggal 11 oktober 2018).

http://www.en.wikipedia.org (di upload tanggal 1 Oktober 2010 dan diakses tanggal 26 Juni 2018).