

KARYA ILMIAH TERAPAN

ANALISIS MENURUNNYA TEKANAN POMPA *BALLAST*

DI KAPAL MUTIARA FERINDO II



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Studi Diploma III Teknologi Nautika
(Diklat Pelaut Tingkat III Pembentukan)

ANDREAN PRANATA PESIK

NIT.123305201007

AHLI TEKNOLOGI NAUTIKA TINGKAT III

PROGRAM STUDI DIPLOMA III PELAYARAN
POLITEKNIK PELAYARAN SUMATERA BARAT
TAHUN 2024

 POLITEKNIK PELAYARAN SUMATERA BARAT	No. Dokumen	: FR-PRODI- TN-25
	Tgl. Ditetapkan	: 03 / 01 / 2023
	Tgl. Revisi	: -
	Tgl. Diberlakukan	: 03 / 01 / 2023
	PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN	

Judul : ANALISIS MENURUNNYA TEKANAN POMPA *BALLAST*
DI KAPAL MUTIARA FERINDO II

Nama : Andrean Pranata Pesik

NIT : 123305201007

Program Studi : Teknologi Nautika

Keahlian : Ahli Teknika Tingkat III

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarakan.

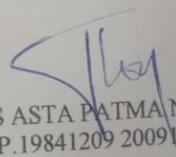
Padang Pariaman, 2024

Menyetujui:

Pembimbing I

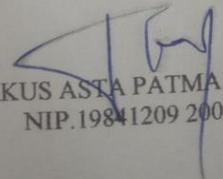
Pembimbing II


Dr. H. IRWAN, S.H, M.Mar.E
NIP. 19670629 199808 1 001


MARKUS ASTA PATMA N, S.Si.T., M.T
NIP.19841209 200912 1 003

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknologi Nautika


MARKUS ASTA PATMA N, S.Si. T., M.T
NIP.19841209 200912 1 003

 POLITEKNIK PELAYARAN SUMATERA BARAT	No. Dokumen	: FR-PRODI- TN-25
	Tgl. Ditetapkan	: 03/01/2023
	Tgl. Revisi	: -
	Tgl. Diberlakukan	: 03/01/2024
	PENGESAHAN KARYA ILMIAH TERAPAN	

JUDUL

ANALISIS MENURUNNYA TEKANAN POMPA BALLAST
DI KAPAL MUTIARA FERINDO II

Disusun Oleh:

ANDREAN PRANATA PESIK

NIT.123305201007

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI NAUTIKA

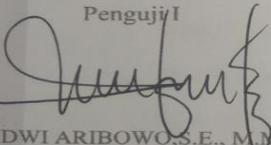
Telah dipertahankan di depan penguji Karya Ilmiah Terapan

Politeknik Pelayaran Sumatera Barat

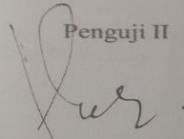
Pada tanggal,

Menyetujui:

Penguji I

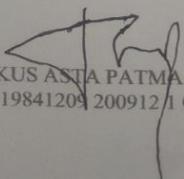

(DWI ARIBOWO, S.E., M.Mar.E)
NIP. 19740419 1998081 001

Penguji II


(NELFI ERLINDA, M.Pd)
NIDN. 101828

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Nautika


(MARKUS ASTA PATMAN, S.Si. T., M.T)
NIP. 19841209 200912 1 003

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa. Berkat rahmat dan anugerah-NYA Karya Ilmiah Terapan dengan judul "Analisis menurunnya Tekanan Pompa *Ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II" dapat diselesaikan dengan baik.

Karya Ilmiah Terapan ini dilaksanakan karena ketertarikan terhadap masalah kinerja pompa yang sering diabaikan dan menjadi salah satu faktor penghambat pengoperasian *ballast* pada kapal.

Akhir kata saya ucapkan terima kasih kepada semua pihak, artikel dan buku pedoman yang telah membantu penulis sehingga karya ilmiah ini dapat terselesaikan, antara lain kepada:

1. Bapak Dr. H. Irwan, S.H., M.Mar.E, selaku Direktur Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.
2. Bapak Markus Asta Patma Nugraha, S.Si.T.,M.T, selaku ketua Program Studi Teknologi Nautika Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.
3. Bapak Dr. H. Irwan, S.H., M.Mar.E, selaku dosen pembimbing Materi Karya Ilmiah Terapan atas arahan dan bimbingannya
4. Bapak Markus Asta Patma Nugraha, S.Si.T.,M.T, selaku dosen pembimbing Metodologi Penelitian yang telah meluangkan waktunya.
5. Bapak dan Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Sumatera Barat yang telah memberikan ilmu kepada taruna selama menempuh pendidikan di Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.

6. Seluruh *crew* kapal MUTIARA FERINDO II yang telah membimbing penulis selama melaksanakan praktek laut.
7. Seluruh jajaran direksi dan *staff* perusahaan PT. Atosim Lampung Pelayaran yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan praktek laut.
8. Seluruh teman teman seperjuangan kelas Teknik A dan teman teman angkatan V yang selalu memberikan dukungan dan kerja sama.
9. Dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung baik secara moral maupun moril sehingga Karya Ilmiah Terapan ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa Membalas segala kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini dengan baik. Penulis mengharapkan saran atau koreksi dari para pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan Karya Ilmiah Terapan ini. Dan apabila ada hal hal yang dirugikan penulis mohon maaf berharap Karya Ilmiah Terapan ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi pembaca.

Padang Pariaman, 08 Januari 2024

Andrean Pranata Pesik

NIT.123305201007

ABSTRAK

Andrean Pranata Pesik 2024, Analisis Menurunnya Tekanan Pompa *Ballast* di kapal Mutiara Ferindo II. Dibimbing oleh Dr. H. Irwan, S.H., M.Mar.E dan Markus Asta Patma Nugraha, S.Si.T,M.T

Selama kapal berlayar atau sedang melaksanakan kegiatan bongkar muat, harus mampu menjaga stabilitas kapal. Stabilitas kapal disebabkan oleh adanya air *ballast*, dimana air *ballast* ini disimpan di tangki *ballast*. System *ballast* adalah suatu system yang menjaga keseimbangan kapal.

Penelitian ini menggunakan metode diskriptif kualitatif. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode dengan cara observasi, wawancara dan dokumentasi. Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yaitu faktor yang menyebabkan turunya tekanan pompa *ballast*, dampak dari faktor menurunnya tekanan pompa *ballast* dan upaya untuk mencegah terjadinya tekanan pompa *ballast* yang menurun.

Berdasarkan temuan dan hasil penelitian tersebut, didapat simpulan bahwa faktor yang menyebabkan turunnya tekanan pompa *ballast* pada kapal yaitu kebocoran pada packing, filter sea chest kotor dan logam zinc anode pompa habis. Dampak dari faktor menurunnya tekanan pompa *ballast* yaitu terganggunya pengoperasian *ballast* pada kapal, kavitasi pada pompa, dan keroposnya *casing* pompa. Upaya yang dilakukan untuk mencegah penurunan tekanan pompa *ballast* yaitu melakukan pergantian parts-parts dan packing pompa, pembersihan *filter sea chest* dan pergantian pada logam zinc anode pompa.

Kata Kunci: Pompa *Ballast*, Stabilitas Kapal

ABSTRACT

Andrean Pranata Pesik 2024, Analys Decrease Ballast Pump Pressure on the Mutiara Ferindo II ship. Supervised by Dr. H. Irwan, S.H., M.Mar.E and Markus Asta Patma Nugraha, S.Si.T,M.T

During the ship sailing or carrying out loading and unloading activities, it must be able to maintain ship stability. Ship stability is caused by ballast water, where this ballast water is stored in the ballast tank. The ballast system is a system that maintains the balance or stability of the ship.

This research uses a qualitative descriptive method. The data collection method used is the method by means of observation, interviews and documentation. This research has several problem formulations, namely the factors that cause the drop in ballast pump pressure, the impact of the ballast pump pressure drop factor and efforts to prevent the ballast pump pressure drop.

Based on the findings and results of the study, it is concluded that the factors that cause a decrease in ballast pump pressure on the ship are leaks in the packing, dirty sea chest filters and exhausted zinc anode pump metal. The impact of the factor of decreasing ballast pump pressure is the disruption of ballast operations on the ship, cavitation in the pump, and porous pump casing. Efforts made to prevent a decrease in ballast pump pressure are to replace pump parts and packing, clean the sea chest filter and replace the zinc anode metal pump.

Keywords: Ballast Pump, Ship Stability

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Review Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.3 Kerangka Penelitian	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian.....	34
3.2 Lokasi Penelitian	35
3.3 Sumber Data.....	35
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.5 Instrumen Penelitian.....	38

3.6	Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian	41
4.2	Hasil Penelitian	52
4.3	Pembahasan.....	60
BAB IV PENUTUP		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		68
DAFTAR LAMPIRAN.....		69

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 3.1 Informan Kunci	38
Tabel 4.1 <i>Crew List</i>	44

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 Jenis Stabilitas Kapal	11
2.2 Valve	14
2.3 Diagram <i>Sea Chest</i>	15
2.4 filter	15
2.5 Tangki <i>Ballast</i>	16
2.6 <i>Piping For Ballast System</i>	18
2.7 Pompa Torak	19
2.8 Pompa Gerigi.....	20
2.9 Pompa Ulir	20
2.10 Pompa Sentrifugal	23
2.11 <i>Casing</i>	26
2.12 <i>Impeller</i>	27
2.13 <i>Jenis Impeller</i>	27
2.14 <i>Shaft</i>	28
2.15 <i>Bearing</i>	29
2.16 <i>Coupling</i>	29
2.17 <i>Mechanical Seal</i>	30
2.18 Kerangka Penelitian.....	34
4.1 <i>M.V MUTIARA FERINDO II</i>	42
4.2 <i>Ship Particular</i>	43
4.3 Pompa Ballast di Kapal MUTIARA FERINDO II.....	45
4.4 <i>Nameplat Pompa ballast</i> kapal MUTIARA FERINDO II.....	45
4.5 Monitor IAS pada Kapal MUTIARA FERINDO II.....	47
4.6 Monitor IAS Bagian Ballast System	49
4.7 PMS (<i>Planning Maintenance System</i>) Pompa <i>Ballast</i>	52
4.8 Kebocoran pada <i>Packing</i>	56
4.9 <i>Filter Sea Chest Dirty</i>	57
4.10 Tidak adanya logam <i>zinc</i> pada pompa.....	58
4.11 Monitor Trim Kapal	60

4.12 Kavitasi pada <i>Casing</i> Pompa.....	61
4.13 <i>Casing</i> korosi karena tidak adanya logam <i>zinc</i>	62
4.14 Pergantian parts-parts	64
4.15 Pembersihan <i>filter sea chest</i>	65
4.16 Pergantian logam <i>zinc</i> anode pompa <i>ballast</i>	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Draft Wawancara	69
Lampiran 2. Hasil Wawancara	70
Lampiran 3. Hasil Lembaran Observasi	77
Lampiran 4. Dokumentasi lapangan.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak ditemukan kapal berlambung besi sekitar 120 tahun yang lalu, air digunakan sebagai *ballast* untuk menyeimbangkan kapal. Air *ballast* dipompa ke dalam kapal untuk menjaga agar kapal selamat dalam pengoperasiannya. Di dalam pengoperasian kapal, selama kapal berlayar atau sedang melaksanakan kegiatan bongkar muat, harus mampu menjaga kondisi kapal agar tetap dalam keadaan stabil.

Kondisi stabilitas kapal disebabkan adanya air *ballast*, dimana air *ballast* ini disimpan di tangki *ballast*, dalam penerapannya air *ballast* juga digunakan untuk meningkatkan daya dorong kapal, mempermudah kapal dalam olah gerak dan mengimbangi beban yang berkurang akibat berkurangnya bahan bakar kapal, bongkar muat, pengelolaan air *ballast* berjalan dengan baik tergantung dari kerja sistem *ballast*. Sistem *ballast* adalah alat yang digunakan untuk menjaga keseimbangan posisi kapal. Sistem ini ditunjukkan untuk menyesuaikan tingkat kemiringan dan draft kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas kapal dapat dipertahankan. Dalam sistem *ballast* terdapat tangki yang berfungsi untuk menjaga stabilitas kapal baik saat berlayar maupun kapal melakukan bongkar muat. Pipa *ballast* dipasang di tangki ceruk depan dan tangki ceruk belakang (*after and fore peak tank*), *double bottom tank*, *deep tank* dan tangki samping

(*side tank*). *Ballast* yang ditempatkan di tangki ceruk depan dan belakang ini untuk melayani kondisi trim kapal yang dikehendaki. *Double battom ballast tank* dan *deep tank* diisi *ballast* untuk memperoleh sarat air yang layak, tangki *ballast* samping untuk memperoleh penyesuaian sarat air dalam daftar.

Tangki *ballast* diisi dan dikosongkan dengan saluran pipa yang sama, jika stop *valve* dipasang pada sistem ini. Jumlah berat *ballast* yang dibutuhkan untuk kapal rata-rata 10 % sampai 20% dari *displacement* kapal. Keperluan sistem *ballast* dari muatan kering (*dry cargo ship*) adalah sama sistem pipa bilga. Sistem pipa *ballast* harus dapat memenuhi sarat untuk menyediakan pengisian air *ballast* dari *dry cargo tank* atau ruangan yang berdampingan. Dalam proses pengisian air *ballast* menggunakan suatu pesawat yaitu pompa *ballast*.

Pompa sebagai salah satu mesin yang digunakan untuk memindahkan *fluida* dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan *fluida* yang dipindahkan tersebut, salah satu pompa tersebut adalah pompa *ballast* biasanya pompa *ballast* pada kapal menggunakan sistem pompa sentrifugal , Pompa sentrifugal sebagai salah satu pompa yang banyak dijumpai dalam industri, bekerja dengan prinsip putaran *impeller* sebagai elemen pemindah *fluida* yang digerakkan oleh suatu penggerak. Zat cair yang berada di dalam pompa akan berputar akibat dorongan sudu-sudu dan menimbulkan gaya sentrifugal yang menyebabkan cairan mengalir dari tengah *impeller* dan keluar melalui saluran antara sudu-sudu dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan tinggi. Setelah cairan didorong oleh *impeller*, ruang diantara sudu-sudu menjadi *vacuum*,

menyebabkan cairan terhisap masuk sehingga terjadi proses penghisapan.

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh (Iing,Abdurohman, Ujang:2018) Pada saat kapal MV. AMRTA JAYA 1 berlayar pada tanggal 23 Januari 2018 mengalami penurunan tekanan pompa air laut dari tekanan 3,4 bar menjadi 2.9 bar setelah mengetahui hal tersebut pompa tersebut dimatikan dan menghidupkan pompa nomor 2. Penyebab dari penurunan pompa tersebut dari ditemukannya sampah dan kerang-kerang kecil pada impeller pompa yang mengakibatkan isapan dari pompa tersebut menjadi kurang dan flow air laut pun berkurang.

Pengalaman penulis pada saat melakukan praktek laut di kapal MUTIARA FERINDO II pada tanggal 01 September 2022 sampai 11 Desember 2023 di Laut Jawa, pada saat melakukan proses bongkar muatan yang mengakibatkan kapal miring pada tanggal 7 Februari 2023 pukul 12:30 WIB, mualim jaga atau masinis jaga memberikan perintah untuk menghidupkan pompa *ballast* untuk mengisi tangki *ballast*, disaat proses pengisian tersebut pompa berjalan dengan normal pada tekanan *suction* 0.05 Mpa dan *discharge* 0.10 Mpa, selama proses pengisian air *ballast* belum selesai terjadi alarm yaitu *sea water low pressure* pada *line* pompa *ballast* nomor 1 dengan *pressure suction* 0.01 Mpa dan *discharge* 0.6 Mpa. Setelah terjadi kejadian tersebut masinis jaga memberikan informasi kepada mualim jaga untuk menghentikan dulu pada pompa *ballast* karena akan menyebabkan kerusakan yang lebih parah jika dilanjutkan. Pada saat itu *Chief Engineer* untuk mengecek pada *sea chest* ternyata *suction* untuk air laut berkurang karena normal pada *suction* air laut yaitu 0.05 Mpa dan langsung diubah ke *high sea*

chest, setelah diperiksa terdapat kotoran dan teritip yang menutupi lubang pada *filter low sea chest*.

Berdasarkan perbedaan atau teori dengan kejadian dan didukung oleh penelitian terdahulu maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: **“Analisis Menurunnya Tekanan Pompa *Ballast* di Kapal Mutiara Ferindo II”**

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Apa faktor yang menyebabkan menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian *ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II?
- b. Bagaimana dampak dari faktor menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian *ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II?
- c. Apa saja upaya untuk mengatasi faktor penyebab menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian sistem *ballast* pada Kapal MUTIARA FERINDO II?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Dalam penelitian ini, maka penulis akan membatasi pembahasan karya ilmiah terapan ini hanya pada ruang lingkup pompa ballast yang mengalami penurunan tekanan pada saat pengoperasian ballast di kapal MUTIARA FERINDO II periode 2022-2023.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari judul penelitian tersebut, yaitu “Analisis Menurunnya Tekanan Pompa *Ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II” maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui faktor penyebab menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian *ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II.
- b. Untuk mengetahui dampak dari faktor penyebab menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian sistem *ballast* pada Kapal MUTIARA FERINDO II.
- c. Untuk mengetahui upaya mengatasi penyebab menurunnya tekanan pompa *ballast* pada saat pengoperasian *ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian karya ilmiah tentang menurunnya tekanan pompa ballast yaitu sebagai berikut

1.5.1 Manfaat Secara Teoritis

Penelitian ini bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan mengenai pengoperasian dan perawatan pompa ballast pada kapal.

1.5.2 Manfaat Secara Praktis

a. Bagi Taruna

Untuk menambah pengetahuan sebelum melaksanakan praktek laut, sehingga dapat menambah wawasan dan informasi pembaca tentang menurunnya tekanan pompa *ballast* di kapal.

b. Bagi crew

Sebagai bahan kepada pihak-pihak terkait diatas kapal seperti *chief engineer*, masinis, *crew* kapal dan *cadet* tentang analisa menurunnya tekanan pompa *ballast* di kapal.

c. Bagi Penulis

Sebagai penambah informasi tentang komponen pompa *ballast* dan dapat menjadi masukan bagi Penulis tersebut apabila ada penurunan pada tekanan pompa *ballast* tersebut.

d. Bagi Institusi

Hasil penelitian dapat disimpan di perpustakaan sekolah dan dapat menjadi referensi Taruna dan Perwira siswa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Review Penelitian Sebelumnya

Bagian berikut ini menjelaskan beberapa penelitian sebelumnya terkait analisis Menurunnya Tekanan Pompa Ballast Terhadap Pengoperasian *Ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II. Penelitian yang dilakukan oleh (Iing, Abdurohman, Ujang:2018) dilakukan pada tanggal 23 Januari 2018 di kapal MV. AMRTA JAYA 1 mengalami penurunan tekanan pompa air laut dari tekanan 3,4 bar menjadi 2.9 bar yang disebabkan oleh karang karang dan sampah yang menyumbat pada *impeller* sehingga isapan pompa tersebut berkurang. Permasalahan lain ditemukan diatas kapal adalah tentang pengadaan *spareparts* yang masih kurang, kurangnya manajemen untuk pemakaian dan penerimaan spare parts yang selalu kekurangan dan perhatian dari pihak perusahaan tentang pengadaan *spareparts*. Hal tersebut mempengaruhi proses perawatan dan perbaikan pada pompa ballast dikapal, upaya yang dilakukan oleh masinis tersebut yaitu dengan membersihkan filter *sea chest* pada kapal agar sampah dan karang tidak masuk kebagian dalam pompa, selalu cek kondisi pompa pada saat beroperasi, selalu memeriksa tekanan pompa.

Dalam review penelitian tersebut bisa diambil kesimpulan bahwa melakukan perawatan, pengecekan, melakukan PMS (*Plant Maintenance System*), mengganti *sparepart* yang sesuai sangat diperlukan agar

pompa *ballast* bekerja secara normal agar kestabilan kapal dapat terjaga saat pelayaran sehingga tidak membahayakan *crew* dan kapal. Sedangkan, dalam penelitian yang akan saya teliti adalah apa penyebab dan dampak yang terjadi jika terjadi penurunan tekanan pompa *ballast* di Kapal MUTIARA FERINDO II.

2.2 Landasan Teori

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

2.2.1 Kapal

Menurut undang-undang Nomor 17 Tahun 2008 Pasal 1 nomor 36 tentang Pelayaran , “kapal” adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Menurut pasal 309 ayat (1) KUHD, “kapal” adalah semua alat berlayar, apapun nama sifatnya. Termasuk didalamnya adalah: kapal karam, mesin pengeruk lumpur, mesin penyedot pasir, dan alat pengangkut terapung lainnya. Meskipun benda-benda tersebut tidak dapat bergerak dengan kekuatannya sendiri, namun dapat digolongkan kedalam “alat berlayar” karena dapat terapung/mengapung dan bergerak di atas air.

Dari kutipan di atas penulis menyimpulkan, bahwa pengertian kapal adalah transportasi yang bergerak di atas permukaan air atau pun dibawah permukaan air. Kapal yang digunakan baik untuk keperluan transportasi antar pulau maupun untuk keperluan eksploitasi hasil laut, harus memenuhi persyaratan kelaik Lautan. Sehingga menjamin keselamatan kapal selama pelayarannya di laut. Adapun kelaik Lautan kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan keselamatan kapal, pencegahan pencemaran perairan kapal, pengawakan, garis muat, pemuatan, kesejahteraan awak kapal dan kesehatan penumpang, status hukum kapal, dan manajemen keselamatan kapal untuk berlayar di perairan tertentu.

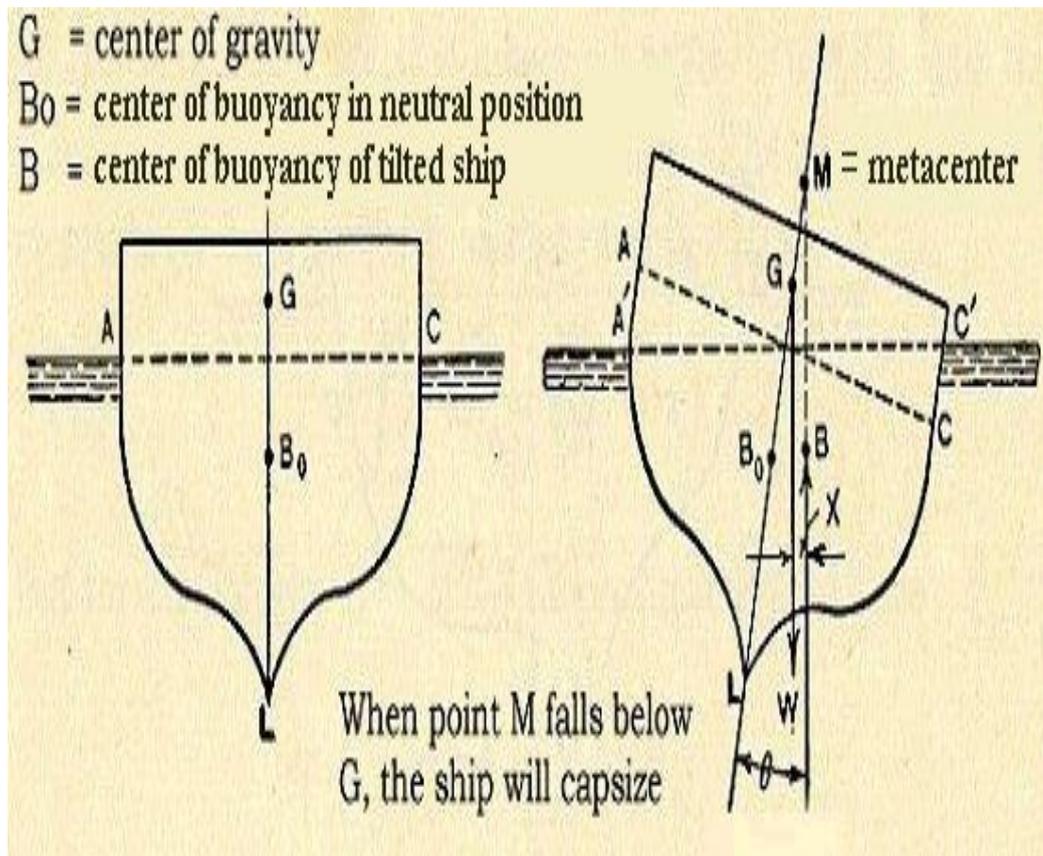
Ketika kebutuhan semakin banyak mulai dari kebutuhan akan mencari ikan di laut, muncul berbagai jenis kapal ikan, kebutuhan mengebor minyak bumi di laut memunculkan jenis kapal pengebor, kapal krane, kapal pengumpul minyak, kapal pengangkut gas alam, kebutuhan pertahanan dan patroli memunculkan kapal pemburu, kapal penyapu ranjau, kapal pengangkut personel, kapal induk. Kebutuhan - kebutuhan yang lainnya juga akan memunculkan berbagai jenis kapal dengan variasi yang beragam sesuai dengan kebutuhannya.

2.2.2 Stabilitas Kapal

Menurut Dosenkapal (2017), stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali terapung tegak saat kapal diapungkan, tidak miring kekanan atau kekanan, demikian pula saat berlayar, disebabkan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja pada saat kapal diolengkan oleh angin atau ombak, kapal dapat tegak kembali.

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

- a. Faktor internal yaitu tata letak muatan, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan.
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai.



Gambar 2.1. Jenis Stabilitas awal
Sumber : dosenkapal;2017

2.2.3 Sistem *Ballast* Kapal

2.2.3.1 Pengertian Sistem *Ballast*

Menurut Irvandi (2014) system ballast adalah salah satu system pelayanan di kapal yang mengangkut dan mengisi air ballast. Sistem ballast berfungsi untuk memposisikan kapal dalam keadaan seimbang. Keseimbangan kapal turut mempengaruhi keselamatan muatan beserta seluruh awak yang berada di atas kapal, dalam perencanaanya adalah dengan memasukan air sebagai bahan ballast, pompa ballast memiliki peranan penting guna memperlancar suatu kegiatan kapal, baik ketika sedang melakukan bongkar maupun muat disinilah peranan pompa ballast dibutuhkan sebagai sarana untuk mengisi dan membuang air laut yang berada di dalam tangki ballast. Kegiatan mengisi air ballast ke dalam tangki dapat dilakukan dengan pompa ballst, dapat juga dengan gravity atau mengalirkan air laut ke dalam tangki yang kosong, karena permukaan air laut lebih tinggi dari pada dasar tangki saat kapal masih penuh muatan, dilakukan bersamaan pembongkaran muatan.

Sedangkan menurut Cahyono B. (2015) air ballast merupakan air laut yang di pompa menuju tangki lambung bagian bawah kapal sebagai pemberat untuk memastikan stabilitas kapal, menjaga kemiringan kapal, menggantikan beban dari muatan kapal saat bongkar muat, serta menjaga agar baling-baling tetap berada di dalam air. Pertukaran air ballast saat *loading/unloading* bisa menimbulkan resiko saat terjadi perpindahan spesies laut asing pada satu wilayah ke wilayah

lain. Diketahui bahwasanya spesies laut bisa invasive (merugikan) dan mengganggu keseimbangan ekologi pada daerah yang memiliki ekosistem yang berbeda. Data dari IMO (International Maritime Organization), organisasi yang bertanggung jawab untuk meningkatkan keselamatan *maritime* dan mencegah pencemaran dari kapal, menunjukkan bahwa lebih 10 miliar ton air ballast selalu di pertukarkan antar negara setiap tahunnya (IMO,2000).

2.2.3.2 Komponen-Komponen Sistem *Ballast* Kapal

Menurut jurnal Rudi Setiawan (2019) selain komponen-komponen yang mendukung kinerja pompa *ballast* diperlukan juga perlengkapan penunjang demi kelancaran produksi air *ballast*. Tentunya alat kelengkapan ini sangat diperlukan oleh pompa *ballast* diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Valve*

Valve adalah katup pipa-pipa muat dan bongkar. Biasa untuk membuka dan menutup dengan cara memutar *fly wheel*, atau secara *elektro hidraulik* dengan memutar atau menekan tombol di *cargo control panel* di dalam *cargo control room*. Untuk kapal-kapal tangker yang mutakhir dapat pula dengan menekan tomboal *mouse* komputer. Ada tiga macam *valve* yaitu:

a. *Buterfly valve*

b. *Gate valve*

c. *Globe valve*

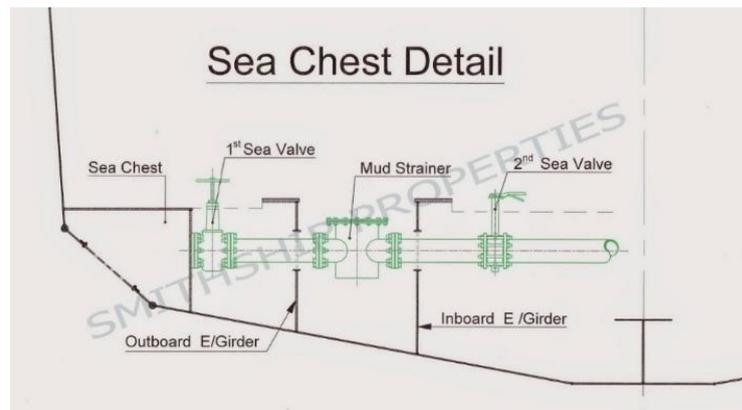


Gambar 2.2. Valve

Sumber: <https://www.stockistvalve.com/jual-valve-standart/>

2. *Sea Chest*

Sea chest adalah lubang isap air laut, digunakan untuk mengisi air ballast, mencuci tangki, pendingin mesin air *deck*, air pemadam kebakaran, air untuk menggerakkan *screw fan*. *Sea chest* terdiri dari 2 jenis yaitu: *high sea chest* merupakan lubang pengisapan air laut yang dipasang pada samping kapal di bawah garis laut jenis ini digunakan saat kapal berlayar pada laut yang dangkal, sedangkan *low sea chest* digunakan saat kapal berlayar di laut dalam, lubang pengisapan yang dipasang pada bagian bawah kapal.



Gambar 2.3. Diagram *sea chest*

Sumber: <https://smithship.blogspot.com/2015/05/merancang-instalasi-pipa-bilge-ballast.html>

3. Filter

Filter adalah alat untuk menyaring kotoran– kotoran, demi menjaga sistem pada pompa *ballast* agar tetap bersih dan terjaga dari kotoran, langkah ini dilakukan agar tidak menimbulkan kerusakan yang diakibatkan oleh kotoran-kotoran yang masuk kedalam sistem.



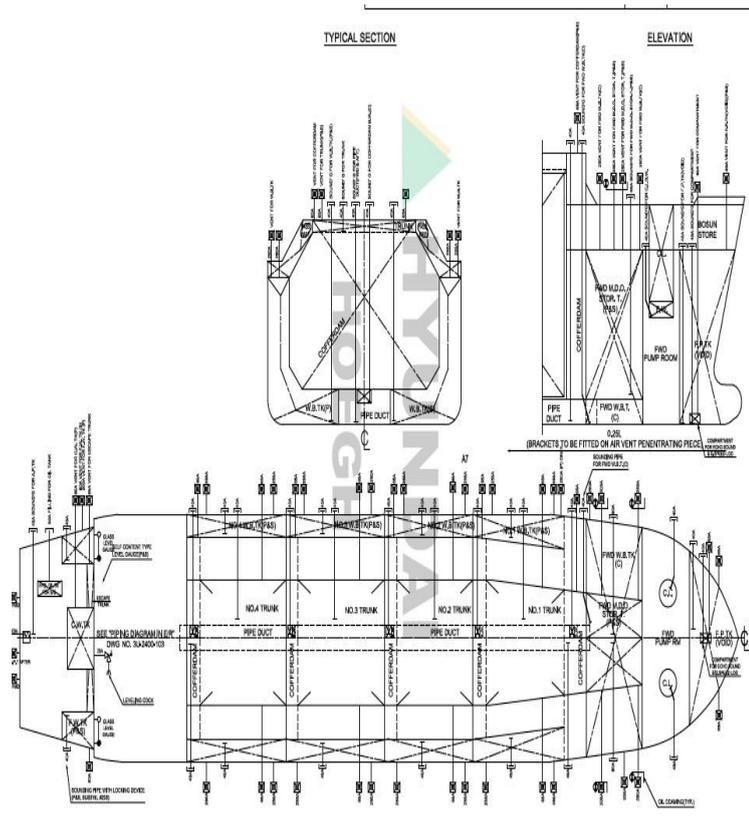
Gambar 2.4. Filter pompa *ballast*

Sumber. Dokumentasi Pribadi, 2023

4. Tangki Ballast

Tangki ballast adalah tangki untuk menampung air dan menjaga kestabilan atau baik saat berlayar maupun saat bongkar muat. Tangki ballast ditempatkan di tangki

buritan dan tangki ceruk haluan berguna untuk mengubah *trim*, serta terdapat di tangki *double bottom*, *deep ballast* tangki, dan *side ballast tank* berguna untuk memperoleh syarat yang tetap.



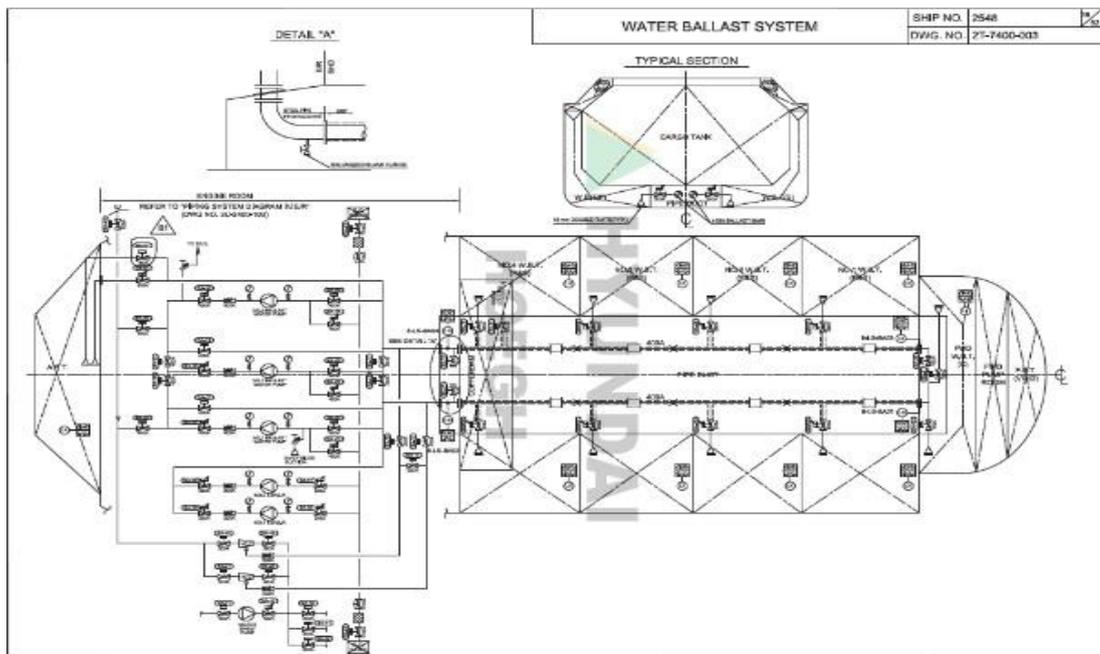
Gambar 2.5. Tangki ballast

Sumber: Dokumentasi Kapal MUTIARA FERINDO II

5. Jalur pipa Pompa *Ballast*

Jalur pompa *ballast* adalah jalur yang menghubungkan pipa ke tangki air *ballast* atau tangki *double bottom* serta mengetahui cara sistem pengoperasian ballast tersebut:

- a. Sisi pengoperasian dari tangki air *ballast* diatur sedemikian rupa sehingga pada kondisi trim pun air *ballast* masih tetap bisa di pompa.
- b. Kapal yang memiliki tangki *double bottom* dalam ukuran cukup lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada bagian luar tangki. Panjang tangki air *ballast* lebih dari empat puluh meter, dapat melakukan sisi isap, tambahan untuk memenuhi bagian dari tangki depan.
- c. Pipa yang melalui tangki pipa air *ballast* tidak boleh lewat instalasi, tangki minyak pelumas, tangki air baku, tangki bahan bakar, dan tangki air minum.



Gambar 2.6. Piping for *Ballast* system
 Sumber: Dokumentasi Kapal MUTIARA FERINDO II

6. Zinc Anode

Zinc anode adalah sebuah logam seng *zinc* yang digunakan dalam proses proteksi katodik pada *casing* pompa air laut yang terbuat dari kuningan atau logam lain dari korosi karat.

2.2.4 Pompa

Menurut Sularso dan Haruo Tahara (2015) Pompa adalah suatu alat yang mengangkat/memindahkan zat cair dari satu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros untuk memutar zat cair, maka zat cair yang ada di dalam *impeller* ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah ke luar melalui saluran di antara sudu - sudu. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah ke luar melalui saluran di antara sudu - sudu.

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*.

2.2.4.1 Jenis- Jenis Pompa

1. Pompa Piston (Torak)

Menurut Onny (2016) Pompa Torak adalah sebuah pompa energy mekanis penggerak pompa dirubah menjadi energi aliran fluida yang dipindahkan dengan menggunakan elemen yang bergerak bolak balik di dalam sebuah silinder.



Gambar 2.7 Pompa Torak
Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

2. Pompa Roda Gigi

Menurut Onny (2016) menjelaskan *Gear Pump* adalah jenis pompa *positive displacement* dimana fluida akan mengalir melalui celah-celah roda gigi dengan dinding rumahnya.



Gambar 2.8 Pompa Gerigi
Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

3. Pompa Ulir

Menurut Onny (2016) pompa Ulir yaitu jenis pompa yang cara kerjanya oleh gerak putar ulir yang berjalan secara aksial dari bagian inlet ke bagian outlet pompa sambil membawa fluida.



Gambar 2. 9 Pompa Ulir
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

4. Pompa Sentrifugal

Menurut Saputra (2010) Pompa sentrifugal adalah suatu pompa *rotadynamic* yang menggunakan *impeller* yang berputar untuk meningkatkan tekanan fluida. Pompa sentrifugal 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 pelindung (*casing*), dari mana ia keluar kedalam sistem pipa hilir. Pompa sentrifugal digunakan untuk pembuangan besar melalui kepala lebih kecil. Sifat dari hidrolis pompa ini adalah memindahkan energi yang terdapat pada daun (baling-baling) pompa dengan memakai dasar pengubahan arah aliran atau yang juga disebut *fluid dynamics*. Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal selalu sebanding dengan putaran. Total *head* atau tekanan yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal akan sebanding dengan pangkat dua dari kecepatan putaran. Pompa sentrifugal ini dikenal akan bentuknya yang sederhana, tidak memakan banyak tempat, ringan, serta tidak menghabiskan banyak biaya untuk instalasi dan perawatan

2.2.5 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Menurut jurnal Krisna Pratama (2018) pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa *non positive displacement pump* dengan prinsip kerja sebagai berikut:

- a. Energi mekanik dari unit penggerak dikonversikan menjadi energi cairan akibat adanya gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh *impeller* yang berputar.
- b. Energi kecepatan cairan kemudian dirubah menjadi energi potensial didalam volute dan melalui diffuser dengan cara memperlambat laju cairan.
- c. Energi tekanan cairan yang keluar dari pompa sentrifugal merupakan tekanan cairan dibagian sisi tekan *discharge*.

Dengan demikian pompa sentrifugal memiliki prinsip kerja mengkonversikan energi mekanik menjadi kecepatan *fluida* selanjutnya energi kecepatan *fluida* diubah menjadi energi tekanan keluar dari pompa. Dengan mengalirkan kecepatan yang agak rendah 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 sentrifugal dan berhubungan. Pompa dan penggeraknya pada umumnya diluruskan di atas satu landasan oleh pabrik pembuatnya. Meskipun demikian perangkat ini tidak boleh langsung dijalankan setelah dipasang ditempat, karena landasan yang dipakai pada umumnya tidak mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga masih bisa

terjadi deformasi elastis. Selain itu perlu diingat pelurusan di pabrik umumnya dilakukan di atas bidang yang sangat rata, berbeda dengan permukaan yang ada di tempat pemasangan. Jika dibuat 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 titik 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. Pompa sentrifugal juga memiliki permasalahan yang terjadi dalam pompa ballast sentrifugal yaitu kavitasi.

Menurut Saputra (2010) 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 *noniternal* 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. *Noniternal* kavitasi adalah proses dimana sebuah gelembung dalam cairan dipaksa untuk terombang-ambing dalam ukuran atau bentuk yang disebabkan oleh beberapa bentuk energi *input*, seperti lapangan akustik. Karena gelombang kejut yang dibentuk oleh kavitasi cukup kuat untuk secara signifikan merusak komponen yang bergerak,

Kavitasi biasanya merupakan fenomena yang tidak diinginkan. Ini secara khusus dihindari dalam desain mesin seperti turbin atau baling-baling dan menghilangkan kavitasi adalah bidang utama dalam studi dinamika *fluida* NPSH (*Net Positif Suction Head*). Ini menunjukkan perbedaan, dalam setiap lintasan sirkuit hidrolik yang umum, antara tekanan dan tekanan uap cair di bagian tersebut.

Menurut Saputra (2010) NPSH (*Net Positif Suction Head*) adalah parameter yang penting untuk selalu diperhitungkan ketika merancang suatu rangkaian setiap kali penerunan tekanan stagnasi cairan di bawah tekanan uap, cair mendidih, dan efek akhir akan kavitasi gelembung uap dapat mengurangi atau menghentikan aliran cairan. Pompa sentrifugal sangat rentan, sedangkan pompa perpindahan positif kurang dipengaruhi oleh kavitasi, karena mereka lebih mampu memompa aliran dua fase (campuran gas cair), namun resultan laju aliran dari pompa akan berkurang karena *volumetrically* gas menggantikan ketidakseimbangan cairan, adapun penyebab kavitasi sebagai berikut:

- a. Korosi di dalam pompa disebabkan oleh sifat *fluida*.
- b. Terlalu panas karena aliran rendah.
- c. Kurang perdana pompa sentrifugal harus diisi dengan air untuk beroperasi.

2.2.6 Komponen-Komponen Pompa *Sentrifugal*

Untuk menunjang performa kerja pompa *ballast* tentunya ada komponen-komponen yang mendukung didalamnya. Pada dasarnya komponen yang digunakan kurang lebihnya sama dengan jenis pompa *ballast* lainnya.

Menurut jurnal Riski Setiawan (2018) Pompa *ballast* terdapat berbagai komponen untuk menunjang kinerja pompa *ballast*, hal ini perlu diperhatikan demi kelancaran dan kinerja pompa berjalan maksimal. Berikut komponen-komponen didalam pompa *ballast* antara lain.

1. *Casing*

Komponen utama dari pompa sentrifugal adalah *casing* pompa, *casing* pompa sentrifugal didesain berbentuk sebuah *diffuser* yang mengelilingi *impeller* pompa. *Diffuser* ini sering dikenal dengan *volute casing*. Sesuai dengan fungsi *diffuser* sebagai menurunkan kecepatan aliran *fluida* yang masuk ke dalam pompa, menuju ke *outlet* pompa, *volute casing* didesain untuk membentuk corong, berfungsi untuk mengkonversikan energi kinetik menjadi tekanan dengan cara menurunkan kecepatan dan menaikkan tekanan, hal ini membantu menyeimbangkan tekanan hidrolis pada *shaft* pompa.



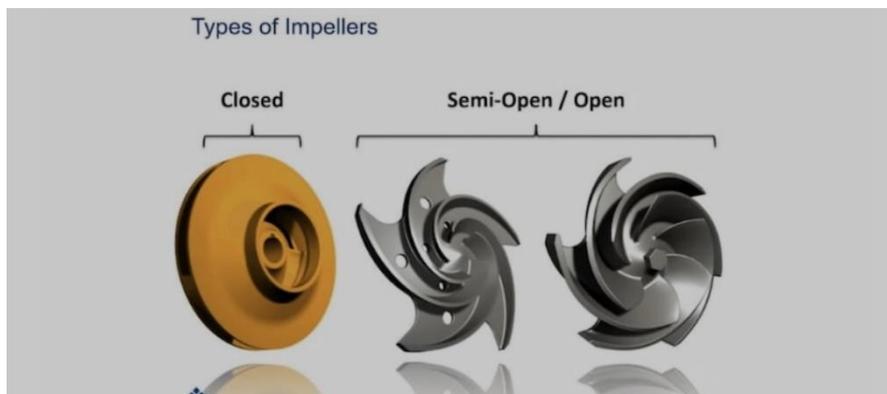
Gambar 2.11. *Casing*
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

2. *Impeller*

Impeller adalah bagian yang berputar dari pompa sentrifugal berfungsi untuk mentransport energi dari pompa sentrifugal. Desain *impeller* tergantung atas kebutuhan tekanan, kecepatan, aliran serta kesesuaian dengan sistemnya. *Impeller* menjadi komponen yang paling utama berpengaruh terhadap performa pompa. Modifikasi desain *impeller* akan langsung berpengaruh terhadap kurva karakteristik pompa tersebut. Ada berbagai macam desain *impeller* pompa *ballast* sentrifugal, antara lain yaitu, tertutup dan terbuka, *tipe radial*, *mix flow*, *tipe single flow*, dan *tipe non cloning*, *tipe single flow*, dan *tipe non cloning*, *tipe single stage*, dan *tipe multi stage*.



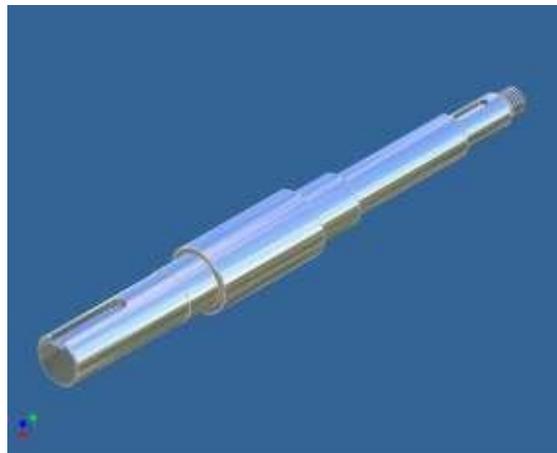
Gambar 2.12. *Impeller*
Sumber: Suwardi:2013



Gambar 2.13. Jenis *Impeller*
Sumber: Suwardi:2013

3. Poros (*Shaft*)

Poros pompa adalah bagian pompa yang mentransmisikan putaran dari sumber gerak, seperti motor listrik ke pompa. Pada sebuah pompa sentrifugal yang bekerja pada titik efisiensi terbaiknya, maka gaya bending porosnya akan secara sempurna tersalurkan ke seluruh bagian *impeller* pompa.



Gambar 2.14. Shaft
Sumber : Uki Wiraharyanto:2018

4. *Bearing*

Bearing pada pompa berfungsi menahan *constarin* posisi rotor relatif terhadap *startor* sesuai dengan jenis *bearing* yang digunakan. *Bearing* yang digunakan pada pompa yaitu jurna *bearing* yang berfungsi untuk menahan gaya beban da gaya-gaya yang searah dengan gaya beban tersebut, serta *thrust bearing* yang berfungsi untuk menahan gaya aksial yang timbul pada poros pompa relatif terhadap startor pompa.



Gambar 2.15. *Bearing*
Sumber: Suwardi:2013

5. *Coupling*

Coupling berfungsi menghubungkan dua *shaft*, dimana yang satu adalah poros penggerak dan lainnya adalah poros yang digerakkan. *Coupling* digunakan pada pompa bergantung pada desain sistem dan pompa itu sendiri. Macam-macam *coupling* yang digunakan pada pompa dapat berupa *fleksibel coupling rigid*, *coupling grid coupling*, *gear coupling*, *elastrometic coupling*, dan *disc coupling*.



Gambar 2.16. *Coupling*
Sumber : Suwardi:2013

6. *Packing*

Packing pompa *ballast* berfungsi mengontrol kebocoran *fluida* yang mungkin terjadi pada sisi pembatasan antara bagian pompa

yang bergerak “poros” dengan *starto*. Sistem *sealing* banyak digunakan pada pompa sentrifugal adalah *mecanical seal* dan *glad packing*.



Gambar 2.17. *Mechanical seal*
Sumber: Suwardi:2013

7. *Zinc Anode*

Zinc anode adalah sebuah logam seng *zinc* yang digunakan dalam proses proteksi katodik pada casing pompa air laut yang terbuat dari kuningan atau logam lain yang bisa menahan karat.

2.2.6 Gangguan dan Cara Perbaikan Komponen-Komponen Yang Menyebabkan Menurunnya Tekanan Pompa *Sentrifugal*

Menurut jurnal Krisna Prtama (2018:17) pompa *ballast* memiliki beberapa gangguan yang menyebabkan pompa *ballast* bekerja tidak normal dan cara perbaikannya antara lain:

1. *Impeller* Rusak

Penyebab *impeller* rusak diantaranya korosif, macet, dan aus.

Korosif disebabkan oleh jenis *fluida* yang dipompa dimana *impeller* mengalami erosi, karatan, dan berkerak. *Fluida* dapat mengikis *impeller* dan casing yang mengakibatkan aus, menipis, berlubang dan keropos sehingga *flow fluida* menurun. Untuk mengatasinya digunakan bahan *impeller* atau *casing* berbahan *stainless steel*.

2. *Bearing Abnormal*

Beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan bearing adalah:

- a. *Life time* oli, lakukan pergantian oli setiap 4,000 jam operasional (asumsi running 24 jam), lakukan *flushing* terlebih dahulu sebelum memasukan oli baru agar kotoran yang tertinggal di dalam *housing bearing* tidak tersisa. Cara membersihkan kotoran dengan menyemprotkan udara kedalam *housing bearing*.
- b.. *Oli under level*, perhatikan level oli setiap melakukan *preventive maintenance*. Jika oli kurang maka bearing tidak terlumasi dengan baik sehingga menimbulkan panas yang berlebih. Akibatnya bisa membuat *bearing* rusak dan dapat membahayakan part lainnya.
- c. Kualitas oli menurun, apabila oli berubah warna menjadi orange, menghitam, seperti susu, mengandung beram-beram serbuk metal halus maka gantilah dengan oli baru. Sebelum

menggantinya lakukan beberapa flushing. Kualitas oli buruk membuat bearing cepat panas.

3. *Shaft* putus

Shaft putus akibat *impeller* macet, sedangkan *shaft* bending disebabkan oleh ketidak sumbuan putaran *shaft* yang dapat menimbulkan *missaligament*. Untuk perbaikan *shaft* perlu dilakukan major *overhaul*. Gejala *missalignment* dapat diketahui dari kondisi berikut ini:

- a. Kerusakan *bearing* terlalu cepat
- b. Vibrasi tinggi ke arah aksial dan radial
- c. Panas pada housing bearing
- d. Kebocoran *seal*
- e. Baut kopling longgar dan patah
- f. Kopling panas ketika *shutdown*
- g. *Shaft* putus di dekat hub kopling
- h. Baut pondasi kendur

Untuk mencegah kerusakan fatal perlu dilakukan tindakan *run out shaft* pompa setelah *overhaul*.

4. *Shaft sleeve* dan *packing* aus

Penyebab *shaft sleeve* aus karena *lifetime packing* yang sudah terlalu lama digunakan atau sistem sealing bantu/macet. *Packing* semakin lama semakin mengeras dan dapat mengikis *shaft sleeve*. Pengikisan yang terlalu lama dapat memperbesar celah pada *shaft*

sleeve sehingga loses dan semburan fluida semakin deras. Jika semburan *fluida* terlalu lama akan menyebabkan *fluida* proses masuk ke dalam *housing bearing* sehingga dapat merusak kualitas oli, *oil seal* dan *bearing*.

5. *Sealing leak*

Kerusakan *mechanical seal* disebabkan oleh *fluida* kerja dan sistem operasional pompa. *Fluida* kerja pompa mengalami perubahan struktur dan terkontaminasi sehingga menyebabkan *scaliing*. Serpihan *scalling* mudah sekali masuk ke sistem *sealing* dan mengedap pada *seal face mechanical seal* yang menyebabkan *face* rentan pecah, retak, dan tergores.

2.3 Kerangka Penelitian

Tabel 2.1 Kerangka Penelitian

