

Buku Ajar Permesinan Bantu Kapal Niaga

Suroyo, M.Mar.E.



Buku Ajar

PERMESINAN BANTU KAPAL NIAGA



www.larispa.co.id

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Suroyo, M.Mar.E.

Buku Ajar

PERMESINAN BANTU KAPAL NIAGA



www.LARISPAa.co.id

BUKU AJAR PERMESINAN BANTU KAPAL NIAGA

Penulis :

Suroyo, M.Mar.E.

Copyright © 2020, Pada Penulis
Hak cipta dilindungi undang-undang
All rights reserved

Penata Letak: Amira Dzatina Nabila

Perancang sampul: Priyo Wicaksono

Penerbit:

LARISPA INDONESIA

Jl. Sei Mencirim Komplek Lalang Green Land I Blok C No. 18 Medan

Kode Pos: 203522 Medan

Telp: (061) 80026116/ 8002 1139

Laman: www.larispaspa.or.id / www.larispaspa.com

Edisi Pertama. 2020

ISBN : 978-602-6552-40-2

Dicetak oleh:

PENERBIT DEEPUBLISH

(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl. Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl. Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

www.larispaspa.co.id

KATA PENGANTAR

Konstruksi dan prinsip kerja permesinan bantu merupakan salah satu mata kuliah yang disyaratkan oleh kurikulum pendidikan pelayaran untuk peserta didik memperoleh capaian pembelajaran lulusan dalam rangka uji kompetensi keahlian pelaut untuk sertifikasi sebagai Ahli Teknika Tingkat-III (ATT-III). Sebagaimana diatur pada *STCW Convention 2010 Regulation III/1 dan STCW Code Section A-III/1* melalui program diklat Pelaut Pembentukan kompetensi-III (ATT-III). Dengan mempelajari pengoperasian permesinan bantu para taruna/i diharapkan dapat mengimplementasikan materi tersebut yang tentunya akan bermanfaat bagi mereka dalam dunia kerja kelak.

Bahan ajar ini disusun untuk membekali para taruna/i dalam penguasaan permesinan bantu. Pokok bahasan yang meliputi Pengoperasian permesinan bantu meliputi sistem permesinan, sistem pemompaan, ketel uap dan lainnya yang tertuang dalam bahan ajar ini adalah sesuai dengan *IMO Model Course 7.04 (Officer in Charge of an Engineering Watch)*. Penyusun melihat pentingnya pokok bahasan tersebut sebagai isi dari bahan ajar ini yang nantinya diharapkan dapat dikuasai oleh para taruna/i sebagai calon pelaut yang akan bekerja di kapal domestik maupun asing. Bahan ajar ini diharapkan dapat memfasilitasi parataruna/i dalam mempelajari pentingnya konstruksi dan prinsip kerja permesinan bantu untuk keselamatan pelayaran.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan kontribusinya dalam mewujudkan buku ajar ini. Penulis menyadari bahwa buku ini masih

terdapat banyak kekurangan, untuk itu penyempurnaan maupun perubahan buku ajar ini di masa mendatang senantiasa terbuka dan dimungkinkan mengingat akan perkembangan teknologi dan pengetahuan di bidang maritim. Harapan penyusun tidak lain bahwa buku ajar ini dapat memberikan manfaat.

Sorong, Mei 2020

Penyusun

Suroyo, M.Mar.E.



www.larispaco.id

PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI nomor 3 tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi pada Pasal 33 dan 34 menyatakan bahwa salah satu Standar sarana dan prasarana pembelajaran merupakan kriteria minimal tentang sarana dan prasarana sesuai dengan kebutuhan isi dan proses pembelajaran dalam rangka pemenuhan capaian pembelajaran lulusan adalah adanya Buku ajar sebagai komponen sistem pembelajaran yang memegang peranan penting dalam pencapaian Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD).

Hakikat dari penulisan Buku ajar permesinan bantu kapal niaga adalah sebagai buku pegangan perkuliahan bagi mata kuliah konstruksi dan prinsip kerja permesinan bantu pada Program Diploma III (D-3) program studi Permesinan Kapal. Penulisan buku ajar ini berdasarkan *IMO Model Course 7.04 (Officer in charge of an engineering watch)* dan peraturan Kepala BPSDM Perhubungan Nomor PK.07/BPSDMP-2016 tentang kurikulum program pendidikan dan pelatihan pembentukan dan peningkatan kompetensi di bidang pelayaran.

Buku ajar ini menjelaskan tentang permesinan bantu yang meliputi seluruh permesinan kecuali mesin penggerak utama (*main engine*), yang berada di dalam kamar mesin maupun di luar kamar mesin yang dijelaskan secara sistematis agar mempermudah taruna/i dalam memahami materi sehingga mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran khususnya pada mata kuliah konstruksi dan prinsip kerja permesinan bantu.

Buku ini merupakan suatu kesatuan unit pembelajaran yang berisi informasi, pembahasan dan evaluasi tentang permesinan bantu pada kapal niaga. Sebagai acuan dalam proses pembelajaran maka penulis menyertakan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) sebagai berikut:

No	Capaian Pembelajaran	Pokok Bahasan	Indikator
1	Mampu memahami konstruksi dasar pada permesinan kapal	Sistem Permesinan	Pengertian, fungsi dan jenis-jenis permesinan bantu
2	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik pompa	Pompa-pompa	- Karakteristik pompa - Jenis-jenis pompa dan kegunaannya
3	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik ketel uap	Ketel Uap (Boiler)	Pengertian, prinsip kerja, jenis dan apendansi ketel uap
4	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik kompresor udara	Kompresor Udara	Pengertian, prinsip kerja, jenis dan kompresor udara
5	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik Oil water separator	Oil Water Separator	Pengertian, prinsip kerja, jenis Oil water separator
6	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik purifier	Purifier	Pengertian, prinsip kerja, jenis purifier
7	Mampu memahami prinsip kerja dan karakteristik sistem kemudi	Sistem Kemudi	Pengertian, prinsip kerja, jenis sistem kemudi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....v

PENDAHULUANvii

DAFTAR ISIix

BAB 1 SISTEM PERMESINAN KAPAL1

A. Deskripsi.....1

B. Relevansi1

C. Capaian Pembelajaran.....1

D. Isi Materi.....2

1. Pengertian & Fungsi.....2

a. Pemenuhan Kebutuhan Jalannya Mesin Penggerak Utama (*Main Engine*)3

b. Pesawat Bantu Sebagai Penunjang Kerja Fungsi Kapal6

c. Penyelenggaraan Kebutuhan Domestik7

d. Penyelenggaraan Sistem Olah Gerak dan Gerakan Utama.....8

e. Penyelenggaraan Tenaga Listrik dan Penerangan8

f. Peralatan diatas Dek (*Deck Machinery*)9

g. Penyelenggaraan Sistem Keselamatan9

2. Jenis-Jenis Pesawat Bantu dan Fungsinya9

E. Rangkuman.....12

F. Latihan Soal13

BAB 2 POMPA.....14

A. Deskripsi.....14

B. Relevansi14

C. Capaian Pembelajaran.....15

D. Isi Materi.....15

1. Pengertian dan Karakteristik Pompa15

a.	Kondisi Isap.....	16
b.	Kondisi Tekan.....	19
c.	Tenaga Pompa.....	19
d.	Kerugian Gesekan.....	21
2.	Jenis-Jenis Pompa	25
a.	<i>Displacement Pumps</i>	25
1)	Pompa Desak Gerak Berputar (<i>Rotary Pumps</i>).....	26
2)	Pompa Roda Gigi (<i>Gear Pump</i>).....	27
3)	Pompa Lumas (<i>Lube Pump</i>).....	28
4)	Pompa Dinding (<i>Sliding-Vane Pump</i>).....	29
5)	Pompa Ulir (<i>Screw Pump</i>).....	30
6)	Mesin Penggerak Pompa <i>Rotary</i>	34
7)	Pompa Desak Gerak Bolak-Balik (<i>Reciprocating Pumps</i>).....	36
a)	Pompa Torak	37
b)	Pompa Plunyer (<i>Plunger Pump</i>).....	43
c)	Pompa Membran.....	44
b.	Pompa Sentrifugal (<i>Centrifugal Pumps</i>)	45
E.	Rangkuman	57
F.	Latihan Soal.....	58
BAB 3	KETEL UAP (BOILER).....	61
A.	Deskripsi.....	61
B.	Relevansi.....	61
C.	Capaian Pembelajaran	61
D.	Isi Materi.....	62
1.	Pengertian Ketel Uap.....	62
2.	Sistem Kerja Ketel Uap.....	63
3.	Klasifikasi Ketel Uap.....	65
4.	Parameter yang Harus Diperhatikan dalam Pengoperasian Ketel Uap	73
5.	Pembentukan Uap	75
6.	Parameter Ketel Uap.....	75
7.	Jenis Bahan Bakar untuk Ketel Uap	77
8.	Apendansi Ketel.....	77

9.	Pengoperasian <i>Boiler</i>	79
10.	Pemanasan Bahan Bakar	83
11.	Pembakaran Bahan Bakar	84
12.	Korosi Pada <i>Boiler</i>	84
13.	Air <i>Boiler</i> dan Air Pengisian <i>Boiler</i>	86
E.	Rangkuman	88
F.	Latihan Soal	89
BAB 4	KOMPRESOR UDARA	90
A.	Deskripsi	90
B.	Relevansi	90
C.	Capaian Pembelajaran	91
D.	Isi Materi	91
1.	Pengertian	91
2.	Jenis Kompresor Udara	92
3.	Prinsip Kerja Kompresor	95
4.	Bagian-Bagian Kompresor 2 Tingkat Tekanan	97
5.	Sistem Pendinginan	99
6.	Sistem Pelumasan	99
7.	Sistem Pengaman	102
8.	Komponen yang Berhubungan dengan Kompresor Udara	103
9.	Cara Menjalankan Kompresor	105
E.	Ringkasan	105
F.	Latihan Soal	106
BAB 5	PURIFIER	107
A.	Deskripsi	107
B.	Relevansi	107
C.	Capaian Pembelajaran	107
D.	Isi Materi	108
1.	Pengertian <i>Purifier</i>	108
2.	Prinsip Pemisahan pada <i>Purifier</i>	109
3.	Cara Kerja <i>Purifier</i>	110
4.	Penataan <i>Purifier</i> di Kamar Mesin	113
5.	Komponen-Komponen <i>Purifier</i>	115

6. Prosedur Pengoperasian dan Penghentian <i>Purifier</i>	120
7. Faktor-Faktor Penyebab Peluberan pada <i>Purifier (Overflow)</i>	122
E. Rangkuman	127
F. Latihan Soal.....	128
BAB 6 OILY WATER SEPARATOR (OWS)	129
A. Deskripsi	129
B. Relevansi.....	129
C. Capaian Pembelajaran	130
D. Isi Materi	130
1. Pengertian <i>Oily Water Separator</i>	130
2. Peraturan untuk Pemisah Air Berminyak	132
3. Konstruksi <i>Oil Water Separator</i>	132
4. Prinsip Kerja <i>Oil Water Separator</i>	134
5. Bagian-Bagian <i>Oil Water Separator</i>	138
6. <i>Oil Discharge Monitoring And Control System</i>	140
E. Ringkasan.....	141
F. Latihan Soal.....	142
BAB 7 SISTEM KEMUDI KAPAL (STEERING GEAR)	143
A. Deskripsi	143
B. Relevansi.....	143
C. Capaian Pembelajaran	144
D. Isi Materi	144
1. Pengertian Sistem Kemudi	144
2. Persyaratan Sistem Kemudi (<i>Steering Gear</i>).....	145
3. Penggolongan Sistem Kemudi di Kapal	148
4. Bagian-Bagian Utama Sistem Kemudi Kapal	150
5. Cara Kerja Mesin Kemudi	154
6. Kelebihan dan Kelemahan Sistem Kemudi Hidrolik	157
E. Rangkuman	159
F. Latihan Soal.....	160
DAFTAR PUSTAKA.....	161

DAFTAR ISTILAH (GLOSARIUM).....	162
TENTANG PENULIS.....	166
LAMPIRAN 1 RPS.....	168



www.larispa.co.id



www.larispa.co.id

BAB 1

SISTEM PERMESINAN KAPAL

A. Deskripsi

Sehubungan dengan kemampuan melakukan tugas jaga (*watchkeep*) terhadap seluruh permesinan yang menjadi tanggung jawabnya di atas kapal, mengenal dan tahu lokasi serta mengerti fungsi dari setiap jenis permesinan merupakan langkah awal yang harus menjadi modal dasar bagi setiap anak buah kapal bagian mesin.

Dalam bab ini diuraikan tentang hakikat pemmesinan bantu dan mesin utama jenis dan nama, jumlah serta fungsi masing-masing permesinan bantu yang dikombinasikan melalui sistem-sistem di mana permesinan bantu tersebut berada.

B. Relevansi

Bab ini merupakan bab pembuka wawasan para peserta diklat ataupun para calon pelaut bagian mesin tentang permesinan yang ada di atas kapal pada umumnya yang harus menjadi modal pemahaman lapangan yang pada gilirannya akan menjadi bagian kemampuan yang harus dikuasai di samping menjadi tanggung jawabnya.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran, peserta didik diharapkan:

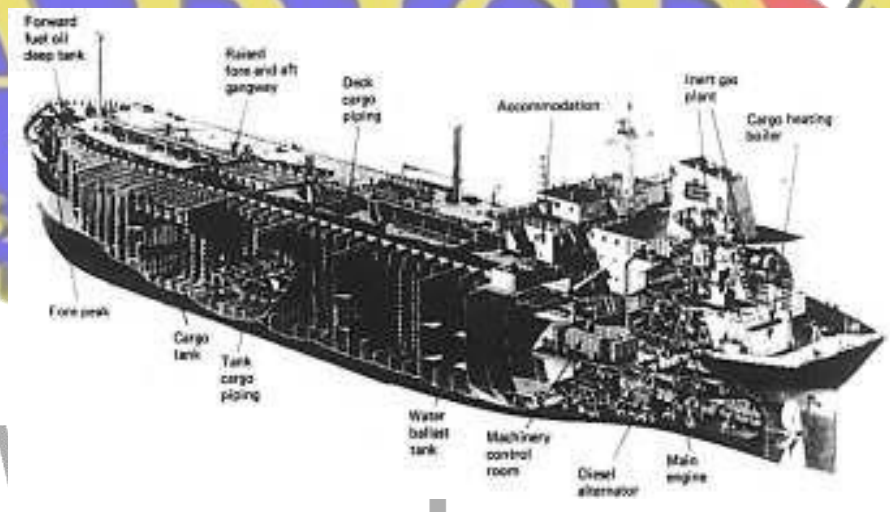
1. Mampu membedakan antara pesawat bantu dan pesawat utama di atas kapal.

2. Mampu menjelaskan fungsi-fungsi sistem permesinan di atas kapal.
3. Mampu menjelaskan sistem-sistem permesinan bantu dan menjelaskan fungsi komponen-komponennya.

D. Isi Materi

1. Pengertian & Fungsi

Permesinan bantu adalah keseluruhan permesinan yang ada di atas kapal yang merupakan komponen sistem permesinan kapal yang berfungsi menunjang bekerjanya mesin induk (*main engine*) dan kelancaran kerja fungsi kapal, baik kapal sedang berlayar, berlabuh (*anchorage*) maupun bersandar (*along side*).



Gambar 1.1 Bagian-Bagian Kapal

Permesinan bantu kapal menyelenggarakan fungsi-fungsi sebagai berikut:

a. Pemenuhan Kebutuhan Jalannya Mesin Penggerak Utama (*Main Engine*)

1) Sistem pelumasan (*lubricating oil system*)

Sistem pelumasan adalah sistem permesinan yang menyelenggarakan pelumasan bagian-bagian mesin yang bergerak, yang berfungsi untuk mencegah gesekan langsung antara poros (*shaft*) dengan bantalan (*bearing*), antara pena (*pin*) dan bush antara pelapis silinder (*cylinder liner*) dengan pegas torak (*piston ring*).

2) Sistem pendinginan (*cooling system*)

Sistem pendinginan adalah sistem yang digunakan untuk mendinginkan bagian mesin yang berhubungan dengan proses pembakaran seperti kepala silinder (*cylinder head*) pelapis silinder dan metal silinder (*cylinder liner* dan *cylinder block* serta torak (*piston*) agar tidak retak, pecah ataupun melengkung. Sistem pendinginan di bagi menjadi 2 yaitu:

a) Sistem pendinginan terbuka (*open cooling system*) atau pendinginan langsung

Sistem pendinginan langsung adalah sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut di ambil dari katup *seachest* melalui filter dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin yang membutuhkan pendinginan kemudian air laut dibuang keluar kapal.

b) Sistem pendinginan tertutup

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin yaitu air laut dan air tawar. Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata.

3) Sistem bahan bakar (*fuel oil system*)

Sistem bahan bakar adalah sistem yang digunakan untuk menyelenggarakan aliran bahan bakar dari tangki dasar ganda (*double bottom tank*) sampai dengan masuk ke dalam pengabut (*injector*) mesin.

4) Kompresor udara (*air compressor*)

Fungsi kompresor adalah sesuai dengan nama di mana ia berada, jadi kompresor udara utama (*main air compressor*) berarti kompresor yang digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan yang selanjutnya disimpan di botol angin.

Sistem udara pejalan (*air starting system*) adalah sistem yang menghasilkan udara bertekanan yang selanjutnya untuk bertekanan tersebut digunakan untuk menstarter mesin (baik mesin induk maupun mesin bantu diesel penggerak generator listrik) dan keperluan lain seperti pengoperasian sistem otomatisasi jenis *pneumatic*, pengoperasian perkakas *pneumatic* dan lainnya.

5) Pompa

Fungsi pompa adalah sebagai —alat angkutl baik cair ataupun gas dari satu tempat ke tempat yang lain berdasarkan perbedaan tekanan. Contoh:

- a) Pompa Minyak Lumas Induk (*Main Lubricating Oil Pump*) berarti fungsi pompa tersebut digunakan untuk memindahkan/menyirkulasikan minyak lumas dari *sump tank* ke mesin induk.
- b) Pompa bahan bakar mesin induk.
- c) Pompa air laut (*sea water pumps*) dan pompa air tawar (*fresh water pumps*).

6) Ketel uap (*auxiliary boiler*)

Pesawat yang menghasilkan uap dari hasil pembakaran di dapur ketel dengan cara memanaskan air. Uap panas digunakan untuk pemanasan terhadap tangka-tangki bahan bakar (*double bottom tank*), heater untuk F.O service tank, F.O settling tank.

7) Heat exchanger

Pesawat yang fungsinya dapat mengubah suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah suhu/sebaliknya. Contohnya: *Fresh water cooler, lube oil cooler, air/inter cooler, heater*.

8) Purifier

Purifier adalah suatu alat pembersih/pemisah (separator) cairan (bahan bakar atau minyak lumas) yang bekerja secara sentrifuse. Dalam pemisahan yang dilaksanakan oleh *purifier*, selain memisahkan minyak lumas atau bahan bakar dari kotoran yang berbentuk cair juga memisahkannya dari kotoran yang berbentuk padat (lumpur).

b. Pesawat Bantu Sebagai Penunjang Kerja Fungsi Kapal

1) Sistem kemudi (*steering gear*)

Sistem kemudi adalah sistem yang digunakan untuk mengemudikan kapal dalam rangka mencegah terjadinya bahaya tabrakan/pelanggaran antara kapal dengan kapal, bahaya kandas atau sistem yang digunakan saat berolah gerak.

2) Sistem keseimbangan atau *ballast system*

Sistem keseimbangan adalah sistem yang digunakan untuk mempertahankan kapal tetap gerak atau untuk menjaga keseimbangan kapal.

3) Sistem got atau *bilges system*

Sistem got adalah sistem yang digunakan untuk melakukan pemompaan cairan dari dalam kapal yang terjadi akibat kebocoran atau akibat lain untuk mencegah bahaya tenggelamnya kapal.

4) Sistem pencegahan pencemaran laut (*marine pollution prevention system*)

Sistem pencegahan pencemaran laut adalah sistem yang dipasang dan digunakan pada sistem *bilges* untuk mencegah pencemaran limbah kapal ke laut.

5) *Oily water separator*

Pesawat yang berfungsi memisahkan kotoran-kotoran minyak dengan air sebelum dibuang ke laut.

6) *Inchenerator*

Pesawat yang berfungsi sebagai pembakar sampah dan minyak kotor di kapal.

c. Penyelenggaraan Kebutuhan Domestik

Untuk menjamin optimalnya kinerja (*performance*) kapal, maka kesejahteraan dan kebutuhan pokok dari para ABK dalam hal *sanitary*, mandi, permakanaan dan kebersihan serta kenyamanan udara perlu diselenggarakan dengan sebaik mungkin. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut di atas maka kapal dilengkapi dengan:

1) Sistem air murni (*drinking water system*)

Pada sistem ini untuk pemakaiannya, akan kita jumpai komponen-komponen seperti pompa air minum (*drinking water pump*), filter khusus (yang dapat membersihkan air dari kotoran bakteri, kotoran non bakteri serta bau sehingga air layak untuk dipergunakan mandi dan memasak serta mencuci), keran-keran dari tangki hidrofor, juga akan kita jumpai pula unit *distiller* yaitu pesawat pembuat air tawar dari air laut (*fresh water generator*). Fungsi sistem ini di samping untuk keperluan air minum juga diperlukan untuk keperluan air mandi dan dapur dan mencuci.

2) Sistem sanitasi (*sanitary system*)

Sistem ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan kebersihan *sanitary* seperti toilet dan keperluan lain yang dirasakan tidak memerlukan air tawar. Pada sistem ini akan kita jumpai komponen pompa-pompa, filter, tangki tekan (tangki hidrofor).

3) Sistem pembuangan kotoran (*sewage plant*)

Sistem ini berfungsi sebagai pemroses limbah manusia sehingga layak untuk kemudian dibuang dengan tidak menimbulkan pencemaran di laut sesuai aturan Marpol Annex IV.

4) Sistem pendingin makanan dan ruangan (*refrigerating system*).

Dengan sistem ini dimaksudkan agar:

- a) Cadangan makanan yang disimpan untuk keperluan anak buah selama perjalanan dapat diawetkan dan tetap segar. Cadangan dimaksud adalah seperti misalnya daging, sayur, telur, buah-buah dan sebagainya.
- b) Kenyamanan udara dapat diselenggarakan dengan baik melalui pengatur suhu udara (*air conditioning*).

Komponen-komponen yang dapat kita jumpai dalam sistem adalah antara lain kompresor, kondensor, *expansion valve*, evaporator solenoid dan lain-lain yang berkaitan dengan sistem mesin pendingin.

d. Penyelenggaraan Sistem Olah Gerak dan Gerakan Utama

Pergerakan kapal dalam melaksanakan fungsinya sebagai transportasi, perlu didukung dengan sistem perpindahan tenaga mesin dan tenaga dorong melalui:

- 1) Sistem penataan poros (*shafting*).
- 2) Baling-baling (*propellers*).
- 3) Sistem mesin kemudi (*steering gear*).
- 4) *Stabilizers*

e. Penyelenggaraan Tenaga Listrik dan Penerangan

Untuk keperluan pergerakan permesinan dan alat-alat lain memerlukan tenaga listrik termasuk untuk penerangan maka di atas diselenggarakan pengadaan tenaga listrik melalui generator tenaga listrik dijalankan oleh mesin diesel (*generator engine*) atau mesin uap (turbin).

f. Peralatan diatas Dek (*Deck Machinery*)

1) Mesin jangkar (*Anchor winches/windlass*)

Mesin jangkar adalah mesin yang digunakan untuk mengangkat dan melepas jangkar saat kegiatan olah gerak.

2) Mesin penggulung (*mooring winches*)

Mesin penggulung adalah mesin yang digunakan sebagai penggulung tali untuk menambatkan kapal di dermaga atau tempat tertentu dan keperluan lain.

3) Mesin kargo (*cargo winches*)

Mesin kargo adalah mesin yang digunakan untuk bongkar muat muatan di pelabuhan.

g. Penyelenggaraan Sistem Keselamatan

Untuk pencegahan dan penanggulangan terjadinya kecelakaan seperti kebakaran atau tenggelam, maka sesuai dengan persyaratan internasional (SOLAS) dan ISM Code, maka setiap kapal harus dilengkapi dengan sistem penyelenggaraan keselamatan pelayaran dan lingkungan dengan:

1) Sistem pencegahan dan penanggulangan kebakaran.

2) Sistem meninggalkan kapal dengan mesin sekoci dan peralatan luncur.

3) Sistem pencegahan tenggelam seperti tersedianya pintu-pintu kedap air.

2. Jenis-Jenis Pesawat Bantu dan Fungsinya

Berdasarkan seluruh uraian di atas, maka komponen-komponen dalam setiap sistem yang juga disebut pesawat bantu dapat kita kelompokkan menjadi:

a. *Clarifier*

Sama dengan *purifier*, *clarifier* juga merupakan alat pembersih/pemisahan (separator) cairan yang bekerja berdasarkan gaya sentrifugal tetapi berbeda dengan *purifier* yang dapat membersihkan bahan bakar atau minyak lumpur kotor cair dan kotoran padat, pada *clarifier* hanya dapat memisahkan minyak lumpur atau bahan bakar dari kotoran padat saja

b. Pemanas (*heater*)

Pemanas adalah alat untuk menaikkan suhu suatu media menjadi lebih tinggi, tanpa mengubah bentuk media tersebut. Fungsi pemanas di atas kapal adalah sesuai dengan nama yang diberikan kepadanya, misalnya pemanas bahan bakar (fuel oil heater) berarti alat yang berfungsi untuk menaikkan suhu bahan bakar tanpa mengubah bentuk bahan bakar itu sendiri.

c. Pendingin (*cooler*)

Pendingin atau *cooler* adalah alat untuk menurunkan suhu suatu media menjadi lebih rendah tanpa mengubah bentuk media itu sendiri. Fungsi pendingin di atas kapal adalah sesuai dengan nama yang diberikan kepadanya, misalnya *main fresh water cooler* (MFW Cooler) berarti alat untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari mesin induk tanpa mengubah bentuk air tawar itu sendiri. *Main lubricating oil cooler* (MLO Cooler) berarti *cooler* yang digunakan mendinginkan minyak lumpur yang keluar dari mesin induk.

d. Penguap (*evaporator*)

Penguap atau evaporator adalah alat untuk mengubah bentuk cair suatu media menjadi bentuk uap. Fungsi penguap di atas kapal dapat kita jumpai sebagai:

- 1) Penguap refrigeran di sistem pendingin.
- 2) Penguap air laut menjadi uap air di sistem penyulingan pembuatan air tawar dari air laut.

e. Pengembun (*condensor*)

Pengembun atau *condensor* adalah alat untuk mengubah bentuk media uap menjadi bentuk cair dengan cara melepaskan panas media uap ke media pengembun. Fungsi pengembun di atas kapal dapat kita jumpai sebagai:

- 1) Mengubah uap air yang dihasilkan evaporator menjadi air tawar yang dapat kita jumpai dalam sistem penyulingan air tawar dari air laut, atau sebagai.
- 2) Mengubah bentuk uap bekas menjadi kondensat pada siklus uap di ketel.
- 3) Alat pengubah uap refrigeran dari kompresor es menjadi cairan refrigeran yang akan disalurkan ke *expansion valve* pada sistem mesin pendingin.

f. Unit *distiller*

Unit *distiller* adalah unit penyulingan yang di atas kapal berfungsi sebagai pembuat air tawar dari air laut. Sebagaimana fungsinya unit *distiller* di atas kapal disebut *Fresh Water Generator* atau *Fresh Water Distiller*.

Unit peralatan ini dipasang pada kapal-kapal yang dirancang untuk pelayaran jauh, untuk mencegah ketergantungan kebutuhan air tawar sehubungan terbatasnya tangki air tawar.

g. Unit *Bilge water separator*

Unit bilge water separator adalah unit pembersih air/cairan dan cat kapal yang akan dibuang ke laut. Pembersihan ini dilakukan

terhadap kotoran minyak yang terkait dalam air atau cairan yang akan dibuang tersebut, agar tidak mencemarkan lingkungan perairan laut. Unit ini dipasang pada sistem lensa (*bilges system*) sehingga diharapkan pada setiap pemompaan air got baik dari kamar mesin maupun dari ruangan (palka misalnya) air yang keluar ke laut sudah terbebas dari minyak. Minyak itu sendiri disimpan dalam tangki khusus yang nantinya di—serahkanl ke tempat yang tersedia di pelabuhan atau dibakar dengan insinerator yang ada di kapal.

E. Rangkuman

1. Permesinan bantu adalah seluruh permesinan kecuali mesin penggerak utama, yang berada di dalam maupun luar kamar mesin.
2. Fungsi permesinan bantu adalah
 - a. Pemenuhan kebutuhan jalannya mesin penggerak utama.
 - b. Penunjang fungsi kapal.
 - c. Penyelenggaraan kebutuhan domestik.
 - d. Penyelenggaraan sistem olah gerak dan gerakan utama.
 - e. Penyelenggaraan tenaga listrik dan penerangan.
 - f. Peralatan di atas dek.
 - g. Penunjang fungsi keselamatan kapal.
3. Jenis-jenis pesawat bantu
 - a. *Clarifier*
 - b. Pemanas (*heater*)
 - c. Pendingin (*cooler*)
 - d. Penguap (*evaporator*)
 - e. Pengembun (*condensor*)
 - f. *Distiller*

g. *Bilges water separator*

F. Latihan Soal

1. Jelaskan apakah yang dimaksud permesinan bantu?
2. Jelaskan fungsi dari permesinan bantu di atas kapal?
3. Sebutkan dan berikan penjelasan mengenai jenis-jenis permesinan bantu?
4. Jelaskan fungsi permesinan bantu sebagai pemenuhan kebutuhan jalannya mesin penggerak utama?
5. Mengapa di atas kapal wajib dipasang *oil water separator*?
6. Apakah perbedaan antara *cooler* dengan kondensor?



www.larispa.co.id

BAB 2

POMPA

A. Deskripsi

Dari banyaknya jenis pompa yang biasa digunakan di atas kapal masing-masing dimungkinkan mempunyai karakteristik yang berbeda dilihat bentuk fisik, cara bekerja, fungsi maupun kinerjanya yang harus dikuasai anak buah kapal bagian mesin tingkat operasional, maka perlu pemahaman secara spesifik dari tiap jenis pompa.

Dalam bab ini, diuraikan hakikat pompa dan karakteristik umum berisi pengetahuan tentang kinerja pemompaan kemudian penggolongan pompa ditinjau dari segala aspek serta contoh-contoh pompa yang dilengkapi dengan gambar skematik dari setiap jenis penggolongan yang digunakan dari kapal. Selanjutnya pada akhir bab diberikan ringkasan yang dapat digunakan untuk mengingat garis-garis besar seluruh uraian bab dan juga latihan soal sebagai *review* keberhasilan pembelajaran.

B. Relevansi

Sebagaimana telah disinggung dalam tinjauan mata kuliah, materi sangat berhubungan dengan pemahaman terhadap sistem permesinan yang berhubungan dengan pemahaman terhadap sistem permesinan yang berhubungan dengan pemindahan zat di atas kapal (cairan seperti air laut, air tawar, bahan bakar maupun minyak lumas, gas, gas seperti udara).

Untuk memperlancar pemahaman tentang pompa diharapkan peserta didik telah memahami penataan permesinan di atas kapal, pelajaran fisika berhubungan dengan tekanan dan volume serta pemahaman tentang gambar-gambar teknik permesinan.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran dari bab 3 ini, diharapkan peserta didik mampu:

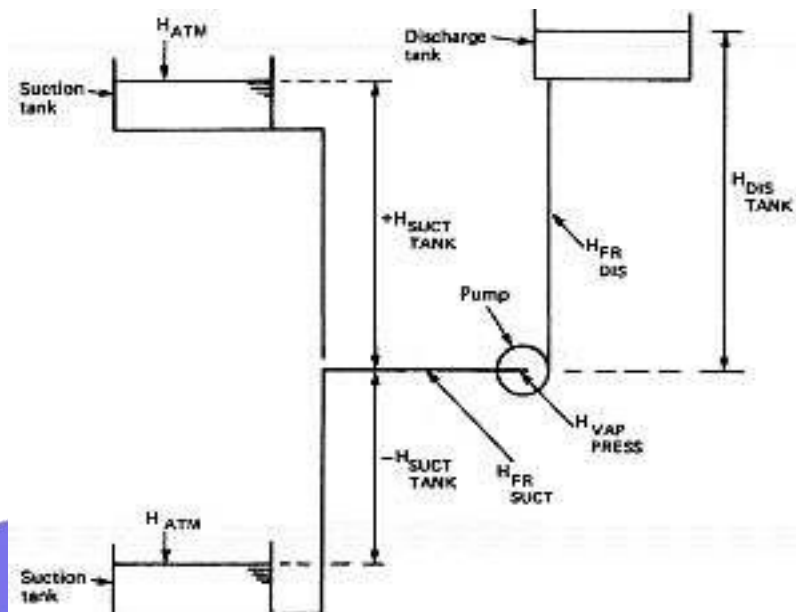
1. Menjelaskan hakikat fungsi pompa di atas kapal.
2. Menerangkan karakteristik penghasilan pemompaan secara umum.
3. Menyebutkan jenis-jenis pompa dan contoh yang biasa digunakan di atas kapal.
4. Mengoperasikan pompa.

D. Isi Materi

1. Pengertian dan Karakteristik Pompa

Pompa merupakan suatu alat untuk memindahkan fluida (zat cair) dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan cara mengisap dari sumbernya atau penampungan, kemudian menekannya ke tempat yang diperlukan.

www.larispa.co.id



Gambar 2.1 Sistem Pompa

a. Kondisi Isap

Fungsi pemompaan sebenarnya hanya sebagai penambah tenaga dan sistem, karena tenaga yang dibutuhkan untuk membawa cairan ke pompa adalah telah tersedia yaitu satu-satunya dari luar yaitu tekanan atmosfer.

Sebagai gambaran, anggap dari gambar 2-1 bahwa fluida yang dipompa adalah cairan yang tidak dapat dikompresikan (*incompressible*) dan bukan gas.

Diagram dari gambar 2-1 menunjukkan tinggi tekanan H_{0s} terjadi pada permukaan cairan di saluran masuk. Jarak vertikal pusat pompa H_s dan permukaan cairan akan berpengaruh ketinggian yang dapat dihasilkan dan harus ditambahkan secara aljabar terhadap H_{0s} .

Jika pompa terletak di bawah tinggi permukaan cairan, H_s sedangkan kalau ada di atas permukaan cairan maka H_s adalah negatif.

Pipa juga mempunyai tahanan gesek yang menyebabkan tinggi tekanan H_{fs} . Selanjutnya kerugian tinggi tekanan H_v disebabkan kecepatan cairan juga akan terjadi tetapi kecuali untuk yang tidak terlalu tinggi diabaikan.

Sehubungan dengan jumlah kerugian yang besarnya

$$(H_v + H_{fs} \pm H_s) \text{ lebih kecil dari } H_{00s}$$

Kondisi isap pada pompa dapat dianggap memadai. Kemudian ada faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu tekanan uap dari cairan yang dipompa dan jumlah sisa tinggi tekanan isap positif yang dibutuhkan pada isapan pompa yang mempengaruhi keluaran yang ditetapkan. Faktor itu dikenal dengan sebutan NPSH (*net positive suction head*).

Setiap fluida mempunyai tekanan penguapan dan tekanan bervariasi sesuai dengan suhunya. Jika harus ada penggabungan tekanan dan suhu dalam pipa isap karena terjadinya penguapan, randemen pompa menurun dan suatu keadaan dapat dicapai di mana pompa akan kurang berfungsi.

Penjumlahan akan menjadi:

$$NPSH = H_{00} \pm H_s - H_{fs} - H_{vs} - H_{vap}$$

Dalam praktiknya di sistem pemompaan dengan mengabaikan tinggi tekan dan kecepatan rumus menjadi:

$$NPSH = \frac{10,2}{\rho} (\rho_{bar} + \rho_{es} - \rho_{vaap}) - H_{fs} \pm H_s$$

Di mana:

ρ = berat jenis cairan pada suhu kerja maksimum, kg/liter

ρ_{bar} = tekanan barometer pompa, bar.

ρ_{es} = tekanan minimum di atas permukaan bebas cairan di pipa isap masuk (nilainya negative bila di bawah vakum), bar penunjukkan.

ρ_{vhp} = tekanan uap cairan pada suhu kerja maksimum, bar mutlak H_s = tinggi permukaan bebas cairan di atas garis hati pompa (negatif bila permukaan di bawah pompa), m

H_{fs} = kerugian tinggi tekan karena gesekan di system pipa masuk, m.

Dalam praktik, NPSH yang dapat dicapai harus selalu lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan. Yang pertama dihitung dengan mengetahui detak isapan di pipa isap sementara yang belakangan hitungan diperoleh dari pabrik.

Tekanan uap yang jelas dapat dijumpai/dilihat adalah bila pompa mengisap dari isapan negatif. Secara teori, kenaikan isapan suatu pompa pada tinggi permukaan air laut pada suhu air 15°C adalah:

$$1,013 \times 10,2 = 10,3 \text{ m}$$

Di mana

Tekanan barometer = 1,013 (1 atm)

Tinggi tekan air = 1 bar (1 bar = $10^5 \text{ N/m}^2 = 14,51 \text{ lb/in}^2$)

Dalam kenyataannya, tinggi isapan tidak melebihi 7 meter di bawah kondisi yang mudah menguap. Hal ini disebabkan adanya kerugian gesekan dalam pipa isap dan karena terbatasnya desain

pompa. Tiap kenaikan suhu air di atas 15°C akan berdampak pada tekanan uap misalnya pada 50°C air akan menguap pada tekanan mutlak 0,14 bar sehingga tinggi isap berkurang menjadi 10,2 (1,013–0,14) = 9 m secara drastis mengurangi NPSH yang dicapai.

Dengan gambaran seperti itu maka tinggi isap disarankan sekecil mungkin terlebih untuk air di atas 75°C, tinggi isap harus positif atau jika mungkin pipa isap harus pendek, bebas dari gangguan dan kecepatan harus pelan katakana kurang dari 1 m/detik.

b. Kondisi Tekan

Sebagian tekanan yang diberikan ke pompa akan hilang sebagai panas karena ketidakefisiensian mekanik, sisanya diubah menjadi kenaikan tekanan dan kecepatan fluida. Beberapa tinggi tekanan yang ditimbulkan akan hilang untuk mengatasi gesekan dari pipa *discharge* H_{fd} beberapa dalam tinggi *static system* pipa H_{sd} dan beberapa dalam aksi tinggi tekan pada permukaan bebas di titik akhir H_{sd} . Di sini, seperti halnya di pipa isap, kerugian tinggi tekan karena kecepatan juga dapat diabaikan.

c. Tenaga Pompa

Kerja total yang dilakukan pompa dengan mengabaikan kerugian-kerugian dalam pompa itu sendiri akan proporsional terhadap perbedaan tinggi tekan yang sesuai antara titik-titik isap dan *discharge*.

Hal ini dikenal sebagai tinggi tekan total H_{tot} .

$$H_{tot} = H_{fs} + H_{nfd} + H_{vsp} + H_{sd} \pm H_s$$

Tenaga yang diserap oleh pompa, P_s kemudian menjadi:

$$P_s = \frac{Q \times H_{tot} \times w}{K}$$

Di mana:

P_s = tenaga yang diserap (kW)

Q = jumlah yang disalurkan dalam liter/detik

H_{tot} = tinggi tekan total, dalam meter

w = berat jenis cairan dalam gram/ml

K = 101,9368 (102)

Tenaga masukan P_s ke pompa yang dibutuhkan adalah:

$$P_a \times \frac{1}{\text{Randemen pompa}}$$

Untuk pompa yang digerakkan oleh listrik, tenaga yang digunakan adalah:

$$P \times \frac{1}{\text{Randemen pompa}} \times \frac{1 \text{ (kW)}}{\text{Randemen motor}}$$

Perencanaan terhadap pemasangan pemipaan yang dapat mengurangi ketinggian tekan harus dibuat sedemikian seperti misalnya terhadap saluran isap dapat diminimalkan.

Secara umum dapat dikatakan bahwa tinggi tekanan isap (*suction head*) yang dibutuhkan harus lebih besar untuk kecepatan tinggi atau kapasitas besar daripada untuk kecepatan pelan atau kapasitas kecil.

Pompa-pompa kondensat, pompa-pompa air panas dan pompa pengisian yang dioperasikan dengan pemanas kontak langsung harus dipersiapkan di bawah permukaan air disebabkan tinggi tekan statis air hanyalah gaya yang disebabkan air yang mengalir ke pompa, karena air dan uap di permukaan ada pada suhu yang sama.

Sebelum cairan dapat mengalir ke dalam pompa, udara atau zat dalam saluran tekan harus dibuang agar cairan dapat mengalir ke dalam ruang isapan (*suction chamber*).

Beberapa pompa (yang dikenal sebagai pompa yang dapat mengisap sendiri atau *self priming pump*), bekerja secara otomatis dijalankan. Ada jenis pompa lain yang dalam upayanya untuk dapat mengisap sendiri memerlukan peralatan pengisapan awal khusus yang digunakan untuk membuang udara dan menurunkan tekanan dasar pompa karena aliran.

d. Kerugian Gesekan

Jumlah kerugian tersebut tergantung dari luas dan kondisi bagian dalam pipa-pipa dan sambungan-sambungan, kecepatan dan kekentalan cairan yang di pompa dan gesekan yang disebabkan oleh bengkokan sambungan pipa, keran-keran dan sambungan-sambungan lainnya.

Tahanan gesek terhadap aliran air bervariasi, yaitu kurang lebih kuadrat kecepatan. Jadi, jika tahanan gesekan dari kondensor dan sistem pemipaan setara dengan tinggi tekan 5 m, maka jika sejumlah 800 liter/detik air melewatinya, tahanan gesek akan meningkat menjadi 11,25 m dengan 1200 liter/detik dan menjadi 20 m dengan 1600 liter/detik.

Tabel 2.1 menunjukkan tinggi tekanan dalam meter yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan aliran setiap 30 meter pada pipa lurus dengan bahan *cast iron*.

**Tabel 2.1 Kerugian Tinggi Tekan (*Head Loss*) dalam Meter untuk
Tiap 30 m Pipa Lurus**

Aliran liter/detik	Diameter pipa, mm							
	25	38	50	65	75	100	125	150
0,75	4,05	0,517	0,121	-	-	-	-	-
1,50	15,5	1,99	0,487	0,151	-	-	-	-
2,25	-	4,50	1,07	0,350	0,143	-	-	-
3,00	-	7,92	1,83	0,610	0,246	-	-	-
3,75	-	12,10	2,83	0,915	0,35	-	-	-
4,50	-	17,36	4,1	1,310	0,548	0,121	-	-
5,25	-	23,80	5,49	1,80	0,75	0,167	-	-
6,00	-	-	7,3	2,28	0,94	0,216	-	-
6,75	-	-	9,1	2,83	1,185	0,241	0,0884	-
7,50	-	-	11,3	3,65	1,22	0,338	0,11	0,048
9,00	-	-	15,5	5,05	2,07	0,486	0,151	0,067
10,50	-	-	21,0	6,7	2,77	0,650	0,2	0,09
12,00	-	-	-	8,84	3,65	0,840	0,265	0,121
13,50	-	-	-	10,95	4,54	1,03	0,35	0,151
15,00	-	-	-	13,70	4,90	1,295	0,41	0,181
18,75	-	-	-	21,30	8,40	1,96	0,62	0,274
22,50	-	-	-	-	12,20	2,84	0,91	0,396
26,25	-	-	-	-	16,15	3,8	1,21	0,53
30,00	-	-	-	-	-	5,37	1,58	0,7
33,75	-	-	-	-	-	6,10	1,99	0,85
37,50	-	-	-	-	-	7,6	2,42	1,03
45,00	-	-	-	-	-	10,3	3,45	1,46
52,50	-	-	-	-	-	-	4,69	1,98
60,00	-	-	-	-	-	-	5,9	2,53

Rumus umum tahanan gesekan yang disebabkan oleh air dalam pipa melingkar yang mengalirkan air penuh akan dinyatakan secara teliti untuk penggunaan dalam praktik:

$$H_m = \frac{KLV}{2GR} \quad \text{jika } R = \frac{\text{luas diameter pipa}}{\text{wetted perimeter}} = \frac{D}{4}$$

$$H_m = \frac{KLV^2}{2GD}$$

Dimana:

H_m = kerugian tinggi tekan (*head loss*), m

L = panjang pipa, m

V = kecepatan aliran (m/detik)

D = diameter pipa, m

G = konstan gravitasi = 9,81 m/det² = 9,81 N/kg

Untuk ini harus ditambahkan kerugian yang disebabkan yang setara setiap 3 sampai 6 meter dari panjang pipa, tergantung radius dan sambungan (Tabel 2.2) dari mana ia dapat dilihat bahwa isap, jika bukan berbentuk corong (*bell-mouthed*), sambungan T yang memberikan kenaikan kerugian yang lebih besar.

Tabel 2.2 Kerugian Tekan yang Terjadi di Pipa, dalam Meter

Diameter pipa (mm)	Tinggi tekan untuk pipa umum	Tinggi tekan untuk masukan <i>bell</i>	bengkokan	Keran kaki	Nonreturn valve	Keran buang buka penuh	Saringan
25	1,37	0,82	0,76	0,24	0,305	0,24	0,091
38	2,2	1,31	1,13	0,36	0,49	0,36	0,152
50	3,0	1,8	1,52	0,52	0,7	0,52	0,214
65	3,8	2,31	1,95	0,64	0,85	0,64	0,275
75	4,75	2,86	2,44	0,79	1,06	0,79	0,305
100	6,4	3,96	3,3	1,10	1,43	1,10	0,427
125	8,5	5,2	4,27	1,43	1,86	1,43	0,58
150	10,7	6,4	5,27	1,76	2,31	1,76	0,70

Contoh:

Aliran air 26,25 liter/detik, kenaikan statis 20 m. isapan melalui saringan dengan bagian masuk berbentuk corong (*bell-mouthed*), kaki 2 m pada pipa lurus, diameter 125 mm dan sebuah bengkokan.

Kerugian tekanan isap (tabel 2.2):

Saringan (*strainer*) 0,58 m

Keran kaki 1,43 m

Pipa lurus 2 m

Bengkokan 4,27 m

8,28 m

Dari Tabel 2.1 kesetaraan kerugian tinggi isap

$$\frac{1,21 \times 8,28}{30} = 0,33$$

Kerugian tekanan tekan (Tabel 2.2)

Masukan berbentuk lonceng 5,2 m

Keran tekan 1,43 m

Keran searah (*non return valve*) 1,86 m

Pipa lurus 15,25 m

Bengkokan 4,27 m

28,01 m

Dari tabel 2.1

$$\frac{1,21 \times 28,01}{30} = 0,33$$

Kerugian total = 0,33 + 1,13 = 1,46

Tambahkan 25% untuk permukaan kasar $1,46 + 0,38 = 1,84$
terhadap mana harus ditambahkan pada kenaikan statis 20 m atau
21,84 m seluruhnya.

Gambaran dalam tabel 1.1 dan 1.2 memperlihatkan kerugian tenaga yang terjadi jika sistem pipa tak karuan dan tak sama ukurannya.

Tekanan yang sesuai dengan 1 meter air adalah 0,098 bar atau 98 mbar, dikonversikan tinggi tekan sesuai dengan 1 bar adalah 10,17 m.

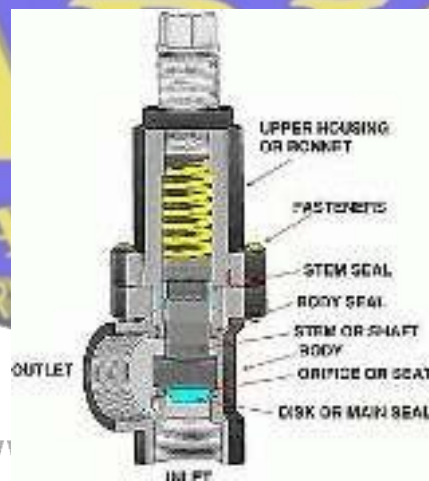
2. Jenis-Jenis Pompa

Ditinjau dari prinsip kerjanya, pompa-pompa di atas kapal (*marine pumps*) dibedakan dalam dua jenis:

a. *Displacement Pumps*

Jenis pompa yang dapat mengisap sendiri tanpa pancingan (*self priming*). Cairan atau gas dipindahkan dari isapan ke buangan bervariasi (secara mekanik) volume suatu ruang atau ruang-ruang yang berbanding terbalik dengan bervariasinya tekanan.

Karakteristik penting dari kelompok pompa ini adalah bahwa seberapa banyak pemindahan yang diisap tidak dapat dikurangi atau dihalang-halangi pada penyalurannya.



Gambar 2.2 Desain Relief Valve

Dalam praktiknya, jangan sekali-kali lupa membuka keran buangan sebelum pompa dijalankan untuk menghindari hal-hal yang tidak dikehendaki berkaitan dengan karakteristiknya, maka untuk

setiap pompa jenis ini dipasang katup pelepas (*relief valve*). Pada pompa-pompa tertentu, *relief valve* ini juga digunakan sebagai pengatur besarnya tekanan.

1) Pompa Desak Gerak Berputar (*Rotary Pumps*)

Rotari pump adalah suatu jenis dari *positif displacement pump* dengan melakukan aksi rotasi. Fluida di trap di dalam suatu ruangan (*expanding chamber*) dideket inlet, lalu digerakkan ke outlet dan ditekan keluar ke *discharge line*. *Rotary pump* terdiri dari suatu rumah tempat suatu bagian berputar. Ruangan ini disebut dengan rumah pompa (*casing*), sedangkan yang berputar disebut *impeller* yang terdiri dari satu atau dua bagian. Bila terdiri dari 1 bagian maka *impeller* itu berputar pada sumbu eksentrik, misalnya pada pompa keping geser dan pompa goyang (eksentrik). Pada *impeller* tadi terdapat sela yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari pemasuk ke saluran pengeluaran.

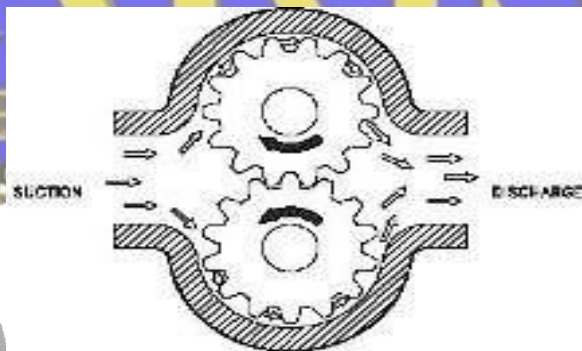
Secara umum prinsip kerja *rotary pumps* adalah sebagai berikut. Berputarnya elemen dalam rumah pompa menyebabkan penurunan tekanan pada saluran isap, sehingga terjadi aliran cairan dari sumber masuk ke rumah pompa. Cairan tersebut akan mengisi ruang kosong yang ditimbulkan oleh elemen-elemen yang berputar dalam rumah pompa tersebut, cairan terperangkap dan ikut berputar. Pada saluran kempa terjadi pengecilan rongga, sehingga cairan terkempakan ke luar. Ciri-ciri *rotary pump*:

- a) Tidak mempunyai *check valve*.
- b) *Clereance* antara *moving part* dan *stationary part* dibuat sedemikian kecilnya sehingga tidak akan terjadi kebocoran dan aliran balik.

- c) Baik untuk fluida yang kental (*viscous*) seperti minyak pelumas.
- d) Tekanan *discharge*-nya sampai 3000 psia atau lebih.

2) Pompa Roda Gigi (*Gear Pump*)

Pompa ini menggunakan elektromotor, rantai atau penggerak lainnya, Ketika roda gigi berputar, terjadi penurunan tekanan pada rumah pompa sehingga cairan mengalir dan mengisi rongga gigi. Cairan yang terperangkap dalam rongga gigi terbawa berputar kemudian dikompakan dalam saluran pengeluaran, karena pada bagian ini terjadi pengecilan rongga gigi. Karena pompa ini termasuk pompa *displacement* yang tak boleh dihalangi saluran tekanannya sebagai pengontrol biasanya digunakan *by pass* atau *relief valve*.

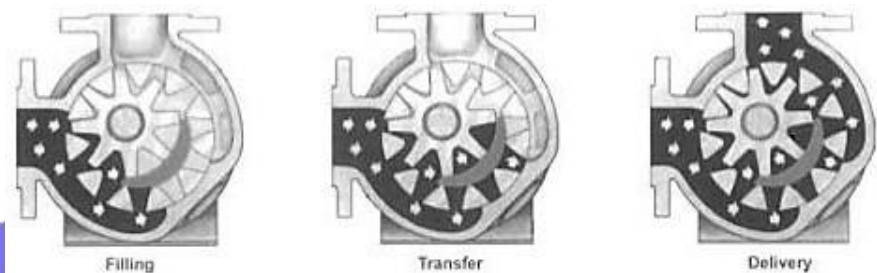


Gambar 2.3 Pompa Roda Gigi

Sumber: <https://artikel-teknologi.com/>

Untuk mencegah terjadinya kemacetan dan aus saat pompa digunakan maka zat cair yang dipompa tidak boleh mengandung

padatan dan tidak bersifat korosif. Pompa dengan penggigian luar banyak digunakan untuk memompa minyak pelumas atau bahan bakar yang mempunyai sifat pelumasan yang baik. Pompa dengan penggigian dalam dapat digunakan untuk memompa zat cair yang mempunyai kekentalan (viskositas) tinggi, seperti tetes, sirup, dan cat.



Gambar 2.4 Skema Prinsip Kerja Pompa Roda Gigi dengan Penggigian dalam (*External Gear Pump*)

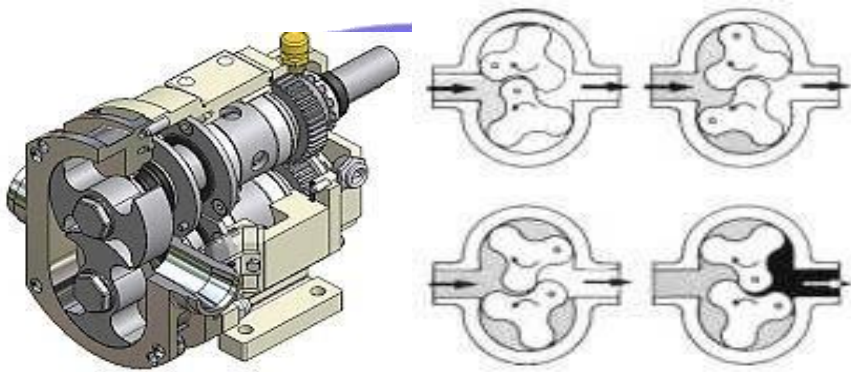
Sumber: <https://artikel-teknologi.com/>

3) Pompa Lumas (*Lube Pump*)

Cara kerja pompa *lobe* pada prinsipnya sama dengan cara kerja pompa roda gigi dengan penggigian luar. Pompa jenis ini ada yang mempunyai dua rotor *lobe* atau tiga rotor *lobe*. Pada pompa roda gigi impelernya terdiri dari dua buah gigi atau lebih yang bertugas memindahkan cairan. Pada roda gigi pertama di gerakkan oleh motor, sedang yang kedua berputar oleh gerakan roda persamaan. Namun ada juga yang kedua-duanya di putar oleh suatu motor.

Kegunaan

Pompa *lobe* dapat digunakan untuk memompa cairan yang kental (viskositasnya tinggi) dan mengandung padatan. Pemilihan dua rotor *lobe* atau tiga rotor *lobe* didasarkan atas ukuran padatan yang terkandung dalam cairan, kekentalan cairan, dan kontinuitas aliran. Dua rotor *lobe* cocok digunakan untuk cairan kental, ukuran padatan yang relatif kasar dengan kontinuitas kecepatan aliran yang tidak halus.



Gambar 2.5 Pompa Lumas

Sumber: <https://artikel-teknologi.com/>

4) Pompa Dinding (*Sliding-Vane Pump*)

Pompa berporos tunggal yang di dalam rumah pompa berisi sebuah rotor berbentuk silinder yang mempunyai alur-alur lurus pada kelilingnya. ke dalam alur-alur ini dimasukkan sudu-sudu lurus yang menempel pada dinding dalam rumah pompa dan dapat berputar secara radial dengan mudah. Rotor ini dipasang asimetri dalam rumah pompa. Ketika rotor berputar tekanan

dalam rumah pompa turun sehingga terjadi kerja isap dan pada saluran pemasukan terjadi pembesaran ruang kosong, sehingga cairan dapat mengalir dari sumber dan mengisi rongga kosong dalam rumah pompa. Pada tempat pengeluaran terjadi pengecilan ruang kosong sehingga pada tempat ini terjadi kerja kempa. Dengan cara ini secara berturut-turut terjadi kerja isap dan kerja kempa. Kegunaan Pompa dinding *vane* dapat digunakan sebagai pompa vakum.



Gambar 2.6 Skema Prinsip Kerja Pompa Sliding Vane

5) Pompa Ulir (*Screw Pump*)

Pompa ini menggunakan dua ulir yang bertemu dan berputar untuk menghasilkan aliran fluida sesuai dengan yang diinginkan. Pompa *screw* digunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitif terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Prinsip kerja pompa *screw* ditemukan oleh seorang *engineer* perancis bernama Rene Moineau, sehingga sering disebut dengan Moineau Pump, pada tahun 30-an dan terus dikembangkan hingga sekarang.

a) Kegunaan *Screw Pump*

Sama halnya dengan pompa roda gigi, pompa ulir ini cocok untuk memompa zat cair yang bersih dan mempunyai sifat pelumasan yang baik. Secara umum pompa *rotary* mempunyai kecepatan aliran volum yang konstan asal kecepatan putarannya dapat dipertahankan tetap. Selain itu alirannya lebih teratur (tidak terlalu pulsatif). Hal ini sangat berbeda dengan pompa *reciprocating* (bandingkanlah setelah pembahasan pompa *reciprocating*). Pompa *rotary* cocok untuk operasi pada kisaran tekanan sedang dan untuk kisaran kapasitas dari kecil sampai sedang (lihat gambar pemilihan jenis pompa berdasarkan karakteristiknya)

b) Kelebihan dari *Screw Pump*:

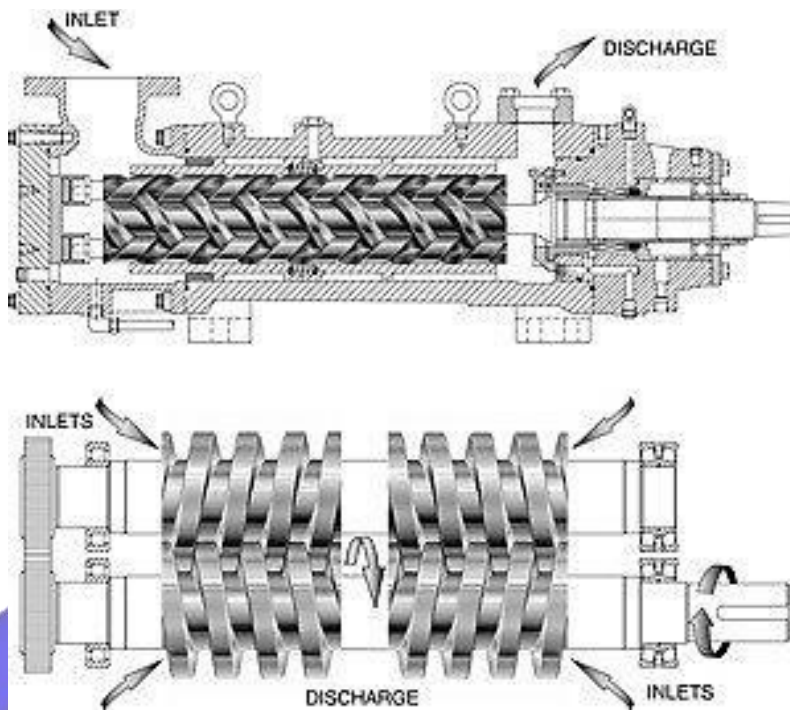
Efisiensinya totalnya tinggi (70 %–80%)

- Kemampuan isap tinggi.
- *Self priming*.
- Aliran konstan dan lancar.
- Akurasi volume transfer sangat tinggi, hal ini disebabkan oleh karakteristik pompa di mana kapasitas alir (*flow*) tidak tergantung dari *pressure* yang dihasilkan tetapi dari kecepatan putaran pompa.
- Efisiensi tinggi.
- Stabilitas tekanan sangat bagus.
- Mudah ditangani cairan yang viskos dan abrasif.
- Mampu untuk mentransfer cairan yang multifase.
- Desain sederhana.
- Pompa dapat beroperasi tanpa *valve*.

- Arah aliran dapat dibalik (*suction-discharge* dapat ditukar, tergantung arah putaran pompa).
- Ukuran pompa relatif kecil, ringan karena rotor dapat bekerja pada putaran tinggi.
- Getarannya relatif kecil.
- Kapasitas isapnya baik sekali.
- Dapat beroperasi dalam berbagai posisi, horizontal, vertikal, miring.

c) Kekurangan *Screw Pump*:

- Relatif lebih mahal karena desainnya perlu ketelitian dan kepresisian serta toleransi yang tinggi.
- Karakteristik *performace sensitive* terhadap perubahan viskositas.
- Untuk tekanan tinggi memerlukan elemen pompa yang panjang.
- Desain dilengkapi dengan sebuah *screw* pemaksa dan gurdi (bor).
- Aplikasi utamanya untuk mentransfer cairan yang kental, heterogen, sensitif terhadap gesekan serta mudah menimbulkan busa dengan viskositas sampai dengan 1000000 cps.
- Dilengkapi dengan *hopper* dengan panjang hingga 3 m.

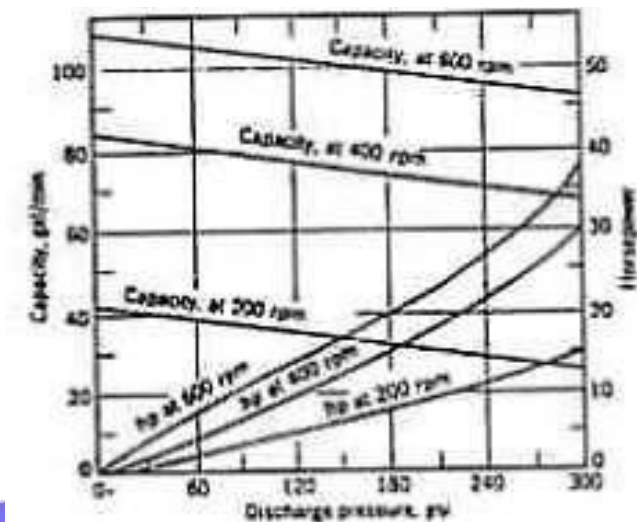


Gambar 2.7 Skema Prinsip Kerja Pompa Ulir Berporos

Sumber: <https://artikel-teknologi.com/>

Karakteristik pompa desak gerak berputar

Hubungan antara tekanan yang dibangkitkan (*head*) dan kecepatan aliran volum (kapasitas) sering disebut dengan karakteristik pompa. Seperti yang telah disebutkan di depan bahwa kapasitas pompa desak tidak dipengaruhi oleh tekanan yang dibangkitkan. Salah satu contoh karakteristik pompa *rotary* yaitu pompa roda gigi dengan penggigian luar, disajikan pada Gambar 2.7



Gambar 2.8 Karakteristik Pompa Roda Gigi Penggigian Luar

6) Mesin Penggerak Pompa *Rotary*

Mesin penggerak pompa *rotary* yang paling banyak dijumpai adalah motor listrik dan mesin uap. Detail secara konstruktif pompa roda gigi

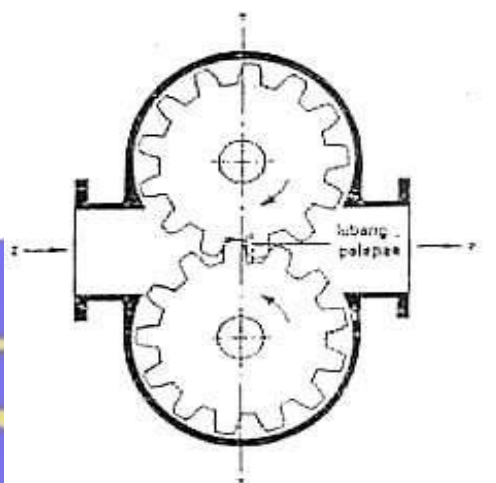
Seperti telah dijelaskan di depan bahwa aliran volum pompa roda gigi sebanding dengan jumlah putaran. Akan tetapi jumlah putaran tidak boleh ditingkatkan secara sembarangan. Karena zat cair harus mendapatkan cukup waktu untuk mengisi rongga-rongga kosong di sisi isap sampai penuh. Bila jumlah putaran terlalu tinggi maka rongga-rongga tidak terisi sampai penuh, dengan demikian maksud memperbesar aliran volum tidak tercapai. Makin kental zat cair yang dipompa, makin sukar zat cair itu mengalir dan makin banyak waktu yang diperlukan untuk

mengisi rongga-rongga gigi, jadi harus makin rendah pula jumlah putaran persatuan waktu yang digunakan.

Bila ditinjau secara sekilas pompa roda gigi dapat dengan mudah dirubah arah alirannya. Akan tetapi tidak demikian kenyataannya, ada beberapa alasan yang mendasari hal ini.

- a) Peralihan dari bagian kempa ke bagian isap untuk pompa roda gigi terletak pada garis sumbu Y-Y (Gambar 2.7). Pada penggigian roda yang banyak digunakan sebuah gigi mengisi rongga gigi dari roda yang terletak berhadapan, sedikit sebelum gigi tersebut melewati garis sumbu Y-Y. Pada keadaan ini sisa sedikit cairan yang masih terdapat dalam rongga gigi, ketika roda berputar lebih lanjut, tidak dapat mengalir dan akan berada pada tekanan yang sangat tinggi sehingga dapat menimbulkan gaya yang sangat besar. Untuk menghindari keadaan ini terjadi maka sedikit disebelah kanan garis sumbu Y-Y (sisi kempa) dibuat lubang pelepas yang kecil (Gambar 2.7), sehingga sisa cairan dapat mengalir keluar. Jika arah putar dibalik, maka tempat lubang pelepas tersebut akan berada di sebelah garis sumbu Y-Y yang keliru.
- b) Kadang-kadang bantalan pompa dilumasi oleh zat cair yang dipompa dari sisi kempa. Bila arah putaran dibalik, maka bantalan tidak mendapatkan pelumasan dengan baik. Masih banyak alasan-alasan lain yang menyebabkan pompa roda gigi tidak dapat dirubah arah alirannya dengan mudah.
- c) Pada sebuah pompa roda gigi kadang-kadang dipergunakan sebuah katup limbah yang diperlengkapi dengan pegas guna melindungi pompa dan/atau sistem saluran terhadap tekanan

tinggi. Bila tekanan pompa menjadi terlampau tinggi, katup membuka dan terjadilah hubungan antara sisi isap dan sisi kempa, sehingga tekanan tidak dapat meningkat lebih lanjut sehingga arah putar tidak dapat dibalik.

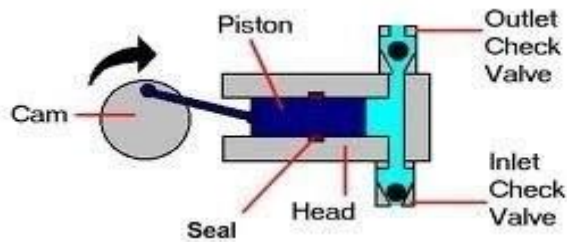


Gambar 2.9 Pompa Roda Gigi dengan Lubang Pelepas pada Satu Sisi

7) Pompa Desak Gerak Bolak-Balik (*Reciprocating Pumps*)

Reciprocating pump adalah suatu jenis dari pompa positif *displacement pump* dengan menggunakan aksi *displacement*. Jika perpindahan dilakukan dengan maju mundumnya jarum torak. Pada pompa desak gerak bolak-balik, gerak putar dari mesin penggerak diubah menjadi gerak bolak-balik dari torak (*piston*), atau plunyer (*plunger*), atau membran yang terdapat dalam rumah pompa. Pompa desak gerak bolak-balik dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu: pompa torak, pompa plunyer, dan pompa

membran. *Reciprocating pump* digunakan untuk: Proses yang memerlukan *head* yang tinggi, kapasitas fluida yang rendah, *liquid* yang kental (*viscous liquid*) dan *slurries*, *liquid* yang mudah menguap.



Gambar 2.10 Riciprocating Pump

Sumber: <https://artikel-teknologi.com/>

a) Pompa Torak

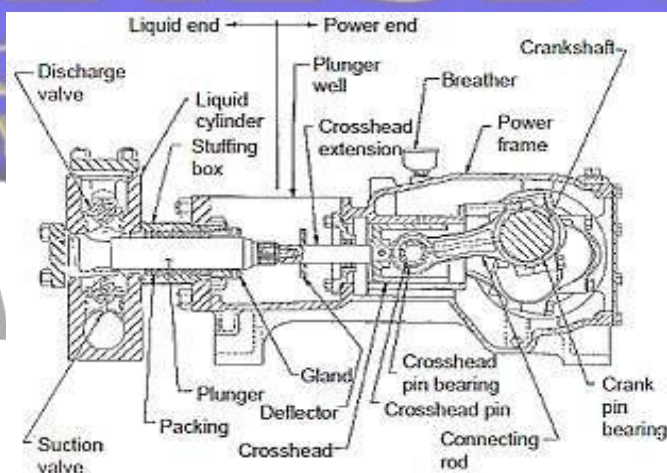
Pompa torak merupakan pompa yang banyak digunakan dalam kelompok pompa desak gerak bolak-balik. Menurut cara kerjanya pompa torak dapat dikelompokkan dalam kerja tunggal dan kerja ganda. Sedangkan menurut jumlah silinder yang digunakan, dapat dikelompokkan dalam pompa torak sinder tunggal dan pompa torak silinder banyak.

Cara kerja

Untuk pompa torak kerja tunggal dan silinder tunggal, aliran cairan terjadi sebagai berikut. Bila batang torak dan torak bergerak ke atas, zat cair akan terisap oleh katup isap di sebelah bawah dan pada saat yang sama cairan yang ada disebelah atas torak akan terkempakan ke luar. Jika torak

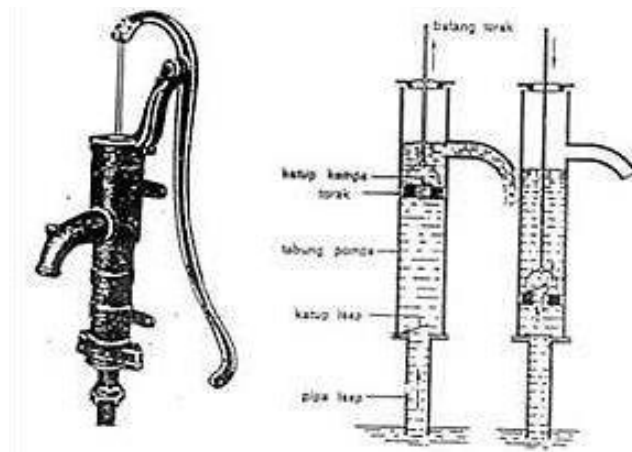
bergerak ke bawah katup isap akan tertutup dan katup kempa terbuka sehingga cairan tertekan ke atas torak melalui katup kempa. Dengan gerakan ini maka akan terjadi kerja isap dan kerja kempa secara bergantian. Aliran cairan yang dihasilkan terputus-putus.

Cara kerja pompa torak kerja ganda pada prinsipnya sama dengan cara kerja pompa torak kerja tunggal, tetapi pada pompa torak kerja ganda terdapat dua katup isap dan dua katup kempa yang masing-masing bekerja secara bergantian. Sehingga pada saat yang sama terjadi kerja isap dan kerja kempa. Karena itu aliran zat cair menjadi relatif lebih teratur. Untuk memperoleh kecepatan aliran zat cair yang lebih konstan dapat digunakan pompa torak kerja ganda dengan silinder banyak.



Gambar 2.11 Pompa Torak

Sumber: Karassik, 2008



Gambar 2.10 Skema Prinsip Kerja Pompa Torak Kerja Tunggal Silinder Tunggal

Kegunaan

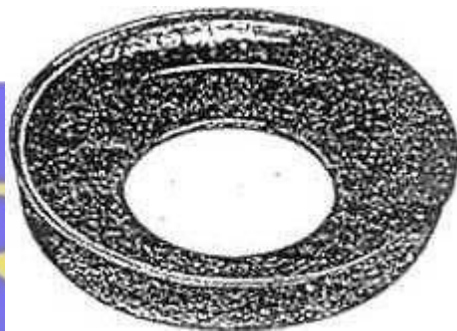
Pompa torak cocok digunakan untuk pekerjaan pemompaan dengan daya isap (*suction head*) yang tinggi di samping itu pompa torak dapat digunakan untuk memompa udara dalam kapasitas yang besar.

Detail secara konstruktif pompa torak, Pompa torak terdiri dari komponen-komponen berikut:

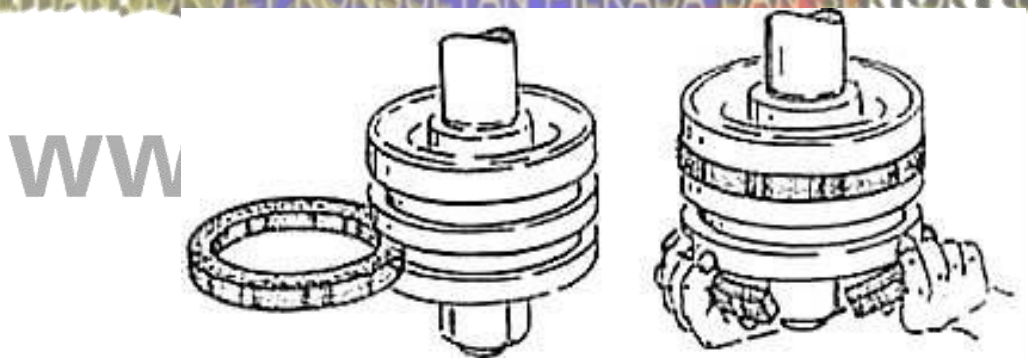
- Torak

Torak mengatur perpindahan tempat zat cair. Torak terdiri dari sejumlah cakera yang biasanya terbuat dari besi tuang dan di antaranya dipasang sebuah atau lebih gelang perapat, yang bertugas merapatkan ruang antara torak dan silinder. Gelang perapat dapat berupa manset atau gelang torak.

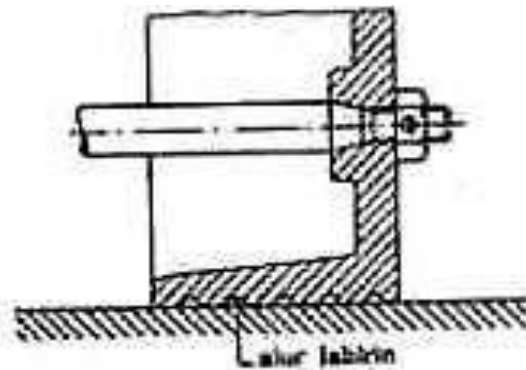
Kadang-kadang torak pada penggunaannya tidak dilengkapi dengan gelang perapat khusus. Untuk mengurangi rugi bocor biasanya totak dibuat lebih panjang dan di sekelilingnya diberi alur labirin. Oleh karena torak tidak atau hampir tidak menyinggung silinder maka rugi gesekan tidak besar, sehingga dapat diperoleh penghematan kerja.



Gambar 2.12. Manset



Gambar 2.13 Gelang Torak dan Cara Pemasangannya



Gambar 2.14 Torak dengan Perapat Labirin

- Silinder

Silinder biasanya dilapisi dengan perunggu atau lapisan lain yang dapat diganti. Bagian sebelah dalam harus dibuat sebulat dan selicin mungkin. Sehingga bila aus pelapis silinder dapat diganti dengan mudah.

- Katup

Katup gunanya untuk membuka dan menutup lubang pemasukan dan lubang pengeluaran ke dan dari silinder pada saat yang tepat dan bekerja secara otomatis karena adanya perbedaan tekanan di atas dan di bawah katup. Sering kali katup diperlengkapi dengan pegas katup guna menutup katup menurut cara dan pada saat yang tepat.

- Mekanik Engkol

Mekanik engkol dan mekanik batang penggerak mengatur supaya gerak putar motor diubah menjadi gerak bolak-balik torak.

- Lemari Roda Gigi

Jumlah putaran motor diperlambat oleh suatu transmisi tali. Pada pompa torak yang berjalan lambat, jumlah putaran cakra-tali yang tinggi diperlambat sampai ke jumlah putaran poros engkol yang sesuai melalui suatu transmisi roda gigi. Lemari roda gigi harus diisi minyak sampai ketinggian tertentu. Minyak tidak hanya mengatur pelumasan roda gigi tetapi juga mengatur pelumasan mekanik engkol.

- Sungkup Udara

Sungkup udara digunakan agar aliran zat cair stabil (tetap). Tanpa sungkup udara aliran zat cair sering berubah-ubah hal ini disebabkan karena kecepatan torak sulit dipertahankan stabil. Ada dua sungkup udara yaitu sungkup udara isap dan sungkup udara kempa. Pada saat langkah kempa bila ada kenaikan kecepatan torak sebagian zat cair dikompaksi ke dalam sungkup udara kempa. Dengan demikian udara yang ada di dalam sungkup terdesak sehingga tekanannya meningkat, bila kecepatan torak turun kembali maka air dapat mengalir keluar dari sungkup udara dengan sendirinya. Jika pompa sudah beroperasi pada waktu yang cukup lama ada kemungkinan pompa berbunyi gaduh, hal ini disebabkan karena udara sebagian besar telah hilang dari sungkup udara. Pada saat seperti ini perlu dilakukan penambahan udara ke dalam sungkup dengan cara membiarkan sebentar pompa mengisap udara atau mengeluarkan air dari dalam sungkup.

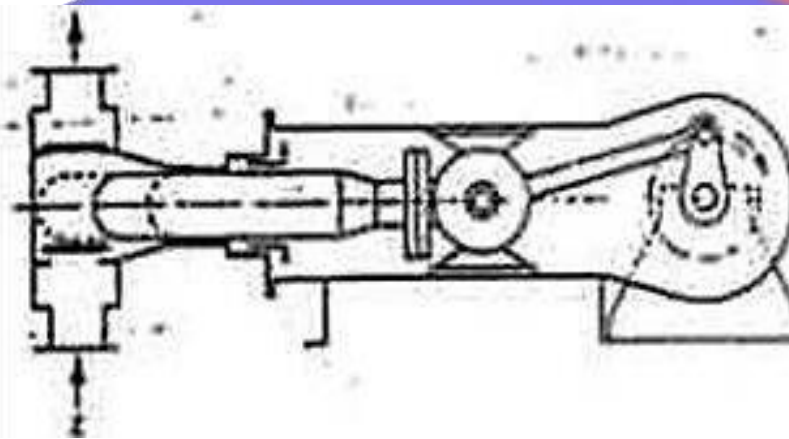
b) Pompa Plunyer (*Plunger Pump*)

Cara kerja

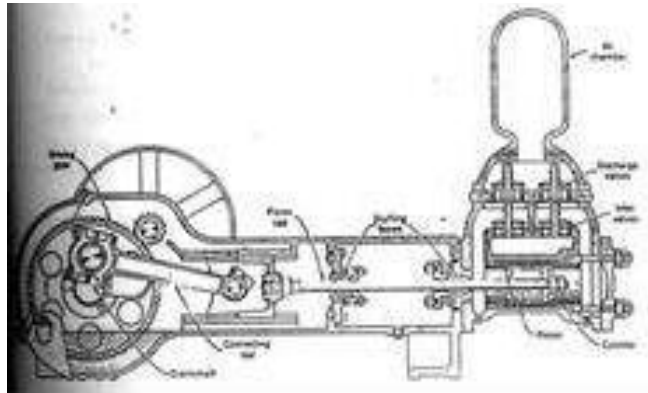
Prinsip kerja pompa plunyer sama dengan prinsip kerja pompa torak, tetapi torak diganti dengan plunyer.

Kegunaan

Pompa plunyer pada umumnya digunakan untuk aliran volum (kapasitas) yang kecil tetapi tekanan yang dapat dicapai lebih tinggi dari pada yang dapat dicapai dengan pompa torak. Pompa plunyer banyak digunakan untuk pompa bahan bakar motor diesel.



Gambar 2.15 Prinsip Kerja Pompa Plunyer



Gambar 6.16 Pompa Plunyer dengan Penggerak Uap (Steam-Driven Tanden Duplex Plunger Pump)

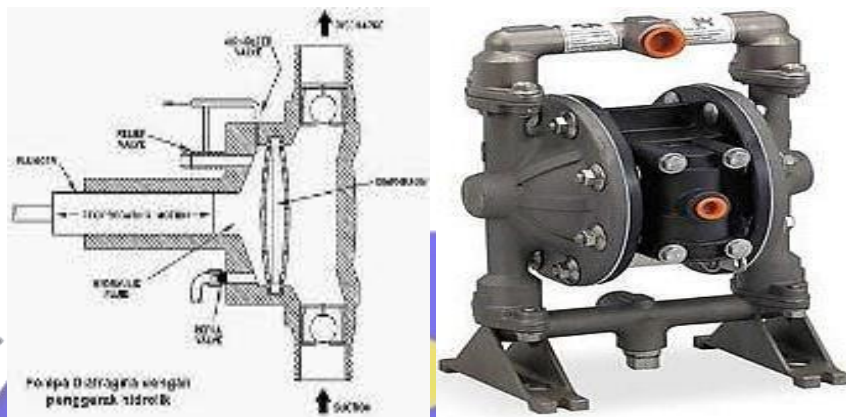
c) Pompa Membran

Pada pompa ini, pembesaran dan pengecilan ruang dalam rumah pompa disebabkan oleh membran yang kenyal. Seperti halnya pompa torak, pompa membran dapat digunakan sebagai kerja tunggal dan kerja ganda, dan juga memberikan aliran cairan yang terputus-putus.

Kegunaan

Pompa membran sering digunakan untuk memompa air kotor (pompa kepala kucing) dan dapat digunakan untuk pompa bahan bakar. Mesin penggerak pompa desak gerak bolak-balik pompa desak gerak bolak-balik digerakkan oleh motor listrik atau mesin uap yang dilengkapi dengan tali atau rantai yang antara motor penggerak dengan roda gigi dan poros engkol untuk mengubah kerja putar menjadi kerja bolak-balik.

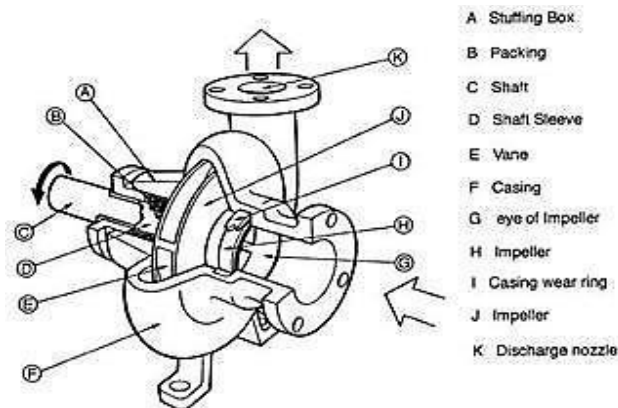
Karakteristik pompa desak gerak bolak-balik Seperti halnya karakteristik pompa desak gerak berputar, kapasitas pompa desak gerak bolak-balik tidak dipengaruhi oleh tekanan yang dibangkitkan.



Gambar 2.17 Prinsip Kerja Pompa Membran

b. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pumps*)

Pompa sentrifugal telah mengalami beberapa kali perubahan semenjak pertama kali diperkenalkan oleh Dennis Papin di Eropa pada tahun 1689. Pompa sentrifugal telah didesain sedemikian rupa sehingga bentuk dari pompa sentrifugal sekarang telah menjadi sangat sederhana. Namun, dibalik kesederhanaan bentuknya, pompa ini memiliki kinerja yang sangat kuat dan andal. Hal ini tentu saja dikarenakan adanya perpaduan dari berbagai macam komponen yang mendukung proses kerja dari pompa sentrifugal itu sendiri.



Gambar 2.18 Konstruksi Pompa Sentrifugal

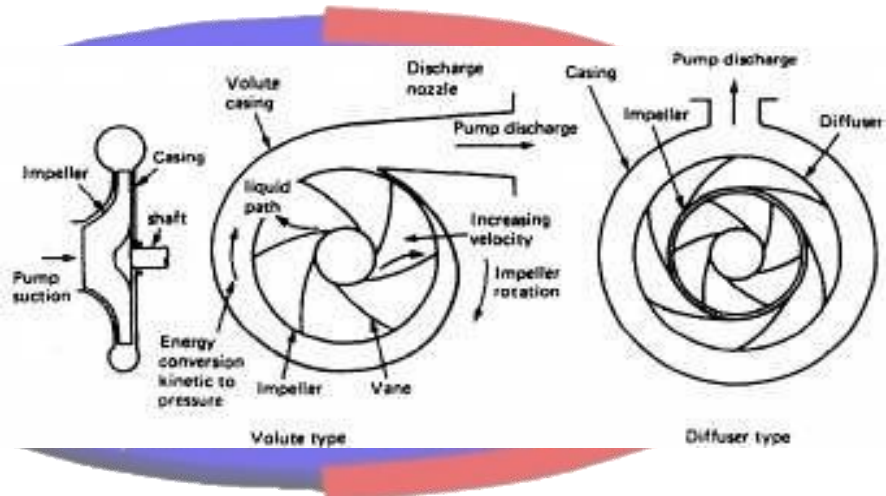
- 1) Bagian pertama dari pompa sentrifugal adalah *casing* dari pompa ini. Bagian ini adalah bagian paling luar dari pompa dengan fungsi sebagai pelindung berbagai elemen, khususnya elemen yang berputar, *guide vane*, *inlet* dan *outlet* dari nozel. *Casing* juga dapat berfungsi sebagai penentu arah aliran dari *impeller*.
- 2) Bagian yang paling sering disebut sebagai inti dari pompa sentrifugal adalah *impeller*. *Impeller* lah yang mengubah energi mekanik dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan jika fluida itu dipompakan secara terus menerus.
- 3) *Eye of the impeller* adalah bagian di mana cairan masuk untuk diisap oleh *impeller*.
- 4) *Bearing* atau bantalan memiliki fungsi menahan beban dari poros. *Bearing* menjadi tumpuan bagian yang dapat berputar dan dapat menahan beban *axial* maupun *radial*. *Bearing* memastikan putaran yang terjadi dalam pompa tetap lancar dan berada dalam tempat yang benar.

- 5) Terdapat *wearing ring* yang meminimalisasi kebocoran cairan yang melewati bagian depan atau bagian depan *impeller* dengan memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*.
- 6) *Vane* atau baling-baling yang memutar dan mendorong cairan.
- 7) *Shaft*, atau poros yang akan terus bergerak selama pompa ini dioperasikan.
- 8) *Shaft sleeve*, sebuah alat yang melindungi poros dari erosi, korosi, dan juga keausan.
- 9) *Stuffing box*, yang memiliki fungsi mencegah kebocoran pada daerah di mana poros ini menembus *casing* dari pompa sentrifugal.
- 10) Untuk mencegah bocornya cairan dari *casing* pompa yang melalui poros, diperlukanlah *packing* yang juga terbuat dari asbes atau beton.

1) Cara kerja pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah pompa yang memiliki elemen utama berupa motor penggerak dengan sudu *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi. Prinsip kerjanya yaitu mengubah energi mekanis alat penggerak menjadi energi kinetis fluida (kecepatan) kemudian fluida di arahkan ke saluran buang dengan menggunakan tekanan (energi kinetis sebagian fluida diubah menjadi energi tekanan) dengan menggunakan *impeller* yang berputar di dalam *casing*. *Casing* tersebut dihubungkan dengan saluran isap (*suction*) dan saluran tekan (*discharge*), untuk menjaga agar di dalam *casing* selalu terisi dengan cairan sehingga saluran isap harus dilengkapi dengan katup kaki (*foot valve*).

Fluida diisap pompa melalui sisi isap adalah akibat berputarnya impeler yang menghasilkan tekanan vakum pada sisi isap. Selanjutnya fluida yang telah terisap terlempar keluar impeler akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida itu sendiri. Dan selanjutnya ditampung oleh *casing* (rumah pompa) sebelum dibuang kesisi buang. Dalam hal ini ditinjau dari perubahan energi yang terjadi, yaitu: energi mekanis poros pompa diteruskan kesudu-sudu impeler, kemudian sudu tersebut memberikan gaya kinetik pada fluida.



Gambar 2.19 Skema Prinsip Kerja dan Arah Aliran dalam Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal jauh lebih banyak digunakan (lebih populer) dari pada pompa desak. Karena bila dibandingkan pompa desak pompa sentrifugal mempunyai beberapa kelebihan di samping kekurangan yang ada. Walaupun demikian untuk keperluan-keperluan tertentu tetap diperlukan pompa desak.

Adapun kelebihan dan kekurangan yang dimiliki pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

Kelebihan

- a) Pada aliran volum yang sama harga pembelian lebih murah.
- b) Tidak banyak bagian yang bergerak (tidak ada katup) sehingga biaya perawatannya rendah.
- c) Lebih sedikit memerlukan tempat.
- d) Jumlah putaran tinggi sehingga memungkinkan digerakkan langsung oleh motor listrik atau turbin.
- e) Jalannya tenang sehingga fondasi dapat dibuat ringan.
- f) Bila konstruksi disesuaikan dapat digunakan untuk memompa cairan yang mengandung kotoran atau padatan.
- g) Aliran zat cair yang diperoleh tidak terputus-putus.

Kekurangan

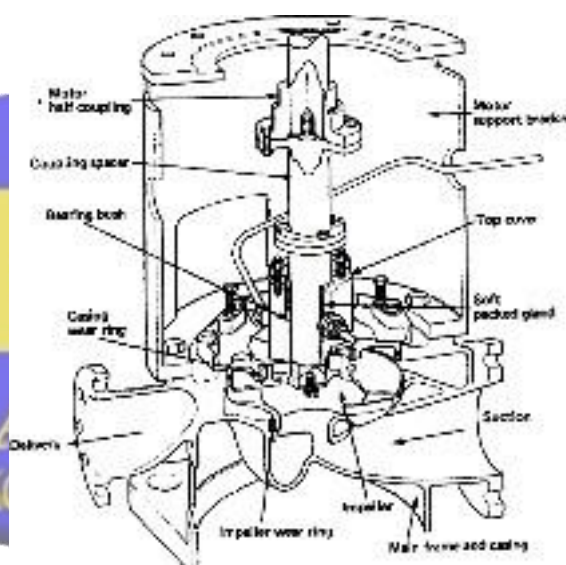
- a) Randemen rendah terutama untuk aliran volum yang kecil dan daya dorong yang tinggi.
- b) Dalam pelaksanaan normal tidak dapat mengisap sendiri.
- c) Tidak cocok untuk memompa cairan yang kental, terutama pada aliran volum yang kecil.

Kemampuan *head* dan kapasitas yang dapat ditimbulkan oleh pompa jenis ini terbatas, karena pada nilai yang tinggi efisiensi pompa tersebut akan turun (tidak ekonomis). Bila diperlukan kapasitas atau *head* yang tinggi dapat digunakan atau dipilih pompa sentrifugal jenis *Double Suction* Atau *Multistage*.

a) Double Suction

Pompa jenis ini dipilih bila diperlukan kapasitas pemompaan yang tinggi tetapi *head* rendah. Dalam rumah

pompa terdapat dua kipas yang dipasang saling membelakangi (*back to back*). Pemasukan umpan melalui dua sisi sehingga pompa ini ekuivalen dengan dua buah pompa dengan satu kipas yang bekerja secara paralel. Kapasitas pompa jenis ini sama dengan jumlah kapasitas masing-masing kipas. Tetapi *head* yang dihasilkan sama dengan satu kipas dengan diameter dan kecepatan putar yang sama.

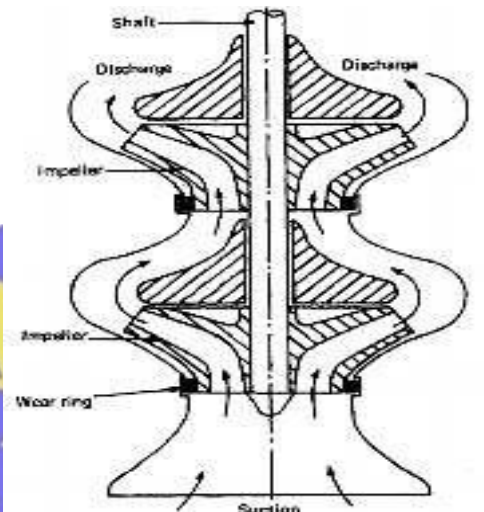


Gambar 2.20 Pompa Sentrifugal Double Suction

b) Multi Stage

Pompa jenis ini dipilih bila diperlukan *head* pemompaan yang tinggi di mana *single stage pump* tidak ekonomis. Pompa ini mampu beroperasi sampai *head* 3000 psia dan kapasitas pemompaan sampai 3000 galon per menit.

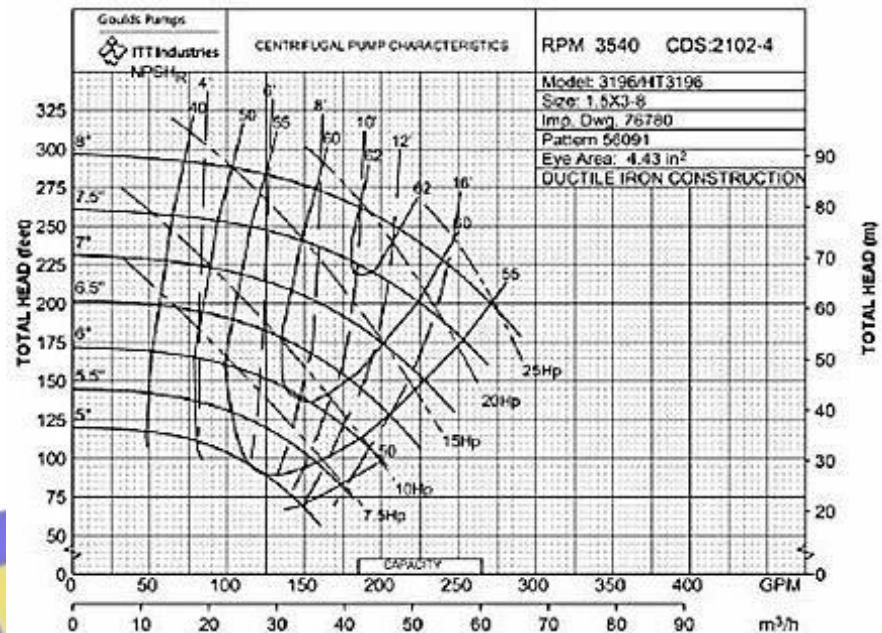
Dalam pompa terdapat beberapa buah kipas yang dipasang secara seri dalam satu poros. Total *head* yang ditimbulkan oleh pompa jenis ini sama dengan jumlah *head* yang dihasilkan masing-masing kipas. Tetapi kapasitasnya sama dengan kapasitas yang melalui satu buah kipas.



Gambar 2.21 Dua Arah Aliran dalam Pompa *Multistage*

2) Karakteristik pompa sentrifugal

Pada pompa sentrifugal *head* yang dapat dicapai dan kapasitas terdapat hubungan yang tidak dapat dipisahkan (berbeda dengan pompa desak). Hubungan ini secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut, bila *head* bertambah besar maka kapasitasnya akan menurun asal semua data pompa yang lainnya dipertahankan tetap. Karakteristik pompa yang berbeda akan berbeda pula.



Gambar 2.22 Kurva Kinerja Sentrifugal Diberikan oleh Pemasok

(Biro Efisiensi Energi, 2004)

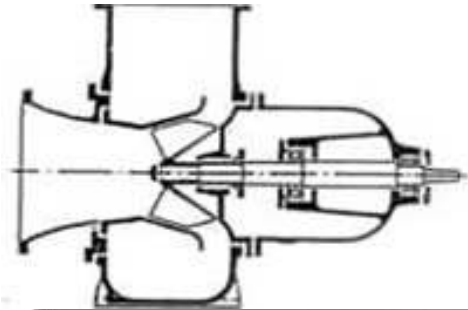
3) Jenis-jenis pompa sentrifugal

1) Pompa Sentrifugal Baling-Baling (*Mixed Flow Pump*)

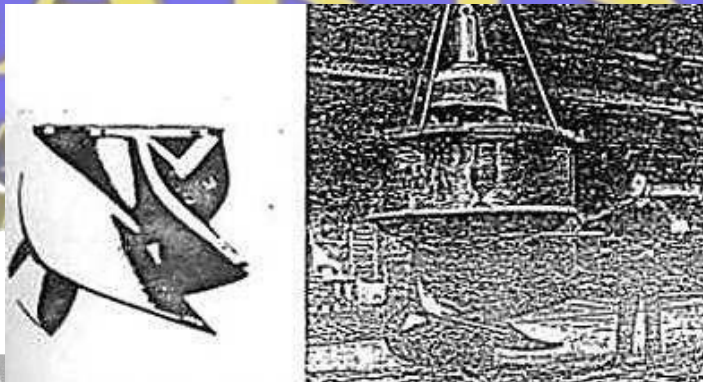
Pompa sentrifugal baling-baling merupakan peralihan antara pompa sentrifugal (*radial flow pump*) dan pompa baling-baling (*axial flow pump*). Kipas pompa jenis ini mempunyai sudu yang dibengkokkan dalam tiga jurusan (tiga dimensi). Adapun cara kerjanya sama dengan pompa sentrifugal.

Kegunaan

Pompa jenis ini biasanya digunakan untuk aliran volum yang besar tetapi daya dorongnya rendah.



Gambar 2.23 Skema Prinsip Pompa Sentrifugal Baling-Baling



Gambar 2.24 Kipas Pompa Sentrifugal Baling-Baling (*Mixed Flow*)

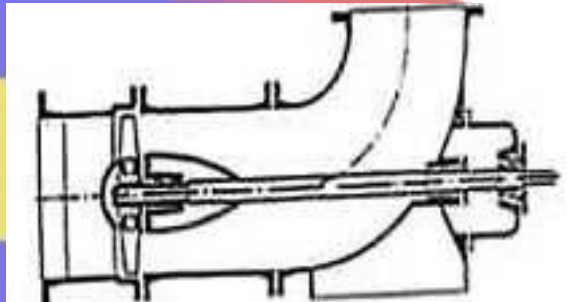
2) Pompa Baling-Baling (*Axial Flow Pump*)

Pada pompa jenis ini zat cair mengalir pada arah *axial* dan dapat digunakan untuk aliran horizontal atau vertikal. Pompa

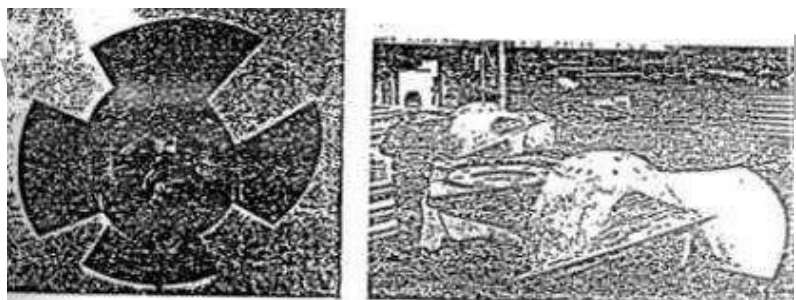
jenis ini tidak dapat mengisap sendiri sehingga dalam pemakaiannya diperlukan pompa vakum kecil untuk mengisap udara dari rumah pompa. Kadang-kadang pada kipas pompa ini dilengkapi dengan sudu yang dapat diatur (disetel) ketika sedang bekerja, sehingga aliran volum atau daya dorongnya dapat diatur.

Kegunaan

Pompa baling-baling digunakan untuk aliran volum yang sangat besar pada daya dorong (tekanan) yang rendah.



Gambar 2.25 Skema Prinsip Pompa Baling-Baling



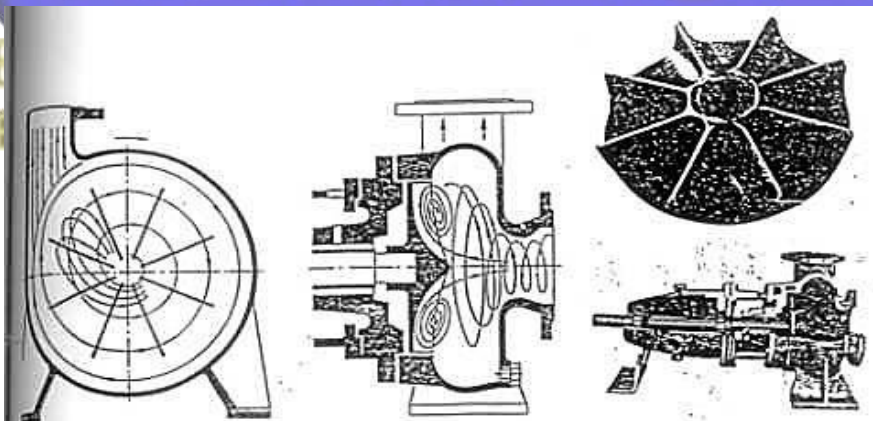
Gambar 2.26 Kipas Pompa Baling-Baling

3) Pompa *Slurry*

Pada jenis pompa ini, kipas tidak dipasang di pusat rumah pompa melainkan di sisi samping. Kipas yang sedang berputar memberikan energi kepada zat cair yang berada di dalam rumah pompa. Gerak rotasi aliran zat cair sudah mulai pada ujung saluran isap pompa. Karena lubang laluan zat cair dalam lubang pompa cukup luas sehingga dapat digunakan untuk memompa cairan yang mengandung padatan dan jarang terjadi penyumbatan. Pompa ini bersifat tidak mengisap sendiri.

Kegunaan

Pompa ini dapat digunakan untuk memompa cairan yang sangat kotor, untuk memompa luluhan kertas pada pabrik kertas, dan untuk memompa luluhan makanan dalam industri bahan makanan.



Gambar 2.27 Pompa *Slurry*

4) Detail secara konstruktif pompa sentrifugal

Bagian-bagian pompa sentrifugal berdasarkan cara pemasangannya atau cara pembongkaramnya dapat dikelompokkan menjadi tiga.

1) Pompa sentrifugal yang terbagi secara radial

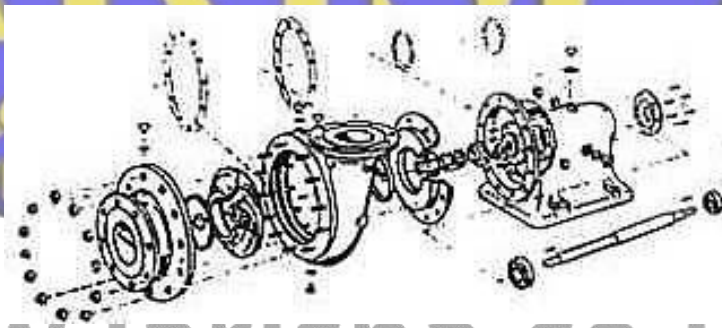
Bagian dari pompa yang harus dikeluarkan pada waktu pembongkaran tersusun secara tegak lurus terhadap garis sumbu poros pompa.

Keuntungan

Cara ini merupakan konstruksi yang murah dan stabil.

Kekurangan

Pada waktu pembongkaran, semua saluran harus dilepas dan pompa harus dikeluarkan dari fondasi.



www.larispa.co.id

Gambar 2.28 Pompa Sentrifugal yang Terbagi Secara Radial

2) Pompa sentrifugal yang terbagi secara aksial

Bagian dari pompa ini yang harus dikeluarkan pada waktu pembongkaran guna mencapai bagian dalam pompa tersusun

sejajar dengan poros pompa. Saluran isap dan saluran kempa terletak pada bagian bawah dari rumah pompa.

Keuntungan

Setelah pembongkaran rumah pompa dan kap bantalan, pompa dapat diperiksa. Seluruhnya dan bila perlu dapat dikeluarkan. Sedangkan semua saluran tetap tinggal pada tempatnya.

Kekurangan

Pompa jenis ini mahal harganya.



Gambar 2.29 Pompa Sentrifugal yang Terbagi Secara Axial

E. Rangkuman

1. Pompa adalah alat angkut yang bekerja berdasarkan perbedaan tekanan.
2. Pompa dapat dikelompokkan dalam 2 kategori, yaitu pompa *displacement* yang dapat mengisap sendiri dan pompa sentrifugal atau pompa kinetik yang tak dapat mengisap sendiri.

3. Secara teoretis, kenaikan isapan suatu pompa pada tinggi permukaan air laut dan suhu air 15°C adalah $1,013 \times 10,2 = 10,3$ m, di mana tekanan barometer = 1,013 (1 atm), tinggi tekan air = 1 bar.
4. Tenaga yang diserap pompa $P_a = \frac{Q \times H_{tot} \times w}{K}$

Di mana:

P_a = tenaga yang diserap (kW)

Q = jumlah cairan yang disalurkan dalam liter/detik

H_{tot} = tinggi tekan total, dalam meter

W = berat jenis cairan, dalam gram/ml

K = 101,9368 (=102)

5. Pompa-pompa *displacement* memerlukan relief *valve*, sementara pompa kinetik tidak.
6. Pompa *displacement* dapat pula dikelompokkan sebagai pompa yang bergerak secara bolak-balik atau *reciprocating pump* yang dapat dijumpai sebagai pompa torak/pompa *plunger* kerja tunggal, ganda dan diferensial serta pompa yang berputar atau *rotary pump* seperti pompa roda gigi (*gear pump*), pompa ulir (*screw pump*).
7. Untuk pompa-pompa sentrifugal, perlu dipancing dalam *central priming system* (sistem pancingan tersebut).

F. Latihan Soal

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pompa merupakan alat angkut!
2. Gambarkan diagram yang menunjukkan kedudukan pompa sebagai alat angkut atau pemindah dan jelaskan simbol-simbol yang anda berikan dalam gambar diagram tersebut!
3. Tuliskan rumus jumlah tinggi tekan total, dan jelaskan arti dari huruf-huruf rumus tersebut!

4. Tuliskan pula rumus tenaga yang diserap pompa, dan jelaskan arti huruf dalam rumus tersebut!
5. Jelaskan apa pengaruh bentuk pipa pada pemompaan!
6. Jelaskan apa yang dimaksud dengan:
 - a. Pompa *displacement*
 - b. Pompa kinetik
7. Jelaskan dengan bantuan gambar skematik, prinsip kerja dari:
 - a. Pompa plunyer kerja tunggal
 - b. Pompa plunyer kerja ganda
 - c. Pompa plunyer kerja secara diferensial
8. Sebutkan ciri-ciri pompa *plunger* yang bekerja secara diferensial, bandingkan terhadap pompa *plunger* kerja tunggal dan kerja ganda!
9. Tuliskan hubungan antara diameter *plunger* dan diameter batang *plunger* kedua langkah bolak-balik pompa diferensial menghasilkan pemompaan yang sama!
10. Jelaskan apa fungsi relief *valve* pada pompa-pompa jenis *displacement*!
11. Jelaskan mengapa pada pompa kinetik (sentrifugal) tak diperlukan relief *valve*.
12. Jelaskan dengan disertai gambar skematik prinsip kerja pompa roda gigi!
13. Sebutkan di mana anda jumpai pompa roda gigi di atas kapal!
14. Sebutkan 2 jenis pompa ulir yang biasa digunakan di atas kapal!
15. Dipergunakan di mana sajakah pompa ulir di atas kapal?
16. Mengapa pompa ulir baik digunakan untuk pemompaan minyak, demikian pun untuk yang bercampur gas?
17. Mengapa pompa ulir sangat ideal digerakkan dengan elektromotor?

18. Jelaskan cara kerja pompa ulir!
19. Jelaskan mengapa pompa sentrifugal juga disebut sebagai pompa kinetik!
20. Gambarkan diagram karakteristik pompa sentrifugal dan jelaskan maksud diagram tersebut!
21. Sebutkan 3 jenis dasar pompa sentrifugal dan sebut jenis mana yang paling banyak digunakan di atas kapal!
22. Gambar secara skematik, pompa *volute* lengkap dengan bagian-bagiannya serta jelaskan cara kerjanya!
23. Apakah manfaat dari *double volute*?
24. Jelaskan cara-cara mengatasi masalah udara, minimum 3 cara!
25. Jelaskan dengan disertai gambar skematik, sistem pancingan terpusat!



www.larispa.co.id

BAB 3

KETEL UAP (BOILER)

A. Deskripsi

Ketel Uap dalam satu bentuk atau lainnya akan ditemukan di setiap jenis kapal. Di mana mesin utama bertenaga uap, satu atau lebih *boiler watertube* besar akan dipasang untuk menghasilkan uap pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi. Pada kapal mesin *diesel* utama, ukuran *boiler* lebih kecil (biasanya jenis *firetube*) akan dipasang untuk menyediakan uap untuk berbagai kebutuhan kapal. Bahkan dalam dua jenis desain dasar, *watertube* dan *firetube*, berbagai desain dan variasi ada.

B. Relevansi

Ketel uap memiliki peranan penting dalam menunjang pengoperasian mesin penggerak utama maupun fungsi kapal. Uap yang dihasilkan oleh ketel uap digunakan sebagai tenaga penggerak pada mesin turbin melalui pemanasan uap tahap lanjut. Sedangkan pada kapal *diesel* uap digunakan untuk memanaskan bahan bakar, muatan maupun kebutuhan lainnya.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini diharapkan taruna/i:

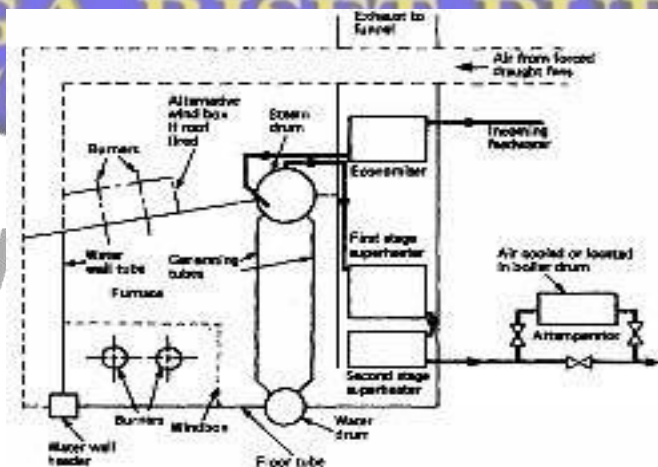
1. Mampu memahami konstruksi dasar dan prinsip kerja ketel uap.
2. Mampu mengklasifikasi jenis-jenis ketel uap.
3. Mampu menjelaskan appendansi dan *Safety Valve* pada ketel uap.
4. Mampu mengoperasikan ketel uap.

D. Isi Materi

1. Pengertian Ketel Uap

Ketel uap yaitu sebuah bejana yang tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer, dengan jalan memanaskan air ketel yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar. *Boiler* (ketel uap) adalah suatu alat yang digunakan untuk dapat menghasilkan uap bertekanan tinggi, di mana alat ini berisi air. Air di dalam *boiler* dipanaskan hingga mendidih sampai menghasilkan uap. Uap (uap air) yaitu gas yang timbul akibat perubahan fase air cair menjadi uap (gas) dengan cara pendidihan (*boiling*). Uap air tersebut dapat dimanfaatkan sebagai kegunaan permesinan bantu maupun penggerak turbin, untuk membangkitkan tenaga listrik.

Ketel digunakan untuk memanaskan air umpan untuk menghasilkan uap. Energi yang dilepaskan oleh pembakaran bahan bakar di tungku *boiler* disimpan (seperti suhu dan tekanan) dalam uap yang dihasilkan.



Gambar 3.1 Penampang Ketel Uap

Semua *boiler* memiliki tungku atau ruang bakar tempat bahan bakar dibakar untuk melepaskan energinya. Udara disuplai ke tungku *boiler* untuk memungkinkan pembakaran bahan bakar terjadi. Area permukaan besar antara ruang bakar dan air memungkinkan energi pembakaran dalam bentuk panas menjadi dipindahkan ke air. Drum harus disediakan agar uap dan air dapat terpisah. Juga harus tersedia berbagai alat kelengkapan dan kontrol untuk memastikan bahwa bahan bakar minyak, udara dan pasokan air umpan disesuaikan dengan uap yang akan dihasilkan. Untuk mencegah terjadinya keadaan bahaya maka sejumlah perlengkapan atau dudukan harus dipasang untuk memastikan keamanan pengoperasian *boiler*.

Persyaratan–persyaratan yang harus dipenuhi ketel uap adalah:

- a. Dalam waktu tertentu harus dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer (1 bar).
- b. Uap yang dihasilkan harus sedikit mungkin mengandung kadar air.
- c. Bila dilengkapi dengan pemanas lanjut maka pada pemakaian uap yang tidak teratur, suhu uap tidak boleh berubah banyak dan harus dapat diatur dengan mudah.
- d. Saat kapal olah gerak di mana pemakaian uap lebih banyak berubah, maka tekanan uap diharapkan tetap.
- e. Uap harus dapat dibentuk dengan jumlah bahan bakar yang serendah mungkin.
- f. Saat pengoperasian ketel uap, diharapkan hemat biaya dan tenaga.

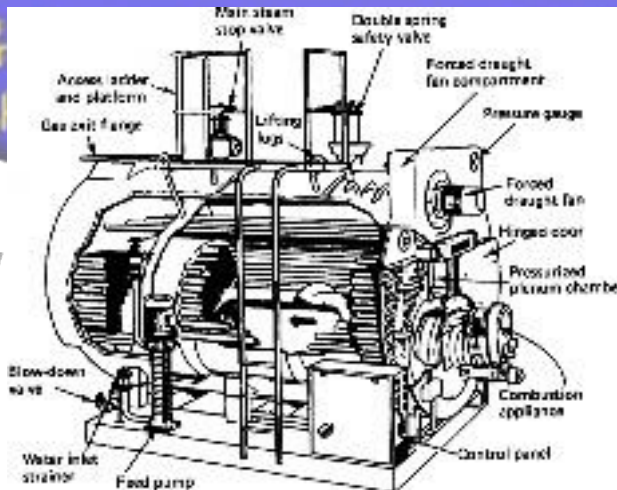
2. Sistem Kerja Ketel Uap

Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengonversikan energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. *Boiler* terdiri dari dua komponen utama yaitu:

- a. Dapur (*furnace*), sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
- b. Alat penguap (*evaporator*) yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap.

Kedua komponen tersebut di atas telah dapat untuk memungkinkan sebuah *boiler* untuk berfungsi. Sedangkan komponen lainnya adalah:

- a. Corong asap dengan sistem tarikan gas asapnya, memungkinkan dapur berfungsi secara efektif.
- b. Sistem perpipaan, seperti pipa api pada *boiler* pipa api, pipa air pada *boiler* pipa air memungkinkan sistem penghantaran kalor yang efektif antara nyala api atau gas panas dengan air *boiler*.
- c. Sistem pemanas uap lanjut, sistem pemanas udara pembakaran serta sistem pemanas air pengisi *boiler* berfungsi sebagai alat untuk menaikkan efisiensi *boiler*.



Gambar 3.2 Ketel Uap

Agar sebuah *boiler* dapat beroperasi dengan aman, maka perlu adanya sistem pengamanan yang disebut appendasi. Sistem *boiler* terdiri dari sistem umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

Peralatan yang digunakan dalam sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan sistem. Air yang disuplai ke *boiler* untuk diubah menjadi *steam* disebut air umpan.

Ada dua sumber air umpan:

- a. Kondensat atau *steam* yang mengembun yang mengembun ke proses.
- b. Air baku yang sudah diolah yang harus diumpankan dari luar ruang *boiler* ke *plant* proses. Untuk mendapatkan efisiensi *boiler* yang lebih tinggi, digunakan *economizer* untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang.

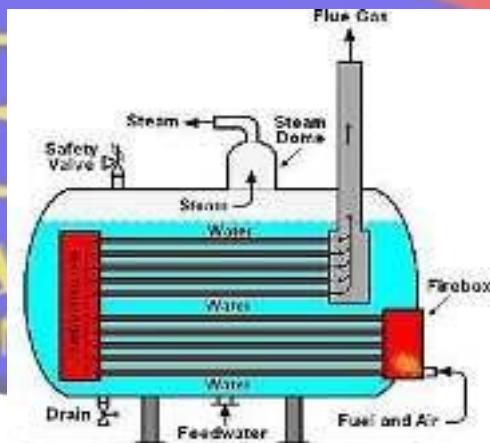
3. Klasifikasi Ketel Uap

Klasifikasi ketel uap ada beberapa macam, untuk memilih ketel uap harus mengetahui klasifikasinya terlebih dahulu, sehingga dapat memilih dengan benar dan sesuai dengan kegunaannya di industri. Karena jika salah dalam pemilihan ketel uap akan menyebabkan penggunaan tidak akan maksimal dan dapat menyebabkan masalah di kemudian harinya.

a. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa

1) Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

Pada ketel pipa api, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan ketel ada di dalam *shell* untuk dirubah menjadi *steam*. Ketel pipa api biasanya digunakan untuk kapasitas *steam* sampai 14.000 kg/jam dengan tekanan 18 kg/cm². Ketel pipa api dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar ketel pipa api dikonstruksi sebagai —paketl *boiler* (dirakit pabrik) untuk semua bahan bakar.



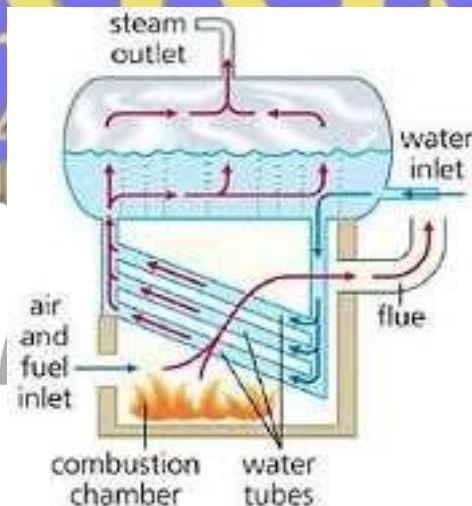
Gambar 3.3 Ketel Pipa Api

2) Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel pipa air, air diumpankan *boiler* melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum.

Ketel ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan *steam* sangat tinggi seperti pada kasus ketel untuk pembangkit tenaga. Ketel yang modern dirancang dengan kapasitas *steam* antar 4.500–12.000 ton/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak ketel pipa air yang dikonstruksikan secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk ketel pipa air yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket. Karakteristik ketel pipa air sebagai berikut:

- a) *Forced, induced* dan *balanced draft* membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.
- b) Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari *plant* pengolahan air.
- c) Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.



Gambar 3.4 Ketel Pipa Air

b. Berdasarkan Pemakainya

1) Ketel stasioner (*stationary boiler*) atau ketel tetap

Yang termasuk stasioner adalah ketel-ketel yang didudukkan pada suatu fondasi yang tetap, seperti ketel untuk pembangkitan tenaga dan industri.



Gambar 3.5 Ketel Stasionery

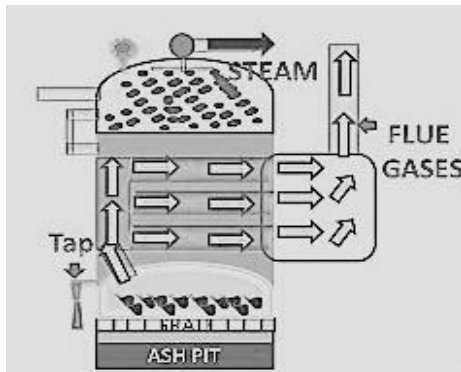
2) Ketel mobil (*mobile boiler*), ketel pindah/*portabel boiler*

Yang termasuk ketel mobil adalah ketel yang dipasang pada fondasi yang berpindah-pindah (mobil), seperti *boiler* lokomotif, loko *mobile* dan ketel panjang serta lain yang sepertinya termasuk ketel kapal (*marine boiler*)

c. Berdasarkan letak dapur (furnace position)

1) Ketel dengan pembakaran di dalam (*internal fired steam boiler*)

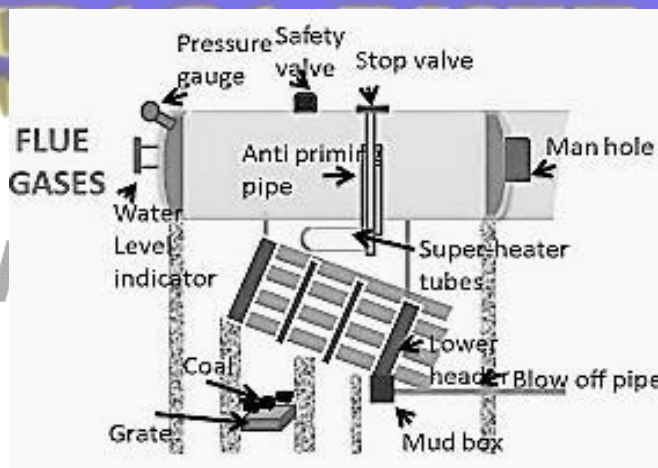
Dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel pipa api memakai sistem ini.



Gambar 3.6 Internal Fire Steam Boiler

2) Ketel dengan pembakaran di luar (outernally fired steam boiler)

Dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel pipa air memakai sistem ini.

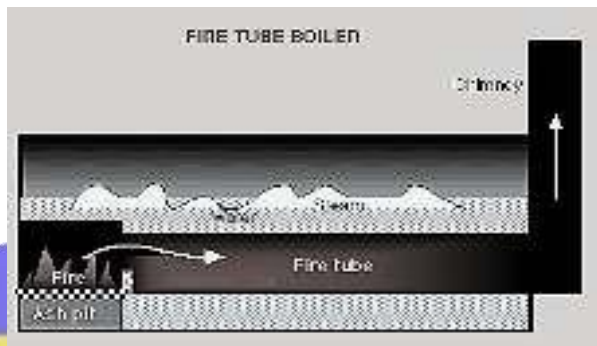


Gambar 3.7 Internal Fire Steam Boiler

d. Berdasarkan jumlah lorong (boiler tube)

1) Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*).

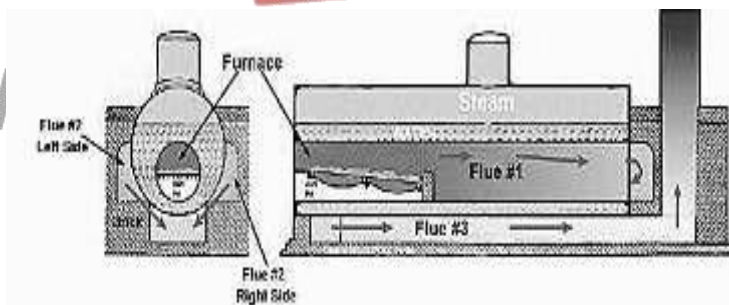
Pada *single tube steam boiler*, hanya terdapat 1 lorong saja, lorong api maupun lorong air.



Gambar 3.8 *Single Tube Steam Boiler*

2) *Cornish boiler*

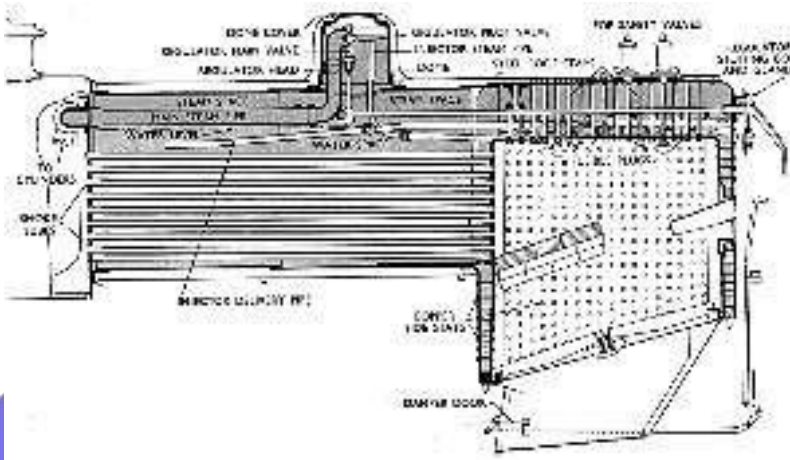
Single fire tube boiler dan *simple vertical boiler* adalah *single water tube boiler*.



Gambar 3.9 *Cornish Boiler*

3) Ketel dengan lorong ganda (multi tube *steam boiler*)

Multi fire tube boiler misalnya ketel *scotch* dan *multi water tube boiler* misalnya ketel B dan W, dll.



Gambar 3.10 *Multi Tube Steam*

e. Berdasarkan pada porosnya tutup drum (shell)

- 1) Ketel tegak (*vertikal steam boiler*), seperti ketel *cochorn*, ketel *clarkson*, dll.
- 2) Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*), seperti ketel *cornish*, *lancashire*, *scotch*, dll.

f. Berdasarkan Bentuk Tata Letak dan Pipa

- 1) Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekuk-lekuk (*straight, bent and sinous tubeler heating surface*).
- 2) Ketel dengan pipa miring datar dan miring tegak (*horizontal, inclined or vertical tubeler heating surface*).

g. Berdasarkan peredaran air ketel (water circulation)

1) Ketel dengan peredaran alami (*natural circulation steam boiler*)

Pada *natural circulation boiler*, peredaran air dalam ketel terjadi secara alami yaitu air yang ringan naik, sedangkan terjadilah aliran konveksi alami. Umumnya ketel beroperasi secara aliran alami, seperti ketel *lancashire*, *babcock & Wilcox*.

2) Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*)

Pada ketel dengan aliran paksa, aliran paksa diperoleh dari sebuah pompa sentrifugal yang digerakkan dengan elektrik motor misalnya *la-mont boiler*, *benson boiler*, *loeffler boiler* dan *velcan boiler*.

h. Berdasarkan tekanan kerjanya

1) Tekanan kerja rendah: ≤ 5 atm.

2) Tekanan kerja sedang: 5-40 atm.

3) Tekanan kerja tinggi: 40-80 atm.

4) Tekanan kerja sangat tinggi: >80 atm.

i. Berdasarkan kapasitasnya

1) Kapasitas rendah: ≤ 2500 kg/jam.

2) Kapasitas sedang: 2500-50000 kg/jam.

3) Kapasitas tinggi: >50000 kg/jam.

j. Berdasarkan pada sumber panasnya (heat source)

1) Ketel uap dengan bahan bakar alami.

2) Ketel uap dengan bahan bakar buatan.

3) Ketel uap dengan dapur listrik.

4) Ketel uap dengan energi nuklir.

4. Parameter yang Harus Diperhatikan dalam Pengoperasian Ketel Uap

a. Kualitas air

Air sebagai bahan pengisi ketel uap untuk di panasi menjadi uap, maka harus diperhatikan kandungan–kandungan yang terlarut di dalam air untuk mencegah terjadinya pengrusakan terhadap ketel uap, misalnya penggerakan, pengaratn, yang bisa menyebabkan kejadian fatal seperti ledakan. Air untuk mengisi ketel uap dapat berasal dari:

- 1) Air yang dihasilkan dari dalam pabrik, berupa air embun yang keluar dari pemanasan.
- 2) Air yang berasal dari alam, seperti air sungai.

Keburukan karena kualitas air akan menyebabkan

- 1) Penggerakan
- 2) Logam-logam menjadi aus karena korosi.
- 3) Terbawanya air dalam uap.

b. Keterangan Ketel Uap

1) Aliran uap (*steam flow*)

Yaitu banyaknya uap yang harus dihasilkan *boiler* pada tingkat pengoperasian tertentu. Pengoperasian pada MCR (*Maximum Continous Rating*) merupakan pengoperasian *boiler* pada tingkat aliran uap maksimum yang bisa dijalankan secara berkelanjutan. Jika melebihi tingkat ini bisa merusak peralatan ataupun meningkatkan biaya perawatan.

2) *Control load*

Untuk beban penuh aliran uap sekitar 48% dan sekitar 47 % untuk aliran uap pada tingkat MCR. *Control load* merupakan

titik di mana suhu uap utama maupun uap pemanasan ulang telah mencapai titik desain kerjanya (kondisi stabil)

3) Tekanan *boiler*

Untuk mendapatkan energi yang sesuai dengan kebutuhan turbin agar dapat menggerakkan generator, maka tekanan uap panas kering yang dihasilkan pun harus sesuai dengan kebutuhan beban. Dalam hal ini, tekanan uap dapat diatur melalui reheater dan superheater.

4) Temperatur uap

Dalam proses konversi wujud dari cair menjadi uap, air perlu dipanaskan dalam *furnace*. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam *furnace* tersebut juga harus diperhatikan agar suhu uap yang dihasilkan memenuhi standar yang ditentukan. Karena jika suhu uap kurang maka efisiensi akan turun tapi jika terlalu tinggi akan berpengaruh pada gas buangnya.

5) Efisiensi *Boiler*

Untuk melihat apakah desain suatu *boiler* telah tepat ditentukan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi, di antaranya kegunaan unit *boiler* itu sendiri yaitu apakah uap yang harus dihasilkan konstan atau bervariasi sesuai kebutuhan generator pembangkit listrik. Selanjutnya yang menentukan juga adalah jenis dan kualitas bahan bakar yang akan dibakar: apakah padat, cair atau gas. Seberapa banyak uap harus dihasilkan tiap jamnya apakah ratusan atau bahkan jutaan pon tiap jamnya juga perlu dipertimbangkan dalam desain.

5. Pembentukan Uap

Pembentukan uap yang dipengaruhi penyerapan panas harus memenuhi setidaknya komponen berikut ini:

- a. Tekanan kerja tiap bagian dari *boiler*, hal ini penting untuk distribusi dan pemenuhan kebutuhan sistem dalam proses pengubahan air menjadi uap. Struktur *power plant* yang tepat untuk tipe proses pembakaran yang dipilih.
- b. Ukuran yang tepat dan pengaturan permukaan perpindahan panas untuk penyerapan panas saat proses pembakaran.
- c. Perlengkapan yang dibutuhkan selama proses. Alat untuk memasukkan udara, bahan bakar dan mengalirkan air. Peranti untuk memindahkan hasil pembakaran dan sistem pengendalian proses.

6. Parameter Ketel Uap

Permukaan penyerapan panas *boiler* dirancang untuk efisiensi dan biaya yang optimum agar empat tujuan dasar *boiler* tercapai yaitu:

- a. Uap kering yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi dalam keadaan apapun.
- b. Pemanasan super terhadap uap kering sementara menjaga suhu tidak melebihi dari kondisi operasional *boiler*.
- c. Pemanasan ulang terhadap uap yang tekanannya turun untuk digunakan kembali oleh turbin sementara menjaga suhu tidak melebihi dari kondisi operasional *boiler*.
- d. Mengurangi suhu gas buang untuk meminimalkan rugi-rugi panas, mengendalikan korosi dan menghasilkan emisi yang tidak melebihi ketentuan.

e. Efisiensi termal

Efisiensi termal adalah indikator seberapa baik kemampuan input panas *boiler* untuk menghasilkan uap pada suhu dan tekanan yang diminta. Adanya prinsip ekonomi dan biaya bahan bakar membuat *power plant* harus beroperasi seefisien mungkin. Unit 5 dan 6 didesain dengan efisiensi 92,5–93,5 % tergantung kondisi operasional *boiler*, pada MCR, normal *full load* ataupun pada *control load conditions*. Untuk membandingkan *performance boiler* pada kondisi sekarang dengan kondisi desain awal nya ada tiga parameter yang bisa diperiksa.

f. *Fuel analysis*

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui kandungan oksigen, hidrogen dan karbon yang terdapat dalam bahan bakar yang digunakan. Karena kualitas bahan bakar dulu dengan sekarang bisa sangat berbeda. Perbedaan ini berpengaruh terhadap kebutuhan udara dan panas yang dilepaskan di ruang bakar, begitu juga dengan massa aliran gas buang yang meninggalkan ruang bakar.

g. *Feedwater temperature*

Perubahan suhu air yang masuk ke *boiler* menentukan tingkat pembakaran yang diperlukan di *furnace*, lebih lanjut akan mempengaruhi panas yang dihasilkan dan banyaknya massa aliran.

h. *Excess Air*

Banyaknya udara yang masuk ruang bakar berpengaruh terhadap jumlah panas yang dibawa dari *furnace* (*dry gas loss*), banyaknya udara yang keluar merupakan faktor penting untuk menghitung efisiensi *boiler*.

7. Jenis Bahan Bakar untuk Ketel Uap

Ada tiga jenis bahan bakar yang biasanya digunakan untuk ketel uap, yaitu:

a. Bentuk padat

Bentuk padat ini ada yang bisa langsung dipakai seperti batu bara.

Ada juga yang diolah terlebih dahulu, seperti kokas dan arang kayu.

b. Bentuk Cair

Minyak bumi, bensin, residu, dll.

c. Bentuk gas

Gas bumi, LPG, gas biomassa, dll.

8. Apendansi Ketel

Telah kita ketahui bahwa *boiler* harus dilengkapi dengan apendansi dan beberapa peralatan agar *boiler* dapat berjalan lancar dan untuk menjamin keamanan *boiler*. Yang termasuk dalam apendansi adalah:

a. Yang berhubungan dengan ruang uap

1) Katup keamanan

Katup ini mempunyai fungsi untuk mencegah agar tekanan di dalam *boiler* tidak melebihi dari tekanan kerja yang ditentukan menurut peraturan.

2) Katup utama dan bantu

Adalah katup yang dipakai untuk mengatur pemberian uap untuk pemanasan muatan, sedangkan katup bantu dipergunakan untuk mengatur aliran ke pesawat-pesawat bantu. Katup harus dipasang sedekat mungkin dengan *boiler* dan katup harus dapat di buka dan ditutup dengan baik dan lancar.

3) Manometer

Alat ini untuk menunjukkan dan mengetahui tekanan uap sambungan yang berada dalam sebuah ketel dengan jelas dan tepat, dengan adanya manometer ini pengoperasian *boiler* akan lebih aman.

b. Yang berhubungan dengan ruang air

1) Katup pengisian *boiler*

Fungsi katup ini adalah untuk mengatur jumlah air pengisian yang masuk ke dalam *boiler* dan mencegah air *boiler* tidak kembali ke saluran pengisian.

2) Kran spui atau *blow down*

Adalah untuk mengeluarkan sebagian atau seluruhnya air *boiler* untuk membuang kotoran yang mengendap di bagian bawah *boiler*.

3) Gelas Penduga

Adalah sebagai pengontrol air yang ada di dalam *boiler*.

Di samping itu ada alat tambahan, tapi tidak termasuk appendansi yaitu:

1) Kran brain

2) Kran garam

3) Garis api

4) Plat stempel

Pada *boiler* modern, di samping alat-alat tersebut masih dilengkapi dengan alat-alat lain untuk mempertinggi daya guna *boiler*, yaitu:

1) Pemanas uap lanjut atau OVO.

- 2) Pemanas udara atau LUVO.
- 3) Pemanas awal air pengisi ketel atau ECO.

9. Pengoperasian *Boiler*

a. Persiapan Pengoperasian

- 1) Yakinkan bahwa alat-alat di bawah ini telah dilakukan pengecekan sebelum pengoperasian *boiler* dilakukan.
- 2) *Water level gauge* atau petunjuk level air

Drain cock harus ditutup penuh juga *gauge cock* bagian atas dan bawah dari petunjuk level air, yakinkan bahwa level air yang diinginkan dari drum *boiler* dapat diindikasikan oleh petunjuk level air. Bagaimanapun juga petunjuk level air menunjukkan bahwa level air tidak boleh berada di bawah dari level air yang aman di saat terjadi perubahan naik turunnya level air secara berkala terhadap kenaikan suhu air pada *boiler*.

- 3) *Pressure gauge* atau penunjuk tekanan

Yakinkan *drain cock* terbuka penuh dan jarum menunjukkan angka nol. Petunjuk tekanan ditempatkan di bawah sehingga mudah untuk dilihat.

- 4) *Blow off valve* atau kran *blow down*

Yakinkan kran tengah dan kran *blow down* di kapal tertutup penuh. Segera lakukan tindakan yang perlu dilakukan jika ada kebocoran pada sistem ini.

- 5) *Water feed valve* atau kran air pengisian

Jaga kran *stop* air pengisian selalu terbuka untuk menambah air tiap saat guna level air dapat terkontrol. Tutup kran pengecek

air pengisian agar tidak ada penambahan dalam pemakaian kapasitas air pengisian yang berlebihan.

6) *Steam stop valve* atau kran stop uap

Dengan membuka atau menutup pengendali kran ini, yakinkan bahwa kran tertutup penuh.

7) *Safety valve* atau kran keamanan

Yakinkan tidak ada kesalahan yang terjadi dalam membuka kran pembagi secara manual (*the manual valve opening device*) dan juga pipa *drain* pada *body* dibuka.

8) *Air vent. valve* atau kran ventilasi udara

Buka kran ventilasi udara secara penuh ketika *steam* pertama kali dialirkan, dan tutup kembali setelah itu udara yang masuk ke dalam *boiler* dibuang.

9) *Other unit* atau unit lainnya

Hindari kesalahan selama pengoperasian, cek unit lainnya secara teliti dan cermat.

b. Pengoperasian

1) *Feed Water to the boiler* atau air pengisian ke *boiler*

a) Buka semua kran air pengisian dari tangki *cascade* ke *boiler* begitu juga dengan ventilasi udara dari *feed pump* dan sistemnya.

b) Nyalakan sumber tenaga dari *boiler*.

c) Pindahkan pompa pengisian dari manual ke otomatis. Juga pilih pompa pengisian No.1 atau No.2.

d) Tekan tombol untuk pengoperasian pompa pengisian dan pastikan *pilot lamp* menyala, *pilot lamp* menyala untuk level air rendah juga *buzzer alarm* level air rendah.

- e) Pastikan motor pompa pengisian berjalan dengan halus dan panasnya tidak berlebihan.
 - f) Pastikan *compound gauge* dan *pressure gauge* bekerja dengan normal
 - g) Cek sistem pipa dari kebocoran.
 - h) Hidupkan *stop switch* untuk alarm *buzzer* level air rendah.
- 2) Ventilasi udara dari sirkulasi bahan bakar
- a) Buka semua kran sistem bahan bakar.
 - b) Tutup kran *cock* dari kran pengembalian bahan bakar, juga udara ventilasi dari sistem bahan bakar dan pompa pengisian.
 - c) Naikkan *setting* dari alarm termostat suhu rendah sesuai sirkulasi dari bahan bakar.
 - d) Pindahkan pembakaran ke pengoperasian otomatis dan pindahkan *switch* pembakaran ke posisi ON.
 - e) Buka *cock* ventilasi udara pada pipa pengembalian bahan bakar untuk semua pembuangan udara dari sistem.
 - f) Cek sistem bahan bakar dari kebocoran.
 - g) Pastikan motor pompa bahan bakar dan *fan force* drop berjalan lembut dan panasnya terkontrol.
 - h) Pastikan bahwa termometer mencatat sesuai dengan suhu pemanasan bahan bakar dan tidak ada kebocoran saat melewati pipa *nozzle*.
- 3) Pembakaran
- a) Jika suhu pemanasan bahan bakar sudah sesuai dan tidak ada masalah dalam setiap unitnya, nyalakan termostat alarm pada suhu normal.
 - b) Pembuangan air setiap 35 menit.

c) Pembakaran mulai beberapa detik setelah lampu pilot pembakaran menyala.

d) Pemeriksaan saat pembakaran.

- Warna, tingkat pengabutan dan stabilitas penyalaan.
- Warna asap, bocornya gas buang dari sisi atas dan pelindung.
- Getaran tidak normal.
- Jika terjadi masalah segera hentikan pembakaran dan cek tekanan minyak, suhu minyak, dan ujung *nozzle*.
- Buka kran uap utama perlahan-lahan untuk mencegah ketukan air dalam sistem.
- Periksa sistem dari kebocoran.

4) *Shut down* atau pembuangan

- a) Menaikan tekanan uap mendekati maksimum tekanan kerja normal.
- b) Tutup kran uap utama, *blow off* permukaan air.
- c) Pembakaran dinyalakan kembali, mendekati maksimum tekanan kerja normal.
- d) Matikan *switch* pembakaran, tekan pengunci penghentian pengoperasian dan putus sumber tenaga listrik.
- e) Tutup kran sistem pengisian, periksa level air dalam tangki *cascade* dari jumlah minyak dalam tangki harian sebelum penutupan kran utama.

5) *Cold starting* atau jalankan pada kondisi dingin

Ketika tekanan uap jatuh pada nol atau khususnya dalam kasus ini adalah percobaan pengoperasian atau *boiler* baru, perhatikan hal-hal di bawah ini:

- a) Sejak bagian dalam *boiler* dingin hindari penyalan pembakaran tiba-tiba. Jangan menaikkan tekanan uap tiba-tiba tapi ambil waktu yang baik sampai tekanan naik ke 1 Kg/cm².
- b) Periksa semua sistem dan lakukan tindakan yang perlu dilakukan untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan.

10. Pemanasan Bahan Bakar

Salah satu syarat sempurna pembakaran bahan bakar adalah adanya pemanasan dan pencampuran yang baik antara bahan bakar dengan udara juga adanya panas yang sesuai. Maksud diadakannya pemanasan pada bahan bakar adalah:

- a. Supaya minyak menjadi encer sehingga mudah dipisahkan atau dibersihkan dari kotoran serta mencapai *viscosity* pengabutan yang sempurna.
- b. Dengan suhu setinggi mungkin minyak dapat dengan mudah dipompakan sampai di pembakaran oleh karena viskositas yang sudah rendah maka pengabutan minyak akan berjalan dengan lancar dan segera bisa dibakar.

Pemanasan dilakukan sampai mencapai suhu sekitar 10° C di bawah titik nyala dan viskositasnya kira-kira 2° Engler. Jika pemanasan melampaui titik nyala, maka akan timbul kesukaran selama dalam perjalanan ke pembakaran dikarenakan suhu yang tinggi mengakibatkan pengendapan pada pipa yang nantinya akan melekat di pipa sehingga akan memperkecil saluran pipa.

11. Pembakaran Bahan Bakar

Untuk dapat mencapai suatu pembakaran yang sempurna, maka perbandingan antara jumlah minyak dan udara harus baik. Agar diperoleh pembakaran yang sempurna dibutuhkan:

- a. Minyak opak ketel harus bersih dari segala kotoran yang sifatnya padat atau cair.
- b. Minyak harus dipanasi lebih dahulu sampai suhu tertentu.
- c. Saat meninggalkan mulut pembakaran minyak mempunyai kecepatan yang cukup dan dalam keadaan dikabutkan bisa terbakar dan tidak akan mengenai dinding pembakaran.

Udara yang masuk mempunyai kecepatan yang cukup dan mempunyai cara pencampuran dengan bahan bakar dengan baik sehingga tiap bagian dari minyak terbakar habis. Untuk itu cara memasukkan udara ke dalam dapur pembakaran mengikuti arah suatu perputaran, dan udara yang masuk harus dipanasi agar bisa membantu terlaksananya pembakaran.

12. Korosi Pada Boiler

- a. Pengkorosian disebabkan oleh air boiler.

Korosi akan terjadi pada bagian di mana air diuapkan secara terus-menerus bila corong asap di atas ruang pembakaran dan menunjukkan pipa air menuju ruang pembakaran, saat beberapa korosi terjadi segera atasi dengan reaksi kimia, ketika reaksi berlangsung cepat maka korosi terjadi tidak sampai mengakar. Jika, bagaimanapun melakukan pencucian dengan reaksi kimia akan memperlambat terjadinya korosi. Beberapa penyebab terjadinya korosi adalah kelalaian dalam *blow off*, tidak bersihnya pembersihan

dalam *boiler*, tidak cukupnya sirkulasi air *boiler* dan pemakaian berlebihan.

b. Korosi yang di sebabkan oleh zat-zat lain.

c. Reaksi gas dalam air boiler.

Besi berkarat atau berkorosi akibat terendam dalam air atau suhu yang tinggi dan pemakaian bahan yang mudah korosif. Dalam kasus ini terkandungnya oksigen dalam penyediaan air sangat bagus untuk pengubangan atau pelubangan, kejadian ini bagian dalam ruangan uap di mana kurangnya pergantian air, jalannya air dari drum *boiler* dan pipa-pipa, pipa air dan *economiser*. Asam karbon hasil dari karbon dioksida ketika pelarutan dalam air dan bereaksi dengan besi untuk menghasilkan karbon besi. Karbon besi bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan oksida besi kedua. Sejak proses reaksi ini berlangsung di mana karbon dioksida terbebaskan, dengan demikian mempercepat siklus pengkorosian lainnya.

d. Korosi oleh alam

Satu bagian dari pengubangan atau pelubangan, perluasan area pengkorosian di sebabkan oleh terpisahnya asam-asam dalam air *boiler* dan terpisahnya asam besar/gemuk dari binatang atau tanaman tenunan dalam air *boiler*.

e. Korosi oleh garam

Korosi magnesium klorida pada *boiler* terjadi sampai berakar. Kejadian ini karena terpisahnya hasil asam hidroklorik dalam air *boiler* dan ini tidak berhenti dalam pelubangan tapi berhenti dalam bentuk karat skala ikan melakukan perluasan, di mana sering terjadi dalam bagian-bagian menunjukkan untuk kuatnya panas di mana gelembung-gelembung udara sukar untuk dilepaskan.

f. Korosi oleh uap panas yang berlebihan

Uap adalah pemisah dalam hidrogen dan oksigen ketika suhu dari permukaan baja naik menjadi 400 *degrees centigrade* atau lebih tinggi. Oksigen adalah pengkorosi bagian penampang baja.

13. Air Boiler dan Air Pengisian Boiler

a. Pengertian air boiler dan air pengisi boiler

Kita memerlukan air yang sangat murni untuk mengisi boiler dan untuk menambah akibat dari kebocoran yang terjadi dalam peredaran lingkaran yaitu memanaskan — menguap — mengkondensasi dengan maksud memberi energi. Untuk maksud ini berbagai pesawat terdapat dalam peredaran lingkaran yaitu ketel uap — turbin — kondensor dan pesawat bantu lainnya seperti pompa, pemanas muatan, pemanas bahan bakar dan sebagainya.

Selama peredaran lingkaran terdapat rugi air 2%, rugi ini harus diganti. Di kapal laut, hal ini dilakukan dengan penguapan air laut. Uap di kondensasi lagi dan sebagai air suling di simpan dalam tangki persediaan, dari tangki ini di masukkan kembali dalam peredaran lingkaran tetapi masih banyak kapal mengambil persediaan air pengisi boiler dari darat.

Jadi pengertian dari air pengisi boiler adalah air yang di sediakan untuk menambah air boiler yang telah hilang dalam peredaran lingkaran. Sedangkan air boiler adalah air yang telah ikut atau mengalami peredaran dalam siklus terjadinya uap, hingga di kondensasi, dan jadi uap lagi.

b. Syarat air pengisi *boiler*

- 1) Sejauh mungkin gas O_2 dan CO_2 terbatas, yang terlarut dalam air *boiler* menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi terhadap logam atau pipa besi pada *boiler*.
- 2) Kadar garam dapur ($NaCl$ dan Na_2SO_4) serendah mungkin sebab garam ini menyebabkan air *boiler* mendidih.
- 3) Jika air pengisi *boiler* terjadi endapan, maka harus dalam keadaan yang dapat di keluarkan dari *boiler*.
- 4) Air pengisi harus bersifat tidak agresif pada besi, cenderung Ph ke arah basa.

c. Pengawasan terhadap air *boiler* dan air pengisi *boiler*.

Pengolahan air umpan berhubungan dengan berbagai endapan dan penyebab korosi garam dan gas *entrained* dengan perlakuan kimia yang sesuai melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Dengan menjaga garam kekerasan dalam suspensi dalam larutan mencegah pembentukan endapan.
- 2) Dengan menghentikan semua garam dan kotoran yang menggantung agar tidak menempel permukaan perpindahan panas.
- 3) Dengan memberikan perlindungan anti-busa untuk menghentikan *carry-over* air.
- 4) Dengan menghilangkan gas terlarut dan memberikan beberapa derajat alkalinitas yang akan mencegah korosi.

Perawatan yang sebenarnya melibatkan penambahan berbagai bahan kimia ke dalam sistem air umpan dan kemudian menguji sampel air *boiler* dengan *test kit*. Kit tes biasanya disediakan oleh pabrik kimia perawatan dengan instruksi sederhana untuk

penggunaannya. Untuk *boiler* tambahan bahan kimia yang ditambahkan mungkin kapur (kalsium hidroksida) dan soda (natrium karbonat) atau soda kaustik (natrium hidroksida) dapat digunakan sendiri.

Untuk *boiler watertube* tekanan tinggi digunakan berbagai garam fosfat, seperti trisodium fosfat, disodium fosfat dan natrium metafosfat. Koagulan juga digunakan yang menggabungkan garam pembentuk kerak menjadi lumpur dan berhenti menempel pada permukaan ketel. Sodium aluminat, pati dan tanin digunakan sebagai koagulan. Terakhir ~~aerasi~~ aerasi air ketel dicapai oleh bahan kimia, seperti hidrazin, yang bergabung dengan oksigen.

Pengawasan dan pengetesan yang dilakukan berupa pengetasan:

- 1) PH
- 2) Alkalinitas-P
- 3) Alkalinitas-M
- 4) Zat Asam
- 5) Hidrasin
- 6) Fosfat
- 7) Klorida

E. Rangkuman

1. Ketel uap merupakan sebuah bejana yang tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer, dengan jalan memanaskan air ketel yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar.

2. Persyaratan–persyaratan yang harus dipenuhi ketel uap adalah:
 - a. Dalam waktu tertentu harus dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer (1 bar).
 - b. Uap yang dihasilkan harus sedikit mungkin mengandung kadar air.
 - c. Bila dilengkapi dengan pemanas lanjut maka pada pemakaian uap yang tidak teratur, suhu uap tidak boleh berubah banyak dan harus dapat diatur dengan mudah.
3. Dapur (*furnace*), sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
4. Alat penguap (*evaporator*) yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap.
5. Pada ketel pipa api, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan ketel ada di dalam *shell* untuk dirubah menjadi *steam*.
6. Pada ketel pipa air, air diumpankan *boiler* melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum.

F. Latihan Soal

1. Jelaskan fungsi ketel uap di kapal!
2. Jelaskan bagaimana proses kerja dari ketel uap!
3. Sebutkan persyaratan apa saja yang harus dipenuhi oleh ketel uap!
4. Jelaskan mengenai apendasi ketel uap dan jelaskan fungsinya!
5. Apakah fungsi dari *safety valve* pada ketel uap?

BAB 4

KOMPRESOR UDARA

A. Deskripsi

Kompresor merupakan salah satu komponen dari sistem udara kerja di atas kapal. Fungsi utama udara kerja di atas kapal adalah sebagai udara penjalan di kapal-kapal motor (*motor ship*), baik sebagai penjalan mesin diesel induk maupun mesin diesel penggerak generator. Fungsi lain dapat digunakan sebagai pembersih, penggerak peralatan *pneumatic* (kunci-kunci *pneumatic*, alat pengangkat *pneumatic*), pembersih pengisi tangki-tangki *hydrophor*, untuk penggunaan energi pada sistem, *control pneumatic* dan lain-lain. Udara sebagaimana dimaksud, dihasilkan oleh *compressor* udara. Dalam bab ini, dari keseluruhan jenis *compressor* udara yang ada, akan diuraikan tentang hal-hal yang berkaitan jenis kompresor udara jenis torak yang biasa digunakan di atas kapal.

B. Relevansi

Mengingat pentingnya fungsi kompresor udara di atas kapal dalam kaitan menyelenggarakan olah gerak kapal dengan lancar, kompresor perlu dipelajari oleh petugas operasional kamar mesin. Dengan kompresor yang berfungsi baik, maka kesiapan akan tersedianya udara dalam botol angin (*air receiver*) akan terjamin sehingga setiap saat siap mengantisipasi kebutuhan oleh gerak. Untuk memperlancar proses pembelajaran kompresor udara, peserta diklat hendaknya telah memahami tentang pompa, mesin diesel, termodinamika, dan fisika.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran kompresor udara ini, diharapkan taruna/i mampu:

1. Menyebutkan fungsi dan jenis kompresor udara.
2. Menjelaskan bagian-bagian kompresor udara jenis torak dan prinsip kerjanya.
3. Mengoperasikan (menjalankan dan mematikan) kompresor udara.
4. Merawat kompresor udara.

D. Isi Materi

1. Pengertian

Kompresor udara adalah suatu pesawat bantu yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan. Kompresor mengisap udara dari atmosfer kemudian menekan masuk ke dalam tabung untuk menampung udara bertekanan. Pada umumnya di kamar Mesin terdapat 2 kompresor yang dapat bekerja sendiri maupun bersamaan. Kapasitasnya dihitung sesuai dengan kebutuhan kapal dan mampu menyuplai tekanan sampai dengan 30 bar. Udara yang diisap dan dimampatkan di dalam kompresor akan mengandung uap air dalam jumlah cukup besar. Jika uap ini didinginkan oleh udara yang keluar dari kompresor maka uap akan mengembung menjadi air. Air ini akan terbawa ke Mesin atau peralatan yang menggunakannya dan mengakibatkan gangguan seperti pada pelumasan, korosi dan peristiwa *water hammer* pada sistem pipa (*piping system*).



Gambar 4.1 Kompresor Udara di Kapal

Sumber: Dokumen pribadi penulis

Katup pelepas dipasang pada outlet udara tahap pertama dan kedua dan dirancang untuk mengangkat tekanan berlebih 10%. Steker peleburan dipasang setelah pendingin tahap kedua untuk membatasi suhu udara yang dikirim dan karenanya melindungi reservoir dan pipa saluran udara bertekanan. Katup *drain* pendingin dilengkapi ke kompresor. Ketika ini terbuka mesin 'dibongkar' dan tidak menghasilkan udara terkompresi. Kompresor saat dihidupkan harus selalu dalam kondisi tidak diturunkan.

2. Jenis Kompresor Udara

a. Menurut fungsinya

1) Kompresor udara utama (*main air compressor*)

Kompresor udara utama adalah kompresor udara yang digunakan mengisi botol angin utama (*main air receiver*) yang digerakkan oleh tenaga listrik (*electromotor*).

2) Kompresor udara darurat (*emergency air compressor*)

Kompresor udara darurat adalah kompresor udara yang digunakan untuk mengisi botol angin bantu (*auxiliary air receiver*) dan digerakkan dengan tenaga yang independen secara mekanik dan digunakan saat dalam kondisi *black out*, sementara botol angin utama dan bantu kosong.

b. Menurut konstruksinya/cara bekerjanya

1) Kompresor torak (*reciprocating air compressor*)

- a) Kompresor torak tegak.
- b) Kompresor torak bentuk —Vl.
- c) Kompresor torak bentuk —Wl.

2) Kompresor sentrifugal (*centrifugal air compressor*)

3) Kompresor ulir (*screw air compressor*)

c. Ditinjau dari tingkat tekanan kompresor dapat digolongkan menjadi

- 1) Kompresor dua tingkat tekanan, tekanan rendah dan tekanan tinggi.
- 2) Kompresor tiga tingkat tekanan (tekanan rendah, menengah dan tinggi).
- 3) Kompresor multi tingkat tekanan.

d. Botol angin (*air reservoir tank*)

Botol angin adalah tabung atau bejana yang digunakan untuk menampung udara bertekanan hasil kerja dari kompresor udara. Botol angin ini harus mampu menahan tekanan hingga 30 bar dan untuk menjaga keselamatan, dipasang *safety valve*. Fungsi dari *Safety valve* adalah ketika *main air compressor* difungsikan untuk mengisi botol angin, maka bisa terjadi tekanan berlebih di dalam tangki. Selain itu juga perlu diketahui bahwa botol angin juga ada

batas tekanan tertentu yang bisa ditampungnya. Maka dari itu udara yang diisikan tidak boleh melebihi batas tekanan tersebut. Untuk mengatasi hal itu maka diperlukan adanya *safety valve* yang bisa diatur tekanan yang diizinkan. Jika udara yang ditampung sudah melebihi batas tekanannya, maka udara tersebut akan dikeluarkan melalui *safety valve* ini atau dengan kata lain jika tekanannya melebihi batas maka *safety valve* akan terbuka. Dengan cara ini maka kemungkinan dari botol angin meledak karena kelebihan tekanan sangatlah kecil. Di kamar mesin kapal botol angin dapat dipasang dengan posisi tegak, miring atau tidur (horizontal). Berikut ini peralatan yang wajib dipasangkan di botol angin

- 1) Manometer adalah alat untuk mengetahui tekanan udara di dalam botol angin.
- 2) Katup keamanan berfungsi untuk mencegah ledakan karena tekanan lebih.
- 3) Katup cerat berfungsi untuk membuang air kondensat dari uap air yang mengembun.
- 4) Lubang orang (*manhole*) untuk perawatan botol angin.

Untuk sistem udara pejalan dengan pengisian secara otomatis, pada botol angin dipasang *pressure controller* yang dihubungkan dengan *cut off electromotor* kompresor, sehingga pada tekanan udara terendah di botol angin yang dikehendaki, kompresor udara akan start jalan dan pada tekanan tertinggi udara di botol angin yang dikehendaki, kompresor udara akan berhenti. Untuk keperluan udara pejalan di atas kapal dipasang 2 buah botol angin utama dan botol angin bantu yang digunakan untuk start mesin bantu penggerak generator.



Gambar 4.2 Botol Angin

3. Prinsip Kerja Kompresor

Udara masuk ke dalam *suction stroke* melalui *suction* tahap pertama katup melalui peredam/filter. Katup isap menutup pada piston *upstroke* dan udara dikompresi. Udara terkompresi, telah mencapai tekanan tahap pertama, melewati katup pengiriman ke pendingin tahap pertama. Pengisapan dan kompresi tahap kedua sekarang dilakukan tempat dengan cara yang sama, mencapai tekanan yang jauh lebih tinggi di Internet lebih kecil, silinder tahap kedua. Setelah melewati tahap kedua katup pengiriman, udaranya kembali didinginkan dan dikirim ke sistem penyimpanan. Mesin ini memiliki *crankcase* kaku yang menyediakan dukungan untuk tiga bantalan poros engkol. Blok silinder terletak di atas dan liner yang dapat diganti dipasang di blok silinder. Roda gigi berjalan terdiri dari piston, batang penghubung dan *one-piece, two-throw* poros

engkol. Kepala silinder tahap pertama terletak di blok silinder dan kepala silinder tahap kedua dipasang pada yang pertama, masing-masing kepala membawakatup isap dan pengirimannya. *Rotary-gear-driven* rantai pompa menyediakan minyak pelumas ke bantalan utama.

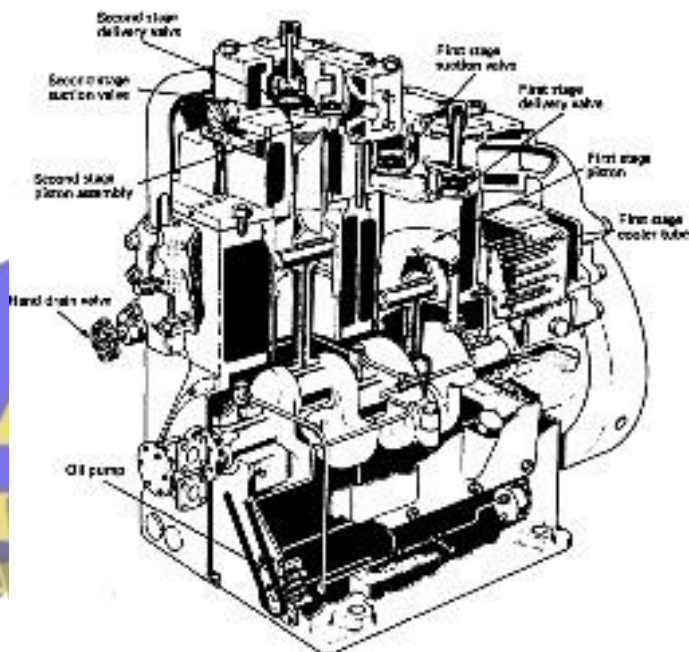
Cara kerja kompresor torak

Kompresor yang umum dipakai dalam skala menengah kecil adalah kompresor tipe torak. Kompresor torak atau kompresor bolak-balik pada dasarnya adalah mengubah gerakan putar dari penggerak mula menjadi gerak bolak-balik torak/piston. Kompresor udara induk yang digunakan di atas kapal, pada umumnya jenis torak dua tingkat tekanan (*2 stages air compressor*) yang dapat menghasilkan udara bertekanan 25–30 bar. Gerakan ini diperoleh dengan menggunakan poros engkol dan batang penggerak yang menghasilkan gerak bolak-balik pada torak. Gerakan torak akan mengisap udara ke dalam silinder dan memampatkannya. Langkah kerja kompresor torak hampir sama dengan konsep kerja motor torak yaitu:

- a. Proses ekspansi, dimulai saat torak bergerak dari titik mati atas selama kedua katup dalam keadaan tertutup.
- b. Langkah isap adalah bila poros engkol berputar searah putaran jarum jam, torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Tekanan negatif terjadi pada ruangan di dalam silinder yang ditinggalkan torak sehingga katup isap terbuka oleh perbedaan tekanan dan udara terisap masuk ke silinder.
- c. Langkah kompresi. Langkah kompresi terjadi saat torak bergerak dari TMB ke TMA, katup isap dan katup buang tertutup sehingga udara dimampatkan dalam silinder

- d. Proses pembuangan (*discharge*), Proses pembuangan (*discharge*), terjadi ketika katup buang (*discharge valve*) membuka saat torak masih menuju ke atas sampai dengan titik mati atas.

4. Bagian-Bagian Kompresor 2 Tingkat Tekanan



Gambar 4.3 Two Stage Compressor

Bagian-bagian kompresor udara dua tingkat tekanan berkaitan dengan aliran udara:

- a. Pompa minyak lumas (*oil pump*)

Pompa minyak lumas digunakan untuk menyirkulasikan pelumasan dari karter atau ruang engkol (*crankcase*) ke seluruh bagian-bagian

yang bergerak agar tidak terjadi gesekan langsung antar logam dan mengurangi keausan.

b. Katup cerat (*hand drain valve*)

Digunakan untuk mencerat kondensat yang terbentuk dan terkumpul di ruang udara kompresi.

c. Torak silinder tekanan rendah (*first stage piston*)

Digunakan untuk pengisapan dan pemampatan aliran udara di silinder tingkat tekanan rendah.

d. Torak silinder tekanan tinggi (*second stage piston assembly*)

Digunakan untuk melakukan pengisapan dan pemampatan udara di silinder tekanan tinggi.

e. Katup isap silinder tekanan rendah, digunakan untuk pengaturan masuknya udara isapan di silinder tekanan rendah.

f. Katup tekan silinder tekanan rendah (*first stage delivery valve*)

Digunakan untuk mengatur aliran udara tekan dari silinder tekanan rendah.

g. Katup isap tekanan tinggi (*second stage suction valve*)

Digunakan untuk mengatur isapan udara yang keluar dari silinder tekanan rendah masuk ke dalam silinder tekanan tinggi.

h. Katup tekan silinder tekanan tinggi (*second stage delivery valve*)

Digunakan untuk mengatur aliran udara tekan hasil pemampatan dari silinder tekanan tinggi ke botol angin.

i. Pendingin udara bertekanan (*intercooler*)/*first stage cooler tubes*

Digunakan untuk mendinginkan udara bertekanan yang dihasilkan oleh pemampatan silinder tekanan rendah sebelum masuk ke silinder tekanan tinggi.

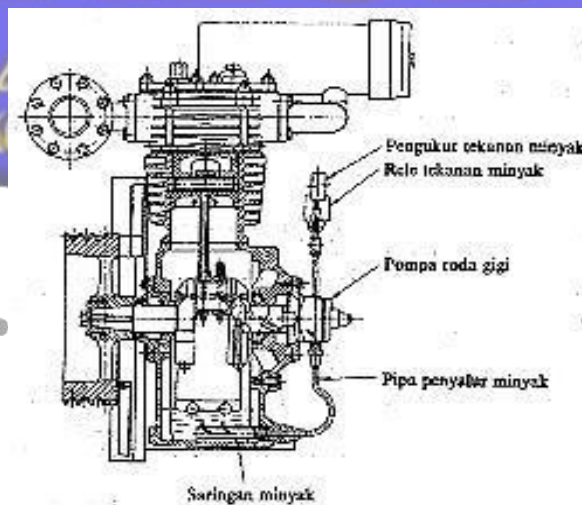
5. Sistem Pendinginan

Selama kompresi berlangsung, banyak energi yang dibutuhkan diubah menjadi panas dan sebagai konsekuensinya terjadi kenaikan suhu yang akan mengurangi randemen volumetrik dari siklus. Untuk meminimalkan kenaikan suhu tersebut, maka panas harus dipindahkan. Walaupun sebagian panas dapat dipindahkan melalui dinding silinder, luas permukaan silinder tetap menyisakan suhu tinggi yang harus didinginkan sebelum ke proses kompresi di silinder tingkatan sesudahnya. Sistem pendinginan pada blok silinder tekanan rendah maupun tekanan tinggi dilakukan oleh pompa yang dipasang integral dalam kompresor itu sendiri atau oleh sistem pemompaan air pendingin di luar kompresor udara. Bagian internal yang dibor di poros engkol untuk kedua batang penghubung bantalan. Air pendingin disuplai dari pompa integral atau sistem ruang mesin. Air mengalir ke blok silinder yang mana berisi kedua pendingin panggung dan kemudian ke tahap pertama dan kedua kepala silinder.

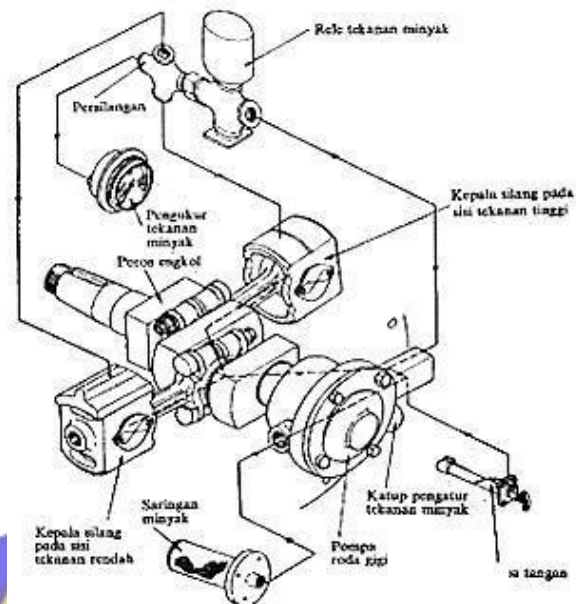
6. Sistem Pelumasan

Bagian-bagian kompresor torak yang memerlukan pelumasan adalah bagian-bagian yang saling meluncur seperti silinder, torak, kepala silang, metal-metal bantalan batang penggerak dan bantalan utama. Tujuan pelumasan adalah untuk mencegah keausan, merapatkan cincin torak dan paking, mendinginkan bagian-bagian yang saling bergesek, dan mencegah pengkaratan. Pada kompresor kerja tunggal yang biasanya dipergunakan sebagai kompresor berukuran kecil, pelumasan kotak engkol dan silinder disatukan. Sebaliknya kompresor kerja ganda yang biasanya dibuat untuk ukuran sedang dan besar di mana silinder dipisah dari rangka oleh paking tekan, maka harus dilumasi secara terpisah. Dalam hal ini pelumasan

untuk silinder disebut pelumasan dalam dan pelumasan untuk rangkanya disebut pelumasan luar. Untuk kompresor kerja tunggal yang berukuran kecil, pelumasan dalam maupun pelumasan luar dilakukan secara bersama dengan cara pelumasan percik atau dengan pompa pelumas jenis roda gigi. Pelumasan percik, menggunakan tuas pemercik minyak yang dipasang pada ujung besar batang penggerak. Tuas ini akan menyerempet permukaan minyak di dasar kotak engkol sehingga minyak akan terpercik ke silinder dan bagian lain dalam kotak engkol. Metode pelumasan paksa menggunakan pompa roda gigi yang dipasang pada ujung poros engkol. Putaran poros engkol akan diteruskan ke poros pompa ini melalui sebuah kopling jenis Oldham. Minyak pelumas mengalir melalui saringan minyak oleh isapan pompa. Oleh pompa tekanan minyak dinaikkan sampai mencapai harga tertentu lalu dialirkan ke semua bagian yang memerlukan melalui saluran di dalam poros engkol dan batang penggerak.

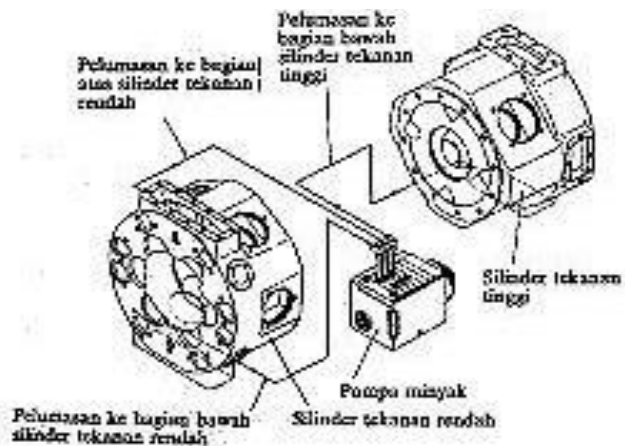


Gambar 4.4 Pelumasan Paksa



Gambar 4.5 Sistem Pelumas Minyak Luar

Sebuah katup pembatas tekanan untuk membatasi tekanan minyak dipasang pada sisi keluar pompa roda gigi. Kompresor berukuran sedang dan besar menggunakan pelumasan dalam yang dilakukan dengan pompa minyak jenis plunyer secara terpisah. Adapun pelumasan luarnya dilakukan dengan pompa roda gigi yang dipasang pada ujung poros engkol. Pompa roda gigi harus dipancing sebelum dapat bekerja. Untuk itu disediakan pompa tangan yang dipasang paralel dengan pompa roda gigi. Pada jalur pipa minyak pelumas juga perlu dipasang rele tekanan. Rele ini akan bekerja secara otomatis menghentikan kompresor jika terjadi penurunan tekanan minyak sampai di bawah batas minimum. Jika pompa mengisap udara. Karena tempat minyak kosong atau permukaannya terlalu rendah maka rele akan bekerja dan kompresor berhenti.



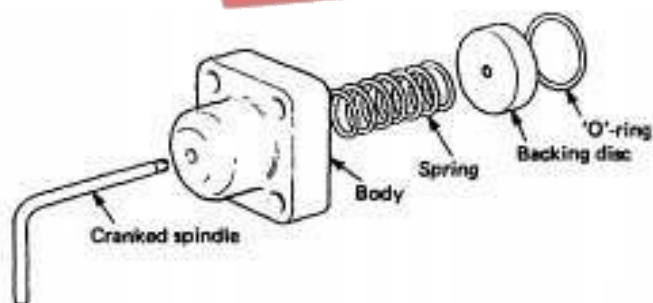
Gambar 4.6 Sistem Pelumas Minyak Dalam

7. Sistem Pengaman

Perlengkapan yang harus dipasang pada kompresor udara yaitu:

- Katup keamanan air pendingin silinder *block* (*water jacket safety valve*)

Katup ini digunakan untuk mencegah peningkatan tekanan dalam pipa-pipa *cooler* dan melepas udara keluar.



Gambar. 4.4 Water Jacket Safety Valve

b. Katup Pelepas (*relief valves*)

Katup ini dipasang di setiap tingkat tekanan silinder dan dirancang untuk membuka 10 % kelebihan tekanan.

c. *Fusible plug*

Fusible plug dipasang di saluran setelah *cooler* tingkat tekanan kedua untuk membatasi suhu udara dan menjaga botol angin dan pipa-pipanya.

d. *Cooler drain valves*

Katup ini digunakan sebagai katup kompresor tanpa beban (*unloaded*) yaitu mengurangi beban torsi saat start dan membersihkan kotoran cair dan padat (*moisture*) di dalam sistem. Kotoran cairan ini harus dibuang karena dapat menyebabkan emulsi pada pelumasan yang apabila terbawa ke saluran udara dapat menimbulkan ledakan atau kebakaran.

8. Komponen yang Berhubungan dengan Kompresor Udara

a. *Air distributor valve*

Air distributor valve adalah katup pembagi udara penjalan bertekanan ke setiap silinder untuk membuka katup pada *starting air valve* di *cylinder head* agar udara penjalan bertekanan dapat masuk kedalam silinder dan menekan torak ke titik mati bawah (TMB). Ada banyak desain dari *air distributor valve*, semua dengan prinsip dasar yang samal, yaitu untuk membagi udara bertekanan yang telah diperkecil menjadi 7 bar yang akan menuju ke *air starting valve* di setiap silinder sesuai *firing order*.

b. *Turning gear interlock*

Turning gear interlock adalah salah satu komponen pada instalasi sistem udara start yaitu suatu *control valve* yang mencegah sistem udara start untuk beroperasi apabila *turning gear* masih terhubung pada roda gila motor diesel.

c. *Condensate drain valve*

Condensate drain valve ialah bagian dari kompresor yang berfungsi membuang kondensat (uap air) yang terjadi saat kompresor bekerja dengan mengambil udara dari luar, sehingga udara yang masuk ke dalam sistem udara tekan menjadi bersih dan tidak menimbulkan adanya endapan air. Manfaat lainnya pada sistem hidraulik adalah, oli tetap bersih karena kontaminasi dari air telah dibuang melalui *condensate drain valve*.

d. *Air starting valve*

Air Starting valve merupakan komponen yang berfungsi sebagai *valve* tempat keluarnya udara bertekanan 30 bar, sehingga udara dapat menggerakkan torak ke bawah. *Air starting valve* membuka pada saat posisi TDC (*Top Dead Center*) pada langkah ekspansi di silinder tersebut dan menutup pada saat BDC (*Bottom Dead Center*) langkah ekspansi. Membuka dan menutupnya *air starting valve* diatur oleh suatu alat yang disebut dengan *air starting distributor*. *Air starting distributor* mempunyai satu inputan udara bertekanan 7 bar dengan satu *valve* otomatis yang disebut *starting air control valve* dan beberapa keluaran udara bertekanan tergantung pada jumlah silinder pada jumlah silinder pada motor diesel.

9. Cara Menjalankan Kompresor

- a. Kompresor harus selalu distart pada kondisi *unloaded condition* karena tekanan besar yang dihasilkan secara mendatar akan menimbulkan torsi yang tinggi. Oleh karena itu katup-katup cerat dalam keadaan terbuka. Pembukaan cerat ini juga dimaksudkan untuk membuang uap air yang terakumulasi.
- b. Yakinkan bahwa minyak pelumas dikarter dalam kondisi memenuhi dan juga pelumasan silinder. Yang pendinginan untuk *cooler* (*intercooler* dan *after cooler*) serta telah berjalan baik.
- c. Yakinkan bahwa keran tekanan menuju ke botol angin telah dibuka. Dan juga keran masuk botol anginnya.
- d. Yakinkan tenaga listrik memenuhi.
- e. Start mesin.
- f. Biarkan katup cerat terbuka beberapa saat kemudian tutup.
- g. Atur pembukaan katup isap.
- h. Cek tekanan udara kompresor.
- i. Buka sesekali cerat untuk membuang kotoran cairan yang mungkin terkumpul di *cooler*.

E. Ringkasan

1. Kompresor merupakan komponen dari sistem udara penjalan.
2. Jenis kompresor yang digunakan di kapal pada umumnya jenis torak tingkat tekanan (tekanan rendah dan tinggi).
3. Dalam 1 siklus kerja kompresor tiap tingkat tekanan terdiri dari 4 proses yaitu: ekspansi, pengisian, kompresi dan *delivery*.

4. Karena tuntutan kebutuhan penghasilan tekanan tinggi, sementara proses kompresi menimbulkan kenaikan suhu maka diperlukan *intercooler* dan *after cooler*.
5. Perlengkapan yang harus ada di *compressor* adalah relief *valves* dan manometer untuk tiap tingkat tekanan.
6. Untuk start kompresor harus dalam kondisi tanpa beban.

F. Latihan Soal

1. Sebutkan proses yang terjadi pada satu siklus kerja kompresor!
2. Jelaskan mengapa di kapal diperlukan kompresor 2 tingkat tekanan!
3. Jelaskan mengapa diperlukan *intercooler*!
4. Sebutkan peralatan yang harus dipasang pada sebuah *compressor* dan di mana dipasangnya!
5. Jelaskan bagaimana menjalankan kompresor dengan cara manual dan jelaskan pula maksud setiap tindakan yang anda lakukan pada saat menjalankan kompresor tersebut!



www.larispa.co.id

BAB 5

PURIFIER

A. Deskripsi

Bahan bakar memiliki peranan penting dalam kelancaran pengoperasian Mesin di kapal, penggunaan bahan bakar yang tepat akan menghasilkan pembakaran yang sempurna. Tujuan dari pembahasan tentang *purifier* ini untuk memperdalam pemahaman dan mendalami akan prinsip kerja dari *purifier* dan pengaruh penggunaan *gravity disc* serta putaran yang tidak maksimum terhadap kemurnian bahan bakar dan minyak pelumas yang bersih.

B. Relevansi

Pembersihan bahan bakar oleh *purifier* dilakukan dengan sistem gerak putar (sentrifugal), jika tenaga sentrifugal diputar beberapa ribu kali putaran dalam waktu tertentu maka tenaganya akan lebih dari gaya gravitasi dan statis.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran tentang *purifier*, diharapkan para peserta didik mampu:

1. Menjelaskan secara umum prinsip kerja *purifier*.
2. menyebutkan jenis-jenis *purifier* dan fungsi dari komponennya.
3. Dapat mengoperasikan dan merawat *purifier* secara benar.

D. Isi Materi

1. Pengertian *Purifier*

Purifier merupakan pesawat bantu yang berfungsi untuk memisahkan minyak, air dan kotoran dengan menggunakan gaya sentrifugal yang bekerja berdasarkan perbedaan berat jenis dan minyak, air dan kotoran, sehingga zat yang mempunyai berat jenis lebih besar akan terlempar keluar terlebih dahulu. Pada *purifier* pembersihan dilakukan dengan sistem gerak putar (sentrifugal), jika tenaga sentrifugal diputar beberapa ribu kali putaran dalam waktu tertentu maka tenaganya akan lebih dari gaya gravitasi dan statis. Pesawat *purifier* bekerja berdasarkan gaya sentrifugal dalam rotasi mangkuk yang sangat cepat. Gaya gravitasi akan diganti dengan gaya sentrifugal yang menjadi ribuan kali lebih besar di mana maksud dari peningkatan ribuan kali lebih besar adalah pada bagian *bowl purifier* ini bekerja karena perbedaan berat jenis yang terjadi antara minyak, air dan lumpur, maka lumpur yang berat jenisnya lebih besar akan terlempar lebih jauh ketimbang air dan minyak karena gaya sentrifugal. Oleh sebab itu peningkatan lebih besar yang dimaksud yaitu perbandingan antara gaya gravitasi dan gaya sentrifugal di mana gaya sentrifugal di sini dimaksudkan meningkatkan gaya gravitasi itu sendiri yang memungkinkan gaya sentrifugal itu sendiri bisa lebih sempurna untuk pemisahan minyak, air dan lumpur.

Adapun proses kerja dari pesawat *purifier* ini berdasarkan cara pemisahan sentrifugal dalam rotasi mangkuk yang cepat, di samping dengan cara pemisahan sentrifugal ada yang menggunakan sistem mengendap dalam tangki pengendap, yaitu memisahkan kotoran dan air dari minyak dengan memakai perbedaan *specific gravity* antara minyak, air dan kotoran, tetapi cara sentrifugal lebih cepat dan dapat memisahkan dengan baik.



Gambar 5.1 Purifier Unit

Sumber: Dokumen pribadi penulis

2. Prinsip Pemisahan pada Purifier

Prinsip pembersihan terdiri dari beberapa jenis, hal ini disebabkan karena perbedaan berat jenis (BJ) zat cair tersebut. Namun yang sering dipakai di kapal yaitu:

a. Metode Gaya Gravitasi

Metode gaya gravitasi adalah cara daripada gaya berat, yaitu bahan bakar dari tangki dasar berganda dialirkan ke tangki penyimpanan bahan bakar dalam waktu tertentu untuk mengendapkan air dan lumpur yang dikandung oleh bahan bakar

Contoh:

Suatu cairan yang mengandung minyak jika diendapkan pada suatu wadah atau tangki maka dengan gaya gravitasi bumi cairan yang mempunyai berat jenis yang lebih besar akan ke titik pusat bumi daripada cairan yang mempunyai berat jenis lebih kecil,

b. Metode Pembersih Sentrifugal

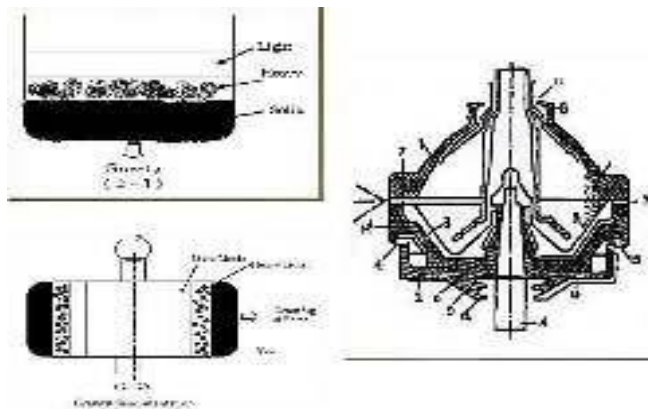
Mesin pemisah kotoran yang lazim disebut Separator/*purifier* yaitu pemisah dengan putaran yaitu melakukan pemisahan dengan pengendapan di bidang sentrifugal. Jika pengendapan dengan gaya sentrifugal bekerja sesuai dengan rpm 1500-1900 per menit, maka pemisahan dan pembersihannya jauh lebih besar daripada pengendapan gravitasi bumi.

Keuntungan-keuntungan *purifier* jenis ini adalah:

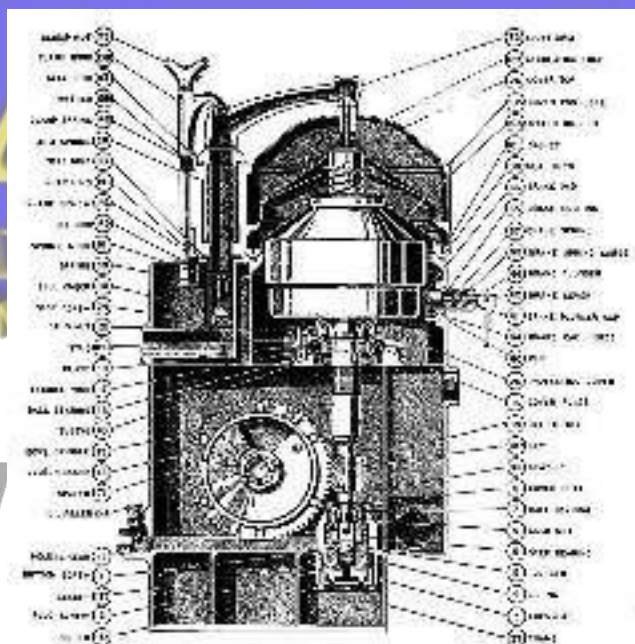
- 1) Lumpur-lumpur dapat dipisahkan dengan mudah dan dibuang dengan cara di *blow up*.
- 2) Gerakan pembuangan lumpur dilakukan dalam suatu waktu yang singkat dengan pembersih yang tinggi.
- 3) Proses pembersihan jauh lebih efisien dan ekonomis dibanding dengan metode gravitasi.

3. Cara Kerja *Purifier*

Untuk menghindari terjadinya suatu masalah pada mesin di atas kapal baik mesin penggerak utama maupun permesinan maka diadakan suatu sistem pembersihan bahan bakar yang dimulai sejak bahan bakar berada dalam tangki *double bottom* pengendapan dalam *settling* dan *service tank*, sedangkan minyak lumas sejak berada di *settling* dan *service tank*. Prinsip kerja *oil purifier* sangat identik dengan gaya berat yang dalam prosesnya didukung oleh gaya sentrifugal sehingga proses pemisahannya sangat cepat. Percepatan gaya sentrifugal besarnya antara 6000-7000 kali lebih besar dari pengendapan gravitasi statis.



Gambar 5.2 Pemisahan Minyak



Gambar 5.3 Purifier

Sumber: <https://weh.maritime.edu/campus/tsps/manual/purifier.html>

1. *Bowl* itu terbagi atas dua bagian yaitu: bagian atas dan bagian bawah (2) di bagian bawah ini terletak suatu dasar yang dapat bergerak.
2. Cincin yang dapat dipindah–pindahkan di bawah pengaruh pegas–pegas yang digambarkan, dalam posisi teratas, sekeliling poros dekat ada suatu cincin isian yang tidak bergerak di mana dapat dimasukkan air ke dalam kamar-kamar atau menurut keperluannya.
3. Setelah sentrifugal mencapai putaran normal yaitu kira-kira 5 menit setelah digerakkan dari suatu tangki kecil yang khusus dipasang untuk itu, melalui cincin isi dimasukkan air ke dalam kamar.
4. Melalui lubang-lubang air ini masuk ke bawah dasar yang dapat bergerak. Jadi mendapat tekanan gaya-gaya sentrifugal dan dengan demikian dasar ini mengempas ke atas, dalam posisi yang digambarkan di sebelah kanan lubang, sekeliling *bowl* oleh karena itu sentrifugal tertutup dan siap pakai.
5. Setelah dimasukkan dahulu air dan sesudah itu minyak, maka pekerjaan yang normal dapat dimulai air yang telah dipisahkan keluar melalui lubang dan minyak yang bersih keluar melalui pinggiran.
6. Untuk membersihkan "*bowl*" saluran masuk minyak ditutup dulu, sesudah itu sebagai pengganti minyak dimasukkan air, sehingga hampir semua minyak yang tadinya berada di dalam *bowl* keluar melewati pinggiran.
7. Sesudah itu air dimasukkan lagi dari tangki kecil melalui cincin isian ke dalam kamar. Dari sini air masuk melalui saluran di atas cincin.
8. Juga air ini mendapat tekanan oleh gaya-gaya sentrifugal dan mengempas cincin ke bawah sambil menekan pegas-pegas menjadi

satu, memang sebagian air keluar melalui lubang-lubang, akan tetapi yang masuk lebih banyak daripada yang hilang.

9. Karena menurunnya cincin maka lubang-lubang menjadi terbuka. Di atas dasar suatu tekanan tinggi yang disebabkan oleh gaya sentrifugal dan air di dalam *bowl*.
10. Tekanan ini mengempas dasar ke bawah, di mana airnya di bawah keluar melalui lubang-lubang dan. Oleh menurunnya dasar maka lubang-lubang menjadi terbuka oleh karena itu kotoran disempatkan keluar dalam waktu kompartemen terpisah dan selubung aparat di mana air disalurkan keluar.
11. Jika selanjutnya pemasukan air sebelah atas dan cincin diputuskan, maka semua air yang ada di sana keluar melalui lubang-lubang dan cincin ini di bawah pengaruh pegas-pegasnya kembali ke dalam posisi teratas, keadaannya lalu kembali seperti pada permulaan uraian ini dan cara kerjanya dapat diulangi lagi.

4. Penataan *Purifier* di Kamar Mesin

- a. Penataan *purifier* sebagai komponen sistem bahan bakar

Penataan letak *purifier* dalam sistem bahan bakar untuk keperluan mesin induk dan permesinan bantu, di mana dalam sistem ini terdapat dua buah sentrifuse, satu *purifier* untuk minyak berat (*Marine Fire Oil*) dan satu lagi *purifier* untuk minyak ringan (*diesel oil*). Untuk MFO *purifier*, minyak diisap dari tangki endap minyak berat (*heavy oil settling tank*) setelah melalui pemanas (*heater*) masuk ke *distributor* dalam sentrifuse. Minyak bersih yang dihasilkan dan sentrifuse dialirkan ke tangki harian (*service tank*). Dengan sirkulasi bahan bakar dari tangki kembali ke tangki melalui

purifier, diharapkan tidak ada lagi air yang terkandung di dalam bahan bakar yang masuk ke *injector* (pengabut), mesin induk.

Catatan:

1) Kapasitas *purifier* tergantung dari beberapa faktor, seperti *grade* minyak, suhu purifikasi dan derajat purifikasi yang diinginkan. Untuk mesin diesel dengan kekuatan 3.000 kW sampai 10.000 kW sebuah *purifier* harus mempunyai rentang kapasitas 2.200 sampai 8.200 liter per jam

2) Purifikasi bahan bakar berat pada umumnya menggunakan 2 tingkat proses.

a) Purifikasi (*purifying*). Bahan bakar ini dipanaskan di tangki endap (*settling/supply tank*) antara 50°C sampai 60°C dan mengalir ke *purifier* melalui pompa isapnya. Pompa isap ini menyalurkannya ke pemanas yang suhunya dikendalikan (*thermostatically controlled heater* atau alat pengontrol panas) yang menaikkan suhu bahan bakar ke sekitar 80°C untuk kemudian baru dimasukkan ke *purifier*.

b) Klarifikasi (*clarifying*) Hasil purifikasi yang berupa bahan bakar yang telah bebas air (*dry purified oil*) selanjutnya dikirim ke *clarifier* oleh pompa tekan *purifier*. Baru dan *clarifier* inilah bahan bakar yang telah bersih dari kotoran padatnya dialirkan ke tangki harian. Sementara untuk *purifier* minyak ringan, pembersihannya cukup dilakukan dengan satu tingkat proses saja yaitu purifikasi, tanpa klarifikasi, sehingga tidak memerlukan pemanasan. Minyak diisap dari tangki harian *diesel oil* dan setelah melalui proses pembersihan, dikembalikan ke tangki harian lagi.

b. Penataan *purifier* sebagai komponen sistem pelumasan

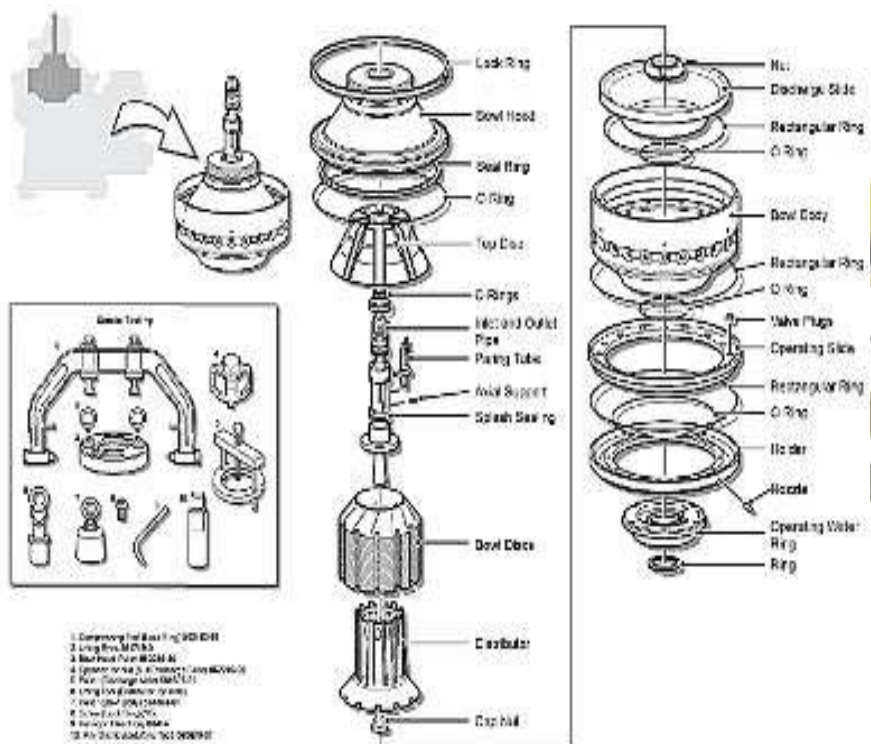
Purifier untuk minyak lumas untuk instalasi mesin diesel ataupun turbin biasanya disiapkan untuk bekerja secara *bypass* atau yang lazim disebut *continuous bypass system*. Penataannya dalam sistem pelumasan bervariasi tergantung dari susunan mesinnya antara lain terlihat pada gambar yang menunjukkan contoh penataan komponen pesawat bantu yang mendukung sistem pelumasan mesin induk diesel, termasuk *purifier* di dalamnya. Karena keberadaannya dalam sistem, maka *purifier* dalam sistem pelumasan disebut sebagai *lubricating oil purifier (LO Purifier)*, sama seperti halnya yang ada di sistem bahan bakar mereka pun disebut sebagai *Fuel oil (FO purifier)*. *LO purifier*, mengisap minyak lumas kotor dan tangki *drain*. Dapat juga kalau dikehendaki, pengisapan diambil dari tangki harian untuk sirkulasi. Untuk menjaga kekentalan minyak saat dilakukan pembersihan (separasi), maka seperti halnya pada sistem pembersihan untuk MFO, di sini juga dilengkapi dengan pemanas (*heater*). Hasil minyak bersih, disalurkan ke tangki harian yang juga berfungsi sebagai tangki endap.

5. Komponen-Komponen *Purifier*

Di dalam *purifier* terdapat beberapa bagian/komponen. Komponen tersebut saling berhubungan satu sama lain, sehingga jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen tersebut maka *purifier* tidak dapat bekerja secara optimal. Oleh sebab itu *engineer* harus memahami fungsi dan cara kerja komponen-komponen *purifier*. Komponen tersebut antara lain:

a. *Disc*

Disc adalah komponen dalam *purifier* yang berfungsi untuk menahan aliran minyak yang akan dibersihkan secara perlahan-lahan hingga akhirnya minyak keluar menuju ke tangki harian. *Disc* tersebut memiliki lubang-lubang sebagai masuknya bahan bakar yang akan disaring pada *purifier* sehingga minyak, dan kotoran tersebut akan terpisah.



Gambar 5.4 Bagian-Bagian *Purifier*

Sumber: <http://juniormarineengineer.blogspot.com/2015/03/purifiers.html>

b. Bowl body

Berfungsi sebagai tempat dudukan *bowl hood purifier*. Agar *bowl hood* selalu dalam keadaan maksimal harus diperhatikan perawatan dan kebersihannya. Dan juga terdapat *seal* pada bagian bibir dari *bowl body* yang berfungsi untuk menahan dan juga berfungsi sebagai penahan kebocoran minyak yang terlempar ke dinding *purifier*.

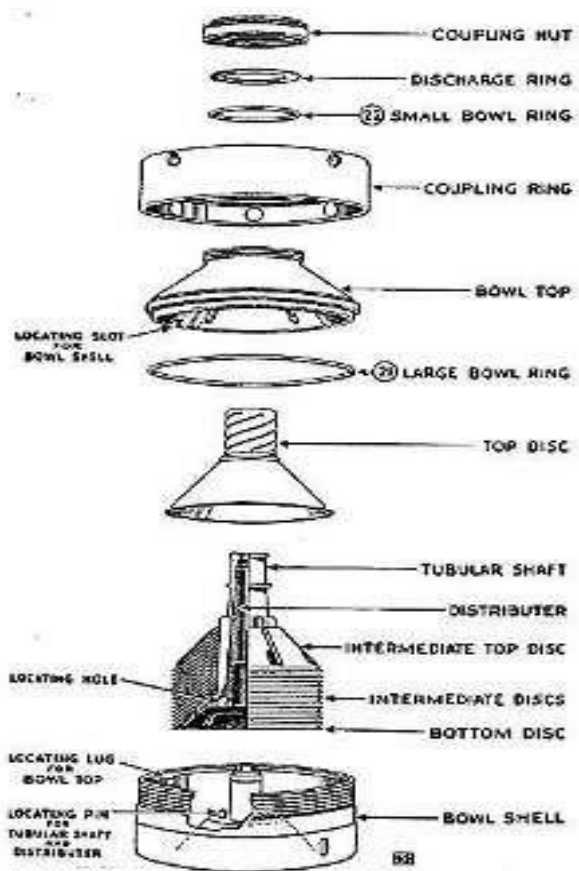


Gambar 5.5 Bowl Body

Sumber Dokumen pribadi penulis

c. Distributor

Berfungsi sebagai tempat saluran masuk bahan bakar kotor yang akan dibersihkan dan berfungsi membagi minyak ke tiap-tiap bagian *bowl disc* melalui lubang *distributor*. Kemudian *disc* tersebut akan berputar mengikuti *bowl hood* yang ada di bawahnya.



Gambar 5.6 Distributor

Sumber: <https://web.maritime.edu/campus/tsps/manual/purifier.html>

www.larispacorp.co.id

d. Gravity disc

Gravity disc adalah sebuah cincin yang dipasang dalam *purifier* untuk menghindari agar minyak dan air tidak bersatu kembali pada saat minyak dan air keluar. Item ini sangatlah penting sekali, pada *lubricating oil purifier* dan juga *Fuel Oil Purifier* ukuran *gravity disc* berbeda. Dikarenakan viskositas zat tersebut tidak sama.



Gambar 5.7 Gravity Disc

Sumber: <https://www.zztop-oiltools.com/products/Gravity-Disc-for-the-oil-purifier-2479545.html>

e. Bowl disc

Piringan-piringan yang berfungsi sebagai pemisah minyak, air dan kotoran menurut struktur dan susunan dari mangkuk tersebut.

Piringan tersebut harus terpasang dengan benar sesuai *manual book*, karena ada yang berbeda ukurannya jadi apa bila saat membongkar atau memasang harus ditandai agar tidak salah pada saat merakitnya.

f. Drain nozzle pada bowl body

Berfungsi untuk mengeluarkan air pengisian untuk mengangkat *main cylinder (low pressure)* pada saat air pengisian (*high pressure*) masuk dan membuka *pilot valve*.

g. Slidding bowl bottom

Berfungsi untuk membuka kemudian membuang kotoran-kotoran yang ada di dalam *bowl* lewat *sludge port*. Cara membuka *slidding*

bowl yaitu dengan air pada SV2, kemudian menutup *seal* pada *pilot valve* dan akibatnya *slidding bowl* akan membuka.

6. Prosedur Pengoperasian dan Penghentian *Purifier*

Pengoperasian *purifier* di atas kapal dilakukan berdasarkan buku manual (*instruction manual book*) sesuai pabrikan atau *maker* dari *purifier*. Berikut ini Langkah-langkah pengoperasian *purifier* secara umum:

a. Cara menjalankan *purifier*

Setelah menjamin sistem sudah siap untuk dioperasikan, (antara lain pemanasan bahan bakar atau minyak lumas telah mencapai suhu yang dikehendaki, saluran minyak lumas yang ke tangki telah terbuka), maka anda sudah dapat menekan tombol —onl untuk *purifier*. Apabila putaran *bowl* sudah mencapai harga yang memenuhi (hal ini dapat dilihat dari amperemeter yang mulai stabil ditempat normal) sebagai berikut:

- 1) Menghidupkan sumber tenaga dan papan penghubung utama yang ada dalam *engine control room*.
- 2) Buka kran atau katup air tawar dari tangki air tawar ke *purifier*.
- 3) Buka kran bahan bakar masuk dan keluar *purifier*. Buka kran untuk *heater* atau pemanas dalam hal ini pemanas uap, untuk mendapatkan pemanasan yang rata maka uap yang masuk harus distel dengan penunjukan angka antara 65° C-70° C.
- 4) Setelah semua kran dalam keadaan terbuka, maka langkah selanjutnya adalah periksa *lubricating oil* pada rumah *worm gear* yang dapat dilihat pada gelas duga, bila kurang segera ditambah.
- 5) Periksa rem (*brake*) harus dalam keadaan bebas.

- 6) Jalankan *heater* atau pemanas dengan menekan tombol *on* pada *Control Box*.
 - 7) Jalankan pompa bahan bakar *purifier*.
 - 8) *Purifier* siap untuk dioperasikan, dengan menekan tombol start maka motor dari *purifier* mulai berputar, dalam waktu lebih kurang 5 menit putaran dari *purifier* akan mencapai maksimal yang dapat dilihat pada penunjukan jarum ampere meter. Pada saat pertama start karena beban untuk berputar agak berat maka penunjukan jarum ampere meter mencapai 10 ampere, tetapi bila putaran sudah normal maka penunjukan jarum ampere meter akan bergerak turun hingga mencapai sekitar 6 ampere.
 - 9) Setelah putaran normal dan maksimum maka dapat dilakukan *sludging* atau *blow up* secara manual dengan menggunakan air tawar 2-3 kali dengan tujuan membuang sisa-sisa kotoran yang menempel pada *bowl disc*.
 - 10) Bila sistem air tawar sudah bekerja dengan baik maka *purifier* sudah siap untuk melaksanakan pemisahan bahan bakar dengan air dan kotoran, dengan menekan tombol *on* pada panel program kontrol *purifier* maka *purifier* akan bekerja secara otomatis untuk melakukan pemisahan bahan bakar.
- b. Cara menghentikan *purifier*
- 1) Tutup kran bahan bakar masuk dan keluar *purifier*.
 - 2) Matikan pemanas bahan bakar.
 - 3) *Blow up* dengan menggunakan air tawar 2-3 kali.
 - 4) Tekan tombol *off* pada panel *control* program *purifier* maka secara otomatis *purifier* akan melakukan *sludging* terlebih dahulu

untuk membuang kotoran yang tersisa di dalam *bowl* (mangkuk) sebelum *purifier* tersebut *stop*.

5) *Stop* motor *purifier*.

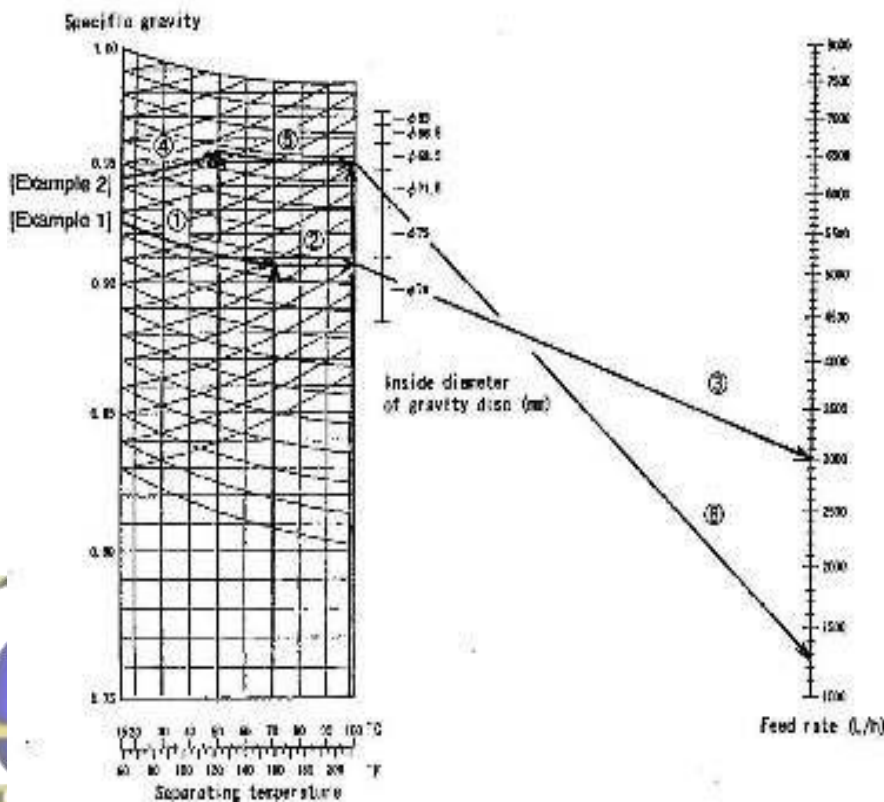
7. Faktor-Faktor Penyebab Peluberan pada *Purifier* (*Overflow*)

a. Pengaruh *Gravity Disc*

Kemampuan *purifier* untuk memisahkan bahan bakar dari air dan kotoran (lumpur) sangat dipengaruhi oleh ukuran *gravity disc*. Dalam *purifier* minyak yang masuk akan berputar, hal ini bertujuan untuk mengatur cara pelepasan sehingga zat cair yang mempunyai berat jenis lebih besar akan terlempar jauh, sedangkan berat jenisnya ringan dekat dengan sumbu putaran. Jika berat jenis minyak bahan bakar yang masuk ke *purifier* berubah-ubah maka perbandingan garis tengah (diameter) harus diubah. Untuk itu pada satu perangkat cincin pada setiap sentrifugal yang mana garis tengah luar dari saluran pembuangan air dapat diubah. Dan cincin tersebut adalah *gravity disc*, agar cairan minyak dan air tidak bersatu atau bercampur kembali pada waktu minyak dan air itu keluar.

b. Pemilihan *Gravity Disc*

Gravity disc yang akan digunakan pada *purifier* terlebih dahulu diadakan pemilihan yang tepat agar mengurangi terjadinya peluberan bahan bakar. Hal ini perlu dilakukan karena pengaruh perbedaan berat jenis dari bahan bakar. Adapun hal yang dilakukan adalah:



Gambar 5.8 Ukuran Gravity Disc

Sumber: <https://marineengineeringonline.com/selection-of-gravity-disc-for-purifiers-on-ships/>

www.larispa.co.id

Contoh:

Berat jenis minyak (*specific gravity*) pada 15 °C, berat jenis minyak (*specific gravity*) pada temperatur 15 °C=0,925, temperatur: 70 °C dan *feed rate*: 3000 L/jam.

Metode pemilihan

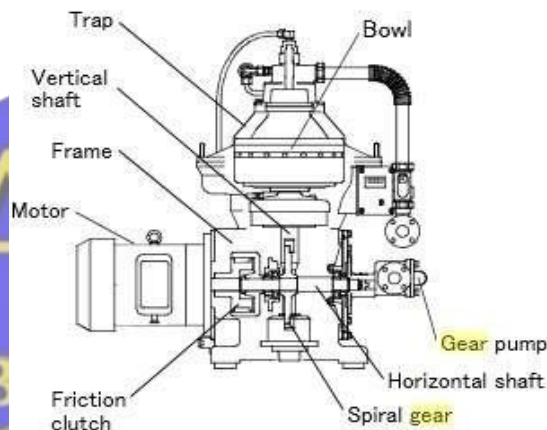
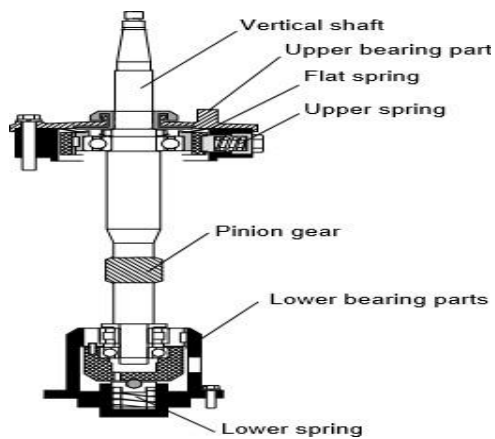
- 1) Lihat nomogram yang diberikan pada gambar di atas.
- 2) Dari persimpangan antara kurva jatuh ① gravitasi spesifik 0,925 dan garis vertikal 70 °C, gambar garis horizontal ② untuk mencapai garis vertikal 100 °C.
- 3) Hubungkan antara ujungkan garis ② dan titik 3000 L/jam pada skala kapasitas perawatan menggunakan garis lurus ③.
- 4) Baca bagian mana dari cakram gravitasi di dalam skala diameter skala persimpangan yang dibuat oleh garis ③ jatuh.
- 5) Pilih *disk* gravitasi yang memiliki diameter dalam $\phi 79$.

c. Petunjuk Umum Pemilihan *Gravity Disc*

- 1) *Spesifik gravity (berat jenis)*.
- 2) *Viscosity (kekentalan)*.
- 3) *Tabel seleksi gravity disc*.
- 4) *Suhu pemanasan*.

d. Putaran Tidak Senter

Gagalnya *purifier* di-start kembali setelah terjadi *automatic stop* disebabkan putarannya imbal (tidak senter) sehingga tidak mampu melampaui batas kritis. Pertama kali putarannya jalan pelan-pelan semakin lama putaran semakin cepat, untuk menuju putaran normal biasanya melalui putaran yang diiringi dengan getaran, getaran inilah yang dinamakan putaran kritis.



Gambar 5.6 Vertical dan Horizontal Shaft

Sumber: <http://omarineng.blogspot.com/2018/01/ways-to-differentiate-purifier.html>

Putaran *purifier* yang imbal (tidak senter) sulit bahkan tidak mungkin mencapai putaran normal, apabila putaran tidak normal, maka daya atau tenaga untuk melempar dalam gaya sentrifugal tidak tercapai sehingga bahan bakar dan air akan tercampur. Sebab-sebab *purifier* putarannya tidak senter adalah:

e. *Bowl Disc Kotor*

Pada dinding bagian dalam *bowl* banyak kotoran-kotoran yang menempel. Agar *bowl disc* tidak kotor seperti yang dianjurkan oleh buku petunjuk *purifier* dilakukan pembersihan setiap 3000 jam pada saat pencucian *bowl* (mangkuk), *bowl hood* (kap mangkuk), *bowl body* (badan mangkuk) dan *bowl disc* (piringan mangkuk) serta dapat diperiksa bagian-bagian lainnya seperti: *O-ring packing* atau *seal ring*. Bila pada bagian-bagian tersebut rusak harus segera diganti untuk mencegah kebocoran pada *purifier* tersebut.



Gambar 5.7 *Bowl Purifier*

f. Bantalan (*Ball Bearing*)

Kerusakan pada *ball bearing* ini disebabkan oleh putaran poros yang tidak rata (*senter*) atau pemanasan bahan bakar yang terlalu tinggi, pada saat masuk ke *purifier* temperatur bahan bakar maksimum adalah 100°C. Jika *ball bearing* rusak jalan satu-satunya cara adalah diganti dengan yang baru.

g. Poros *Purifier*

Poros *purifier* yang bengkok disebabkan karena terlalu lama dipakai sehingga mengalami perubahan bentuk, di samping itu ujung poros bagian yang lurus permukaannya tidak rata lagi karena termakan korosi dan aus karena gesekan. Apabila poros yang sudah bengkok atau sudah aus, jalan terbaik yaitu harus diganti.

h. *Drive Gear*

Drive gear akan cepat rusak/aus bila sistem pelumasan kurang diperhatikan. Penggunaan minyak lumas yang tidak sesuai di *drive gear* dapat menyebabkan *gear* menjadi aus sehingga mempengaruhi terhadap penyaluran tenaga motor secara maksimum sehingga putaran motor akan berkurang, faktor lain yang menyebabkan *drive gear* rusak yaitu dalam pemasangan kurang hati-hati.

E. Rangkuman

1. *Purifier* merupakan pesawat bantu yang berfungsi untuk memisahkan minyak, air dan kotoran dengan menggunakan gaya sentrifugal yang bekerja berdasarkan perbedaan berat jenis dan minyak, air dan kotoran, sehingga zat yang mempunyai berat jenis lebih besar akan terlempar keluar terlebih dahulu.

2. Prinsip pemisahan pada *purifier* yaitu metode gaya gravitasi dan pembersih sentrifugal.
3. Prinsip kerja *oil purifier* sangat identik dengan gaya berat yang dalam prosesnya didukung oleh gaya sentrifugal sehingga proses pemisahannya sangat cepat. Percepatan gaya sentrifugal besarnya antara 6000-7000 kali lebih besar dari pengendapan gravitasi statis.
4. Cara pengoperasian *purifier* harus sesuai dengan *instruction manual book*.
5. Faktor-faktor penyebab peluberan pada *purifier* (*overflow*)
 - a. Pengaruh *gravity disk*.
 - b. Putaran tidak senter.
 - c. *Bowl* kotor.
 - d. *Ball bearing* rusak.
 - e. Poros *purifier* yang bengkok.
 - f. *Drive gear* rusak.

F. Latihan Soal

1. Jelaskan prinsip kerja *purifier*!
2. Apakah perbedaan antara *purifier* dan *clarifier*?
3. Jelaskan cara melakukan perawatan terhadap *purifier* untuk mencegah terjadinya kerusakan!
4. Sebutkan factor-faktor yang menyebabkan *purifier* mengalami *overflow*!
5. Jelaskan sistem penataan *purifier* di atas kapal!

BAB 6

OILY WATER SEPARATOR (OWS)

A. Deskripsi

Oil water separator digunakan untuk memastikan bahwa kapal tidak mengeluarkan minyak ketika memompa air got, tangki minyak atau ruang yang terkontaminasi minyak. Undang-undang internasional yang berkaitan dengan polusi minyak menjadi lebih ketat dalam batas yang ditetapkan untuk pembuangan minyak. Air bersih yang tepat untuk debit didefinisikan sebagai yang mengandung kurang dari 15 ppm. Pemisah minyak/air menggunakan sistem gravitasi hanya dapat mencapai 100 bagian per juta dan karena itu harus digunakan bersama dengan beberapa bentuk filter.

B. Relevansi

The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, atau dikenal dengan *Marine Pulution* (MARPOL) adalah konvensi utama IMO tentang pencegahan pencemaran lingkungan laut oleh kapal. Berisi berbagai peraturan yang bertujuan mencegah dan meminimalkan polusi yang berasal dari kapal, baik yang tidak disengaja maupun akibat dari operasi rutin kapal. *Marine pulution* (MARPOL) dalam Annex I mengatur tentang pencegahan pencemaran limbah minyak di mana membatasi kandungan minyak dalam air bilge yang dapat dibuang oleh kapal ke laut secara sah. Persyaratan bagi semua kapal untuk memiliki sistem pemantauan dan kontrol pelepasan minyak bersama dengan

peralatan filter oli yang dikenal sebagai pemisah Air berminyak atau *oily water separator* (OWS).

Untuk dapat mengikuti proses pemahaman saat pembelajaran OWS, diharapkan para peserta didik telah memahami gaya berat, berat jenis cairan, separator, baik *purifier* maupun klarifier. Demikian juga halnya filter sudah harus dikuasai. Selain itu, kepada anak didik, juga diberikan gambaran tentang penataan (*layout*) di sistem mana OWS ini dipasang.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran tentang OWS, diharapkan para peserta didik mampu:

1. Menjelaskan secara umum prinsip kerja OWS.
2. Menyebutkan jenis-jenis OWS dan fungsi dari komponennya.
3. Dapat mengoperasikan dan merawat OWS secara benar.

D. Isi Materi

1. Pengertian *Oily Water Separator*

Oily Water Separator (OWS) adalah pesawat yang mampu memisahkan air dari air buangan yang mengandung minyak sampai hasil pemisahan yang mencapai kurang dari 15 ppm. Fungsi *Oil water Separator* yaitu digunakan dalam penanganan air yang berasal dari air got di mana air tersebut masih bercampur dengan minyak dan harus dipisahkan sebelum dibuang ke laut. Prinsip dasar dan cara kerja OWS yaitu pemisahannya berdasarkan berat jenis dari unsur-unsur yang terkandung di dalam air got yang di proses. Di mana unsur yang memiliki berat jenis paling besar (lumpur) akan berada paling bawah dan keluar lewat *sludge out*, kemudian air yang berat jenis lebih berat dari minyak dan

lebih ringan dari lumpur akan berada di bawah minyak di ruang pemisah. Sehingga minyak yang berada di permukaan akan dialirkan ke *waste oil tank*, sedangkan air yang telah melalui proses penyaringan yang kedua akan keluar dari OWS dengan tingkat kandungan di bawah 15 ppm.

OWS di tempatkan di kamar mesin pada setiap kapal dengan dilengkapi instalasi pipa untuk pengisapan dari air got kamar mesin dan pipa pembuangan keluar kapal atau kedalam tangki *sludge*. OWS merupakan rangkaian unit pompa dan alat pemisah minyak yang bekerja dengan sistem sentrifugal dan sistem filter yang mempunyai kerapatan tidak lebih dari 15 ppm. Jenis lain dari peralatan pemisah kandungan minyak ini adalah sistem filter (*oil filtering unit*). Peralatan ini juga ditempatkan di kamar mesin, yang terdiri dari rangkaian beberapa tingkatan filter, umumnya terdiri dari tiga unit filter.



Gambar 6.1 Oil Water Separator

Sumber: <https://www.marineinsight.com>

2. Peraturan untuk Pemisah Air Berminyak

Sesuai Annex 1 MARPOL berdasarkan peraturan 4 yang ditentukan dalam paragraf 2, 3, dan 6, setiap pembuangan langsung minyak atau campuran air berminyak ke laut harus dilarang. Peraturan lebih lanjut menjelaskan bagaimana campuran air berminyak dapat diolah di atas kapal dan dapat dibuang di laut. Peraturan Pelepasan Air Minyak untuk kapal dengan 400 GT ke atas, pelepasan campuran minyak dapat dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Kapal sedang dalam perjalanan.
- b. Campuran berminyak diproses melalui filter separator minyak-air yang memenuhi persyaratan peraturan 14 Annex ini.
- c. Setelah melewati sistem pemisah air-minyak, kandungan minyak dari limbah tanpa pengenceran tidak melebihi 15 ppm/bagian per juta.
- d. Campuran berminyak tidak berasal dari lambung kapal ruang pompa kargo pada tanker minyak.
- e. Pada kapal tanker, campuran minyak-air tidak dicampur dengan residu muatan minyak.
- f. Ketika kapal melakukan pelayaran di wilayah Antartika, setiap pembuangan ke lautan minyak atau campuran berminyak dari kapal apa pun harus dilarang.

3. Konstruksi Oil Water Separator

- a. Unit pemisah (*separator unit*)

Unit ini terdiri dari pelat tangkap yang berada di dalam kompartemen pemisah kasar dan ruang pengumpul minyak. Di sini minyak memiliki kerapatan yang lebih rendah daripada air, yang

membuat bekas naik ke kompartemen pengumpul minyak dan sisa campuran minyak yang tidak mengalir mengendap ke dalam kompartemen pengendapan halus setelah melewati antara pelat penangkap. Setelah periode waktu tertentu, lebih banyak minyak akan terpisah dan terkumpul di ruang pengumpul minyak. Kandungan minyak dari air yang melewati unit ini adalah sekitar

100 bagian per juta minyak. Katup kontrol (pneumatik atau elektronik) melepaskan oli yang dipisahkan ke dalam tangki lumpur OWS yang ditunjuk. Pemanas dapat dimasukkan dalam unit ini untuk aliran dan pemisahan minyak dan air yang lancar. Pemanas dapat dimasukkan dalam unit ini baik di bagian tengah atau kadang-kadang di bagian bawah unit (tergantung pada area operasi dan kapasitas peralatan pemisah) untuk kelancaran aliran dan pemisahan minyak dan air. Tahap pertama membantu menghilangkan beberapa kotoran fisik untuk mencapai penyaringan halus pada tahap selanjutnya.

b. Unit Filter

Filter ini adalah unit terpisah yang inputnya berasal dari keluaran unit pertama. Unit ini terdiri dari tiga tahap-tahap filter, tahap *coalescer* dan ruang pengumpulan. Pengotor dan partikel dipisahkan oleh filter dan ditempatkan di bagian bawah untuk dihilangkan. Pada tahap kedua, *coalescer* menginduksi proses koalesensi di mana tetesan minyak bergabung untuk meningkatkan ukuran dengan memecah tegangan permukaan antara tetesan minyak dalam campuran. Molekul-molekul minyak besar ini naik di atas campuran dalam ruang pengumpul dan dihilangkan ketika dibutuhkan. *Output* dari unit ini harus kurang dari 15 ppm untuk memenuhi kriteria

pelepasan legal. Jika kandungan minyak dalam air lebih dari 15 ppm maka pekerjaan pemeliharaan seperti pembersihan saringan atau pembaruan saringan harus dilakukan sesuai kebutuhan. Koneksi saluran masuk air tawar juga disediakan ke unit filter untuk membersihkan dan menyiram filter. Ini biasanya dilakukan sebelum dan sesudah operasi unit pemisah minyak.

c. Monitor dan Unit Kontrol Kadar Minyak

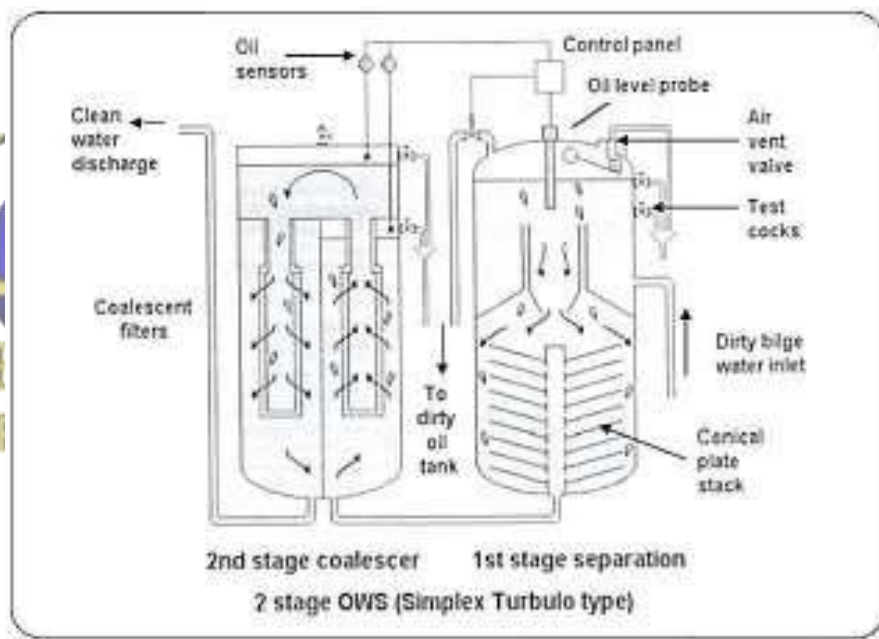
Unit ini berfungsi bersama dalam dua bagian-memantau dan mengendalikan. Ppm minyak terus dipantau oleh *Oil Content Monitor* (OCM) atau *oil discharge monitor* (ODM). jika ppm tinggi akan memberikan alarm dan memasukkan data ke unit kontrol. Unit kontrol terus-menerus memonitor sinyal keluaran OCM dan jika alarm muncul, itu tidak akan membiarkan air berminyak berlebihan dengan cara mengoperasikan katup solenoida 3 arah.

Biasanya ada 3 katup solenoida yang diperintahkan oleh unit kontrol. Ini terletak di unit pengumpul oli unit pertama, unit pengumpul oli unit kedua dan satu di sisi pembuangan separator air berminyak yang merupakan katup 3 arah. Saluran masuk katup 3 arah berasal dari pelepasan OWS, di mana satu saluran keluar ke laut dan saluran keluar kedua ke tangki lumpur OWS. Ketika OCM membunyikan alarm, katup 3-arah melepaskan campuran berminyak ke dalam tangki lumpur.

4. Prinsip Kerja Oil Water Separator

Cara kerja *oil water separator* berdasarkan fluida yang tidak saling larut dipisahkan satu sama lainnya karena perbedaan masa jenis (densitas), dalam hal ini fluida yang dimaksud adalah air dan minyak, yang mana

berat jenis air lebih besar daripada berat jenis minyak sehingga saat proses pemisahan terjadi air akan berada di bagian bawah dan minyak akan berada di bagian atas. Prinsip kerja pemisahan *oil water separator* dilakukan dengan mengubah kecepatan dan arah fluida sehingga fluida tersebut dapat terpisah. *Oil water Separator* menggunakan hukum Stokes untuk mendefinisikan kecepatan terapung ya sebuah benda/partikel berdasarkan berat jenis dan ukurannya. Dalam alat ini, minyak akan terakumulasi di atas permukaan air.



Gambar 6.2. Two Stage Oil Water Separator

Sumber: <https://www.quora.com/What-is-the-basic-working-principle-of-an-oily-water-separator-on-ships>

a. Proses Pemisahan pada tabung pertama

Air got yang dipompa masuk ke tabung pertama akan menjalani pemisahan di mana air got tersebut akan melewati plat–plat pemisah utama yang terpasang horizontal dalam tabung pemisah sehingga lumpur tidak akan melewati atau pun ikut dengan air got ke ruang. Air got yang masih mengandung minyak yang melewati plat –plat utama ini akan menjalani proses pemisahan pada plat–plat kedua, sehingga lumpur yang ringan akan tertahan. Selanjutnya dalam tabung ini akan terjadi proses pemisahan di mana prinsip kerjanya berdasarkan berat jenis cairan sehingga minyak yang memiliki berat jenis lebih rendah dari air akan berada di permukaan air dan terkumpul dalam ruang pengumpulan minyak. Kemudian air got yang telah dipisahkan dengan minyak berdasarkan berat jenis ini, akan disalurkan ke tabung pemisah kedua.

b. Proses pemisah pada tabung kedua

Setelah melalui proses pemisahan pada tabung pemisah pertama, air got yang telah berkurang kandungan minyak nya akan mengalami proses pemisahan lagi, di mana pada tabung pemisah kedua air got akan disaring kembali melalui Coalescer sehingga partikel–partikel minyak akan dialirkan keluar tabung pemisah untuk dibuang ke laut, namun sebelumnya melalui suatu alat pendeteksi kandungan minyak (*oil content meter*) untuk mencegah terjadinya pencemaran di laut.

c. Proses Pengeluaran Minyak dari Ruang Pengumpul pada Tabung Pemisah

Setelah mengalami proses pemisahan antara air got dan kandungan minyak dalam tabung, maka kandungan minyak yang

terkumpul dalam ruang pengumpul minyak akan terus bertambah selama pompa *bilge* masih bekerja, hingga pada saat tingkat minyak dalam ruang sudah tinggi, maka alat pengontrol tingkat ketinggian minyak akan bekerja sehingga mengaktifkan katup solenoid untuk membuka. Maka pada saat itulah minyak yang terkumpul dalam ruang pengumpulan akan mengalir ke *waste oil tank*, dengan adanya pengeluaran minyak dalam tabung, maka tingkat ketinggian minyak akan menurun kembali sehingga alat sensor akan mengaktifkan katup solenoid untuk menutup. Pada *posting*-an sebelumnya sudah ada *posting*-an mengenai *oil purifier* kapal yang juga merupakan alat pemisah air.



Gambar 6.3 Oil Water Separator Pipe Diagram

Sumber: <http://www.marinenotes.in/2012/12/oily-water-separators-and-treatment.html?m=0>

5. Bagian-Bagian *Oil Water Separator*

a. *Bilge Pump*

Berfungsi sebagai pengisap air got, komponen berupa pompa *plunger*, pemindah media cair dengan kekentalan (viskositas) yang cukup tinggi dari kolom got menuju kedalam tabung pemisah hingga menekan cairan keluar.

b. *Bilge Separator (Stage I)*

Berfungsi sebagai tabung pemisah air got dengan minyak.) Plat ini membentuk susunan-susunan plat yang horizontal yang air got yang masuk ke ruang pemisah ini melalui proses penyaringan/pemisah pada tiap-tiap plat. Di mana unsur yang memiliki berat jenis paling besar (air) akan berada paling bawah kemudian minyak yang berat jenis lebih kecil berada di atasnya akan terkumpul di ruang pengumpulan minyak (*Oil Collecting Chamber*) dengan demikian kandungan minyak air got akan berkurang.

c. *Coalescer (Stage II)*

Berfungsi sebagai penampungan air got yang di pisah oleh *bilge separator* dari endapan minyak. Ruang ini terletak di bagian sisi kanan tabung pemisah yang mana berfungsi sebagai tempat pengumpulan air laut yang telah dipisahkan berdasarkan berat jenisnya. Dan selanjutnya air tersebut akan dikeluarkan ke laut melalui pipa pembuangan air.

d. *Disk (Lempengan-lempengan)*

Berfungsi sebagai alat pemisah air got dengan minyak karena perbedaan berat jenis.

e. *Piston valve*

Berfungsi sebagai katup untuk mengalirkan air isap yang terpisah yang di mana minyak air kotor masuk ke *sludge tank*.

f. *Selenoide Valve*

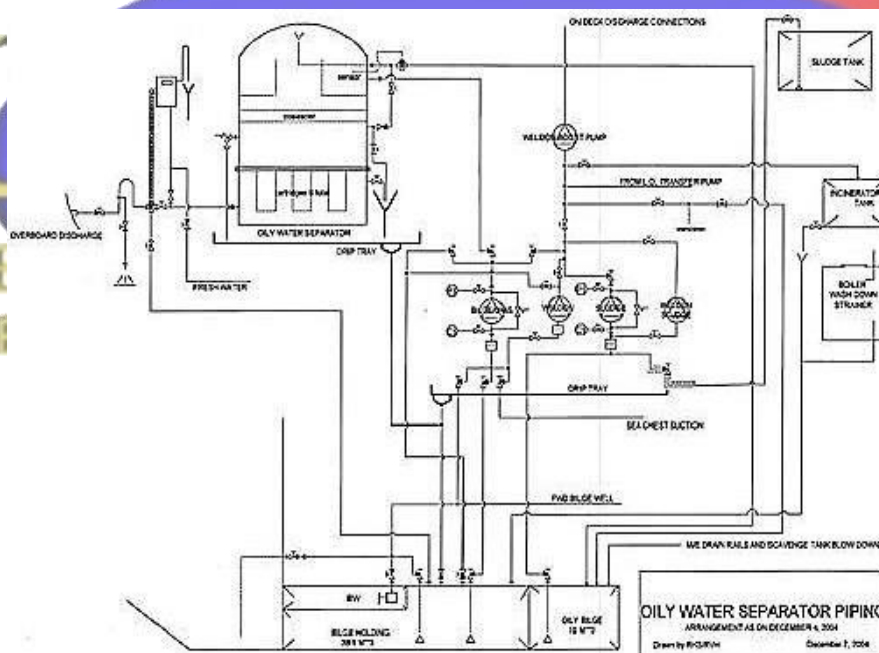
Berfungsi sebagai pengatur aliran air got, bekerja atas dasar kiriman sinyal dari minyak air kotor (*centra unit*).

g. *Sludge Oil Tank* (Tangki Minyak Air Kotor)

Berfungsi sebagai penampungan minyak air kotor.

h. Filter

Berfungsi sebagai penyaringan yang berada di *coaliser* (stage II).



Gambar 6.4 Oil Water Separator Piping Diagram

Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oily_water_separator_\(marine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Oily_water_separator_(marine))

6. *Oil Discharge Monitoring And Control System*

Sesuai dengan persyaratan untuk kapal yang dipasang peralatan *oily water separator* (OWS) dengan penyaringan sampai 100 ppm harus dilengkapi dengan peralatan tambahan yang disebut *Oil Discharge Monitoring and Control System* (ODM). ODM dapat mendeteksi kadar kandungan minyak sampai memenuhi persyaratan bahwa air yang dihasilkan memiliki kadar minyak maksimum 15 ppm. Peralatan untuk mendeteksi kadar minyak pada ODM disebut *oil content meter*. Apabila kadar minyak melebihi 15 ppm maka alarm sistem pada *Oil content meter* akan berbunyi atau menyala sebagai peringatan. Sistem kerja ODM adalah memberikan peringatan sebelum pembuangan air ke laut apabila kandungan minyak melebihi 15 ppm dan selanjutnya air akan disaring/difilter ulang. ODM ada yang dilengkapi dengan peralatan penutup katup pembuangan ke laut (*Automatic stopping device*) yang bekerja secara otomatis.

Katup ini akan menerima sensor dan menutup secara otomatis apabila kadar minyak melebihi 15 ppm. ODM ada yang dilengkapi dengan fasilitas pencatat kandungan minyak. Pencatat kandungan minyak ini akan menunjukkan secara grafi setingkat kandungan minyak sebelum pembuangan. Sehingga apabila dalam pembacaan terlihat bahwa kandungan minyak melebihi 15 ppm maka pembuangan segera dihentikan. Untuk pengoperasian di kapal harus dilengkapi dengan buku petunjuk, gambar instalasi pipa dan katup. Untuk yang dilengkapi dengan alat pencatat (*recording device*) harus dilengkapi dengan kertas pencatat cadangan. Peralatan ODM juga ada yang dipasang pada sistem OWS 15 ppm dengan prinsip kerja yang sama.



Gambar 6.5 Oil Discharge Monitoring

Sumber: <https://petriknavaleu/category/15ppm-alarm/>

E. Ringkasan

1. *Oily water separator* yang biasa disingkat OWS, dipasang di atas kapal berdasarkan persyaratan internasional tentang pencegahan polusi di laut, untuk melestarikan kehidupan habitat laut.
2. Prinsip kerja secara umum dari OWS adalah:
 - a. Berdasarkan adanya perbedaan berat jenis dari cairan.
 - b. Adanya gaya sentrifugal.
 - c. Bantuan pemanasan.
3. Jenis pompa yang digunakan dalam pengoperasian OWS, berpengaruh pada pembentukan bulatan-bulatan minyak dalam proses pemisahan dalam OWS.
4. OWS yang biasa digunakan di atas kapal antara lain:
 - a. *Turbulo*
 - b. *Automatic*

- c. 3 stage
 - d. Turbulodengan second stage coalesce
 - e. Comyn
 - f. Coalescing bed type
5. Secara umum, sebelum dan sesudah pengoperasian, OWS harus diisi penuh dengan air bersih.

F. Latihan Soal

1. Jelaskan apa tujuan dipasangnya *Oil Water Separator* (OWS) di atas kapal!
2. Sebutkan faktor-faktor yang digunakan sebagai dasar bekerjanya OWS!
3. Jelaskan mengapa harus dilakukan pemilihan jenis pompa untuk mengoperasikan OWS!
4. Sebutkan jenis OWS yang biasa di gunakan di atas kapal!
5. Apa yang harus dilakukan sebelum dan sesudah mengoperasikan pemompaan air minyak ke dalam OWS?
6. Jelaskan dengan gambar, jelaskan cara kerja OWS jenis 3 tingkat!
7. Sebutkan bagian penting yang harus dipasang pada setiap OWS, terutama yang dapat dioperasikan secara otomatis maupun manual!
8. Jelaskan disertai dengan gambar skematik, cara kerja peralatan otomatis untuk bekerjanya katup pengeluaran minyak (*oil valve*)!
9. Gambarkan *layout* di mana OWS di pasang di atas kapal dan sebutkan *component* dalam *layout* tersebut!

BAB 7

SISTEM KEMUDI KAPAL (*STEERING GEAR*)

A. Deskripsi

Sistem kemudi kapal merupakan pesawat yang menggerakkan daun kemudi kapal untuk mengubah arah gerak kapal. Sistem kemudi menyediakan gerakan kemudi untuk merespons sinyal dari anjungan. Sistem kemudi terdiri dari tiga bagian, peralatan kontrol, unit daya dan transmisi ke kemudi persediaan. Peralatan kontrol menyampaikan sinyal sudut kemudi yang diinginkan dari anjungan dan mengaktifkan unit daya dan sistem transmisi sampai sudut yang diinginkan tercapai. Unit daya memberikan gaya, bila diperlukan dan dengan efek langsung, untuk memindahkan kemudi ke sudut yang diinginkan. Sistem transmisi perangkat kemudi, adalah sarana di mana gerakan kemudi tercapai

B. Relevansi

Kapal dengan tonase kotor 10000 ton ke atas harus memiliki dua sistem kontrol perangkat kemudi independen yang dioperasikan dari anjungan. Di mana satu gagal, pergantian ke yang lain harus segera dan dicapai dari posisi anjungan. Perangkat kemudi itu sendiri harus terdiri dari dua sistem independen di mana kegagalan satu hasil dalam pergantian otomatis ke yang lain dalam waktu 45 detik. Kegagalan harus menghasilkan alarm suara dan visual di anjungan.

C. Capaian Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti pembelajaran sistem kemudi, peserta didik diharapkan:

1. Mampu menjelaskan pengertian dan fungsi sistem kemudi di atas kapal.
2. Mampu menggolongkan jenis sistem kemudi.
3. Mampu memahami cara kerja sistem kemudi.
4. Mampu menerapkan perawatan pada sistem kemudi.

D. Isi Materi

1. Pengertian Sistem Kemudi

Sistem kemudi (*steering gear*) adalah peralatan yang disiapkan di atas kapal untuk membelok ke kiri (*port side*) atau ke kanan (*starboard side*) ketika sedang berlayar. Sistem kemudi hanya beroperasi ketika kapal bergerak dan tidak pada saat kapal diam. Mesin kemudi merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengubah arah penggerak suatu kapal dengan mengatur proses kerja dari kemudi kapal. Sistem kontrol *steering gear* terdiri dari bermacam-macam tipe seperti kontrol hidraulik, mekanik, pneumatik, dan kontrol elektrik. Pada zaman sekarang ada sebagian atau bahkan semua kontrol dari peralatan *steering gear* kapal menggunakan sistem kontrol elektrik dalam proses kerjanya. Mesin kemudi di kapal sangatlah penting untuk melakukan pergerakan kapal itu sendiri. Apabila mesin kemudi kapal selalu dalam kondisi yang baik, maka gerak dari kapal tersebut akan baik-baik saja. Namun apabila mesin kemudi yang ada di kapal tidak terawat, maka akan mengganggu gerak atau operasional kapal-kapal itu sendiri.

2. Persyaratan Sistem Kemudi (*Steering Gear*)

a. Persyaratan Sistem kemudi Menurut SOLAS 1974 dan Biro klasifikasi sebagai berikut:

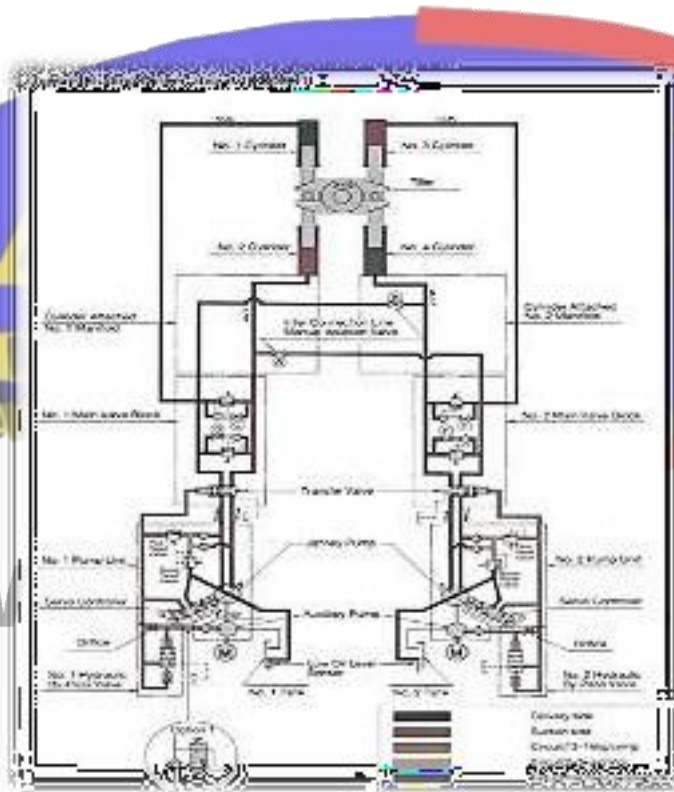
- 1) Semua kapal harus dilengkapi *steering gear* utama dan *steering gear* bantu, di mana dalam pengoperasian tidak saling mengganggu apabila salah satu mengalami kerusakan. *Steering gear* utama bila dilengkapi dua buah unit tenaga yang sama maka *steering gear* bantu tidak diperlukan lagi, tetapi bila salah satu sistem pipa dan kedua unit tenaga tersebut mengalami kerusakan maka *steering gear* harus mampu mengendalikan.
- 2) *Steering gear* utama harus mampu mengendalikan kapal pada kecepatan maksimum, dapat memutar kemudi pada posisi satu 35° menuju ke posisi sisi lain pada 30° dalam waktu maksimum 28 detik.
- 3) *Steering gear* bantu harus mampu bertahan dalam pengoperasian dan mengarahkan kemudi pada satu sisi 15o menuju ke sisi lain dengan sudut 15o dalam waktu 60 detik, pada 50% kecepatan maksimum atau 7 knot.
- 4) Pengoperasian unit-unit tenaga *steering gear* utama dan bantu harus dapat dioperasikan dari anjungan navigasi, dan kegagalan salah satu unit harus dapat dikontrol dengan alarm atau visual, serta harus dapat bekerja lagi secara otomatis apabila sudah diperbaiki.
- 5) *Steering gear* kontrol harus dipasang pada anjungan navigasi dan ruang *steering gear*. Untuk *steering gear* utama bila unit-unit tenaga lebih dari satu maka masing-masing harus dipasang *steering gear* kontrol yang dapat dioperasikan di anjungan.

- 6) Sistem tenaga hidrolik harus dirancang sedemikian rupa untuk memelihara kebersihan cairan hidrolik, dan dilengkapi alarm permukaan rendah pada cairan secara suara atau visual, juga tangki yang diatur sedemikian rupa sehingga sistem hidrolik dapat diketahui kondisi kosong atau mengisi, dan kapasitas tangki harus cukup, minimal satu kali tenaga untuk sistem kerja.
- 7) Untuk diameter poros kemudi lebih dari 230 mm pada daerah *tiller* diperlukan tenaga alternatif yang mampu mengisi tenaga yang disediakan selama 45 *second* dan harus mengisi unit tenaga pada sistem kontrol dan sudut indikator. Kapasitas tenaga selama 30 menit untuk kapal ukuran di atas atau sama 10.000 GT, dan 10 menit diluar kapal ini.

b. Persyaratan mesin *steering* dan *control gear*

- 1) Mesin *steering* harus dapat distart oleh roda kemudi dari stasiun kontrol utama dan *standby*.
- 2) Mesin *steering* harus dapat berputar balik sehingga mesin dapat memutar kemudi dalam kedua arah.
- 3) Arah putaran mesin *steering* harus sesuai dengan arah putaran kemudi di mana roda kemudi diputar. Bila roda kemudi berhenti mesin *steering* juga berhenti dan kemudi pada posisi sesuai dengan indikator kemudi.
- 4) Mesin *steering* harus menggerakkan kontrol *gear* dan kemudi secara cepat dalam arah yang diinginkan segera petugas roda kemudi memulai memutar roda kemudi sehingga menjamin tidak berhentinya kontrol kapal.

- 5) Mesin *steering* harus berhenti/stop secara otomatis bila kemudi mencapai pada posisi terluarnya, untuk mencegah kerusakan dari *steering gear*.
- 6) Kecepatan kemudi yang diputar harus sesuai dengan roda kemudi yang diputar, sehingga keinginan manuver dengan cepat dapat dicapai.
- 7) Mesin *steering* harus bekerja dengan tenang dan tidak menimbulkan getaran pada badan kapal, dan tidak menimbulkan gangguan terhadap kondisi kehidupan ABK dan penumpang.



Gambar 7.1 Penampang Sistem Kemudi

3. Penggolongan Sistem Kemudi di Kapal

a. Ditinjau dari tenaga yang digunakan, sistem pengemudian kapal dapat digolongkan menjadi:

1) Sistem kemudi mekanik

Sistem ini digunakan di kapal-kapal kecil seperti kapal tunda, perahu motor dan kapal kecil yaitu menggunakan rangkaian hubungan rantai dan roda gigi.

2) Sistem kemudi Uap

Saat ini, sistem yang menggunakan tenaga uap telah tidak digunakan lagi.

3) Sistem kemudi listrik

Sistem kemudi listrik sepenuhnya menggunakan tenaga listrik dimulai dari roda kemudi (*steering wheel*) sampai ke daun kemudi (*rudder*).

4) Sistem kemudi hidrolik

Sistem kemudi hidrolik adalah sistem kemudi yang menggunakan tenaga potensial minyak hidrolik dengan dibantu pompa hidrolik yang digerakkan oleh *electromotor*, sehingga sistem ini sering disebut sebagai mesin kemudi elektro-hidrolik.



Gambar 7.2 Steering Gear Hydraulic

b. Subsistem pengemudian yang dipasang di kapal terdiri dari:

1) Subsistem telemotor

Adalah sistem pengemudian yang dimulai dari roda kemudi (*steering wheel*) sebagai pengirim perintah (*transmitter*) yang terletak di anjungan (*bridge*) sampai dengan penerima perintah (*receiver*) yang terletak di kamar mesin kemudi. Ditinjau dari tenaga penggerakannya, telemotor dapat digolongkan menjadi

2) Telemotor mekanik

Telemotor jenis ini biasanya dirangkai langsung ke kelompok daun kemudi tanpa mesin kemudi dan digunakan di kapal-kapal kecil seperti kapal tunda dan perahu motor

3) Telemotor uap

Saat ini jenis telemotor uap sudah tidak digunakan lagi

4) Telemotor listrik

Pada telemotor listrik, hubungan antara transmitter di anjungan sampai di *receiver* di kamar mesin kemudi diselenggarakan dengan menggunakan prinsip perbedaan potensial

5) Telemotor hidrolik

Pada telemotor hidrolik, pergerakan *receiver* di ruang mesin kemudi terjadi atas perintah transmitter melalui Gerakan dan tenaga hidrolik penuh.

6) Subsistem mesin kemudi

Sistem mesin kemudi adalah sistem penggerak yang dimulai dari penerimaan perintah gerakan (*respons* atau sinyal) *receiver* yang menerima perintah transmitter di anjungan sampai respons ke kelompok daun kemudi. Dari gerakannya, sistem kemudi saat ini dapat digolongkan menjadi:

- a) Sistem kemudi listrik.
 - b) Sistem kemudi elektro hidrolik.
- 7) Subsistem daun kemudi

Subsistem ini dimulai dari penerima respons dari mesin kemudi di kuadran, poros kemudi dan daun kemudi.

4. Bagian-Bagian Utama Sistem Kemudi Kapal

a. Telemotor

Unit telemotor adalah bagian utama dari sistem kemudi kapal yang berarti pergerakan jarak jauh yang dimulai dari transmiter ke *receiver*. Transmitter terletak di anjungan (*bridge*) dalam bentuk roda kemudi (*steering wheel*) yang mengirim perintah ke *receiver* yang terletak di ruang mesin kemudi dengan cara memutar roda kemudi.

Receiver selanjutnya meneruskan perintah ini ke kontrol unit yang juga terletak di kamar mesin kemudi melalui Gerakan linear. Pada umumnya jenis telemotor yang digunakan di atas kapal adalah jenis hidrolik atau jenis listrik, tetapi untuk kapal modern menggunakan jenis elektro hidrolik.

1) Cara kerja *transmitter telemotor*

Transmitter telemotor yang terletak di anjungan (*bridge*) ini terdiri dari 2 buah silinder yang berisi minyak hidrolik dan masing-masing terdapat torak atau ram. Torak-torak atau ram ini digerakkan oleh berputarnya roda gigi yang merupakan penerus dari Gerakan roda kemudi (*handwheel*) Gerakan kedua torak akan berlawanan arah antara satu dengan lainnya dan menyebabkan mengalirnya minyak hidrolik ke dan dari *receiver*

di ruang mesin kemudi. Aliran yang mengarah *receiver* akan mendorong *movable cylinder receiver* dan minyak dari salah satu sisi dan minyak yang berada di lain sisi akan terdorong mengalir Kembali ke silinder transmiter telemotor. Kedua saluran yang menghubungkan ke *receiver* telemotor dilengkapi dengan petunjuk tekanan (*manometer*) yang dapat menunjukkan tekanan kerja serta cerat udara (*air cock*) untuk membuang udara yang terbawa dalam sistem hidraulik.

2) Cara kerja *receiver telemotor*

Receiver telemotor yang terletak dalam ruang mesin kemudi adalah bagian dari telemotor yang menerima dan meneruskan perintah transmiter telemotor yang terletak di anjungan. *Receiver* ini mempunyai bagian utama yaitu 2 buah *fixed piston* dan *movable cylinder* serta tuas penerus Gerakan *moving cylinder* yang akan dihubungkan ke tuas melayang atau (*flying road*)

Perintah transmiter di anjungan yang berupa gaya hidraulik akan diteruskan oleh minyak hidraulik melalui saluran di *fixed piston* masuk ke dalam *movable cylinder* dan mendesak atau mendorong dinding pemisah yang mengakibatkan *movable cylinder* bergerak. Gerakan *movable cylinder* ini oleh tuas penerus ke unit sistem kontrol yang akan melaksanakan perintah anjungan memosisikan daun kemudi pada posisi yang dikehendaki.

3) Karakteristik minyak hidraulik pada telemotor

Karakteristik minyak hidraulik yang digunakan sebagai minyak hidraulik di telemotor:

- a) Memiliki titik beku (*pour point*) yang rendah.

- b) Tidak membentuk endapan.
- c) Tidak bersifat korosi.
- d) Bersifat pelumas yang baik.
- e) Mempunyai kekentalan yang rendah.

Contohnya: Pada umumnya karakteristik minyak telemotor antara lain: Berat jenis 880 kg/m³ pada 15,5 c, kekentalan 45 s Redwood no 1 pada 60 C, titik nyala tertutup 150 C dan titik beku -30 C.

b. *Control unit* dari sistem kemudi

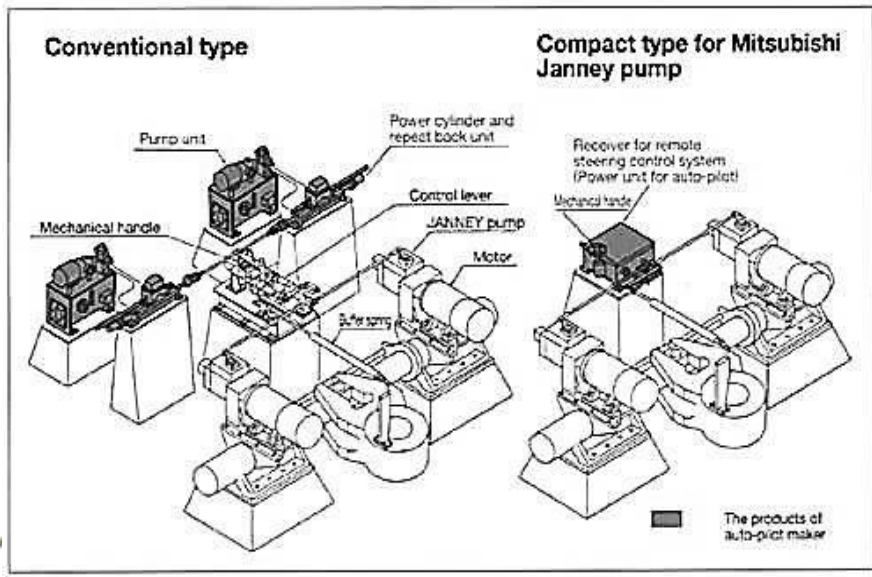
Control unit adalah hubungan antara telemotor dan power unit. *Control unit* menerima sinyal dari telemotor dan mengoperasikan power unit sampai ia menerima sinyal balik dari *rudder* dan kemudi) melalui tuas melayang (*hunting gear* atau *hunting lever* atau *flying rod*) untuk menghentikan power unit.

c. *Power unit* dari sistem kemudi

Power unit adalah unit yang merupakan penggerak seperti mesin uap, mesin diesel atau *electromotor* yang secara langsung dihubungkan dengan daun kemudi yang dimungkinkan berupa suatu unit elektro hidrolik atau unit listrik penuh dengan telemotor.

www.larispa.co.id

Power unit control



Gambar 7.3 Power Unit Control

Tuas melayang

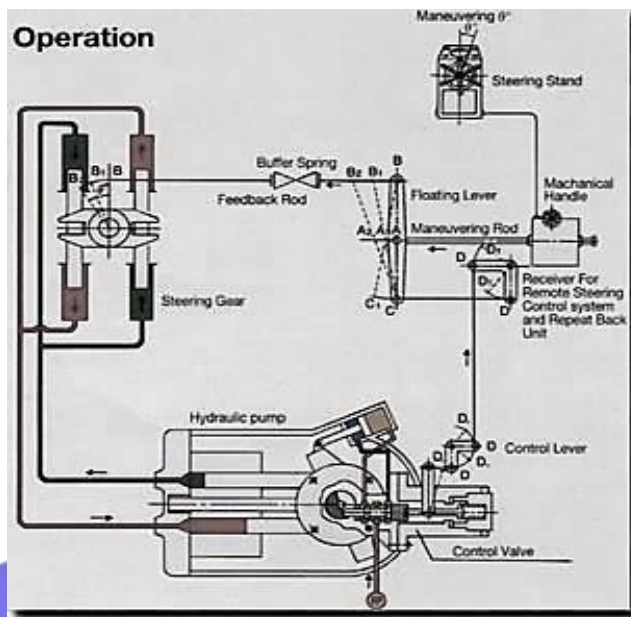
Tugas melayang atau (*flyingrod*) atau juga disebut *flying link*, *hunting lever* adalah tuas yang menghubungkan Gerakan *receiver telemotor* yang menghubungkan Gerakan *receiver telemotor* yang melaksanakan perintah transmiter di anjungan, pengaktifan pompa hidraulik dan *feed back* (umpan balik) dari gerakan *rudder stock* daun kemudi dan berfungsi mengontrol gerakan pompa hidraulik dalam melayani permintaan anjungan.

Prinsip Kerja

Pada posisi daun kemudi di tengah-tengah, pompa hidrolik atau juga disebut sebagai power unit walaupun berputar karena elektromotor, tetapi posisinya dalam posisi netral atau non aktif. Kondisi ini adalah pada saat tuas melayang pada posisi ABC, di mana engsel A berhubungan dengan *receiver* telemotor dan pompa sendiri berhubungan dengan engsel B, sementara posisi engsel C merupakan engsel yang menerima Gerakan *feed back* dari *rudder stock* bersamaan dengan bergerakaknya daun kemudi.

5. Cara Kerja Mesin Kemudi

- a. Cara kerja mesin kemudi elektro hidrolik 4 ram adalah sebagai berikut
 - 1) Perintah kemudi dari transmiter di anjungan diterima oleh *receiver* dan diteruskan ke *floating link*
 - 2) Gerakan *floating ring* atas perintah yang di terima dari *receiver* mengaktifkan pompa hidrolik, sehingga minyak mengalir dan mendorong *toeak* di RAM 1 dan RAM 4 sehingga memutar *rudder stock* dan daun kemudi.
 - 3) Gerakan daun kemudi/*rudder stock* akan menggerakkan Kembali sebagai sinyal *feed back* ke *floating link* ke arah penonaktifan pompa.
 - 4) Pada saat posisi daun kemudi sesuai dengan yang dikehendaki, maka Gerakan yang diteruskan oleh *floating link* akan memosisikan pompa hidrolik pada posisi netral (*non active*).



Gambar 7.4 Elektrohidrolik 4 Ram

b. Mesin kemudi elektro hidrolik 2 ram

Cara kerja Mesin kemudi elektro hidrolik 2 ram:

- 1) Perintah anjungan (*transmitter telemotor*) diterima oleh *receiver* di ruang mesin kemudi.
- 2) *Receiver* meneruskan perintah itu dengan bentuk Gerakan ke tuas melayang (*flying rod*) melalui batang penghubung. Batang penghubung selain dihubungkan dengan *receiver* menggunakan pena (*pin*) juga dihubungkan dengan susunan kemudi darurat dengan memasang pin yang sudah tersedia.

- 3) Tuas melayang akan memosisikan pompa hidrolik (*power unit* atau *amplifier*) yang selalu dalam kondisi berputar oleh Gerakan elektromotor, pada posisi aktif sesuai dengan arah gerakan tuas.
- 4) Aktivitas pompa hidrolik akan mendorong ram (katakanlah misalnya Ram kiri) sehingga torak Ram kiri terdorong ke kanan dan memutar poros daun kemudi (*rudder stock*) melalui susunan kepala silang (*cross head*) dan *tiller* alarm.
- 5) Gerakan *tiller* alarm pada perjalanan menuju ke posisi daun kemudi yang di kehendaki oleh anjungan, disertai bersamaan dengan Gerakan batang penghubung dari *tiller* ke tuas melayang sebagai *feed back* sampai pada posisi yang dikehendaki, tuas melayang akan menarik pompa hidrolik ke posisi netral sehingga pompa walaupun berputar tetapi tidak menghasilkan pemompaan dan pada saat itu perintah selesai dilaksanakan, di mana posisi daun kemudi sesuai dengan perintah anjungan.

c. Sistem kemudi dengan pengendalian listrik

Sistem pengendalian jarak jauh secara kelistrikan sangat banyak digunakan di instalasi mesin kemudi kapal modern karena unit kontrolnya yang kecil seperti transmiter di anjungan dan sangat sederhana dan mudah pengoperasiannya. Gerakan transmiter di anjungan menyebabkan ketidakseimbangan kelistrikan dan arus akan mengalir ke motor. Motor menggerakkan melalui *flexible coupling* poros berulir dan menyebabkan berputar. Blok berulir di poros bergerak dan dalam putarannya menggerakkan *floating screw* ke titik kontrol tercapai Batang kendali menjalankan *slipper ring* atau *swash plate* dari pompa hidrolik.

Batang pemutus (*cut-off lever*) dihubungkan ke *moving tiller* yang akan membawa sumbu *floating lever* dan batangnya ke sudut yang benar ke sumbu *bridge lever*. Pada titik ini sudut daun kemudi (*rudder*) akan tepat sama dengan sudut yang diminta anjungan dan pompa nonaktif. Perputaran poros berulir akan mengoreksi ketidakseimbangan kelistrikan dan motor akan berhenti. Untuk penggunaan kemudi darurat (*local control*) sumber arus listrik diputus, dan roda kemudi khusus dihubungkan ke poros berulir.

6. Kelebihan dan Kelemahan Sistem Kemudi Hidraulik

Sistem hidraulik memiliki banyak kelebihan sebagai sumber kekuatan untuk melakukan berbagai variasi pengoperasian, kelebihan sistem hidraulik antara lain:

- a. Bila dibandingkan dengan metode tenaga mekanik yang mempunyai kelemahan pada penempatan posisi tenaga transmisinya. Lain halnya dengan tenaga hidraulik saluran-saluran tenaga hidraulik dapat ditempatkan pada setiap tempat. Tanpa menghiraukan posisi poros terhadap transmisi tenaganya seperti pada sistem tenaga mekanik. Tenaga hidraulik lebih fleksibel dalam segi penempatan transmisi tenaganya.
- b. Dalam sistem hidraulik, gaya yang sangat kecil dapat digunakan untuk menggerakkan atau mengangkat beban yang sangat berat dengan cara mengubah sistem perbandingan luas penampang silinder. Hal ini tidak lain adalah karena kemampuan komponen-komponen hidraulik pada kecepatan dan tekanan yang sangat tinggi.
- c. Beban dengan mudah di kontrol memakai katup pengatur tekanan (*relief valve*). Karena apabila beban lebih, tidak segera di atasi akan

merusak komponen-komponen itu sendiri. Ketika beban melebihi dari kemampuan penyetelan katupnya, pemompaan langsung dihantarkan ke tangki dengan batas-batas tertentu terhadap gayanya.

- d. Dengan sistem hidrolik, begitu pompa tidak mampu mengangkat, maka beban berhenti dan dapat dikunci pada posisi mana saja. Hidrolik adalah teknologi yang memanfaatkan zat cair, biasanya oli, untuk melakukan gerakan segaris atau putaran. Lain halnya dengan motor listrik dalam keadaan jalan tiba-tiba di paksa untuk berhenti.
- e. Dengan sistem hidrolik menggunakan minyak mineral sebagai media pemindah gayanya. Pada sistem ini bagian-bagian yang bergesekan terselimuti oleh lapisan minyak (oli). Sehingga pada bagian-bagian tersebut dengan sendirinya akan terlumasi, sistem inilah yang akan mengurangi angka gesekan.
- f. Sedikit perawatan.
- g. Mudah dalam pemasangan.
- h. Ringan.
- i. Tidak berisik.

Sedangkan dari sistem hidrolik juga mempunyai kekurangan tersendiri yaitu:

- a. Apabila terjadi kebocoran, akan mengotori sistem, sehingga sistem hidrolik jarang digunakan pada industri makanan maupun obat-obatan.
- b. Harganya mahal karena menggunakan fluida cairan yang berupa oli.

E. Rangkuman

1. Sistem Kemudi (*Steering Gear*) adalah peralatan yang disiapkan di atas kapal untuk membelok ke kiri (*port side*) atau ke kanan (*starboard side*) ketika sedang berlayar.
2. Penggolongan Sistem kemudi di kapal
 - a. Sistem kemudi mekanik
 - b. Sistem kemudi Uap
 - c. Sistem kemudi listrik
 - d. Sistem kemudi hidraulik
3. Subsistem pengemudian yang dipasang di kapal terdiri dari
 - a. Subsistem Telemotor
 - b. Telemotor mekanik
 - c. Telemotor Uap
 - d. Telemotor listrik
 - e. Telemotor Hidrolik
4. Subsistem mesin kemudi
 - a. Sistem kemudi listrik
 - b. Sistem kemudi elektro hidrolik
5. Subsistem daun kemudi

Subsistem ini dimulai dari penerima respon dari mesin kemudi di kuadran, poros kemudi dan daun kemudi
6. Bagian-bagian utama sistem kemudi kapal
 - a. Telemotor
 - b. Control unit dari sistem kemudi
 - c. Power unit dari sistem kemudi

F. Latihan Soal

1. Jelaskan fungsi dari sistem kemudi kapal?
2. Bagaimana cara kerja sistem kemudi kapal?
3. Sebutkan bagian-bagian sistem kemudi kapal?
4. Jelaskan cara pengoperasian sistem kemudi kapal?
5. Jelaskan kelebihan dan kekurangan sistem kemudi hydraulic?



www.larispa.co.id

DAFTAR PUSTAKA

Bianchi, L.W.P., P. Bustran, Hendradji. 1978. *Pompa*. Jakarta: Pradnya Paramita.

IMO. *Model Course 7.04 For Officer In Charge of an Engineering Watch*.

JICA. *Perawatan Permesinan Kapal*. Jakarta: BP3IP.

Schroeder, C.D. 1991. *Solutions to Boiler and Cooling Water Problems*. Second Edition. New York: Van Nostrand Reinhold.

Suparwo, Sp.1. *Permesinan Bantu di Kapal-Kapal Niaga*. Jakarta: Surya Efrindo.

T24, Jackson, L and Morton, T.D. 1990. *General Engineering Knowledge for Marine Engineering*. 5th ed. London: Thomas Reed Publication Ltd.

Taylor, D.A. 1990. *Introduction to Marine Engineering*. 2nd ed. London: Butterwoth.

www.larispa.co.id

DAFTAR ISTILAH (GLOSARIUM)

No	Istilah	Pengertian
1	<i>Air Cooler</i>	Pendingin udara yang digunakan untuk mendinginkan mesin induk
2	<i>Air starting system</i>	Sistem yang menghasilkan udara bertekanan yang selanjutnya udara bertekanan tersebut digunakan untuk menstarter mesin (baik mesin induk maupun mesin bantu diesel penggerak generator listrik)
3	<i>Air Condition</i>	Sistem udara pendingin ruangan
4	<i>Alongside</i>	Kapal dalam kondisi sandar
5	<i>Anchorage</i>	Kapal dalam kondisi berlabuh jangkar
6	<i>Anchorage winches</i>	Mesin yang digunakan untuk mengangkat dan melepas jangkar saat kegiatan olah gerak
7	<i>Ballast system</i>	Sistem yang digunakan untuk mempertahankan kapal tetap gerak atau untuk menjaga keseimbangan kapal
8	<i>Bilges system</i>	Sistem yang digunakan untuk melakukan pemompaan cairan dari dalam kapal yang terjadi akibat kebocoran atau akibat lain untuk mencegah bahaya tenggelamnya kapal
9	<i>Boiler</i>	Pesawat yang menghasilkan uap dari hasil pembakaran di dapur ketel dengan cara memanaskan air
10	<i>Blowdown valve</i>	Katup yang berfungsi untuk membuang Sebagian atau seluruh air ketel yang bertujuan membuang kotoran-kotoran yang mengendap
11	<i>Centrifugal pump</i>	Pompa sentrifugal terdiri dari sebuah kipas yang berputar dalam rumah pompa
12	<i>Cargo winch</i>	Mesin yang digunakan untuk bongkar muat, muatan di pelabuhan
13	<i>Cooling system</i>	Sistem yang berfungsi sebagai pendinginan permesinan utama maupun bantu
14	<i>Clarifier</i>	Alat pembersih/pemisahan (separator) cairan yang bekerja berdasarkan gaya sentrifugal
15	<i>Cooler</i>	Pesawat pendingin yang dapat mendinginkan suhu dengan tanpa mengubah bentuk zat yang diinginkan
16	<i>Condensor</i>	Alat untuk mengubah bentuk media uap menjadi bentuk cair dengan cara melepaskan panas media uap ke media pengembun
17	<i>Displacement pump</i>	Jenis pompa yang dapat mengisap sendiri tanpa pancingan
18	<i>Double</i>	Tangki berganda yang berfungsi sebagai penyimpanan

No	Istilah	Pengertian
	<i>bottom tank</i>	bahan bakar
19	<i>Distiller</i>	Alat penyulingan yang berfungsi sebagai pembuat air tawar dari air laut
20	<i>Emergency air compressor</i>	kompresor udara yang digunakan untuk mengisi botol angin bantu dan digerakkan dengan tenaga yang independen secara mekanik dan digunakan saat dalam kondisi mesin tidak ada tenaga
21	<i>Engine control room</i>	Salah satu ruangan di dalam kamar mesin di mana semua alat-alat kontrol mesin-mesin yang beroperasi dipasang, termasuk sistem kontrol energi listrik, agar pengawasan terhadap mesin-mesin lebih efektif dan efisien
22	<i>Engine room</i>	Suatu ruangan khusus di kapal yang di dalamnya dipasang mesin-mesin yang dibutuhkan untuk operasi kapal
23	<i>Evaporator</i>	Pesawat yang berfungsi untuk mengubah zat cair menjadi gas (penguapan)
24	<i>Fire tube boiler</i>	Ketel pipa api di mana api atau gas panas berada di dalam pipa-pipa sedangkan air yang diuapkan berada di luar pipa-pipa
25	<i>Fuel oil system</i>	Sistem yang digunakan untuk menyelenggarakan aliran bahan bakar dari tangki dasar ganda sampai dengan masuk ke dalam pengabut mesin
26	<i>Fresh water generator</i>	Pesawat yang berfungsi mengubah air laut menjadi air tawar melalui pemanasan
27	<i>Fresh water pump</i>	Pompa untuk memindahkan sekaligus menyirkulasikan air tawar melalui berbagai sistem pipa-pipa, pendingin (<i>cooler</i>), tangki ekspansi, berbagai katup, saringan dan lain-lain.
28	<i>Furnance</i>	Dapur Sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas
29	<i>Gear pump</i>	Pompa ini menggunakan elektromotor, rantai atau penggerak lainnya, Ketika roda gigi berputar, terjadi penurunan tekanan pada rumah pompa sehingga cairan mengalir dan mengisi rongga gigi
30	<i>Generator engine</i>	suatu instalasi mesin/unit penggerak generator atau pembangkit tenaga listrik, merupakan salah satu mesin bantu yang paling penting di kapal untuk menghasilkan tenaga/energi listrik
31	<i>Heater</i>	alat untuk menaikkan suhu suatu media menjadi lebih tinggi, tanpa mengubah bentuk media tersebut
32	<i>Heat Exchanger</i>	Pesawat yang fungsinya dapat mengubah suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah suhu/sebaliknya
33	<i>Inchenerator</i>	Pesawat yang berfungsi sebagai pembakar sampah dan minyak kotor di kapal

No	Istilah	Pengertian
34	<i>Injector</i>	Alat untuk pengkabutan bahan bakar
35	<i>Lubricating oil</i>	sistem pelumasan bagian-bagian mesin yang bergerak, yang berfungsi untuk mencegah gesekan
36	<i>Lube oil pump</i>	Pompa pemindah minyak lumas yang dibutuhkan untuk melumasi bagian-bagian mesin yang saling bergesekan, sekaligus menyerap panas yang ditimbulkan akibat gesekan tersebut
37	<i>Main propulsion engine</i>	Suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju atau mundur
38	<i>Main engine</i>	Mesin penggerak utama kapal
39	<i>Mooring winch</i>	Mesin yang digunakan sebagai penggulung tali untuk menambatkan kapal di dermaga atau tempat tertentu dan keperluan lain
40	<i>Oily water separator</i>	Pesawat yang berfungsi memisahkan kotoran-kotoran minyak dengan air sebelum dibuang ke laut
41	<i>Open cooling system</i>	sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut
42	<i>Plunger pump</i>	Pompa plunyer sama dengan prinsip kerja pompa torak, tetapi torak diganti dengan plunyer
43	<i>Propeller</i>	Baling-baling kapal
44	<i>Purifier</i>	Pesawat yang berfungsi sebagai pembersih/pemisah (<i>separator</i>) cairan (bahan bakar atau minyak lumas) yang bekerja secara sentrifuse
45	<i>Pump</i>	Pompa yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain
46	<i>Reciprocating pump</i>	Jenis pompa positif <i>displacement</i> dengan menggunakan aksi <i>displacement</i>
47	<i>Refrigerating system</i>	Sistem pendingin udara ruangan dan bahan makanan
48	<i>Rotary pump</i>	Pompa desak gerak berputar dengan melakukan aksi rotasi
49	<i>Safety valve</i>	Katup-katup keamanan pada ketel uap berfungsi untuk mencegah terjadinya ledakan akibat tekanan yang berlebih
50	<i>Sea water cooling pump</i>	Pompa yang mengisap air laut diluar kapal dan menyirkulasikannya untuk mendinginkan air tawar, minyak lumas dan lain-lain agar temperaturnya tetap pada temperatur yang dikehendaki.
51	<i>Service tank</i>	Tangki harian yang berfungsi sebagai penyimpanan bahan bakar harian
52	<i>Settling tank</i>	Tangki sementara penyimpanan bahan bakar
53	<i>Sewage plant</i>	Pesawat yang berfungsi sebagai pemroses limbah manusia

No	Istilah	Pengertian
		sehingga layak untuk dibuang dengan tidak menimbulkan pencemaran di laut
54	<i>Shafting</i>	Sistem penataan poros
55	<i>Sliding van pump</i>	Pompa berporos tunggal yang di dalam rumah pompa berisi sebuah rotor berbentuk silinder yang mempunyai alur-alur lurus pada kelilingnya
56	<i>Steering gear</i>	sistem kemudi yang digunakan untuk mengemudikan kapal dalam rangka mencegah terjadinya bahaya tabrakan/pelanggaran antara kapal dengan kapal, bahaya kandas atau sistem yang digunakan saat berolah gerak
57	<i>Steam</i>	Uap yang dihasilkan oleh ketel uap
58	<i>Watchkeeping</i>	Pelaksanaan dinas jaga di kapal
59	<i>Water Level Gauge</i>	Petunjuk level air pada ketel uap
60	<i>Water tube boiler</i>	Ketel pipa air di mana air berada di dalam pipa-pipa, sedangkan gas panas berada di luar pipa-pipa



www.larispa.co.id

TENTANG PENULIS



Penulis lahir di Karanganyar, 20 Agustus 1989. Setelah tamat dari sekolah menengah atas (SMA) pada tahun 2008, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan Kepelautan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta dan tamat pada tahun 2013 dengan memperoleh sertifikat kompetensi Ahli Teknik Tingkat 3 (ATT-III). Penulis memiliki pengalaman berlayar sebagai *Cadet* di kapal curah (*bulk carrier*), armada milik perusahaan pelayaran PT. Bogasari Jakarta dengan rute *ocean going* selama satu tahun. Pada tahun 2015, penulis menjadi Aparatur Sipil Negara (ASN) sebagai tenaga pengajar pada Balai Pendidikan dan Pelatihan Ilmu Pelayaran (BP2IP) Sorong, saat ini sudah bertransformasi menjadi Politeknik Pelayaran Sorong.

Pada tahun 2018 penulis kembali berlayar pada kapal Kontainer melalui agen perusahaan pelayaran berbendera Korea yaitu PT. Hanchang Indonesia sebagai Masinis 3 (*3rd Engineer*) selama satu tahun. Kemudian penulis kembali ke kampus STIP Jakarta untuk *upgrading* sertifikat kompetensi Ahli Teknik Tingkat 2 (ATT-II). Pada tahun 2019 Penulis kembali ke kampus untuk *upgrading* ATT I di Politeknik Pelayaran Surabaya. Meskipun dengan keterbatasan, tidak mengurangi semangat penulis untuk terus belajar dan berkarya untuk mengabdikan diri sebagai tenaga pengajar di Politeknik Pelayaran Sorong.

Saat ini penulis mengampu mata kuliah mesin penggerak utama (MPU) dan Konstruksi dan permesinan bantu pada program diklat pelaut pembentukan ATT III. Semoga dengan kehadiran buku ajar ini dapat menambah referensi bagi pembaca tentang permesinan bantu kapal niaga dan tentunya menambah wawasan taruna/i untuk mempelajari ilmu kepelautan khususnya pada bidang permesinan kapal.



www.larispa.co.id



LAMPIRAN 1 RPS

www.larispa.co.id

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN POLITEKNIK PELAYARAN-SORONG Jl. Tanjung Soka No. 1 - Sorong Barat - Kota Sorong - Papua Barat T. +62 823-9738-9889 e-mail: admin@ptsp2ip-sorong.ac.id		
	RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS) FORMULIR Tanggal Disahkan 28 Juni 2019		
Nomor FM-PSI-14		Tanggal Revisi -	Tanggal Dibebaskan 01 Juli 2019

Matkuliah: Konstruksi dan Prinsip Kerja Permesinan Bantu Program Studi: Diploma III Permesinan Kapal Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)	Semester: III Dosen Pengampu/Peninggah: SUROYO, S.ST.Pd.	sks: T: 2, P: 1	Kode MK: T33293
Sikap 1. Berakhlak kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius; 2. Menjunjung tinggi nilai, sikap, Perwira Abdi Mankemmen Kapal Niaga yang memegang teguh pada Citra Mankemmen Perhubungan; 3. Menunjukkan sikap bertanggung jawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri			
Pengetahuan Menguraikan pengetahuan dan prinsip dasar tentang sistem permesinan, pompa, penataan pipa bahan bakar, minyak panas, fuel oil dan pengoperasian <i>Oil Water Separator</i> (OWS).			
Keterampilan Umum 1. Mampu menyelesaikan pekerjaan berlingkup luas dan menganalisis data dengan beragam metode yang sesuai, baik yang belum maupun yang sudah baku; 2. Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu dan terukur; 3. Mampu memecahkan masalah pekerjaan dengan sifit dan konteks yang sesuai dengan bidang keahlian penerapannya didasarkan pada pemikiran logis, inovatif, dan bertanggung jawab atas hasilnya secara mandiri			

Keterampilan Khusus	
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	1. Mampu mengoperasikan pemrosesan bahan beserta sistem pengontrolannya di atas kapal; 2. Mampu mengoperasikan sistem pemrosesan, ketel uap, sistem bahan bakar, minyak lumpur, sistem ballast, sistem pemrosesan dan sistem pengontrolannya di atas kapal;
	- Mampu memahami konstruksi dasar dan prinsip pengoperasian pemrosesan bahan dan sistem kontrolnya dalam penguasaannya bidang pelayanan; - Mampu memahami penggunaan sistem bahan bakar yang terpasang di atas kapal; - Mampu memahami prinsip kerja mesin pendingin air condensing.
Deskripsi Mata Kuliah	
Mata kuliah ini mempelajari tentang konstruksi dasar dan prinsip pengoperasian pemrosesan bahan (auxiliary machinery) di atas kapal, sistem pemrosesan, sistem pendingin, minyak lumpur, sistem bahan bakar, ballast, air kompresor, evaporator dan purifier sebagai penunjang mesin induk di atas kapal.	

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
I	Mengoperasikan mesin utama dan tambahan dan sistem kontrol terkait	Pompa	Prinsip - Menyatakan bahwa fungsi pompa adalah untuk mentransfer cairan antara dua titik yang diberikan - Daftar kerugian head dalam sistem pompa - Menyatakan bahwa viskositas fluida yang akan dipompa harus dalam kisaran yang diberikan dalam desain pompa - Menyatakan bahwa torsi harus diperoleh sebelum sistem apapun diproteksi yang mungkin mempengaruhi stabilitas kapal dan menyebabkan risiko di laut	• Ceramah • Diskusi • Praktek	200 menit	Textbook T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktek • Ujian
II	Mengoperasikan mesin utama dan tambahan dan sistem kontrol terkait	Pompa	Jenis Pompa - Menyebutkan jenis pompa yang biasanya digunakan di kapal dan tujuan pengoperasiannya - Mengelompokkan dasar-dasar pompa displacement - Menjelaskan perbedaan relief valve dipasang pada tekanan setiap pompa, perbedaannya - Menyatakan bahwa ketika pompa mengalami minyak atau bahan berbahaya lainnya, pelepasan dari relief valve harus dimatikan ke dalam sistem pompa	• Ceramah • Diskusi • Praktek	200 menit	Textbook T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktek • Ujian
III	Mengoperasikan mesin utama dan tambahan dan sistem kontrol terkait	Pompa	- Diperlihatkan diagram bagaimana cara kerja reciprocating pump - Menjelaskan tujuan dari pemasangan venting udara pada perantara - Diskusikan karakteristik reciprocating pump mengenai pada: - suction lift - priming	• Ceramah • Diskusi • Praktek	200 menit	Textbook T2, T3, T4, T5 Teaching	• Tes tertulis • PR • Praktek • Ujian

Materi	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Pesilaian
			- discharge pressure - vapour, or gas, in the fluid being pumped - Jelaskan prinsip kerja sentrifugal pump - Menyebutkan skema diagram garis tunggal untuk menunjukkan bagian-bagian prinsip dari: - a pump pump - a rotary vane pump - a screw-displacement pump - Deskripsikan prinsip pengoperasian axial-flow pump - Describe the type of duty best suited to an axial-flow pump - Jelaskan prinsip kerja centrifugal pump, tangkapan pada: - the impeller - the diffuser or volute - Menjelaskan skema garis tunggal dari satu-tangkal vertikal centrifugal pump - Menjelaskan apa yang dimaksud dengan impeller, volut tangkal dan 'mini pump' - Menjelaskan pengaturannya sentrifugal single-entry multi-stage vertikal - Menyebutkan bagian-bagiannya - Deskripsikan karakteristik centrifugal pump mengenai pada: - suction lift - pressure - discharge pressure - vapour or gas in the fluid being pumped - Menjelaskan tangkapan dan bagian pemotong dan cara dibedakan dalam operasi dan manfaat skema garis tunggal - a reciprocating air pump - a rotary-air pump - Menjelaskan skema garis tunggal dari sistem pemompaan pasat dan menjelaskan konstruksinya - Menjelaskan prinsip operasi	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	textbooks: T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktikum • Ujian
IV	Mengoperasikan mesin utama dan turbin dan sistem turbin dan sistem kontrol turbin	Prinsip	Prinsip Pendinginan - Menjelaskan, secara sederhana, perbedaan antara pendinginan, pendinginan udara dan ventilasi - Menyatakan bahwa sistem pendinginan lazim beroperasi pada siklus Rankine terbalik, yang juga disebut siklus kompresi uap	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	Textbooks: T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4,	• Tes tertulis • PR • Praktikum • Ujian
V	Mengoperasikan mesin utama dan turbin dan sistem turbin dan sistem kontrol turbin	Konstruksi					

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Pesilaian
VI	Mengoperasikan mesin utama dan merubahi dan sistem kontrol terkait	Refrigerative	- Sketsa diagram garis dan blok tunggal dari sistem pendingin, kompresor sistem dan pemilih untuk menunjukkan aliran zat pendingin, yang menunjukkan komponen-komponen berikut: - kompresor - kondensor - katup pengatur dan sensor pengontrol - evaporator - oil separator - dryer - Mengetikkan diagram aliran satuan di atas, bagian dari sistem teripat proses berdasar berlinggung: - superheat - kenderaan - pelubasan - pengaliran - kompresi - depanasi - pengisian daya - Mengetikkan penyusunan pendingin primer	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	Textbooks T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktikum • Ujian
VII	Mengoperasikan mesin utama dan merubahi dan sistem kontrol terkait	Refrigerative	- Mengetikkan diagram aliran satuan di atas, bagian dari sistem teripat proses berdasar berlinggung: - superheat - kenderaan - pelubasan - pengaliran - kompresi - depanasi - pengisian daya - Mengetikkan penyusunan pendingin primer	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	Textbooks T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktikum • Ujian
ULIAN TENGAH SEMESTER							
IX	Mengoperasikan mesin utama dan merubahi dan sistem kontrol terkait	Refrigerative	- Nama pendingin primer utama saat ini diberikan di bawah sekunder - IMO (pelindasan non) - Menyatakan tujuan refrigerasi sekunder - Nama pendingin sekunder utama	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	Textbooks T2, T3, T4, T5 Teaching aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktikum • Ujian

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
X.	Mengaplikasikan mesin uap dan turbin dan sistem kontrol terkait.	Prinsip dan konsep	- Menyatakan bahwa penalaran kritis harus digunakan untuk menjelaskan dan menganalisis permasalahan yang terkait perancangan. - Menjelaskan perbandingan panas permukaan, massa pada area relatif aliran. - Diketahui - Mendefinisikan "transfer panas kontak" sebagai aliran panas antar cairan pada awalnya pada suhu yang berbeda ketika mereka dicampur bersama. - Sketsa prinsip konveksi pada proses perancangan berikut: - aliran dan laju - area permukaan	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Lumbada: T2, T3, T4, T5 Trubong: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	- Test tertulis - PR - Praktik - Ujian
XI.	Mengaplikasikan mesin uap dan turbin dan sistem kontrol terkait.	Evaporator and distillation	- Menjelaskan mengapa "bit tower" mungkin harus dihasilkan dari air laut. - Buat daftar tujuan perancangan air. - Menjelaskan efek desain terhadap padatan berat dalam air laut. - Peranasi evaporator dan pergiliran suhu bejana bertekanan dan kemudiya harus memiliki standar yang disetujui untuk bahan perunggu, dan kontrol. - Menyatakan bahwa ada dua metode utama untuk mengkonversi uap dari air laut: - dengan metode langsung, menggunakan evaporator air memulihkan oleh evoksi (up kelim air laut) untuk menggunakan flash evaporator - Menjelaskan secara sederhana, menggunakan skema garis, konvensi simbol dan evaporator kod, rumusasi bahan-bahan bagian utama. - Sketsa sederhana dari evaporator kod. - Menjelaskan mengapa lajuang redaksi dipanang pada jalur vialis uap evaporator tersebut. - Mengatakan bahwa perbandingan panas dapat diperoleh dari: - pasukan uap atau cairan panas lainnya yang melewati kn - tabung yang drendam dalam air laut atau - elemen listrik yang terbenam di air laut - Menjelaskan mengapa evaporator skema redaksi redaksi digunakan. - Menjelaskan apa yang dimaksud dengan efek tunggal dan pertengahan efek ganda.	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Lumbada: T2, T3, T4, T5 Trubong: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7, V10	- Test tertulis - PR - Praktik - Ujian
XII.	Mengaplikasikan mesin uap dan turbin dan sistem kontrol terkait.	Evaporator and distillation	Flash Evaporator - Menjelaskan prinsip perancangan flash - Menyatakan bahwa flash evaporator dapat menggunakan sejumlah idap, dengan input air laut melalui setiap idap berturut-turut	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Lumbada: T2, T3, T4, T5	- Test tertulis - PR - Praktik - Ujian

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
	Control terkait		- Menjelaskan dengan bahasa sendiri sederhana, evaporator flash dan talup (Evaporator under-deck) - Menyatakan bahwa ideal dan cool evaporator dapat dibayangkan secara sederhana dengan uap yang diproses di atas pertama digunakan sebagai cairan pemeras di unit berikutnya, air laut feedwater-steam-raising unit secara bergantian - Menyatakan bahwa produk uap dalam unit kedua dan berturut-turut menjadi sebagian dengan steam dan sebagian oleh pengapasan klat - Menyatakan bahwa sistem seperti itu disebut "cek, garis" - Menyatakan bahwa pengapasan mendefinisikan menghasilkan peningkatan kuantitas air panas dibandingkan dengan evaporator tunggal menggunakan input panas yang serupa - Menjelaskan, dengan bahasa sendiri garis tunggal, pengapasan ketebal evaporator flash dan talup			Teaching aide A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7, V10	
XIII	Mengaplikasikan mesin utama dan turbin dan sistem kontrol terkait	Kompresor udara	- Menjelaskan kompresor udara sebagai pompa yang mengisap udara dari atmosfer dan, dengan input energi, kompresor akan meningkatkan tekanan ke volume yang lebih kecil dengan udara dan udara yang lebih tinggi - Menjelaskan alasan pendinginan udara, selama dan setelah kompresi - Menyatakan bahwa udara tidak disimpan dalam reservoir baja utuh dipertahankan untuk tujuan tertentu, seperti menghasilkan mesin diesel - Menyatakan bahwa, selama proses kompresi, hidrogen, karbon akan berakumulasi	• Ceramah • Diskusi • Praktik	300 menit	Textbooks T1, T3, T4, T5 Teaching aide: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian
XIV	Mengaplikasikan mesin utama dan turbin dan sistem kontrol terkait	Kompresor udara	- Menjelaskan bahwa, untuk menghasilkan udara udara selama kompresi, udara dituangkan dengan mengisap air di sekitar alirannya - Menyatakan bahwa kompresor udara dapat berupa mesin rotary atau bolak-balik atau tingkat atau multistage	• Ceramah • Diskusi • Praktik	200 menit	Textbooks T2, T3, T4, T5 Teaching aide: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian
XV	Mengaplikasikan mesin utama dan turbin dan sistem kontrol terkait	Kompresor udara	- Menjelaskan proses kompresi dalam kompresor reciprocating dan talup - Menaruh diagram prin kompresor udara dan talup, menunjukkan tekanan dan suhu udara yang masuk - Menjelaskan mengapa seawater dan after-cooler digunakan	• Ceramah • Diskusi • Praktik	200 menit	Textbooks T2, T3, T4, T5 Teaching aide: A1,	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
						A1, A2, V4, V5, V6, V7	
ULIAN AKHIR SEMESTER							

Semester IV

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
I	Mengaplikasikan mesin alarm dan tindakan dan sistem kontrol terpadu	Kesel' sap (Bosch)	• Sistem boiler fuel starvation and combustion - Nyatakan bahwa unsur karbon dan hidroge' bergabung sesuai kimia dengan oksigen selama pembakaran untuk membentuk produk gas karboe' dioksida dan uap air - Jelaskan bagian yang dimasukkan oleh utangan dalam proses pembakaran • Mech' boiler fundamental - Jelaskan, sebagai bagian diagram, sistem uap pada boiler dan identifikasi kegiatan uap - Jelaskan uap yang dihasilkan boiler dan tindakan prosedur sistem rata-rata	• Ceramah • Diskusi • Praktis	250 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Textbook aside A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7, V10	• Tes tertulis • PG • Praktis • Ujian
II	Mengaplikasikan mesin alarm dan tindakan dan sistem kontrol terpadu	Kesel' sap (Boiler)	• Kontrol boiler - Jelaskan bahan yang biasa digunakan untuk kontrol di boiler fire tube - Jelaskan dengan bahan logam, detail kontrol sistem, dari boiler t'hang api, yang menggunakan bagasi sebagai sumber t'hang untuk, memberikan stabilitas yang lengkap	• Ceramah • Diskusi • Praktis	250 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Textbook aside A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7, V10	• Tes tertulis • PG • Praktis • Ujian
III	Mengaplikasikan mesin alarm dan tindakan dan sistem kontrol terpadu	Kesel' sap (Boiler)	• Pemasangan boiler dan distribusi uap - Identifikasi kelengkapan dan posisi boiler pada sk' sk' kend' (diagram ongkang sap' untuk pemasangan garbar dan identifikasi) - Masi' r'rang order - Distribusi steam sap' uap	• Ceramah • Diskusi • Praktis	250 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Textbook aside A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7,	• Tes tertulis • PG • Praktis • Ujian

176

Minggu	Capaian Pembelajaran	Tingkat	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
VII	Mengoperasikan mesin standar dan turunan kontrol jarak	Portfolio and final oral presentation	- Menjelaskan secara sederhana, pemasangan dengan menggunakan gaya gesekan dan slip, dan perisalan serbtugal - Menjelaskan jenis filter ber-kut, yang digunakan dalam sistem belian bakar minyak - elemen lensa kasa - elemen magnetik - elemen seri - Menjelaskan bagaimana gaya gesekan digunakan untuk memisahkan cairan dan padatan dari berbagai kepadatan	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Learning aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7, ... VIII	- Tes tertulis - PR - Praktik - Ujian
ULIAN TENGAH SEMESTER (UTS)							
VIII	Mengoperasikan mesin standar dan turunan kontrol jarak	Sharing Group	Kelistrikan sistem kemudi - Menjelaskan prinsip-prinsip pengoperasian sistem kontrol kemudi - Sistem kemudi diposisikan dengan tenaga hidrostatik - Menjelaskan bahwa sistem pada dasarnya dapat berupa sistem dan zona atau motor radial-baling-baling - Skenario, menggunakan diagram garis dan blok, sistem standar - Menggunakan bakara, dalam sistem tipe radial-baling-baling, ukuran hidrostatik sebagai pada baling-baling radial yang terdapat pada sistem kemudi, ini menghasilkan gerakan kemudi - Menjelaskan operasi sistem pompa dan sistem penggerak kemudi, yang memanjatkan kampi ruang yang terdapat dan ruang yang dipanaskan - Menyebutkan bahan yang biasanya digunakan dalam komposisi standar dalam tiruan di atas - Pompa primer daya hidrostatik	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Learning aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	- Tes tertulis - PR - Praktik - Ujian
IX	Mengoperasikan mesin standar dan turunan kontrol jarak	Sharing Group	- Menggunakan hidrostatik pompa positive-displacement yang digunakan untuk memisahkan padatan dari fluida dan menghasilkan pergerakan kemudi - Menggunakan hidrostatik pompa dalam ujian di atas digunakan oleh sistem hidrostatik - Menjelaskan prinsip pengoperasian pompa standar radial - Menjelaskan prinsip operasi pompa pelat-ventil - Menjelaskan bagaimana aksi pemrosesan dikendalikan - desain standar ke pemrosesan referensi - desain mengintegrasikan ke kemudi, untuk kontrol standar balik - Menjelaskan, dengan bantuan skema garis mengalir, bagaimana pompa	- Ceramah - Diskusi - Praktik	200 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Learning aids: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	- Tes tertulis - PR - Praktik - Ujian

Materi	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Materi	Waktu	Referensi	Penilaian
			kontroll untuk memotivasi kemudi dan satu posisi ke posisi lain - Menjelaskan bahwa sistem dalam sistem harus merupakan di antara-nya yang besar yang besar dan bebas kesalahan - Mengjabarkan bagaimana pengontrol pada sistem dari dari gelombang pada kemudi dengan				

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
XII	Operasi dan pemeliharaan sistem pompa air serta sistem kontrol terpadu	Pengoperasian sistem pemompaan air, pompa, saluran, dan sistem pemompaan lainnya	Air tower dan air laut - Dalam penggunaan sistem air tower dan air laut - Menjelaskan sistem pemompaan air, berdasar, karakteristik, bagaimana? - Tekanan air dipertahankan - Pompa dikendalikan dan dioperasikan - Airnya dipompa - Menjelaskan sistem pemompaan air laut dan air tawar - Menjelaskan pemompaan yang diperlukan untuk air yang diproses oleh evaporator untuk kompartemen lainnya Sistem hidrolik - Berlar mesin yang mengkonversi tenaga mekanik atau diproses oleh motor listrik - Menjelaskan sistem hidrolik - Menjelaskan alat-alat hidrolik - Menjelaskan pemompaan yang diperlukan untuk mengisi cairan dari sistem hidrolik	• Ceramah • Diskusi • Praktik	100 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 From Engineering: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian
XIII	Operasi dan pemeliharaan sistem pompa air serta sistem kontrol terpadu	Pengoperasian sistem pemompaan air, pompa, saluran, dan sistem pemompaan lainnya	Membrane system - Menjelaskan apa yang dimaksud dengan jarak antara sistem pemompaan lainnya - Menjelaskan apa yang dimaksud dengan sistem pemompaan lainnya - Menjelaskan prinsip-prinsip pemompaan terpadu - Menjelaskan bahwa sistem ini adalah pemompaan terpadu tidak terdistribusi di area tertentu dan hanya satu untuk pemompaan terpadu Reaktor - Menjelaskan secara singkat, jelas dan tepat, indikator untuk pemompaan terpadu dan lainnya	• Ceramah • Diskusi • Praktik	200 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Engineering: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian
XIV	Operasi dan pemeliharaan sistem pompa air serta sistem kontrol terpadu	OWS	- Menjelaskan pemompaan yang diperlukan untuk pemompaan air - Menjelaskan sistem pemompaan air berkapasitas pemompaan air - Menjelaskan prinsip pemompaan terpadu air pemompaan terpadu - Menjelaskan kompleks yang menghasilkan pemompaan air	• Ceramah • Diskusi • Praktik	200 menit	Textbook: T2, T3, T4, T5 Engineering: A1, A2, A3, V4, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Praktik • Ujian

Minggu	Capaian Pembelajaran	Topik	Indikator	Metode	Waktu	Referensi	Penilaian
XV	Operasi dan pemeliharaan, bakat, pelumasan, isolasi, dan sistem pompa hidrolik serta sistem kontrol tekanan	QWS	bermerek peredaran serpih - Menyajikan skema untuk menggunakan pompa peredaran positif untuk pemindah air bermerek peredaran serpih. - Menyajikan prinsip sistem kedarifasi yang terdapat pada separator air bermerek peredaran serpih - Menjelaskan bagaimana sistem ini bekerja dan bagaimana ia dapat digunakan untuk pemindah air bermerek peredaran serpih. - Menyajikan bakat fluida yang terdapat di dalam sistem pompa dan peredaran air bermerek peredaran serpih dapat diperoleh dengan benar dengan alat pengukur tekanan - Menyajikan bakat pemecahan masalah menerapkan pengetahuan tentang hukum aritmetika - Menyajikan bakat pemecahan masalah menerapkan pengetahuan tentang hukum aritmetika - Menyajikan bakat pemecahan masalah menerapkan pengetahuan tentang hukum aritmetika - Menyajikan bakat pemecahan masalah menerapkan pengetahuan tentang hukum aritmetika	• Ceramah • Diskusi • Praktikum	200 menit	Textbooks T2, T3, Y4, T5 Teaching aids: M1, A2, A3, V6, V5, V6, V7	• Tes tertulis • PR • Rubrik • Ujian

UJIAN AKHIR SEMESTER

Mengetahui,

Ka. Prodi Permesinan Kapal

Dosen Mata Kuliah

SUROYO

Pusat Mada Tk. 1 (IIIb)
NIP. 198008202015031007

SUROYO

d

Setiap awak kapal yang bekerja di atas kapal dituntut untuk mampu mengoperasikan kapal dengan aman dan selamat (*secure and safety*) dengan menyelenggarakan fungsi kapal dalam kegiatan kapal di pelabuhan maupun saat kapal berlayar. Sebagai masinis (*engineer*) yang melaksanakan tugas penjagaan (*watchkeeping*) pengoperasian dan perawatan permesinan bertujuan agar kapal dalam kondisi laik laut, aman, efisiensi, dan menjaga kebersihan lingkungan kapal maupun pencegahan pencemaran di laut.

Buku pedoman dalam penyelenggaraan pendidikan pelayaran adalah berdasarkan STCW (*Standar Training Certification of Watchkeeping for Seafarers*) Amandemen 2010 Chapter A Tabel A – III/1 dan IMO Model Course 7.04 (*Officer in Charge of an Engineering Watch*) untuk perwira bagian mesin terdapat 4 fungsi, yaitu fungsi permesinan pada tingkat operasional (*marine engineering at the operational level*); fungsi kelistrikan, elektronik, dan sistem kontrol pada tingkat operasional (*electrical, electronic and engineering at the operational level*); fungsi perawatan dan perbaikan pada tingkat operasional (*maintenance and repair at the operational level*); fungsi pengendalian pengoperasian kapal dan orang di atas kapal pada level operasional (*controlling the operation of the ship and care for person on board at the operational level*).

Pengelompokan permesinan ditinjau dari fungsi permesinan dibagi menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu permesinan penggerak utama yang terdiri atas mesin induk (*main engine*), bantalan pendorong, sistem poros, dan baling-baling (*propeller*) yang menghasilkan tenaga pendorong untuk menggerakkan kapal dan kelompok permesinan bantu yang terdapat di dalam maupun luar kamar mesin.

Buku ini akan menjelaskan kelompok permesinan bantu yang fungsinya untuk menunjang pengoperasian mesin penggerak utama dan memperlancar fungsi penyelenggaraan kapal saat berlayar, berlabuh ataupun sandar. Permesinan bantu meliputi seluruh permesinan di atas kapal, baik yang berada di dalam kamar mesin maupun yang berada di luar kamar mesin. Untuk memudahkan mempelajari materi pada permesinan bantu akan dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu permesinan yang terletak di dalam kamar mesin, meliputi sistem permesinan, komponen sistem, pompa, ketel uap, kompresor udara, *purifier* serta *oil water separator* dan permesinan yang terletak di luar kamar mesin (di atas dek) yang meliputi sistem kemudi dan mesin jangkar.