

G. POKOK BAHASAN VI SISTEM PELAYANAN MESIN

SUB POKOK BAHASAN VI.1. SISTEM BAHAN BAKAR PELUMAS DAN PENDINGIN MESIN

1.1. PENDAHULUAN

1.1.1. DESKRIPSI SINGKAT

Sistem bahan bakar berfungsi untuk memberikan pelayanan kebutuhan bahan bakar mesin induk dan mesin bantu. Sistem perpipaan bahan bakar dibedakan menjadi sistem transfer dan sistem suplai bahan bakar. Sistem pelumas adalah sistem perpipaan yang memberikan pelayanan kebutuhan pelumasan mesin induk dan mesin bantu, yang terdiri atas sistem transfer dan suplai pelumas. Sistem pendingin mesin merupakan sistem perpipaan yang berguna untuk mendinginkan mesin induk dan mesin bantu di kapal.

1.1.2. RELEVANSI

Materi dalam bab ini memberikan keahlian bagi seorang ahli perkapalan dalam merancang, menggambar dan menghitung sistem perpipaan bahan bakar, sistem perpipaan pelumas dan sistem perpipaan pendingin mesin.

1.1.3.1. STANDAR KOMPETENSI

Pokok bahasan ini memberikan kontribusi kompetensi kepada mahasiswa lulusan program studi teknik perkapalan mampu memahami, perpipaan bahan bakar, sistem perpipaan pelumas dan sistem perpipaan pendingin mesin dalam pembangunan kapal. Oleh karena itu diharapkan dapat meningkatkan tingkat kualitas lulusan teknik perkapalan.

1.1.3.2. KOMPETENSI DASAR

Setelah mengikuti materi sistem bahan bakar, pelumas dan pendingin

a. Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan sistem bahan bakar.

- b. Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan sistem pelumas.
- c. Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan sistem pendingin mesin induk dan mesin bantu.

1.2. PENYAJIAN

1.2.1. URAIAN DAN CONTOH

Untuk keperluan melayani keperluan operasional semua sistem permesinan (utamanya mesin bantu dan mesin induk) yang ada di kamar mesin terdiri dari :

- a. Sistem bahan bakar (*Fuel oil sistem*).
- b. Sistem minyak pelumas (*lubrication oil sistem*).
- c. Sistem pendinginan mesin (*Cooling sistem*).
- d. Sistem udara start (*Air starting sistem*).
- e. Sistem gas buang (*exhaust gas sistem*).

A. SISTEM BAHAN BAKAR

Sistem bahan bakar adalah sistem pelayanan untuk mesin induk yang sangat penting. Sistem bahan bakar secara umum terdiri dari *fuel oil supply, fuel oil purifying, fuel oil transfer dan fuel oil drain piping system..* Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari *storage tank* ke *service tank, daily tank* dan kemudian ke mesin induk dan mesin bantu.

Jenis bahan bakar yang digunakan di kapal dapat berupa *heavy fuel oil* (HFO), *medium diesel oil* (MDO), ataupun solar biasa tergantung jenis mesin dan ukuran mesin. Untuk sistem yang menggunakan bahan bakar HFO untuk operasionalnya, sebelum masuk ke mesin utama (*main engine*) HFO harus diatur dahulu untuk penyesuaian viskositas, temperatur dan tekanan.

Untuk sistem bahan bakar mesin, semua komponen yang mendukung sirkulasi bahan bakar harus terjamin kontinuitasnya, karena hal tersebut sangat penting sekali dalam operasional. Oleh karena itu dalam perancangan setiap komponen utama sistem harus ada cadangan

(*stand by*) dengan tujuan, jika salah satu mengalami disfungsi (*trouble*) dapat secara otomatis dapat terantisipasi dan teratasi. Peralatan tersebut antara lain: *purifier pump*, *supply pump*, *circulating pump*, *filter*, dan lainnya. Faktor yang sangat penting dalam suatu sistem adalah persyaratan yang harus dipenuhi oleh sistem tersebut sebagai berikut :

- Tekanan yaitu tekanan fluida dalam pipa sebelum masuk *supply pump* adalah 0 bar dan setelah keluar harus memiliki tekanan 7 bar, yang diteruskan ke *circulating pump* masuk ke nosel dan keluar nosel fluida mempunyai tekanan 10 bar.
- Kecepatan; laju aliran bahan bakar *heavy fuel oil* mempunyai batas maksimum kecepatan yaitu 0,6 m/s.

Selain hal-hal di atas beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu sistem bahan bakar dengan menggunakan jenis bahan bakar HFO menurut peraturan (*rules*) dari klasifikasi adalah sebagai berikut :

1. *Stortage tank* dari sistem bahan bakar berada pada geladak yang terbawah dan harus diisolasi dari ruangan lain (*section 11.G.1.1*)
2. Tangki penyimpanan (*stortage tank*) harus dipisahkan dengan ruang pemisah (*cofferdam*) terhadap tangki yang lain (*section 10.B.2.1.3*)
3. Pipa bahan bakar tidak boleh melawati tangki yang berisi air minum, pelumas dan *oil thermal* (*section 11.G.4.1*).
4. Plastik dan gelas tidak boleh digunakan untuk sistem bahan bakar (*section 11.G.4.6*).
5. Pompa transfer, *feed*, *booster* harus direncanakan untuk kebutuhan temperatur operasi pada kondisi medium (*section 11.G.5.1*)
6. Pompa transfer harus disediakan, sedangkan untuk pompa pelayanan yang lain digunakan sebagai pompa cadangan yang sesuai dengan pompa transfer bahan bakar (*section 11.G.5.2*)
7. Harus ada paling sedikit 2 pompa transfer bahan bakar untuk mengisi tangki harian. *Purifier* sebagai pelengkap pengisian (*section 11.G.5.3*).

8. Pompa *feed/booster* diperlukan untuk mensuplai bahan bakar ke *main engine* atau *auxiliary engine* dan pompa cadangan harus disediakan (*section 11.G.5.4*)
9. Untuk pendistribusian bahan bakar melalui pompa suplai bahan bakar harus dilengkapi dengan *filter duplex* dengan kontrol manual atau otomatis (*section 11.G.7.1*)
10. Untuk saluran masuk menggunakan filter *simplex* (*section 11.G.7.2*)
11. *Purifier* untuk membersihkan minyak harus mendapat persetujuan pihak klasifikasi setempat (*section 11.G.8.1*)
12. Untuk penggunaan *filter* secara bersamaan antara bahan bakar dan minyak pelumas pada suplai sistem, maka harus ada pemisah agar bahan bakar dan minyak pelumas tidak tercampur , yang berakibat fatal dalam pengopersian mesin.
13. *Sludge tank* harus disediakan untuk *purifier* agar kotoran dari *purifier* tidak mengganggu kinerja *purifier* tersebut (*section 11.G.8.3*)
14. Untuk pengoperasian dengan *heavy fuel oil* (HFO) harus dipasang sistem pemanas (*section 11. G.9.1*)
15. *Settling tank* dan *daily tank* harus dilengkapi dengan sistem pengurasan (*drain plug*) (*section 11.G.9.2*).
16. *Settling tank* yang disediakan berjumlah 2 buah dan kapasitas minimal dapat menyediakan bahan bakar selama 1 hari atau 24 jam (*section 11.G.9.3.1*)
17. *Daily tank* harus dapat menyediakan bahan bakar selama minimal 8 jam (*section 11.G.9.4.3*)
18. Harus tersedia 2 buah *mutually independent preheater* di kapal (*section 11.G.9.7*)

Pada suatu sistem bahan bakar terdiri dari beberapa peralatan yang mendukung sistem tersebut, dimana sistem ini dibagi menjadi 2 sistem yaitu sistem transfer dan sistem suplai bahan bakar ke mesin induk dan mesin bantu.

Prinsip kerja dari sistem perpipaan bahan bakar adalah sebagai berikut; bahan bakar dari tangki penampung (*storage tank / bunker*) dipompakan melalui pompa pemindah (*transferred pump*) bahan bakar ke *settling tank* guna proses pengendapan selama 24 jam sebelum dipergunakan oleh mesin. Dari *settling tank* dengan menggunakan *feed pump* bahan bakar dipindahkan ke tangki dinas harian. Dari tangki dinas harian ini bahan bakar selanjutnya dipergunakan oleh mesin. Volume tangki dinas harian disesuaikan dengan kebutuhan mesin untuk operasional selama 8 – 12 jam.

Adapun peralatan yang mendukung sistem transfer antara lain :

a. Tangki penyimpanan (*storage tank*)

Fungsi tangki penyimpanan adalah untuk mencegah masalah ketersesuaian yang terjadi saat penambahan bahan bakar baru terhadap bahan bakar yang telah ada. Pada tangki ini juga dilengkapi dengan pemanas yang dirancang sedemikian rupa sehingga bahan bakar yang berada tangki penyimpanan mencapai suhu 10 ° C dibawah nilai *pour point*.

b. Tangki pengendapan (*Settling tank*)

Tangki pengendapan umumnya berjumlah 2 buah tangki harus tersedia. Pengendapan awal pada tangki ini memungkinkan untuk dilakukannya pengendapan yang lebih baik pada waktu yang diberikan. Kapasitas penyimpanan *settling tank* harus dirancang untuk mampu menampung keperluan suplai bahan bakar minimal 24 jam. Tangki ini dirancang agar dapat mengendapkan kotoran dan air yang ikut terbawa bahan bakar.

c. Pemanas tangki (*heater tank*)

Permukaan pemanas tangki juga harus memiliki ukuran untuk mampu memanaskan seluruh isi tangki pada suhu 75 °C, kurang dari 6 hingga 8 jam. Pendistribusian panas harus terus

dikendalikan secara otomatis tergantung dari suhu bahan bakar. Hal ini dilakukan untuk menghindari :

- Olahan dari lumpur endapan karena pemanasan, koil pemanas harus diatur pada jarak yang cukup dari dasar tangki.
- Pembentukan lapisan aspal (untuk bahan bakar HFO) bahan bakar sehingga suhu pemanasan tidak boleh lebih dari 75 °C.
- Pembentukan deposit karbon pada permukaan pemanas tidak boleh lebih dari 1,1 watt/cm².

d. Penyaring (*Filter*)

Filter sebagai penyaring bahan bakar, sehingga melindungi pompa dari kotoran (*sludge*) padat yang dapat merusak permukaan sudu-sudu pompa.

e. Pompa transfer (*transferred pump*)

Pompa transfer berfungsi untuk memindahkan fluida / bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank*. Untuk menghindari emulsifikasi dari air dilakukan perlakuan pemisahan (*gentle treatment*) dari jenis pompa ulir. Kapasitas pompa ulir diatur sedemikian hingga waktu keseluruhan pengisian hingga tangki penuh kurang dari 2 jam.

f. Pompa suplai (*supply pump*)

Pompa suplai berfungsi untuk memindahkan bahan bakar dari *settling tank* ke *daily tank*. Dengan penggerak mesin listrik, pompa ini harus memiliki *screw* yang tahan terhadap panas yang cukup tinggi, dan tidak dipasang didekat *separator*. Volume edar harus diatur sehingga dapat sesuai dengan kapasitas yang diperlukan.

g. Pemanas (*heater*)

Pemanas digunakan untuk memanaskan bahan bakar, sehingga dapat menjaga viskositas bahan bakar yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi.

h. Pemisah kotoran (*separator*)

Separator berfungsi untuk memisahkan bahan bakar dengan air dan bahan bakar. Bahan bakar yang bersih dialirkan ke *daily tank* sedangkan kotoran dan air disalurkan ke *sludge tank*. Karena kondisi bahan bakar yang sangat buruk, digunakan dua tingkat *separator* yang akan digunakan. *Separator* pada prinsipnya dilengkapi dengan 2 buah dengan jenis yang sama, dimana 1 buah digunakan untuk *service separator* dan yang kedua digunakan untuk *stand by separator*.

Sedangkan untuk menjamin harga viskositas bahan bakar sesuai dengan spesifikasi viskositas injeksi, suatu penambahan suhu (*preheating*) sangat diperlukan, yang mana hal ini dapat menyebabkan masalah terjadinya gelembung gas pada sistem tanpa tekanan yang konvensional. Untuk itu diperlukan peningkatan tekanan sistem sebesar 1 bar diatas tekanan penguapan air.

Komponen-komponen peralatan yang dibutuhkan untuk menunjang sistem suplai adalah sebagai berikut :

a. *Feed pump*

Pompa ini digunakan untuk pendistribusian bahan bakar yang berasal dari *settling tank* ke *service tank* melalui *centrifuge*. *Head pump* dipilih berdasarkan tekanan yang dibutuhkan oleh sistem.

b. *Centrifuge* adalah merupakan alat penyaring bahan bakar. Pada sistem ini fungsi *centrifuge* adalah untuk mengolah bahan bakar. Dua buah *centrifuge* harus terpasang untuk bahan bakar jenis HFO dengan kapasitas 0,27 l/kwh atau 0,2 l/BHP, sedangkan untuk DO tidak harus ada.

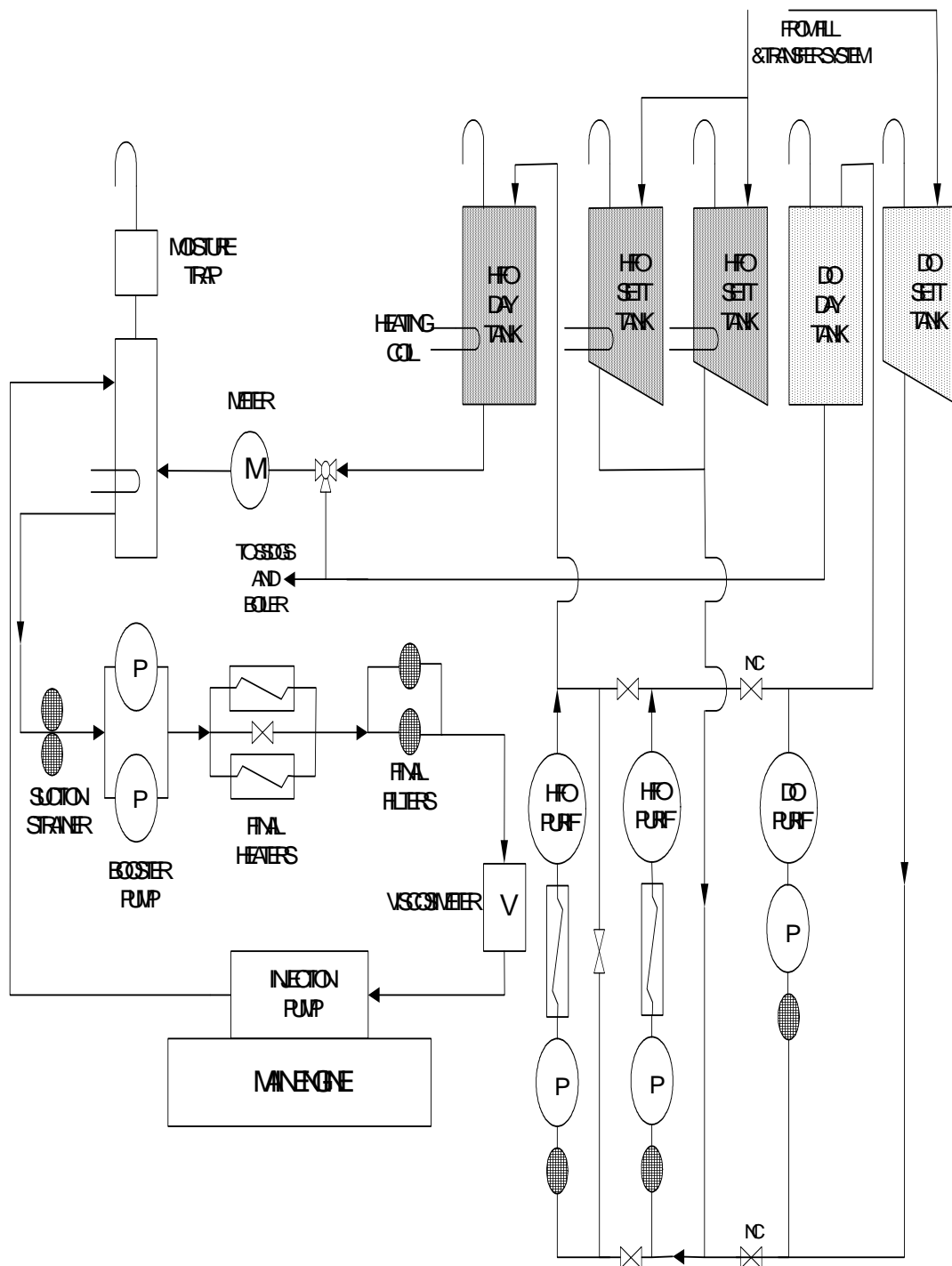
c. *Fuel oil service tank*; tangki ini harus dapat memenuhi kebutuhan selama 8 sampai 12 jam. *Tank* harus dirancang agar air dan partikel kotor lain tidak dapat masuk pipa masukan dari pompa *booster*. Penyaringan ini dilakukan oleh *separator* yang bekerja pada *continous operation*. Untuk tangki ini harus dilengkapi dengan koil pemanas yang dirancang untuk temperatur tangki sebesar 75

°C. Viskositas maksimum bahan bakar dalam tangki adalah 140 cst. Pada tangki ini dilengkapi dengan *heater*, dimana pemanasan ini bertujuan agar viskositas yang tinggi, berubah menjadi rendah viskositasnya. Selain itu tangki dilengkapi dengan ruangan endapan dengan sudut inklinasi 10° serta katup kuras (*drain plug*) yang dipasang pada titik terendah. Endapan tersebut harus dikuras dari *service tank* pada waktu yang kontinyu.

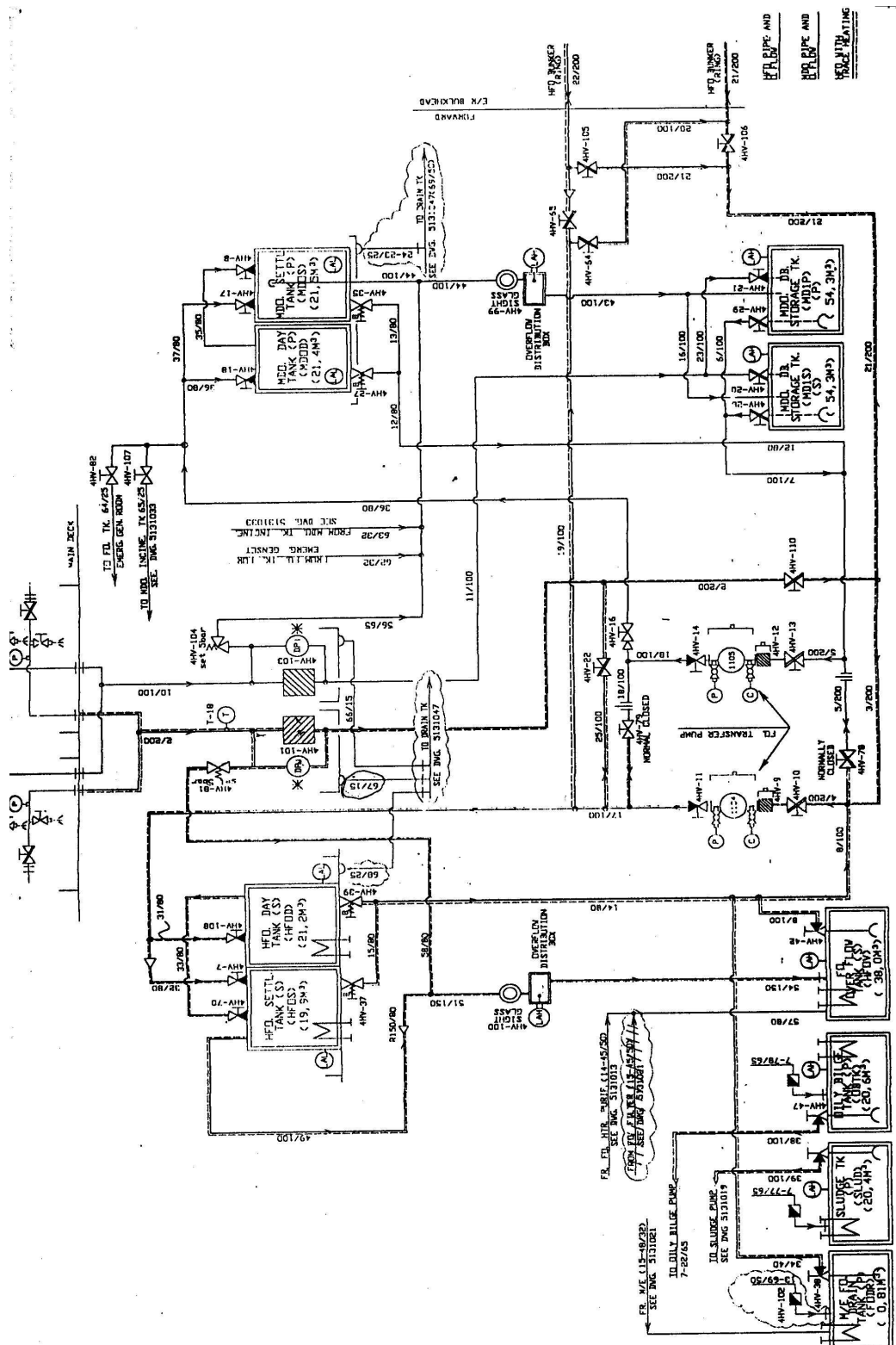
- d. *Fuel oil daily tank*; tangki ini harus mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar DO selama 8 sampai 12 jam. Tangki *diesel oil* ini peletakannya minimal 2,5 m diatas sumbu poros engkol mesin induk. Sedang tangki dilengkapi dengan ruang endapan lumpur dan katup kuras.
- e. *Three way cock*; katup ini digunakan untuk mengganti bahan bakar dari penggunaan MDO ke HFO dan sebaliknya. Umumnya dioperasikan secara *manual* dan sekurangnya dilengkapi dengan dua saklar untuk mengatur *alarm* pada pengukuran viskositas dan sistem pengendali selama penggunaan *heavy fuel*.
- f. Pompa suplai; kapasitas tekan minimum 4 bar pada temperatur kerja 90 °C dari konsumsi bahan bakar maksimum, sehingga tinggi (*head*) pompa dipilih berdasarkan tekanan yang dibutuhkan oleh sistem. Keluaran melewati *non return valve* yang disetel pada tekanan 4 bar dan apabila tidak mencukupi melalui katup pemindah, aliran akan kembali ke pompa suplai.
- g. Pompa sirkulasi; kapasitas tekan minimum pompa adalah 10 bar dimana terjadi perbedaan tekanan sebesar 6 bar dari konsumsi bahan bakar maksimal. Tinggi (*head*) pompa dipilih berdasarkan tekanan yang dibutuhkan oleh sistem dan aliran dari bahan bakar sebelum masuk ke mesin terlebih dahulu melewati kontrol baik tekanan maupun temperatur dan masuk ke *preheater*, sehingga diharapkan temperatur yang masuk ke mesin sesuai kebutuhan Bahan bakar terlebih dahulu disaring melalui *otomatic filter*

sebanyak 2 unit melalui *cross connection three way valve*, yang untuk selanjutnya tingkat kekentalan dari bahan bakar dikontrol dalam *viscosity controller*.

- h. *Final pre-heater*; kapasitas *pre-heater* ditentukan berdasarkan suhu injeksi pada *nozzle* yang mana harus ditambahkan 4 °C untuk kompensasi kehilangan panas pada pipa. Konstruksi pipa pemanas dapat disusun secara seri ataupun paralel.
- i. *Filter* otomatis; digunakan untuk menghindari terjadinya penurunan tekanan pada sistem akibat adanya selama pembilasan (*flushing*). Kerapatan (*filter mesh*) sebaiknya 25 µm.
- j. Viscosimeter; alat ini berfungsi untuk mengukur tingkat kekentalan (viskositas) bahan bakar yang akan diinjeksikan ke mesin induk.
- k. *Duplex filter*; alat ini dipasang di atas mesin dan sedekat mungkin dengan mesin. Kerapatan dari *filter* ini sebaiknya 34 µm. Sisi buang dari filter dilengkapi dengan suatu katup dan suatu pipa ke *sludge tank*. Jika elemen dari saringan ini diangkat untuk dibersihkan, ruangan dalam *filter* ini harus dikosongkan. Hal ini menghindari partikel mengendap dalam rumah *filter*, sehingga menyebabkan berpindahnya kotoran tadi ke bagian minyak yang telah bersih disaring pada bagian *filter* tersebut. Ukuran *filter* permukaan beban penyaringan harus tidak boleh lebih dari 1 l/cm²h. Diagram sistem bahan bakar sebagaimana pada gambar 6.1.
- l. *Pressure control overflow valve*; katup ini digunakan untuk mengontrol tekanan yang diperlukan oleh sistem dan untuk menjaga kestabilan yang berkaitan dengan jumlah kapasitas bahan bakar dari sisi isap pompa suplai, dimana pada mesin berhenti 100 % dan *engine full load* 37,5 % dari jumlah kapasitas edar dari pompa suplai.
- m. *Automatic deaerating valve*; katup ini akan bekerja secara otomatis untuk melepaskan udara.



Gambar 6.1. Diagram sistem bahan bakar.



Gambar 6.2. Diagram sistem transfer bahan bakar.

- n. *Tank vent* adalah alat ventilasi dari tangki untuk melepaskan tekanan tinggi akibat sirkulasi bahan bakar yang berasal dari mesin sebelum bersirkulasi kembali ke pompa sirkulasi.
- o. *Drain tank* adalah tangki ini mengumpulkan campuran gas dan udara yang tercampur didalam sistem selama *start*. Suatu katup apung yang dihubungkan oleh alarm akan memperingatkan perlunya dikeluarkan gas yang terdapat dalam tabung tersebut oleh operator bila dinilai telah melebihi batas. Gas tersebut dibuang dengan katup yang digerakkan secara manual. Pada saat sebelum memadamkan mesin induk, sistem ditukar dari penggunaan HFO menjadi MDO, tangki diatur untuk mampu mengalami perubahan suhu selama kurang dari 5 menit pada konsumsi setengah beban mesin. Tekanan kerja tangki dirancang dengan persetujuan kelas.

B. SISTEM PELUMASAN

Minyak pelumas pada suatu sistem permesinan berfungsi untuk memperkecil gesekan-gesekan pada permukaan komponen-komponen yang bergerak dan bersinggungan. Selain itu minyak pelumas juga berfungsi sebagai fluida pendinginan pada beberapa mesin. Karena dalam hal ini mesin diesel yang digunakan termasuk dalam jenis mesin dengan kapasitas pelumasan yang besar, maka sistem pelumasan untuk bagian-bagian atau mekanis mesin dibantu dengan pompa pelumas. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan dan melumasi *engine bearing* dan mendinginkan piston. Sistem pelumas atau *lubrication oil sistem* terdiri dari *main lubrication oil system, turbocharger lubrication oil system, cylinder lubrication oil system, rocker arm lubrication oil system, chamshaft lubrication oil system, generator lubrication oil system, lubrication oil transfer system, lubrication oil purification system, stern tube lubrication system, oil purification oil sistem*.

Dalam uraian dibawah ini dijelaskan mengenai beberapa hal diatas:

a. *Main Lubrication Oil Sistem*

Lubrication oil system dihisap dari *lubrication oil sump tank* oleh pompa jenis screw atau sentrifugal dan dialirkan menuju *main diesel engine* melalui *second filter* dan *lubrication oil cooler*. Dan temperatur oil keluar dari cooler secara otomatis dikontrol pada level konstan yang ditentukan untuk memperoleh viskositas yang sesuai dengan yang diinginkan pada *inlet main diesel engine*. Kemudian *lubrication oil* yang dialirkan ke *main engine bearing* dan juga dialirkan kembali ke *lubrication oil sump tank*.

b. *Cylinder Oil Sistem*

Pada sistem ini digunakan sistem pelumasan tersendiri. Setiap silinder liner mempunyai lubang pelumasan sebagai jalan bagi pelumas silinder untuk melumasi silinder, ketika cincin piston melewati *lubrication orifices* selama ia bergerak keatas. Silinder *oil transfer* pertama dari silinder *oil storage tank* ke silinder *oil measuring tank* oleh gravitasi atau *hand pump* dan dialirkan menuju silinder *oil lubrication* dengan gravitasi. Kemudian pelumas diberikan ke setiap bagian dari *main diesel engine cylinder liners* melalui *plunger pump* yang dipasang di dalam *cylinder oil lubrication*. Dalam kasus lain dipasang sebuah *flow meter* pada *cylinder oil measuring tank*. Pelumas silinder disuplai dari tangki dengan sistem gravitasi. Viskositas yang digunakan untuk pelumas silinder adalah berdasarkan standard pelumas SAE 50 dengan TBN 70. Adapun pemakaian minyak silinder sesuai spesifikasi dari mesin adalah sebesar 0,8 gram/kwh atau 0,6 gram/BHP-jam.

c. *Lubrication Oil Transfer System*

Sistem pelumas dan silinder pelumas diisi ke setiap *tank* melalui *lubrication. oil filling connection* pada *upper deck* dan minyak ditransfer ke setiap *service tanke* melalui *transfer pump* atau *hand pump*.

d. *Lubrication Oil Purification System*

Ada dua macam *purification system* yaitu *batch purification* dan *by pass purification*. *Batch purification* adalah sistem dimana *lubrication oil* pertama ditransfer dari *lubrication oil sump tank* ke *lubrication oil settling tank* oleh *lubrication oil transfer pump* dan dialirkan ke *oil sump tank* melalui *purifier*. Sistem ini digunakan dalam kuantitas yang besar pada *purification* saat kapal di pelabuhan dalam waktu yang pendek.

By-pass purification mempunyai 2 macam metode *purification* yaitu:

- 1) *Continous purification* yang diaplikasikan untuk *main diesel engine* pada saat berlayar dilaut normal, dimana *lubrication oil sump tank* dialirkan ke tangki melalui *purifier*.
- 2) Diaplikasikan untuk *generator engine lubrication oil system* dimana beberapa *lubrication oil* dari sisi *discharge* pada *generator engine lubrication oil pump* dan dipurifikasi.

Pada *marine engine lubrication oil* sistem pelumas dipengaruhi oleh beberapa kondisi operasi kapal seperti trim, *roll & pitching*. Acuan regulasi untuk sistem pelumas sama dengan sistem bahan bakar yaitu *section 11 rules* Biro Klasifikasi Indonesia volume 3, dimana hal-hal yang harus diperhatikan antara lain :

- a) Jika diperlukan pompa dengan *self priming* harus dipakai (*section 11 H.1.3*)
- b) *Filter* pelumas diletakkan pada *discharge pump* (*section 11 H.2.3.1*)
- c) Saringan utama aliran harus disediakan sistem pengontrol untuk memonitor perbedaan tekanan (*section 11.H.2.3.1*)
- d) Pompa utama dan *independent stand by* harus disediakan (*section 11 H.2.3.5*)

Lubrication oil system dirancang untuk menjamin keandalan pelumasan pada *over range speed* dan selama mesin berhenti, dan menjamin perpindahan panas yang berlangsung. Dan tangki gravitasi minyak lumas dilengkapi dengan *overflow pipe* menuju *drain tank*.

Lubrication oil filter dirancang di dalam *pressure lines* pada pompa, ukuran dan kemampuan pompa disesuaikan dengan keperluan mesin. Saringan harus dapat dibersihkan tanpa menghentikan mesin. Untuk itu dapat digunakan *filter dupleks* atau *automatic back flushing filter*. Mesin dengan daya lebih dari 150 kW dimana suplai pelumas dari *engine sump tank* dilengkapi dengan *simpleks filter* dengan *alarm pressure* dirancang dibelakang saringan. Saringan harus dapat dibersihkan selama operasi, untuk keperluan ini sebuah *shutt off valve by-pass* dengan manual operasi.

Pelumasan yang memuaskan dan tepat mesin diesel kecepatan tinggi modern telah menjadi masalah yang sulit. Berikut ini beberapa penyebab kesulitan yang dihadapi :

- 1) Kecepatan yang tinggi, yang telah dihasilkan dalam mesin kecil dengan penampungan minyak kecil mesin tinggi dan suhu minyak.
- 2) Suhu cincin torak tinggi, yang mempunyai kecenderungan untuk menyebabkan pelekatan cincin dan kemacetan torak.
- 3) Suhu mesin tinggi, yang membuat makin sulit untuk mencapai pelumasan silinder dan torak dengan sempurna. Makin banyaknya penggunaan mesin dua langkah, dengan output daya makin besar, dan pengisian lanjut dari mesin empat langkah, yang menaikkan tekanan dan suhu silinder.
- 4) Tekanan silinder tinggi, yang telah dihasilkan dalam beban bantalan yang tinggi.
- 5) Suhu mesin yang tinggi, beban besar dan kecepatan tinggi, yang meletakkan tegangan baru pada bahan bantalan dan meningkatkan kecenderungan untuk korosi meskipun menggunakan logam bantalan khusus.
- 6) Penggunaan bantalan dengan cangkang presisi, yang lebih peka terhadap butiran padat dalam minyak lumas memerlukan permurnian minyak lebih baik.

- 7) Peningkatan penggunaan tembaga dalam bantalan, yang ikut menyumbang oksidasi minyak.
- 8) Penggunaan konstruksi tertutup seluruhnya pada mesin diesel putaran tinggi, yang makin menyulitkan pencegahan kebocoran minyak bahan bakar dan meningkatkan kecepatan pengenceran minyak karter oleh minyak bahan bakar.
- 9) Peningkatan kelonggaran yang diperlukan dengan menggunakan torak paduan aluminium, yang mengakibatkan pemborosan minyak, terutama dalam mesin besar dengan beban tidak penuh.
- 10) Peningkatan penggunaan mesin diesel mobil, yang membangkitkan masalah viskositas minyak pelumas kalau mesin distart dalam cuaca dibawah titik beku.

Pengujian yang paling baik dari pelumas adalah dengan cara berkelakuan didalam mesin. Pelumas harus mempunyai viskositas yang tetap dalam batas yang sesuai diseluruh jangkauan suhu operasi mesin. Untuk mempertahankan film pelumas yang cukup diantara bagian yang bergerak, maka pelumas yang tidak dapat dihindari untuk terbakar dalam mesin harus meningkatkan residu karbon minimum. Pelumas harus stabil dan tahan oksidasi, pengasaman dan pengemulsian.

Sistem pelumasan mesin yang ideal harus memenuhi persyaratan:

1. Memelihara film minyak yang baik pada dinding silinder sehingga mencegah keausan berlebihan pada lapisan silinder, torak dan cincin torak.
2. Mencegah pelekatan cincin torak.
3. Merapatkan kompresi dalam silinder.
4. Tidak meninggalkan endapan karbon pada mahkota dan bagian atas dari torak dan dalam lubang buang serta lubang bilas.
5. Tidak melapiskan kerak pada permukaan torak atau silinder.
6. Mencegah keausan bantalan
7. Mencuci bagian dalam mesin

8. Tidak membentuk lumpur, menyumbat saluran pelumas, lapisan dan saringan, atau meninggalkan endapan dalam pendingin pelumas.
9. Dapat digunakan dengan sembarang jenis saringan
10. Hemat dalam penggunaan.
11. Memungkinkan selang waktu cukup lama antara penggantian.
12. Memiliki sifat yang bagus pada start dingin.

Sedangkan pencemaran pelumas yang terjadi pada karter mesin diesel disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

- 1) Dari pelumas sendiri.
- 2) Butiran debu yang masuk bersama udara karena tidak menggunakan pembersih udara.
- 3) Air yang terbentuk oleh pengembunan uap air hasil pembakaran hidrogen dari bahan bakar dengan oksigen dari pengisian udara.
- 4) Butiran logam yang terjadi akibat keausan pada material cincin torak, dinding silinder, roda gigi, dan lainnya.

Untuk pengoperasian mesin secara memuaskan dan memperpanjang umur bagian-bagiannya, maka pencemaran pada minyak pelumas tidak boleh melebihi batas maksimum dan harus dikurangi secara berkala atau secara kontinu dengan saringan dari berbagai desain, pemusing, pengendapan gaya berat ataupun dengan metode kimia.

Pengenceran minyak pelumas oleh bahan bakar dapat disebabkan oleh kebocoran sistem injeksi bahan bakar tekanan tinggi. Kalau kebocorannya dimungkinkan masuk melalui sambungan yang tidak cukup kedap ke dalam karter. Dalam beberapa konstruksi yang pengencerannya tidak dapat dicegah, pelumas karter harus diganti setelah pengencerannya mencapai maksimum nilai tertentu, biasanya 5 % atau yang dinyatakan dalam buku petunjuk pabrik mesin (*manual book engine*).

Peralatan yang diperlukan untuk menunjang kelancaran sistem pelumas meliputi :

1. *Suction Filter* pada tangki *double bottom*

Peralatan ini digunakan untuk melindungi pompa pelumas terhadap partikel/serpihan metal yang tajam yang terdapat di tangki. Disarankan *filter* ini memiliki kehalusan sebesar 500 μm yang juga bermuatan magnet. Bila terjadi penurunan tekanan pada *filter* berarti *filter* tersebut harus dibersihkan secara manual. Bila hal ini dilakukan, sebaiknya pada saat kapal berlabuh.

2. *Lubricating Oil Pumps*

Pompa ini hanya dipasang pada mesin yang tidak dapat berbalik putarannya (*non-reversible engine*). Hal ini dengan maksud agar daya yang digunakan dari *diesel generator* dapat dikurangi dan suplai minyak lumas dapat terjamin alirannya saat kondisi darurat (*black-out*). Untuk kualitas viskositas dari minyak pelumas pada mesin yang menggunakan *heavy oil* adalah berdasarkan kelas SAE-40 dengan *Total Base Number* (TBN) 20-40 mg KOH/gr, dimana tergantung dari kualitas dari *heavy oil* tersebut (khususnya kandungan sulfur). Pada tangki pelumas perlu diberikan pemanas sehingga pelumas dapat mencapai suhu 40 °C tiap saat pada waktu mesin hendak dihidupkan. Sedang untuk sirkulasi secara kontinyu pada sistem ini tidak diperlukan sehingga keberadaan *stand-by pump* tidak diperlukan. Sehingga untuk kondisi *start pompa stand-by* harus dihidupkan 15 menit sebelum mesin dihidupkan.

3. *Lubricating Oil Cooler*

Salah satu fungsi yang penting dari sirkulasi minyak lumas adalah untuk mendinginkan permukaan bantalan dengan membawa keluar panas yang ditimbulkan oleh gesekan. Suhu minyak yang masuk tangki penekan mesin tidak boleh melebihi 120 °F. Pelumas yang meninggalkan *carter* tidak boleh melebihi 160 °F dalam keadaan apapun juga. Jadi suhu yang diambil dengan penggunaannya dalam mesin sesuai dengan kenaikan suhu 40 °F. Untuk *cooler* dirancang dengan ketentuan kalor margin 5 % dari spesifikasi dan margin luasan pertukaran panas 15 %.

4. *Temperature Control valve*

Katup ini terpasang pada sisi masuk mesin dengan *range* temperatur 54 °C.

5. *Automatic Filter*

Sisa beram hasil pembakaran yang dibawa oleh minyak pelumas disaring oleh separator. Kemudian untuk menjaminkannya digunakan *filter* yang terintegrasi. Spesifikasi saringan yang ditentukan dari produsen ialah 34 μm pada kerapatan saringan dengan *surface load* $\leq 8 \text{ l/cm}^2\cdot\text{h}$.

6. *Booster Pump*

Jenis pompa ini dapat berupa pompa ulir (*screw*), roda gigi (*gear*) ataupun sentrifugal (*centrifugal*) yang tujuannya memberikan laju fluida yang lebih besar, sehingga didapatkan dorongan lebih kuat. Pada sistem pelumas *booster pump* digunakan untuk daerah katup.

7. *Indicator Filter*

Alat ini berbentuk *filter duplex* yang dibersihkan secara manual. Saringan (*filter*) ini dihubungkan secara langsung dengan saringan otomatis dan tandon dari wadah yang menampung beram/serpihan yang terkandung/terbawa oleh pelumas. *Indikator filter* ini melindungi mesin dari aliran pelumas yang kotor dengan penduga perbedaan tekanan yang terpasang pada indikator yang dihubungkan dengan alarm/monitor. *Filter otomatis* dan *filter indikator* ini harus terhubung dengan alarm. Saluran kuras dari ruang tandon. Saringan ini dihubungkan ke tangki penampung minyak sisa (*leak oil tank*). Bagian aliran pipa antara saringan dengan sisi masuk mesin harus dapat selalu diperiksa sebelum pemasangan dan pada bengkokan harus mempertimbangkan ukuran flens untuk memungkinkan pemeriksaan yang menyeluruh pada dinding dalam pipa. Kerapatan filter yaitu 60 μm dengan beban permukaan $\leq 8 \text{ l/cm}^2\cdot\text{h}$.

8. Separator

Minyak pelumas secara intensif dibersihkan dengan cara penyaringan yang mana berfungsi sebagai pengganti saringan yang mana akan menghemat biaya operasi (ekonomis). Jenis dari separator harus dari jenis *self cleaning type*, pengaturannya harus disesuaikan dengan kuantitas dari minyak pelumas pada 1 l/kw. Dengan kuantitas minyak pelumas sedemikian maka separator harus membersihkan sebanyak 8 kali sehari (24 jam). Kurang dari 7 kali sehari tidak diijinkan.

Rumus untuk menentukan kapasitas nominal separator adalah :

$$Q = \frac{1 \times P \times 8 \times 100 \times 24}{24 \times B \times t} \quad (\text{l/h}) \quad (6.1)$$

dimana : P = *Engine rating* MCR in (kw)

B = *Troughout rate* 22 %

t = periode pemisahan efektif harian (tergantung merek separator)

9. Pressure control Valve

Dengan menggunakan katup pengendali tekanan, maka dapat diperoleh tekanan yang kontinyu sehingga tidak diperlukan pompa yang berdiri sendiri (*free standing pump*). Pemasangan katup ini dipasang secara langsung pada mesin disesuaikan dengan jaringan pipa yang ditentukan oleh galangan.

10. Condensate Traps

Wadah embun diperlukan di pipa pada *turbocharger*, dan tangki harian (*service*) untuk dipasang sedekat mungkin ke pipa ventilasi. Hal ini akan menghindarkan dari kembalinya air hasil pengembunan ke mesin atau tangki harian.

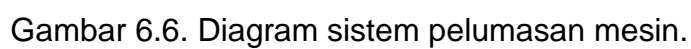
11. Leak oil tank untuk minyak pelumas dan minyak bakar

Luberan atau bocoran minyak bahan bakar atau minyak

SISTEM PELAYANAN PERMESINAN

Gambar 6.4. Diagram sistem pelumas

Gambar 6.5. Diagram sistem transfer pelumas



12. *Cylinder oil tank*

Pelumasan untuk silinder adalah terpisah sehingga diperlukan tangki tersendiri dengan tingkat kekentalan dari SAE 50 dengan 70 TBN (*total base number*)

13. *Cylinder oil service tank*

Volume tangki ini adalah mampu melayani pelumasan minimum 2 hari dan pipa nominal untuk masuk dalam pelumasan silinder adalah 2,5 mm. minyak lumas dialirkan ke silinder melalui *non-return valve* dan letak tangki berada diatas mesin dengan jarak minimum 3000 mm dan sistem suplai adalah dengan sistem gravitasi.

Gambar sistem pelumas dapat dilihat pada gambar 6.4. dan gambar sistem transfer pelumas dapat dilihat pada gambar 6.5. serta gambar sistem pelumas mesin dapat dilihat pada gambar 6.6

C. SISTEM PENDINGIN

Sistem pendingin pada mesin induk diatas kapal berdasarkan fluida pendingin terdiri dari air tawar, air laut ataupun minyak pelumas. Tapi prosentase terbesar yang berpengaruh pada sistem pendingin adalah akibat dari air tawar dan air laut. Ada 2 macam sistem pendinginan yaitu :

- a. Sistem pendinginan terbuka
- b. Sistem pendinginan tertutup

Pada sistem pendinginan terbuka ini fluida pendingin masuk kebagian mesin yang akan didinginkan, kemudian fluida yang keluar dari mesin langsung dibuang kelaut. Fluida yang digunakan pada sistem pendinginan ini dapat berupa air tawar ataupun air laut. Sistem ini ini kurang menguntungkan dalam hal operasional, dimana apabila fluida yang digunakan adalah air tawar maka akan menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan tidak ekonomis. Sedangkan apabila menggunakan air laut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin dan akan terjadi endapan garam pada komponen mesin yang didinginkan.

Sistem pendinginan tertutup ini merupakan kombinasi antara sistem pendinginan air tawar dan air laut. Sistem pendinginan air tawar (*fresh water cooling system*) melayani komponen-komponen dari mesin induk ataupun mesin bantu meliputi : *main engine jacket, main engine piston, main engine injektor*. Kebanyakan sistem pendingin air tawar menggunakan peralatan sirkulasi pendingin untuk sistem pendingin air laut yang secara terpisah, dimana peralatan yang digunakan adalah penukar panas (*heat exchanger/cooler*). Air tawar pendingin mesin yang keluar dari mesin didirkulasikan ke *heat exchanger*, dan di dalam alat inilah air tawar yang memiliki suhu yang tinggi akan didinginkan oleh air laut yang disirkulasikan dari *sea chest* ke alat *heat exchanger*. Peralatan-peralatan lainnya pada sistem ini antara lain pengukur tekanan pada *suction* dan *discharge line pump*, termometer pada pipa sebelum dan sesudah penukar panas, gelas pengukur/*gauge glass* masing-masing pada *expansion tank* dan *drain tank*.

Pengatur temperatur umumnya dilengkapi dengan mekanisme otomatis dengan katup *treeway valve* untuk mengatur aliran *by pass* air pendingin yang diijinkan. Pada sistem pendinginan dengan air laut, air laut masuk ke sistem melalui *high and low sea chest* pada tiap sisi kapal. Setiap *sea chest* dilengkapi dengan *sea water valve, vent pipe*, dimana pipa udara ini dipasang setinggi atau lebih dari sarat kapal untuk membebaskan udara atau uap dan *blow out pipe* untuk membersihkan *sea chest*.

Selain kedua sistem diatas juga dikenal sistem pendinginan terpusat (*central cooling system*) yang digunakan untuk mendinginkan perlengkapan mesin induk dan mesin bantu. Pada bagian sistem pendinginan air tawar berupa sistem tertutup dengan semua komponen dihubungkan paralel dengan pompa sirkulasi air tawar yang terpisah.

Sedangkan pada bagian sistem pendingin air laut mensirkulasikan air laut dari *sea chest*, melalui pusat pendingin air tawar atau *central fresh water cooling* kemudian dibuang kelaut melalui *overboard discharge*.

Sistem ini memiliki keuntungan dapat mengurangi penggunaan anti korosi dan perawatan (*maintenance*) Adapun kerugian dari sistem ini adalah adanya penambahan beban listrik akibat adanya pompa sirkulasi dan biaya awal (*capitol cost*) dari peralatan yang relatif tinggi.

Sebagai alternatif pemilihan sistem pendingin, sistem pendingin terpusat ini dapat bekerja untuk memenuhi kebutuhan sistem-sistem pendinginan pada suhu rendah maupun suhu tinggi. Untuk menghindari suhu udara pembilas silinder yang terlalu tinggi maka perencanaan suhu air pendingin pada sistem pendingin suhu rendah disyaratkan tidak boleh terlalu tinggi. Pada umumnya suhu yang diijinkan adalah 36 °C yang sama dengan suhu air pada sistem pendingin air laut sebesar 32 °C.

Keuntungan penggunaan sistem ini :

- 1) Instalasi yang berhubungan dengan *sea water* sedikit
- 2) *Maintenance cost* relatif kecil/rendah
- 3) Penggunaan *non-corrosive metal* sedikit
- 4) Efisiensi pemakaian panas, *heat exchanger* lebih efisien.

Sedangkan kerugiannya adalah biaya investasi awal (*capitol cost*) lebih mahal dan sistemnya rumit. Pemakaian air tawar sebagai media pendingin mesin induk adalah dengan memperhatikan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh air tawar dibandingkan dengan pemakaian air laut sebagai pendingin. Kelebihan air tawar dari air laut yang paling menonjol untuk keperluan sistem ini adalah air tawar tidak menimbulkan korosi pada instalasi. Adapun komponen-komponen peralatan pada instalasi pendingin adalah sebagai berikut :

- **Instalasi air laut**

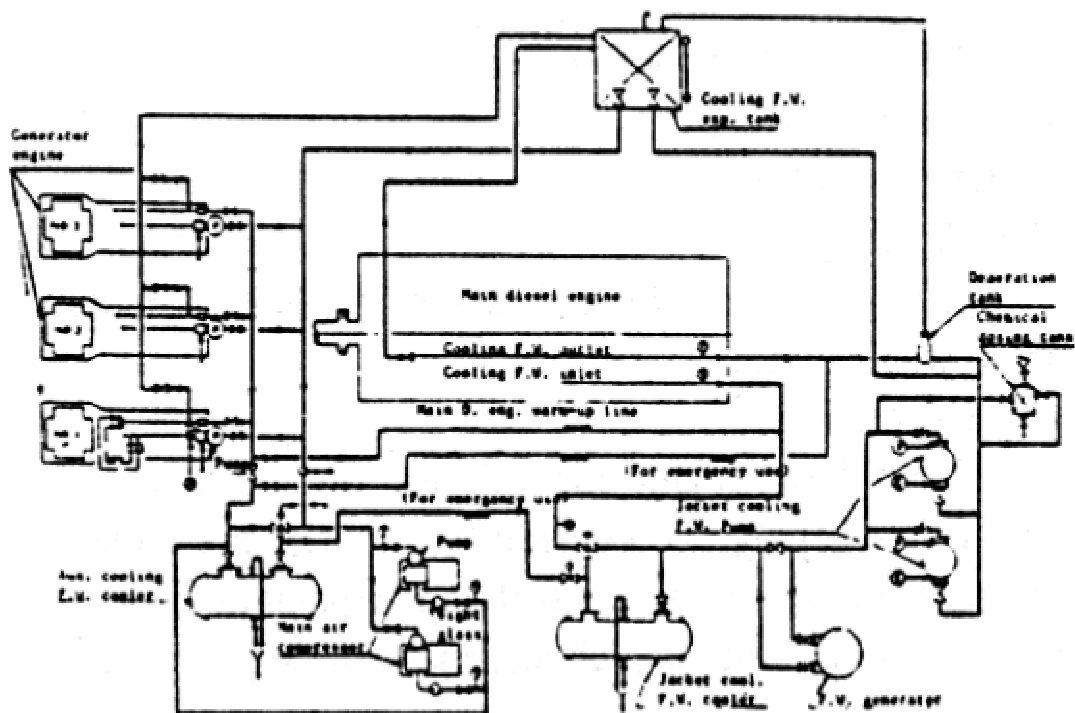
1. *Sea water pump*; berfungsi untuk memompa air laut ke *central cooler*. Pompa ini digerakkan oleh motor listrik. Kapasitas dari pompa ditentukan berdasarkan jenis pendingin yang digunakan dan jumlah panas yang harus dihilangkan. Batas maksimum suhu air laut yang diijinkan juga tergantung dari jenis (pelat atau tabung) dan ketahanannya terhadap karat dari pendingin dan

ditentukan oleh pabrik pembuat *cooler*. Disarankan suhu keluaran air laut tidak melebihi 50 °C.

2. *Central cooler*, berfungsi sebagai penukar kalor, panas mesin induk diserap oleh air tawar, pada saat air tawar melalui *central cooler* terjadi perpindahan panas dalam *central cooler* (panas air tawar diserap air laut). Temperatur air laut yang masuk ke dalam cooler adalah 32 °C dan keluar 45 °C, sedangkan temperatur air tawar yang keluar setelah melewati cooler adalah 36 °C.
3. *Filter* air laut; berfungsi melindungi sistem dari beram karat yang berasal dari *sea chest* disarankan menggunakan *filter duplex*. Kerapatan 2 – 4 mm, untuk daerah operasi yang banyak pasirnya disarankan menggunakan filter dengan kerapatan 0,3 -0,5 mm.

- **Instalasi air tawar**

Untuk lebih jelasnya bagaimana sistem pendingin yang terjadi pada instalasi air dapat dilihat pada gambar 6.7. berikut ini :



Gambar 6.7. Diagram pipa sistem pendingin dengan air tawar

Adapun komponen peralatan sistem pendinginan ini antara lain :

1. *Expansion tank*;

Expansion tank; merupakan tangki limpahan, dimana apabila terjadi kekurangan atau kelebihan pada proses pemompaan, maka air pendingin dapat diperoleh dari tangki ini, apabila terjadi perubahan volume pada sistem, seperti kebocoran. Disamping itu dilengkapi dengan *vent pipe*, sehingga tekanan air pendingin dalam tangki tidak tinggi.

2. *Central cooling water pump*;

Central cooling water pump; berfungsi memompa air yang berasal dari mesin ke *central cooler* atau langsung melalui *thermostatic valve* bersirkulasi lagi masuk ke mesin dengan temperatur 36 °C, pompa ini digerakkan oleh motor listrik dengan tekanan 2-2,5 bar dengan suhu maksimum pompa mencapai 60 °C.

3. *Central cooling water thermostatic valve*;

Central cooling water thermostatic valve; sistem pendinginan temperatur rendah ini dilengkapi *three way valve* dan katup pencampur air tawar yang berasal dari *by-pass* ataupun yang melalui proses pendinginan di *central cooler*. Sensor berada *thermostatic valve* yang diset pada suhu rendah.

4. Perpipaan;

Perpipaan; kecepatan fluida maksimum adalah 3 m/s untuk bagian *discharge* dan 2,5 m/s bagian *suction*. Penggunaan beberapa jenis katup pengontrol seperti pengontrol temperatur yang bertujuan untuk mengarahkan air pendingin melalui pendingin tingkat 2. pertukaran udara pendingin pada bagian pembebanan tertentu dari mesin, sehingga suhu yang tinggi dapat berkurang dengan sirkulasi/pertukaran udara. Selain itu mengendalikan suhu pertukaran udara, tergantung dari tekanan udara yang bersirkulasi dan kelembaban udara, untuk mengurangi kandungan air di udara terutama di daerah tropis.

5. *Heat exchanger*,

Heat exchanger, alat ini merupakan alat penukar kalor yang digunakan untuk mendinginkan minyak pelumas, pendingin udara, pendingin air tawar pendingin mesin. Alat ini harus dapat menjamin suhu air yang keluar dari mesin dan yang akan masuk ke mesin.

6. Sistem pendingin internal pada mesin induk,

Sistem pendingin internal pada mesin induk, untuk dapat melakukan *start* dengan *heavy fuel oil*, sistem air pendingin harus mengalami pemanasan awal sampai temperaturnya mendekati temperatur kerja dari mesin induk atau minimal 70 °C. sistem air pendingin terdiri dari sebuah *low temperature (LT) circuit* dan sebuah *high temperature (HT) circuit*. *LT circuit* meliputi pendingin silinder, *turbocharger* dan pendingin udara tingkat pertama. Temperatur dalam *HT circuit* dikendalikan oleh *thermostatic valve*

1.2.2. LATIHAN

- 1) Buatlah diagram bagan sistem bahan bakar.
- 2) Buatlah diagram bagan sistem pelumas.
- 3) Buatlah diagram bagan sistem pendingin mesin.

1.3. PENUTUP

Sistem bahan bakar, sistem pelumas dan sistem pendingin mesin penting bagi kapal yang digunakan untuk memberikan pelayanan pada mesin induk dan mesin bantu kapal.

1.3.1. TES FORMATIF

1. Jelaskan tentang sistem bahan bakar di kapal.
2. Jelaskan tentang sistem pelumas di kapal.
3. Jelaskan tentang sistem pendingin mesin di kapal.

1.3.2. UMPAN BALIK

Cocokkan jawaban saudara dengan kunci jawaban tes formatif. Kemudian gunakan rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda dalam materi kegiatan belajar.

$$\text{Rumus penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

dimana :

- 90 – 100 % : baik sekali
- 80 – 89 % : baik
- 70 – 79 % : sedang
- Kurang dari 69 : kurang

1.3.3. TIDAK LANJUT

Jika saudara mencapai penguasaan 80 % ke atas saudara dapat meneruskan kegiatan, belajar bagus. Jika nilai anda dibawah 80 % maka anda harus mengulang terutama pada materi yang belum anda kuasai.

1.3.4. RANGKUMAN

Berdasarkan uraian di atas dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Sistem bahan bakar berfungsi untuk memberikan pelayanan mesin induk dan mesin bantu di kapal
2. Sistem *pelumas* digunakan untuk memberikan pelumasan pada mesin induk, mesin bantu, *gear box* di kapal.
3. Sistem *pendingin mesin* digunakan untuk pendinginan baik mesin induk maupun mesin bantu di kapal.

1.3.5. KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

1. Sistem bahan bakar adalah sistem pelayanan untuk mesin induk yang sangat penting. Sistem bahan bakar secara umum terdiri dari *fuel oil supply, fuel oil purifiering, fuel oil transfer dan fuel oil drain piping system..* Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang

digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari *storage tank* ke *service tank*, *daily tank* dan kemudian ke mesin induk dan mesin bantu.

2. Minyak pelumas pada suatu sistem permesinan berfungsi untuk memperkecil gesekan-gesekan pada permukaan komponen-komponen yang bergerak dan bersinggungan. Selain itu minyak pelumas juga berfungsi sebagai fluida pendinginan pada beberapa mesin. Karena dalam hal ini mesin diesel yang digunakan termasuk dalam jenis mesin dengan kapasitas pelumasan yang besar, maka sistem pelumasan untuk bagian-bagian atau mekanis mesin dibantu dengan pompa pelumas. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan dan melumasi *engine bearing* dan mendinginkan piston. Sistem pelumas atau *lubrication oil sistem* terdiri dari *main lubrication oil system*, *turbocharger lubrication oil system*, *cylinder lubrication oil system*, *rocker arm lubrication oil system*, *chamshaft lubrication oil system*, *generator lubrication oil system*, *lubrication oil transfer system*, *lubrication oil purification system*, *stern tube lubrication system*, *oil purification oil sistem*.

3. Sistem pendingin pada mesin induk diatas kapal berdasarkan fluida pendingin terdiri dari air tawar, air laut ataupun minyak pelumas. Tapi prosentase terbesar yang berpengaruh pada sistem pendingin adalah akibat dari air tawar dan air laut. Ada 2 macam sistem pendinginan yaitu :
 - a. Sistem pendinginan terbuka
 - b. Sistem pendinginan tertutup

Pada sistem pendinginan terbuka ini fluida pendingin masuk kebagian mesin yang akan didinginkan, kemudian fluida yang keluar dari mesin langsung dibuang kelaut. Fluida yang digunakan pada sistem pendinginan ini dapat berupa air tawar ataupun air laut. Sistem ini ini kurang menguntungkan dalam hal operasional, dimana

apabila fluida yang digunakan adalah air tawar maka akan menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan tidak ekonomis. Sedangkan apabila menggunakan air laut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin dan akan terjadi endapan garam pada komponen mesin yang didinginkan.

Sistem pendinginan tertutup ini merupakan kombinasi antara sistem pendinginan air tawar dan air laut. Sistem pendinginan air tawar (*fresh water cooling system*) melayani komponen-komponen dari mesin induk ataupun mesin bantu meliputi : *main engine jacket*, *main engine piston*, *main engine injektor*. Kebanyakan sistem pendingin air tawar menggunakan peralatan sirkulasi pendingin untuk sistem pendingin air laut yang secara terpisah, dimana peralatan yang digunakan adalah penukar panas (*heat exchanger/cooler*). Air tawar pendingin mesin yang keluar dari mesin didirkulasikan ke *heat exchanger*, dan di dalam alat inilah air tawar yang memiliki suhu yang tinggi akan didinginkan oleh air laut yang disirkulasikan dari *sea chest* ke alat *heat exchanger*. Peralatan-peralatan lainnya pada sistem ini antara lain pengukur tekanan pada *suction* dan *discharge line pump*, termometer pada pipa sebelum dan sesudah penukar panas, gelas pengukur/*gauge glass* masing-masing pada *expansion tank* dan *drain tank*.

DAFTAR PUSTAKA :

1. Anonimus, (1992), Diktat Sistem Dalam Kapal, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Anonimus, (2000), Diktat Sistem Dalam Kapal, Unhas Makasar.
3. Germanischers Lloyd; [1998]; "*Rules for Classification and Construction Ship Technology*"; Germanischer Lloyd; Hamburg.
4. Harrington, Roy L.; [1992]; "*Marine Engineering*"; SNAME; New York.
5. Khetagurov (1964), *Marine auxiliary machinery and sistem*, Publisher Moscow.

6. *The Marine Engineering Society In Japan; "Machinery Outfitting Design Manual Vol. 1 Piping Sistem for Diesel Ships"*; The Marine Engineering Society In Japan; Jepang.

SENARAI

Sistem bahan bakar berfungsi untuk memberikan pelayanan mesin induk dan mesin bantu di kapal

Sistem *pelumas* digunakan untuk memberikan pelumasan pada mesin induk, mesin bantu, *gear box* di kapal.

Sistem *pendingin mesin* digunakan untuk pendinginan baik mesin induk maupun mesin bantu di kapal.