

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

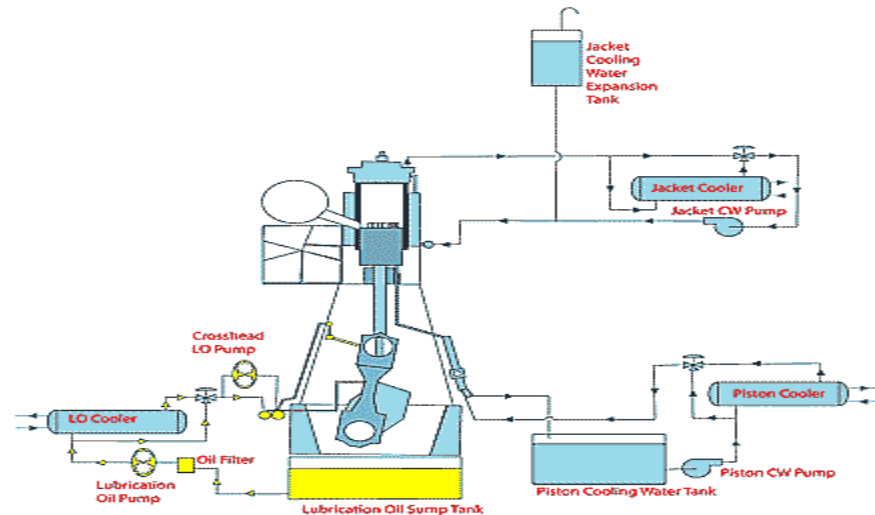
2.1 Teori Sistem Pendingin

Mesin yang dipasang pada kapal dirancang untuk bekerja dengan efisien maksimal dan berjalan selama berjam-jam berjalan lamanya. Hilangnya energi paling sering dan maksimum dari mesin adalah dalam bentuk energi panas, untuk menghilangkan energi panas yang berlebihan harus menggunakan media pendingin (*Cooler*) untuk menghindari gangguan fungsional mesin atau kerusakan pada mesin. Untuk itu, sistem air pendingin dipasang pada kapal. Sebelum membahas lebih lanjut, terlebih dahulu perlu diketahui pengertian pendingin. Agar body motor diesel terpelihara dari panas, maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan. Keadaan tersebut hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan (Mensirkulasi) media pendingin dengan tekanan yang konstan keseluruh komponen motor induk seperti *cylinder jacket cooling, cylinder heat*. Sistem ini harus menjadi pengawasan bagi para *crew* mesin agar aliran pendingin selalu lancar.

Sistem pendinginan dalam mesin adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menjaga supaya temperatur mesin dalam kondisi yang ideal. Mesin pembakaran dalam (maupun luar) melakukan proses pembakaran untuk menghasilkan energi dan dengan mekanisme mesin diubah menjadi tenaga gerak. Mesin bukan instrumen dengan efisiensi sempurna, panas hasil pembakaran tidak semua terkonversi menjadi energi, sebagian terbuang melalui saluran pembuangan dan sebagian terserap oleh material disekitar ruang bakar. Mesin dengan efisiensi tinggi memiliki kemampuan untuk konversi panas hasil pembakaran menjadi energi yang diubah gerakan mekanis, dengan hanya sebagian kecil panas yang terbuang.

Mesin selalu dikembangkan untuk mencapai efisiensi tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan faktor ekonomis, daya tahan, keselamatan serta ramah lingkungan. Air pendingin dalam fungsinya sangat vital dalam menjaga kelancaran pengoperasian motor induk (P.Van Maanen, 2002, Motor Diesel Kapal, hal 8.1, Noutech).

Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi. Temperatur sangat tinggi akan mengakibatkan desain mesin menjadi tidak ekonomis, sebagian besar mesin juga berada dilingkungan yang tidak terlalu jauh dengan manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin. Sistem pendingin digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal. Didalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang berkerja secara berhubungan antara lain *cooler*, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, stainer pada air laut, *sea chest* dan *tangki ekspansi*. Dari keempat komponen inilah yang sering menyebabkan kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap Motor Induk. Pendinginan motor induk dimaksudkan untuk menjaga kestabilan suhu pada bagian motor, sehingga tidak terjadi kenaikan suhu yang terlalu tinggi sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar didalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan motor juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan.



Gambar 1 Sistem Pendinginan

<http://www.trendmesin.com/2014/02/mesin-pendingin.html>

2.2 Syarat Air Pendingin Yang Baik

1. Bersih

Artinya bersih dari kotoranyang dapat menyumbat mesin pendingin sehingga menghambat pemicahan panas dari bagian-bagian atau komponen-komponen mesin pada mesin pendingin.

2. Keasaman Air (pH)

Keasaman air (pH) penting dalam sistem pendingin. Keasamanair pendingin (pH) kurang lebih 7. Bila pH air pendingin kurang dari 7 maka bersifat asam, ini sangat berpengaruh pada mesin dan akan membuat bagian mesin mudah terjadi korosi. Bila pH air pendingin lebih dari 7 maka akan bersifat basa, ini akan mempengaruhi air pendingin dan menyebabkan kurang baiknya penyerapan panas oleh air pendingin.

3. Tidak Mengandung Mineral

Air pendingin yang mengandung mineral mudah membentuk kotoran-kotoran/partikel dalam air yang selanjutnya akan menempel pada dinding saluran air (instalasi), dan akan menghambat pemindahan panas dari bagian mesin ke air pendingin. Maka air pendingin mesin yang baik tidak mengandung mineral.

4. Dapat Menyerap Dengan Baik

Pendingin air mempunyai sifat pendingin yang baik karena mempunyai daya serap panas yang banyak, mudah dialirkan dan pendingin merata.

2.3 Prinsip Kerja Sistem Pendingin

Prinsip pendinginan adalah melepaskan panas mesin melalui air sebagai media pendingin untuk menyerap panas, komponen-komponen sistem tersebut mulai dari air laut dihisap dari *sea chest* menggunakan pompa air laut dan sebelum melewati pompa terlebih dahulu harus melewati *strainer* (filter) kemudian menuju *cooler* untuk menyerap panas dan membuang kembali ke laut, Air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penyerapan panas. Pendingin air laut nya hanya lewat untuk menyerap panas dan akan terbuang kembali ke laut.

2.4 Macam-macam Sistem Pendingin

Sistem pendingin pada motor diesel, dilakukan dengan dua sistem, yaitu sistem pendinginan tertutup dan sistem pendinginan terbuka. Sistem pendinginan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kelelahan bahan, karena pemanasan berlebihan yang dapat mengakibatkan turunnya kinerja pada mesin itu. Tidak adanya perawatan terhadap air pendingin mesin induk dan pesawat bantu lainnya dapat berakibat fatal dan serius. Guna menjaga lancarnya air yang keluar dari sistem pendingin, maka perlu dilakukan perhatian yang serius misalnya bagian mesin yang didinginkan, pipa pendingin, pompa air laut, *sea chest* dan sebagainya.

Menurut Jusak Johan Handoyo (2016:85) dalam buku yang berjudul Motor diesel Penggerak Kapal sistem pendingin mesin induk ada 2 (dua) macam yaitu :

1. Sistem pendingin terbuka

Sistem pendinginan terbuka adalah sistem media air laut sebagai media pendinginnya setelah melakukan fungsi pendinginan, selanjutnya air laut tersebut langsung dibuang ke luar, umumnya media pendingin yang dipakai adalah air laut, sistem media terbuka ini mempunyai dampak negatif terhadap material yang bersentuhan langsung dengan air laut, akan mudah berkarat, kotor, penyempitan saluran pipa-pipa pendingin dan lainnya.

Air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penyerapan panas. Pendingin air laut sistemnya hanya lewat untuk menyerapan panas dan akan terbuang kembali ke laut maka dikatakan sistem pendinginan terbuka.

Keuntungan dari sistem pendingin air laut (sistem terbuka) yaitu lebih sederhana dan biaya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan air tawar (tertutup). Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin.

Sedangkan kerugian dari sistem pendinginan air laut ini adalah pada instalasi perpipaannya mudah sekali terjadi pengerakan (karat) karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperatur air laut.

2. Sistem pendinginan tertutup

Sistem pendingin tertutup adalah sebuah sistem dengan media pendinginnya menggunakan air tawar yang digunakan secara terus-menerus bersirkulasi. Jadi sebelum dimasukkan kembali ke dalam Motor/Mesin, air tawar pendingin tersebut dimasukkan ke dalam alat pemindah panas yang disebut *fresh water cooler* untuk menurunkan media air tawar tersebut pada suhu antara 70°C-80°C.

Sedangkan alat pemindah panas yang dipergunakan untuk menyerapnya panas air tawar adalah media air laut yang setelah mendinginkan air tawar langsung di buang ke laut.

Air tawar digunakan dalam rangkian sistem tertutup untuk mendinginkan mesin yang ada di kamar mesin. Air tawar kembali dari *cooler* setelah pendinginan mesin yang selanjutnya didinginkan oleh air laut melalui *cooler*.

Pada sistem pendingin tertutup ini air tawar yang telah mendinginkan mesin akan disirkulasikan secara terus menerus. Apabila media pendingin air tawar berkurang maka secara langsung ditambah dari tangki ekspansi.

Pada waktu kapal sedang berlayar dan mesin induk sedang beroperasi maka air tawar ini dialirkan ke tiap-tiap *cylinder* dan keluar menuju *cooler* dengan suhu 75°C - 80°C , di *freshwater cooler* air tawar didinginkan oleh air laut dan suhu turun sampai 70° - 75°C . Air tawar ini diisap lagi oleh pompa, seterusnya kembali lagi digunakan untuk mendinginkan mesin induk. Karena pendinginan air tawar menerus bersirkulasi, maka dinamakan pendinginan tertutup, maka apabila motor induk sedang berjalan normal masinis yang bertugas harus melakukan pengecekan pada *expansi tank*, sehingga bila ada sistem pendingin yang tidak normal (terjadi kebocoran) dapat segera diketahui.

Sistem pendinginan tertutup menggunakan dua media pendingin yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian mesin sedangkan air laut untuk mendinginkan air tawar melewati pesawat *cooler*. Setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar tersirkulasi secara terus menerus mendinginkan mesin secara merata.

2.5 Bagian Mesin Induk yang Perlu Didinginkan

Bagian dimaksud dengan pendinginan ialah lewatnya bahan pendingin ke dalam bagian-bagian mesin induk yang sedang beroperasi. Bagian-bagian yang perlu didinginkan antara lain:

1. *Cylinder Jacket*

Pada pendinginan ini air pendingin menggunakan sistem tertutup. Pada suhu 60°C - 70°C air masuk ke dalam tiap-tiap silinder. Pada pendinginan ini air pendingin masuk dari bawah mesin induk kemudian ke atas. Air pendingin mengelilingi silinder dan keluar ke lubang pembuangan dengan suhu 70°C .

2. Torak (*Piston*)

Untuk mendinginkan torak (piston) menggunakan media minyak lumas. Minyak lumas dari sump tank oleh pompa hisap melewati saringan tekan masuk ke mesin. Minyak lumas mengalir melewati metal duduk ke shaft main engine. Dengan lubang yang ada minyak lumas masuk ke batang engkol sampai piston.

3. Katup Gas Buang (*Exhaust Valve*)

Pada katup gas buang, media pendingin dengan menggunakan air. Perlunya pendinginan pada katub gas buang agar katub tidak terlalu panas yang disebabkan suhu pada gas buang akibat pembakaran. Katup gas buang dapat berwarna hitam pekat disebabkan pada penyemprotan kurang tepat sehingga bahan bakar tidak terbakar secara sempurna. Sebagian dan bahan bakar tersebut belum terbakar sehingga keluar lewat cerobong masih belum terbakar sebelumnya.

Pembakaran yang tidak sempurna tersebut juga dapat disebabkan penyemprotan *injector* yang terlalu rendah dan kurangnya udara karena kebocoran gas dari Katup gus buang.

4. Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Pada *cylinder head* media pendingin menggunakan air, perlunya pendingin pada *cylinder head* karena merupakan yang langsung berhubungan dengan pembakaran. Apabila *cylinder head* tidak didinginkan maka akan menimbulkan keretakan.

5. Poros Engkol (*Connecting Rod*)

Pada poros engkol, media pendingin yang digunakan adalah pelumas. Karena gerakan dan poros engkol yang bekerja secara berputar yang menyebabkan bahan atau material menjadi panas maka perlu didinginkan agar tidak terjadi kerusakan.

2.6 Komponen pada Sistem Pendingin Mesin Induk Kapal

1. Komponen sistem pendingin terbuka

a. *Sea chest*

Sea chest termasuk Komponen pada Sistem Pendingin Mesin Induk Kapal yang utama. *Sea chest* adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang menempel pada sisi dalam dari plat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut ke dalam kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea water system*) dapat dipenuhi.

Bawah ini berdasarkan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1 dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya harus ada 2 *sea chest*, karena dari *sea chest* inilah kebutuhan air laut dalam kapal dapat dipenuhi.

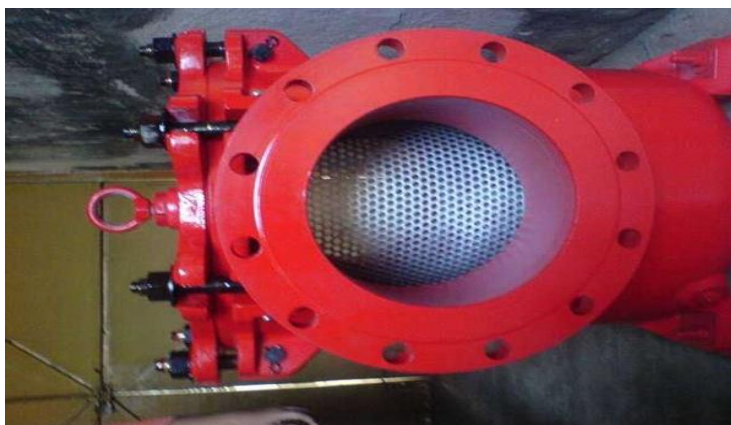
Jika kapal berlayar di perairan yang dangkal dan kemungkinan terjadinya kotoran, lumpur atau pasir yang teraduk- aduk karena gerakan kapal yang mungkin dapat masuk ke lubang *sea chest* dasar maka *sea chest* samping yang dipakai, sedangkan *sea chest* bawah ditutup.

b. Katup (*valve*)

Semua sistem perpipaan dalam kamar mesin selalu dilengkapi dengan *valve* yang berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup aliran air laut, sebagai pengaman pula bila suatu saat aliran air harus dipompa karena kebocoran, atau karena untuk pemadam kebakaran dan lain-lain. Untuk ukuran *valve* harus disesuaikan dengan ukuran pipanya.

c. Saringan (*Strainer*)

Strainer adalah suatu alat berbentuk kotak atau silinder yang biasanya dipasang pada mesin induk, pipa ke mesin bantu atau pada pipa *by pass*. Alat ini berfungsi sebagai jebakan kotoran dari laut, dalam *strainer* tersebut dipasang filter. Kotoran tersebut bila tidak tersaring dan diendapkan pada *strainer* akan masuk kedalam sistem air laut dalam kamar mesin dan pada saringan air laut di beri sin anode untuk mencegah terjadi pengroposan pada pipa.



Gambar 2 Saringan (*Strainer*)

Sumber : Dokumen PT KALTIM SHIPYARD

d. Pompa Air Laut

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap, menyalurkan dan menekan air laut ke dalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan sebagian yang didinginkan. Pada nya dikapal umumnya dikapal menggunakan pompa air laut jenis sentrifugal atau *vertical*.

e. Pipa-pipa *By Pass*

Pipa by pass dipergunakan untuk saling menghubungkan antara *sea chest* yang satu dengan *sea chest* yang lain, dengan tujuan dapat membantu suplai air laut ke tempat tertentu dari satu sistem, bila salah satu sistem mengalami kesulitan atau hambatan dalam suplai air laut.

f. Pengukur suhu (*Thermometer*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *Thermometer* jenis-jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah



Gambar 3 Pengukur Suhu

Sumber : Dokumen TB. ALIM II

2. **Komponen sistem pendingin tertutup**

Komponen sistem pendingin tertutup sama dengan komponen sistem terbuka, hanya yang membedakan pada komponen keduanya adalah komponen sistem pendingin terbuka menggunakan *sea chest* dan *strainer* (filter) sedangkan komponen sistem pendingin tertutup menggunakan media air tawar.

a. Tangki Expansi (*Expansi Tank*)

Tangki Expansi adalah tangki berukuran kecil yang biasa digunakan untuk melindungi sistem pemanas air tertutup dari tekanan berlebih.



Gambar 4 Tangki Expansi

Sumber : Dokumen TB. ALIM II

b. *Cooler*

Alat ini berfungsi mendinginkan sebagai media pendingin menyerap panas dari dalam mesin menggunakan air laut untuk mendinginkan media yang akan di dinginkan seperti air tawar dan minyak pelumas yang masuk kedalam pipa-pipa kecil untuk diserap panasnya.

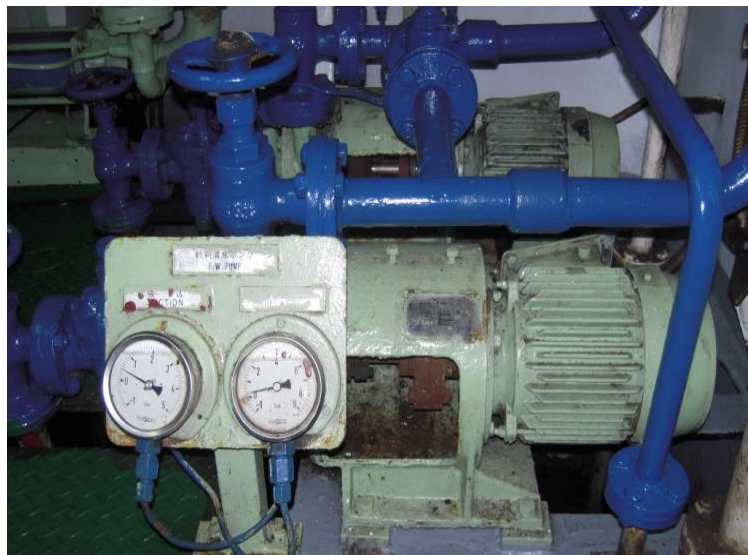


Gambar 5 Cooler

Sumber : Dokumen TB. ALIM II

c. Pompa Air Tawar

Pompa air tawar yang digunakan untuk mendinginkan mesin induk biasanya diletakkan pada tangki yang ada di double bottom. Dan untuk melancarkan sistem ini digunakan pompa air tawar yang diletakkan di double bottom yang kemudian dialirkan ke kamar mesin. Sistem ini dipisahkan dari sistem air tawar untuk keperluan air minum.



Gambar 6 Pompa Air Tawar

Sumber : Dokumen TB. ALIM II

d. *Sea chest*

Sea chest termasuk Komponen pada Sistem Pendingin Mesin Induk Kapal yang utama. *Sea chest* adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang menempel pada sisi dalam dari plat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut ke dalam kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea watersystem*) dapat dipenuhi. Bawah ini berdasarkan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1 dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya harus ada 2 *sea chest*, karena dari *sea chest* inilah kebutuhan air laut dalam kapal dapat dipenuhi. Jika kapal berlayar di perairan yang dangkal dan kemungkinan terjadinya kotoran, lumpur atau pasir yang teraduk-aduk karena gerakan kapal yang mungkin dapat masuk ke lubang *sea chest* dasar maka *sea chest* samping yang dipakai, sedangkan *sea chest* bawah ditutup.

e. Katup (*valve*)

Semua sistem perpipaan dalam kamar mesin selalu dilengkapi dengan *valve* yang berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup aliran air laut, sebagai pengaman pula bila suatu saat aliran air harus dipompa karena kebocoran, atau karena untuk pemadam kebakaran dan lain-lain. Untuk ukuran *valve* harus disesuaikan dengan ukuran pipanya.

f. Saringan (*Strainer*)

Strainer adalah suatu alat berbentuk kotak atau silinder yang biasanya dipasang pada mesin induk, pipa ke mesin bantu atau pada pipa *by pass*. Alat ini berfungsi sebagai jebakan kotoran dari laut, dalam *strainer* tersebut dipasang filter. Kotoran tersebut bila tidak tersaring dan diendapkan pada *strainer* akan masuk kedalam sistem air laut dalam kamar mesin

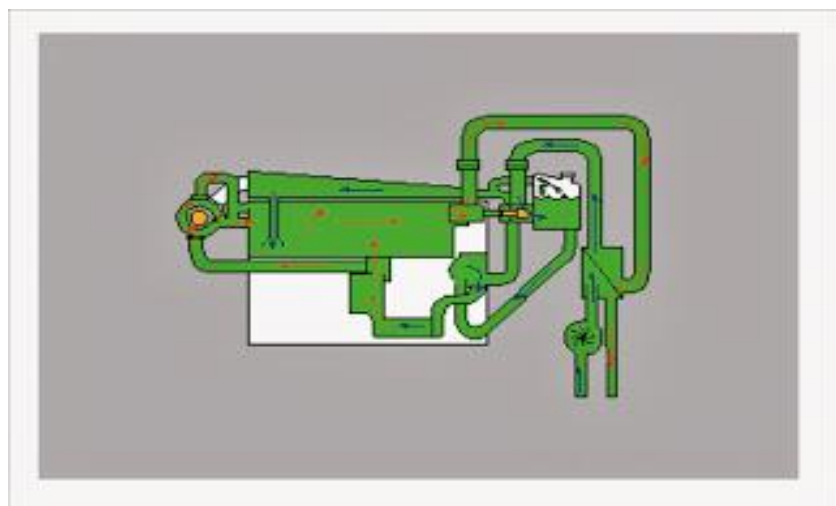
dan pada saringan air laut di beri zinc anode untuk mencegah terjadi pengroposan pada pipa.

g. Pompa Air Laut

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap, menyalurkan dan menekan air laut ke dalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan kebagian yang didinginkan. Pada nya dikapal umumnya dikapal menggunakan pompa air laut jenis pompa sentrifugal atau *vertical*.

1. **Sistem Keel Cooler**

Komponen-komponen keel cooler ini sama dengan yang konvensional. Ada pompa air (water pump), lubang aliran air, expansion tank tempat dimana dipasang pengatur suhu (temperature regulator). Air pendingin mengalir melalui keel cooler. Keel cooler adalah tabung-tabung yang dililitkan atau dilas ke lambung kapal. Air mengalir dari expansion tank (1) ke pompa air (water pump) (2) terus mengalir ke engine dan keel cooler (3) dimana air laut mendinginkan air pendingin.



Gambar 7 Sistem Keel Cooler

Sumber:<http://2.bp.blogspot.com/O7QV7JGSFRo/UopVOUgVA/vl/AAAAAAAAABh4/kpvv8yriyvU/s1600/Keel+Cooler.jpg>

2. Sistem *Heat exchanger*

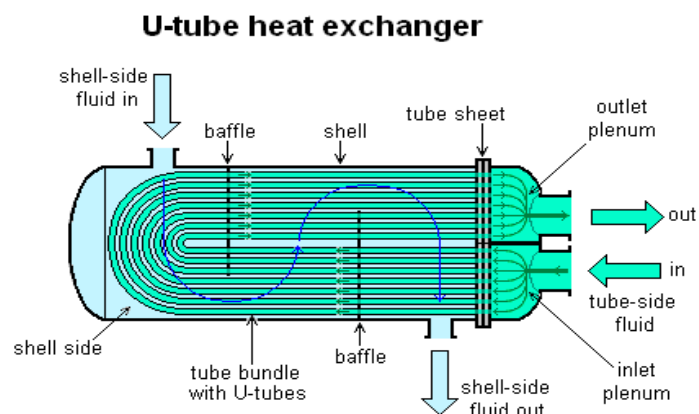
Heat Exchanger adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas atau pendingin. Biasanya medium pemanas memakai medium uap panas sementara pendingin menggunakan cairan (*Coolant*). Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur begitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik, dan dalam engine alat berat. *Heat Exchanger* sendiri terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. *Heat Exchanger* Jenis Plat
- b. *Heat Exchanger* Jenis *Shell and Tube*

HE Shell and Tube kembali terbagi menjadi dua tipe, yaitu :

1. *U-Tube Heat Exchanger*

Heat Exchanger Type U-Tube berbentuk seperti *Shell* (cangkang) dengan *Tubes* membentuk “U” dengan lubang atau jalur masuk oli berseberangan dengan jalur keluar nya. Dan aliran *coolant* membentuk “U” sesuai dengan bentuk dari kumpulan *Tubes* di dalam *Shell*.

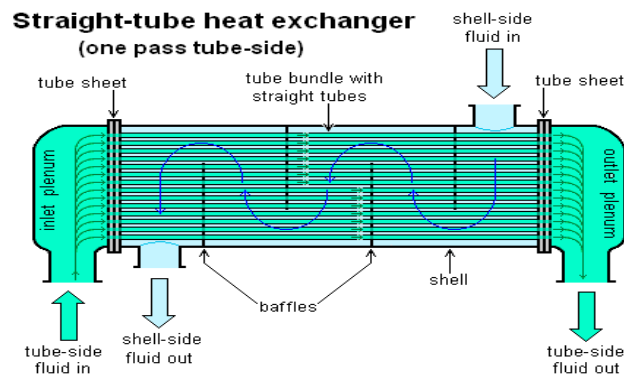


Gambar 8 *U-tube heat exchanger*

Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger

2. Straight Tube Heat Exchanger

Heat Exchanger Straight Tube One Pass berbentuk *Shell* (cangkang) dengan kumpulan *Tubes* yang berbentuk lurus, dengan jalur keluar-masuk oli yang sesuai dengan namanya (*one pass*) searah dan lubang masuk/keluar nya *coolant* yang berseberangan.

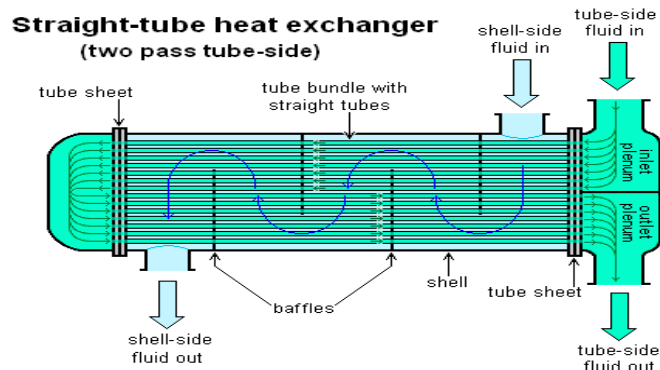


Gambar 9 *Straight Tube Heat Exchanger*

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Penukar_panas

3. Heat Exchanger Straight Tube Two Pass

Heat Exchanger Straight Tube Two Pass berbentuk *Shell* (Cangkang), dengan kumpulan *Tubes* yang lurus dan jalur masuk-keluar nya *coolant* yang berseberangan. Sedangkan jalur mengalirnya oli, seperti namanya memiliki dua sisi (*two pass*).



Gambar 10 *Straight Tube Two Pass*

Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger