

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan pustaka

Menurut Tim penyusun PIP Semarang, dalam bukunya “Pesawat Bantu” (2000:54). Untuk mendapatkan hasil kerja yang maksimal pada permesinan diatas kapal, sistem pendinginan yang baik diperlukan. Untuk itu diperlukan suatu alat atau pesawat yang disebut *cooler* (pendingin) yang berfungsi untuk menurunkan suhu suatu cairan atau udara dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah dengan bantuan bahan pendingin yaitu air atau udara.

Kebanyakan *cooler* yang ada di kapal, didinginkan dengan air laut, dengan menggunakan sistem pendinginan terbuka. *Cooler* dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu dari kegunaan dan bentuknya. Dari kegunaannya *cooler* dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu :

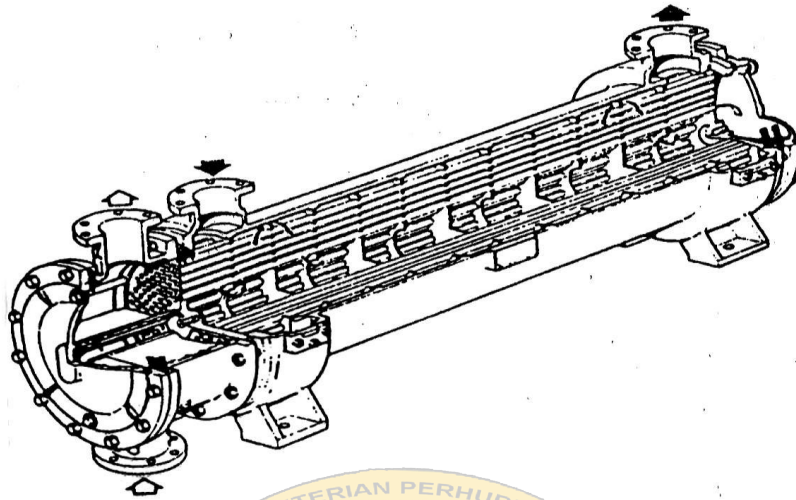
1. *Cooler* Induk.

*Cooler* induk adalah *cooler* yang berfungsi untuk mendinginkan air tawar pendingin mesin induk. Dapat dilihat pada gambar no1.

2. *Cooler* Induk Minyak Lumas.

*Cooler* induk minyak lumas adalah *cooler* yang menurut fungsinya untuk mendinginkan minyak lumas pendingin mesin induk.

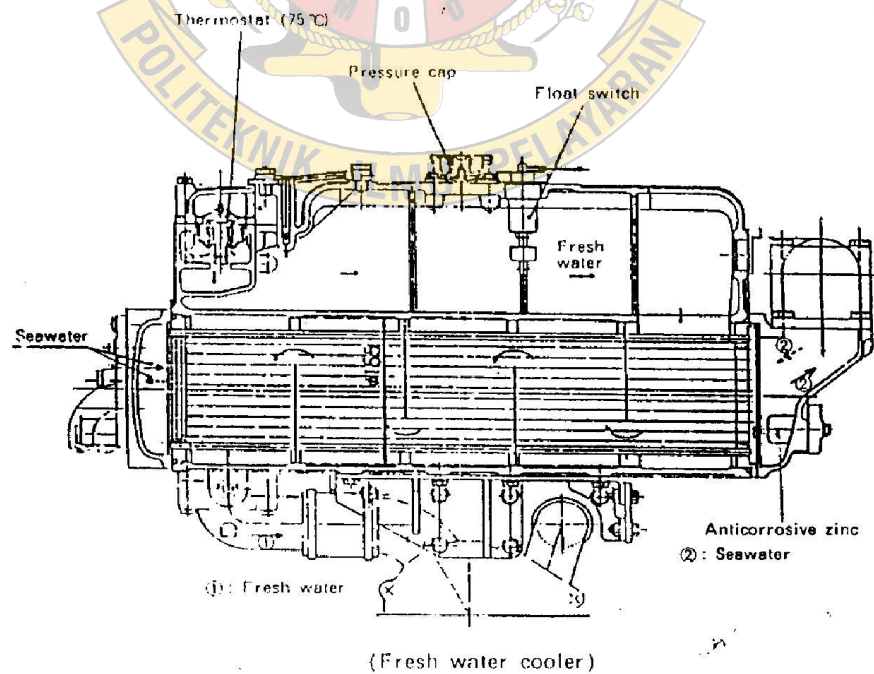
Kedua *cooler* ini mempunyai bentuk yang sama, baik *cooler* air maupun *cooler* minyak lumas. Dapat dilihat pada gambar no 1.



Gambar: 2.1 Cooler induk

### 3. Cooler Bantu

*Cooler Bantu* adalah *cooler* yang berfungsi untuk mendinginkan air tawar pendingin motor-motor bantu, minyak lumas motor bantu ataupun pada pesawat bantu yang lain diatas kapal.



Gambar: 2.2. *Cooler Bantu*

Sedangkan dilihat dari bentuknya atau modelnya, *cooler* dapat dibedakan menjadi dua bentuk, yaitu :

### 1. *Cooler model Shell and Tube*

*Cooler* model ini terdiri dari pipa-pipa yang diatur sedemikian rupa yang dimasukkan kedalam suatu rumah yang mempunyai hubungan dengan cairan panas yang didinginkan. Di setiap ujung pipa-pipa yang diatur tersebut, ditahan oleh tube sheel di setiap ujungnya dan sederetan sekat-sekat yang dipasangkan saling berbalik untuk mengarahkan jalannya media yang didinginkan agar mengalir berbelok-belok, kemudian dari lubang-lubang pipa yang diatur tersebut, akan mengalir media pendingin yaitu air tawar atau air laut. Untuk gambar *cooler* model ini terdapat pada halaman lampiran.

### 2. *Cooler model Plat*

*Cooler* model plat ini terdiri dari sederetan plat yang mempunyai alur yang teratur, kemudian disusun menjadi suatu bentuk dan dikencangkan dengan baut pengikat. Setiap plat dengan seal spesial yang diletakkan dalam alur kelilingnya, klem kedua ujungnya, sehingga antara cairan yang didinginkan dengan cairan media pendingin tidak bercampur menjadi satu, akan tetapi menjadi terpisah dengan adanya seal spesial tersebut. Gambar model ini dapat dilihat pada halaman lampiran.

Menurut P. Van Maanen, "Motor diesel kapal" jilid I, (1997:8.23). Jadi apabila dibandingkan dengan cooler jenis stern dan tube, *cooler* jenis

ini mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Konstruksi yang padat / kompak

Permukaan yang memindahkan panas ditempatkan kedalam suatu volume yang kecil, sedangkan akibat plat yang tipis serta putaran intensif dari cairan akan mengakibatkan pemindahan panas perM<sup>3</sup> lebih besar. Untuk demonstrasi dari permukaan pemindah panas tidak memerlukan ruangan extra seperti pada *cooler* model pipa.

b. Perbaikan/ perbaikan lebih praktis.

Paket plat yang diikat menjadi satu dengan baut penghubung, dapat dibuka dengan cepat, sehingga apabila ada plat yang rusak dapat diganti dengan cepat tanpa memerlukan pengelasan.

c. Fleksibilitas.

Pemindah panas plat terdiri dari empat pipa cabang dipasang pada salah satu dari plat lurus dengan lubang-lubang plat susunan dimana cairan lewat.

d. Material.

Semua plat pemindah panas harus dibuat dari unsur titanium, yang memiliki ketahanan yang besar terhadap pengaruh korosi dan erosi, sehingga mempermudah perawatannya, tidak seperti halnya *cooler* pipa yang lebih mudah terkena korosi serta menimbulkan kerak dibagian dalamnya.

## B. Definisi operasional

Menurut Endrodi. MM. ATT.I, dalam bukunya “MOTOR DIESEL PENGGERAK UTAMA” hal 15. Agar motor diesel dapat bekerja terus–menerus dengan aman dan awet, maka panas yang diterima oleh komponen– komponen motor diesel misalnya dibagian silinder liner, silinder kepala, dan klep gas buang harus dipindahkan/ dialihkan kepada zat pendingin. Ada beberapa pilihan untuk zat pendingin, tetapi dengan berbagai pertimbangan untuk motor diesel kapal dipilih air tawar sebagai media pendinginnya. Dengan kata lain selama motor bekerja memerlukan pendingin.

Selain panas yang ditimbulkan oleh hasil pembakaran bahan bakar, panas juga ditimbulkan akibat gesekan antara 2 logam, antara lain poros terhadap metalnya, ring–ring torak terhadap liner, kepala silang terhadap peluncurnya, logam–logam tersebut pada suhu tinggi akan meleleh. Oleh karena itu panas yang terkandung harus dapat dialihkan ke media pendingin, seperti pendingin tertutup menggunakan air tawar atau secara langsung memakai air laut.

Sebagaimana kita ketahui fungsi pendinginan pada mesin induk adalah untuk mencegah berkurangnya kekuatan material dan perubahan bentuk secara termis dari bagian motor.

Menurut P. Van Maanen, jilid I (1997;8.1). dalam ruang pembakaran sebuah motor diesel akan terjadi suhu 1800°K atau lebih pada

waktu pembakaran. Selama awal pembungan gas, setelah terjadi ekspansi dalam silinder, suhu gas pembakaran masih akan mencapai suhu 1000°K.

Dinding ruang pembakaran (tutup silinder, bagian atas torak, bagian atas lapisan silinder), katup buang dan sekitarnya, termasuk diantara pintu buang menjadi sangat panas. Untuk mencegah pengurangan dari kekuatan material dan perubahan bentuk secara thermis dari bagian motor, maka bagian-bagian tersebut harus didinginkan menggunakan media air tawar. Khusus pada bagian silinder terdapat lapisan pelumasan harus tetap terjaga kondisinya karena pada bagian tersebut memerlukan pendinginan air tawar.

Apabila panas tersebut tidak didinginkan maka akan mengakibatkan kerusakan. Pendinginan merupakan suatu kebutuhan, tetapi pendinginan dapat juga menjadi suatu kerugian, jika dilihat dari segi pemanfaatan energi panas, karena itu energi panas yang dihisap dalam pendinginan tersebut hendaklah sekecil-kecilnya dan diusahakan temperatur silinder yang seoptimal mungkin. Jadi pengertian pendinginan adalah usaha yang bertujuan untuk menjaga supaya temperatur didalam mesin induk tersebut dapat seoptimal mungkin sesuai dengan kebutuhan yang dibutuhkan mesin, bahwa tidak lancarnya pada sistem pendinginan dapat menimbulkan masalah pada komponen dan mengganggu kinerja pada mesin induk, yang diakibatkan oleh :

- a. Tidak dilaksanakannya perawatan yang terencana pada sistem pendinginan mesin induk, serta kurangnya sistem perawatan

pendinginan yang lain, sehingga mengakibatkan sirkulasi pada sistem pendinginan menjadi tidak lancar serta menurunnya suhu dan tekanan pada sistem tersebut, hal ini terjadi karena pompa, *cooler* dan pipa-pipa pada sistem mengalami kerusakan serta sirkulasi air tawar yang tercampur dengan endapan lumpur atau kerak akibat proses korosi sistem tersebut.

- b. Pengaturan *valve by pass* pada *fresh water cooler* pada mesin diesel generator tidak sesuai dengan instruksi manual book, sehingga dapat mengakibatkan tidak lancarnya sistem pendinginan yang dikehendaki.

Untuk mempermudah pemahaman tentang sistem pendinginan, menurut P. Van Maanen, jilid I (1997;8.2). ada beberapa hal yang perlu diperhatikan tentang sistem pendinginan yaitu :

### **1. Bahan pendinginan**

Sebagai bahan pendingin untuk mesin diesel digunakan bahan seperti air laut, air tawar, minyak pelumas dan udara.

#### **a. Air laut**

Bahan pendingin ini mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan dari bahan pendingin ini adalah :

- 1). Mudah didapatkan sehingga setelah digunakan dapat langsung dibuang.
- 2). Mempunyai sifat yang menguntungkan yaitu panas yang dihasilkan tidak terlalu besar.

3). Tidak memerlukan tempat penyimpanan.

Bahan pendingin yang tidak sempurna disebabkan, karena :

1. Mengandung prosentase mineral yang sangat tinggi sehingga bila terkena panas akan menjadi berkristal dan membentuk kerak yang sangat keras.
2. Mengandung kadar klorit yang tinggi sehingga mengakibatkan korosi yang cepat dan keras.

Dengan kelebihan dan kekurangan diatas kebanyakan kapal menggunakan media air laut sebagai bahan pendingin secara tidak langsung atau disebut pendinginan terbuka, maksudnya adalah bahan pendingin air laut ini digunakan untuk mendinginkan bahan pendingin yang lain seperti air tawar, namun tidak menutup secara kemungkinan air laut digunakan sebagai bahan pendingin langsung. Bila pendingin itu dipakai, maka disinilah letak hal yang membahayakan dari konstruksi, yaitu selain menimbulkan cepatnya korosi atau proses kropsnya material. Juga bila terjadi kebocoran maka air laut akan tercampur dengan objek sehingga mengganggu proses pendinginan dan akan mempercepat kerusakan pada permesinan

b. Air tawar

bahan pendingin air tawar dikapal sangat mahal sekali harganya, tetapi lebih baik jika dibandingkan dengan air laut, karena sifat air laut yang mengakibatkan korosi dan kerak, maka air tawar lebih baik



karena selain resiko lebih kecil juga biasa digunakan sebagai bahan pendingin untuk semua mesin. Zat asam yang larut dalam air laut dapat mengakibatkan korosi, kerak dalam sistem pendinginan, udara sangat diperlukan dan sangat penting bahwa air tawar tersebut yang dirubah bentuknya. Sehingga tidak menimbulkan kerak, karena bentuk kerak akan menurunkan daya pindah panas dan terjadinya endapan atau lumpur yang menyebabkan penyumbatan, sehingga akan menghambat proses sirkulasi air pendingin tersebut.

c. Minyak pelumas

Sebagai bahan pendingin, minyak lumas digunakan langsung pada obyek yang bergesekan seperti pada *crankcase*, minyak lumas langsung mendinginkan bagian-bagian didalamnya, seperti poros engkol, batang gerak, dan bagian-bagian lain yang bergerak.

Sifat minyak lumas sebagai bahan pendingin kurang menguntungkan dibandingkan dengan air. selain itu kenaikan suhu minyak pelumas dalam torak tidak boleh terlalu tinggi mengingat kemungkinan oksidasi cepat dari minyak pelumas dengan pengendapan zat yang terjadi pada bagian yang didinginkan.

d. Udara

Sebagai bahan pendingin, seperti halnya untuk silinder dan tutup silinder pada motor kecil, udara tidak digunakan pada motor diesel dikapal. Sebagai akibat massa jenis yang sangat rendah dan panas jenis panas dari udara, maka diperlukan pemindahan volume yang sangat

besar sekali, sehingga ventilator yang digunakan harus memiliki daya penggerak yang besar.

## 2. Tipe pada sistem pendinginan

Menurut Endrodi MM, hal 15. Sistem pendinginan yang digunakan diatas kapal ada dua tipe, yaitu :

### a. Sistem pendinginan terbuka

Pendinginan terbuka yang dimaksud adalah pendinginan mesin induk dengan media air laut secara langsung.

Keuntungannya :

- 1). Sistem cukup sederhana, tidak perlu tanki ekspansi, cooler sehingga biaya lebih murah
- 2). Media pendingin/ air laut selalu tersedia.

Disamping itu mempunyai kekurangan, yaitu :

- 1). Pada suhu lebih dari 50°C akan terjadi kerak-kerak garam yang akan mempersempit pipa.
- 2) Resiko terhadap proses korosi sangat besar sehingga mesin akan cepat rusak.
- 3). Resiko berlayar didaerah dingin maka pengaturan suhu air masuk mesin sulit diatur, karena suhu air laut terlalu rendah, sehingga *silinder liner* dapat retak, Karena perbedaan suhu yang sangat tinggi antara didalam *silinder liner* dan suhu air laut diluar *silinder liner*.

b. Sistem pendinginan tertutup

Pendinginan tertutup yang dimaksud adalah mesin induk didinginkan dengan media air tawar dan selanjutnya air tawar yang keluar dari silinder kepala didinginkan melalui cooler air tawar dengan pendingin air laut.

Keuntungannya :

- 1). Dengan media air tawar, maka resiko terhadap korosi dapat dicegah / dihindari.
- 2) Pengaturan suhu masuk dan suhu keluar dari air pendinginan lebih mudah diatur lewat *cooler*.

Disamping itu mempunyai kekurangan, yaitu :

- 1). Ketergantungan terhadap persediaan air tawar pendingin.
- 2) Sistem penataan pipa menjadi lebih mahal, karena adanya *cooler*, tanki ekspansi dan pipa-pipanya.

Pada *fresh water cooler* terhadap valve air laut atau sea chest yang terletak dibawah dan diatas. *Sea chest* atas dibuka saat kapal memasuki area pelabuhan, alur sungai karena dikhawatirkan adanya lumpur yang akan terhisap oleh pompa air laut pendingin. Sedangkan *sea chest* bawah dibuka saat kapal sedang berlayar dilaut bebas dengan maksud isapan pompa akan lebih kuat dan kapasitas pompa akan lebih maksimum. Adanya *fresh water cooling tank* berfungsi untuk ruang berkembangnya air tawar pendingin, ketika panas agar pipa-pipa tidak pecah. Selain itu berfungsi sebagai

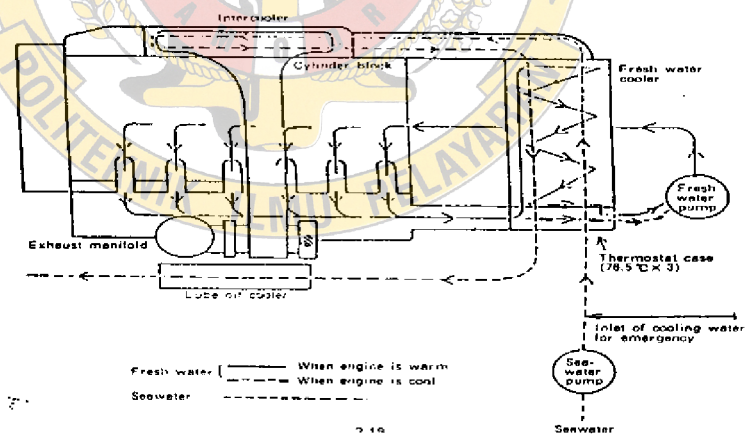
pengontrol bila jumlah air berkurang, sekaligus untuk menambahnya. Sewaktu akan menimbulkan energi, dari proses diatas timbul suatu panas, sehingga menjaga agar panas yang terjadi tidak melampaui batas. Maka diperlukan pendinginan.

### 3. Sistem pendinginan

Menurut P. Vaan Maanen, jilid I, (1997;8.10). untuk pendinginan dari sebuah mesin diesel diperlukan suatu sistem yang terdiri dari pipa, pompa dan pendingin atau *cooler*. Sistem tersebut sering berbentuk kompleks karena baik mesin induk maupun mesin bantu dihubungkan menjadi satu sistem pendinginan. Termasuk beberapa pesawat bantu dan alat bantu lainnya agar menjadi jelas disini diperlihatkan sistem pendinginan tertutup yang bahan pendinginnya adalah air tawar.

Prinsipnya :

Dimana sistem ini terdiri dari bagian air yang berfungsi untuk mendinginkan air tawar yang mendinginkan bagian mesin. Didalam mesin induk akan timbul panas, maka pendinginan oleh air tawar yang mengalir dalam sirkulasi tertutup, selanjutnya air pendingin akan menyerahkan panas tersebut kepada air laut didalam pendinginan atau *cooler*.

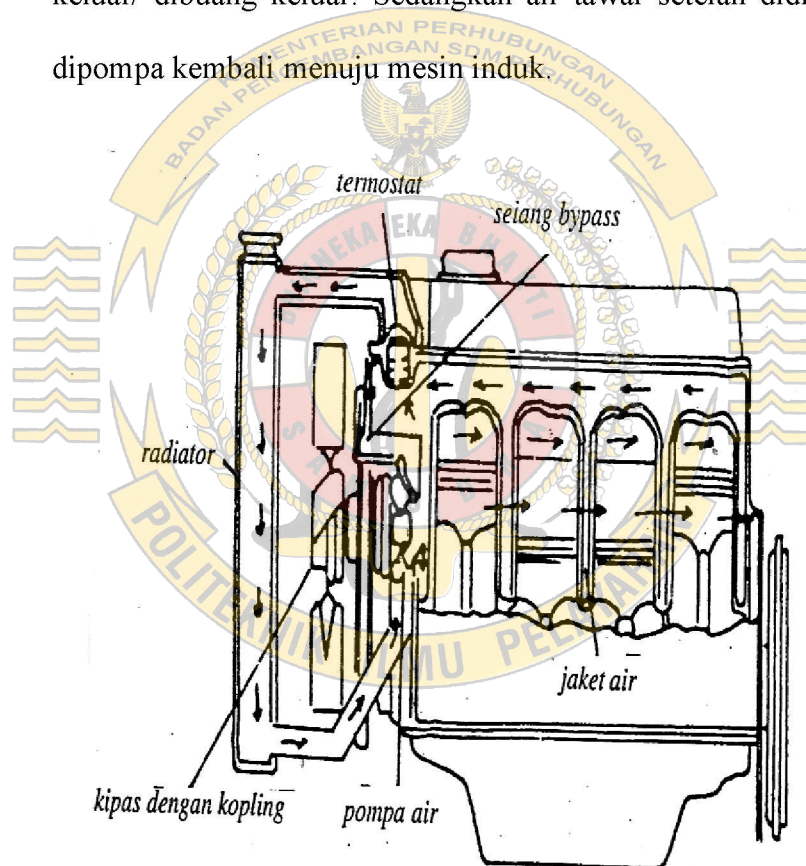


Gambar: 2.3 *Cooling water route*

Proses sirkulasi air pendingin :

Skema dari sistem pendinginan tertutup, air tawar disirkulasikan oleh pompa sirkulasi yang jenisnya adalah *sentrifugal pump*, dimana tekanan airnya berkisar 2,0–3,0kg/cm<sup>2</sup>, kemudian masuk kedalam mesin,

sirkulasinya vertikal dari bawah menuju ke atas dari *silinder liner* ke *silinder head*. Suhu yang normal sewaktu masuk kedalam motor  $60^{\circ}\text{C}$  dan akan meningkat sampai  $65^{\circ}\text{C}$  dalam motor sampai keluar masuk kependingin/ *cooler*, pada proses ini air tawar didinginkan oleh air laut dengan arah aliran yang berlawanan sehingga menghasilkan pendinginan yang maksimal, air laut setelah mendinginkan langsung keluar/ dibuang keluar. Sedangkan air tawar setelah didinginkan akan dipompa kembali menuju mesin induk.



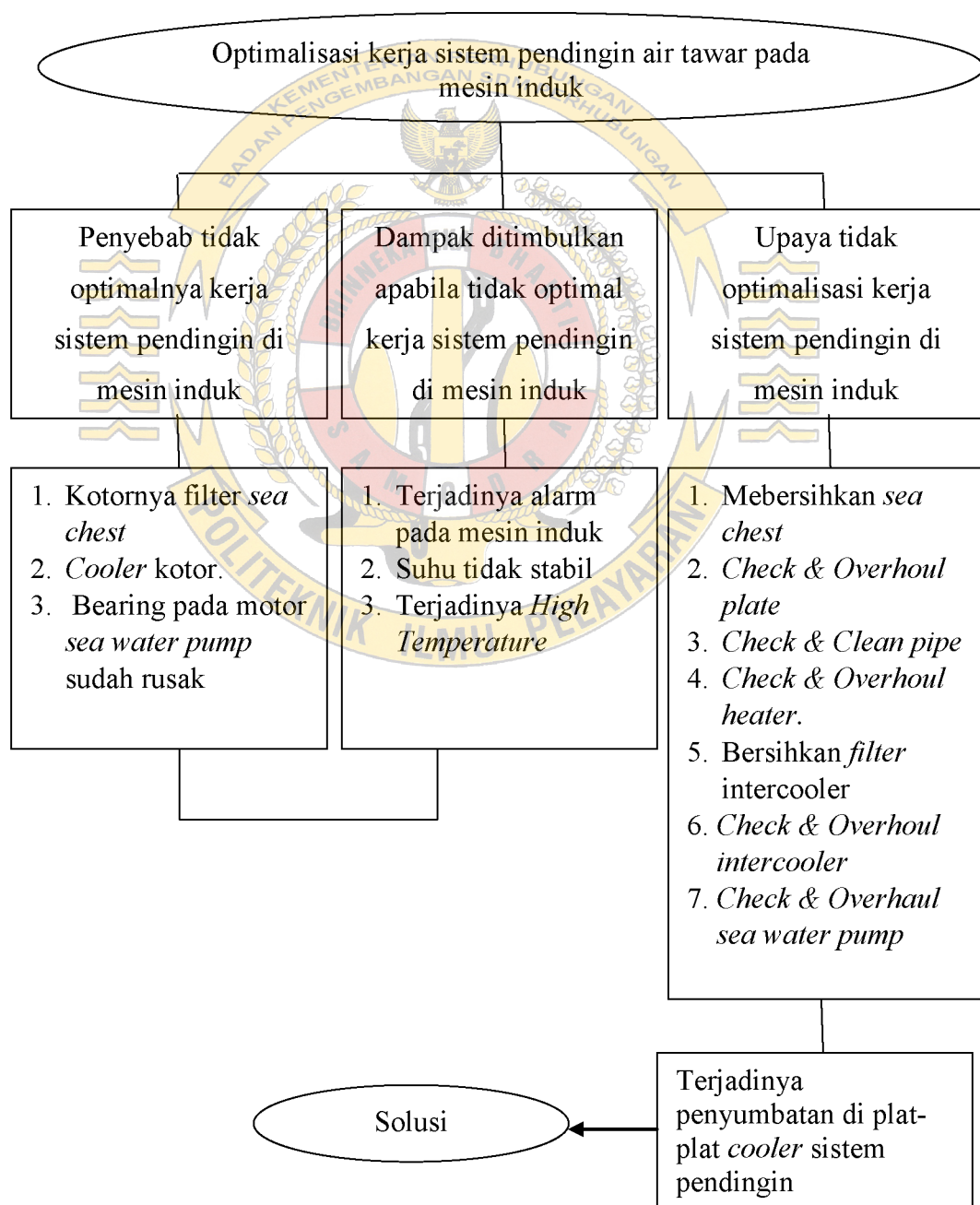
Gambar 1.2 Sirkulasi Sistem Pendingin

Gambar: 2.4 Sirkulasi sistem pendingin

Untuk proses pendinginan minyak pelumas menggunakan air laut, karena ada perbedaan tekanan supaya proses pendinginan dapat

berlangsung dengan baik, dimana tekanan minyak lumas lebih besar dari pada tekanan air laut. Karena untuk mengantisipasi apabila ada kebocoran didalam sistem tersebut, air laut tidak dapat masuk kedalam sistem pelumasan yang nantinya dapat menyebabkan terganggunya sistem pendinginan tersebut.

### C. Kerangka pikir penelitian



Dalam bagan kerangka pikir di atas menjelaskan bahwa kejadian yang terjadi pada sistem kerja pendingin mengalami gangguan sehingga harus diadakan identifikasi terhadap suatu masalah yang terjadi. Mengingat peranan pendingin yang sangat penting terhadap pengoperasian dari mesin induk, untuk memudahkan dalam menentukan kemungkinan-kemungkinan dan menentukan konsekuensi-konsekuensi dari resiko bahaya tersebut dari semua kemungkinan yang terjadi tergantung dari seberapa sering hal itu terjadi dan seberapa buruk hal tersebut ketika itu terjadi.

Tahap selanjutnya adalah tahap dimana harus menganalisa dan mempertimbangkan resiko bahaya dari kerja sistem pendingin, dan menetapkan tingkat resiko berdasarkan kriteria yang ada. Kemungkinan dan konsekuensi harus ditemukan dan dikalikan bersama-sama dan diterapkan untuk skala resiko yang digunakan untuk menetapkan prioritas utama dari daftar identifikasi bahaya yang telah dibuat.