

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan landasan teori yang berkaitan dengan judul skripsi yaitu “identifikasi adanya ketidak normalan temperatur pada sistem pendingin air tawar mesin induk MV. Armada papua” Berbasis Pendekatan *SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, dan threats)*”. Lebih rinci pada landasan teori akan dijelaskan tentang

“Identifikasi adanya ketidak normalan temperatur pada sistem pendingin air tawar mesin induk MV. Armada papua” berbasis pendekatan *SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, dan threats)*.

1. Identifikasi

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (2000:256) “Identifikasi adalah penentu atau penetapan identitas orang, benda, dan sebagainya”. Pengertian identifikasi secara umum adalah pemberian anda-tanda pada golongan barang-barang atau sesuatu, dengan tujuan membedakan komponen yang satu dengan yang lainnya, sehingga suatu komponen itu dikenal dan diketahui masuk dalam golongan mana. Sedangkan pengertian identifikasi dalam penelitian ini adalah suatu proses mengidentifikasi faktor penyebab rendahnya motivasi belajar ditinjau dari faktor intrinsik dan ekstrinsik siswa.

2. Sistem sirkulasi air tawar pada mesin induk

Menurut Aslang, “Motor Diesel dan Turbin Gas 1 (52)”, sistem sirkulasi air tawar pada mesin induk adalah air tawar yang di suplai dari

Double Bottom masuk ke dalam FW Expansion Tank. Expansion tank berfungsi sebagai tangki penyuplai air tawar bila mengalami kekurangan pada *Main Engine* yang diakibatkan penguapan atau kebocoran pada pipa *Expansion Tank* tersebut air tawar dialirkan kedalam *Main Engine* melalui *Fresh Water Cooling Pump* di dalam *Main Engine* air tawar tersebut berfungsi sebagai media pendingin pada *Cylinder Head* yang diakibatkan oleh compresi sehingga *Cylinder Head* air tawar masuk kedalam *Fresh Water Cooling* untuk didinginkan di dalam pipa-pipa kapiler sedangkan media pendinginnya adalah *Sea Water* (air laut) berada diluar pipa-pipa kapiler setelah air tawar tersebut suhu mencapai yang didinginkan atau 50°C air tersebut kembali lagi ke *Main Engine* untuk mendinginkan kembali *Cylinder Head*.

Menurut P. Van Maanen, "Motor Diesel Kapal", adalah air tawar dari Double Bottom di Suplay masuk ke dalam *Fresh Water Expansion Tank*. *Expansion Tank* disini berfungsi sebagai tangki pensuplai air tawar bila mengalami kekurangan pada motor induk yang diakibatkan penguapan dan kebocoran-kebocoran pada pipa. Dari *Expansion Tank* tersebut air tawar dialirkan ke dalam mesin induk melalui *Fresh Water Cooling Pump*. Di dalam mesin induk air tawar tersebut dibagi-bagi oleh pipa Manifold masuk ke tiap silinder pada bagian bawah, kemudian air pendingin mendinginkan silinder Jacket dan terus naik untuk mendinginkan silinder Head dan katup buang, setelah itu keluar dan masuk ke dalam *Fresh Water Cooler* sedangkan media pendingin adalah

air laut yang berada dalam pipa-pipa kapiler. Setelah air tawar tersebut diserap panasnya oleh air laut di dalam *Fresh Water Cooler* akan dialirkan lagi ke motor induk untuk didinginkan kembali.

Menurut V.L. Maleev, M.E, A.M, “Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel”, adalah Air tawar dari *Double Bottom* di suplai masuk ke dalam tangki ekspansi air tawar. Tangki ekspansi disini berfungsi sebagai tangki penyuplai air tawar bila mengalami kekurangan pada mesin induk yang diakibatkan penguapan atau kebocoran-kebocoran pada pipa dari tangki ekspansi tersebut air tawar dialirkan ke dalam mesin induk melalui pompa pendingin air tawar. Di dalam mesin induk tersebut air tawar dibagi-bagi oleh pipa pendingin masuk ke tiap-tiap silinder linear, dan silinder jaket kemudian terus naik untuk mendinginkan kepala silinder dan katub buang setelah itu keluar kemudian masuk ke dalam pendinginan air tawar sedangkan media pendingin adalah air laut yang berada dalam pipa kapiler setelah air tawar tersebut diserap panasnya oleh air laut didalam *Fresh Water Cooler* akan dialirkan lagi untuk mendinginkan mesin induk untuk didinginkan kembali.

3. Proses terjadinya panas

Menurut Hery Sunarto, Haryanto, Triyono, Perawatan dan perbaikan, Motor Diesel Penggerak Kapal. Menjelaskan bahwa :

Ketika motor Diesel bekerja terjadilah panas dari hasil pembakaran bahan bakar atau panas yang ditimbulkan oleh gesekan antar komponen. Namun, kebanyakan dari panas itu merupakan akibat dari hasil pembakaran guna mendapatkan tenaga motor. Bagian atas selinder merupakan bagian motor yang paling panas dan, jika hal semacam ini tidak dikontrol dengan baik, bagian ini akan mengakibatkan rusaknya bagian motor yang lain.

System pendingin sangat besar manfaatnya untuk menetralkan dan mengontrol temperature motor. Sebagian panas yang berasal dari gas pembakaran harus dipindahkan secara langsung ke *fluida* pendingin, sedangkan pada bagian bawah silinder pemindahan panas ke fluida pendingin secara tidak langsung.

Jika pendingin tidak dapat berfungsi dengan baik, temperature setiap bagian silinder akan naik. Keadaan ini akan mengakibatkan terjadinya kerusakan dinding ruang bakar, kemacetan cincin torak atau menguap dan terbakarnya minyak pelumas. Oleh karena itu, motor harus didinginkan dengan baik meskipun pendinginan merupakan kerugian jika ditinjau dari segi pemanfaatan energi. Namun, pendinginan merupakan keperluan untuk menjamin kelangsungan kerja mesin.

4. Tujuan pendinginan

Menurut Hery Sunaryo, Haryanto, Triyono, Perawatan dan Perbaikan, Motor Diesel Penggerak Kapal hal 75 menjelaskan bahwa :

Tujuan dari pendinginan mesin adalah :

- a. Menjaga agar mesin mampu bekerja terus-menerus,
- b. Mencapai tenaga yang optimum,
- c. Mengurangi terjadinya kerusakan mesin,
- d. Menjaga temperature agar bekerja dalam kondisi normal.

Menurut P.Van Maanen. Motor Diesel Kapal jilid 1 hal. 8.1 menjelaskan bahwa :

Dalam ruang pembakaran sebuah motor diesel akan terjadi suhu 1800°K atau lebih pada waktu pembakaran. Selama awal pembuangan gas, setelah terjadi ekspansi dalam silinder, suhu gas pembakaran masih akan mempunyai suhu 1000°K

Dinding ruang pembakaran (tutup silinder, bagian atas torak, bagian atas lapisan silinder), katup buang dan disekitarnya, termasuk dam antara antara pintu buang akan menjadi sangat panas karena gas tersebut. Untuk mencegah pengurangan besar dari kekuatan material dan perobahan bentuk secara thermis dari bagian motor. Maka bagian-bagian tersebut harus didinginkan. Khusus mengenai lapisan silinder berlaku pula bahwa lapisan pelumas harus tetap dijaga kondisinya yang berarti memerlukan pendinginan pula.

Bagian motor berikut, dalam rangka pembakaran, harus mendapat pendinginan :

- a) Bagian dari lapisan silinder,
- b) Tutup silinder,

- c) Bagian atas torak,
- d) Katup buang dan sejenis, termasuk juga katup buang,
- e) Bagian dari katup bahan bakar disekeliling pengabut,
- f) Rumah turbin gas.

Sebagai akibat dari gesekan panas yang terjadi, jalan hantar pengisian suhu bilas dan suhu pembakaran udara akan meningkat akibat kompresi. Udara tersebut setelah mengalami kompresi, didinginkan untuk mendapatkan kepekatan udara yang sebesar-besarnya, dan untuk menurunkan suhu gas pada waktu pembakaran dan pembuangan keturbin gas buang.

Menurut V.L. Maleev, M.E., DR. A M Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel. hal 229 menjelaskan bahwa :

Sebagian dari panas yang ditimbulkan selama pembakaran mengalir dari gas kedinding silinder, sehingga menaikkan suhunya. Kalau suhu dinding diperbolehkan meningkat diatas batas tertentu, sekitar 300F, yaitu dengan torak yang tidak didinginkan, maka minyak yang melumasi torak mulai menguap dengan cepat, dan torak maupun silinder dapat rusak. Pada saat yang sama, suhu tinggi setempat dalam bagian tertentu dari mesin, misalnya kepala selinder dan torak, dapat menyebabkan tegangan berlebihan dan retaknya bagian ini. Tambahan panas ditimbulkan melalui gesekan antara berbagai permukaan yang menggesek, terutama torak dan cincin torak dengan dinding selinder. Dengan torak yang didinginkan minyak maka batas untuk suhu dinding silinder yang aman adalah sangat tinggi.

Seluruh panas yang dibawah keluar dari mesin pada akhirnya akan dibawah ke atmosfer, meskipun pertama kali diberikan kepada air dalam sungai, danau, atau laut. tetapi, metoda pendinginan dapat dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu : pendinginan langsung atau pendinginan udara, dan pendinginan tidak langsung atau pendingin cairan. Kedua metode ini berbeda dalam detail konstruksinya dan dalam keadaan operasinya, terutama dalam suhu dinding silinder.

Dalam pendinginan silinder ada tiga cara perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

5. Bahan dan tujuan pendinginan pada mesin induk

Menurut P. Van Maanen, “Motor Diesel Kapal Jilid I”, adalah sebagai bahan pendingin untuk motor diesel digunakan bahan sebagai berikut :

a. Air Laut

Pada kapal laut bahan pendingin air laut mudah sekali didapat dan tersedia berlimpah-limpah. Air laut sebagai bahan pendingin memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, seperti panas jenis besar pada kepekatan relatif tinggi. Ini berarti bahwa per satuan volume dapat ditampung panas yang besar, sehingga kapasitas pompa dan dayanya dapat dibatasi. Ditinjau dari tersedianya secara berlimpah-limpah, maka air laut dapat dibuang ke laut setelah digunakan sebagai bahan pendingin sehingga sistem pendinginan menjadi sederhana dalam penataannya. Meskipun memiliki sifat yang menguntungkan tersebut di atas, air laut tidak

secara langsung digunakan untuk pendinginan dari bagian motor. Air tersebut mengandung antara lain persentase tinggi mineral yang larut didalamnya (± 3 proses massa). Mineral tersebut akan menjadi kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras dibagian permukaan yang didinginkan. Kerak tersebut sangat keras sekali sehingga mengganggu perpindahan panas dan akan membentuk saluran pendingin yang sempit. Di samping itu dengan kadar klorida yang tinggi dari air laut, maka kemungkinan korosi dari bagian motor yang didinginkan menjadi besar.

Dengan alasan tersebut, maka air laut sebagai bahan pendingin digunakan secara tidak langsung, terkecuali kadang-kadang untuk pendinginan udara bilas dan udara pembakaran. Dengan penggunaan material khusus, maka pendingin dapat dijaga terhadap korosi dan oleh karena suhu air pendingin yang relatif rendah pengendapan dari kerak juga akan berkurang. Demikian pula bidang hantar pada motor kepala silang putaran rendah yang besar beberapa waktu lalu digunakan air laut sebagai bahan pendingin.

Air laut selalu digunakan sebagai bahan pendingin secara tidak langsung bahan pendingin (air laut atau minyak pelumas) yang mengambil panas dari motor akan menyerahkan panas tersebut melalui sebuah alat pemindah panas (alat pendingin) ke air laut lagi.

b. Air Tawar

Air tawar di atas kapal digunakan dengan efisien, karena jumlahnya yang sangat terbatas, sehingga tidak memiliki beberapa sifat yang kurang baik. Dengan menghilangkan udara yang ada didalamnya sebaik-baiknya serta “dilunakkan” (Onthard) maka air tawar akan mengakibatkan sedikit atau tidak sama sekali korosi dan juga tidak mengakibatkan pengendapan kerak, sehingga dapat digunakan untuk pendinginan bagi semua bagian motor.

Karena persediaan air tawar di atas kapal sangat terbatas, sehingga selalu diusahakan penggunaannya dalam suatu siklus tertutup untuk dapat digunakan berulang kali. Siklus tertutup tersebut terdiri dari selain ruang pendingin dari bagian motor yang harus didinginkan juga saluran, kerah penutup, pompa dan pesawat pendingin.

Menurut Harsanto, “Motor Bakar”, adalah dalam ruang pembakaran sebuah motor Diesel akan terjadi suhu yang sangat tinggi yaitu antara 1200°C – 1600°C pada waktu pembakaran. Sehubungan dengan itu maka terjadi suatu keharusan, bahwa bagian-bagian motor yang berhubungan langsung dengan gas-gas yang panas perlu didinginkan. Bilamana tidak didinginkan maka kekuatan bagian-bagian dari motor tersebut lambat laun akan menjadi rusak, tidak lagi tahan menahan kekuatan-kekuatan dari gas-gas pembakaran dan akhirnya menjadi retak. Pendinginan juga

memungkinkan pelumasan motor, sebab tanpa pendinginan maka minyak pelumas akan menjadi sangat cair dan kadang-kadang sampai terbakar.

Panas yang diterima ini akan semakin naik bila pendinginan yang ada dengan panas yang diterima tidak sebanding sehingga panas akan cenderung naik akibat dari perpindahan panas yang berlebihan karena panas yang ada akan merambat dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah.

Sebagai bahan pendingin yang baik untuk mesin induk di kapal dapat digunakan air, karena penyerapan panas oleh air lebih baik dibanding minyak pelumas atau udara. Dan tujuan dari pada bahan pendingin di atas adalah sebagai berikut :

- 1) Menjaga agar mesin mampu bekerja terus menerus.
- 2) Menjaga tenaga yang optimum.
- 3) Mengurangi terjadinya kerusakan mesin.
- 4) Menjaga temperatur agar bekerja dalam kondisi normal.

Pada sistem pendingin terbuka mesin didinginkan oleh air laut, yaitu air dari luar kapal yang dipompakan kedalam motor dan selanjutnya dibuang kembali keluar badan kapal. Pada saat masuk temperatur air berkisar antara 15°C dan 20°C , sedangkan pada saat keluar temperatur air berkisar antara 45°C dan 50°C . sistem ini biasanya digunakan pada mesin kapal berukuran kecil pada sistem pendinginan tertutup, mesin didinginkan oleh air tawar selanjutnya

air tawar yang telah membawa panas tersebut didinginkan oleh air laut. Sistem ini pada umumnya digunakan untuk mesin kapal berukuran besar.

Sebagian besar motor diesel menggunakan pompa jenis sentrifugal sirkulasi air yang digunakan sebagai pendingin. Pompa ini digerakkan oleh roda gigi dari poros engkol atau poros nok. Pada motor diesel kecil dapat dijumpai pompa untuk sirkulasi air jenis roda gigi. Pompa sentrifugal dirancang dalam dua variasi. Variasi pertama berputar dalam satu arah, sedangkan variasi kedua berputar dalam dua arah atau mampu berbalik langsung.

Dilihat dari efektivitasnya, pompa dua arah lebih efisien karena pompa mampu balik langsung dan biasanya mempunyai sudut radial lurus serta rumahnya berbentuk konsentris sehingga dapat mempengaruhi aliran.

Katup dengan sistem termostat digunakan untuk mengontrol temperatur cairan pendingin yang dialirkan ke motor dan radiator. Aliran ini dilakukan untuk menjamin temperatur motor tetap sesuai dengan persyaratan yang ditentukan, karena didalam sistem pendingin harus dijaga kestabilannya pada kondisi kerjanya. Salah satu faktor yang prinsip dalam menjamin aliran air mendingin agar selalu mendapatkan temperatur sesuai yang dikehendaki.

Menurut V.L. Maleev, M.E., Dr.A.M., "Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel (235)", adalah jumlah air yang harus di sirkulasi tergantung pada suhu awal dan kenaikan suhu yang

diinginkan dari air. Suhu awal tergantung pada keadaan atmosfer, baik langsung, seperti dalam mesin kapal, maupun secara tidak langsung, kalau digunakan sistem pendinginan kembali dan air terus menerus di sirkulasi kembali. Untuk menghindarkan tegangan panas berlebihan, maka perbedaan suhu antara air masuk dan keluar harus sekitar 20° F dalam mesin ukuran kecil dan sedang dan agak lebih rendah untuk mesin besar. Suhu air keluar biasanya tidak dibolehkan lebih dari 140° F. untuk mesin dengan sistem tertutup dibolehkan suhu maksimum 160° sampai 180° F. Dalam mesin otomotif air pendingin seringkali mencapai titik didih, kira-kira 212° F, tanpa merusak mesin, tetapi biasanya termostat di stel untuk 180° F. hasil penyelidikan dari pendinginan dengan penguapan yang dibahas di atas, dengan suhu air jaket dari 215° sampai 250° F. mungkin akan mengubah batas tersebut di atas.

Kalau mesin didinginkan dengan air yang belum mendapat perlakuan (Untreated) yang selalu mengandung larutan garam dan benda asing yang lain, maka suhu harus dijaga cukup rendah untuk mencegah mengendapnya kotoran dan timbulnya kerak. Kalau mesin menggunakan air garam dalam jaket silinder, suhu air keluar tidak boleh melebihi 110° sampai 115° F.

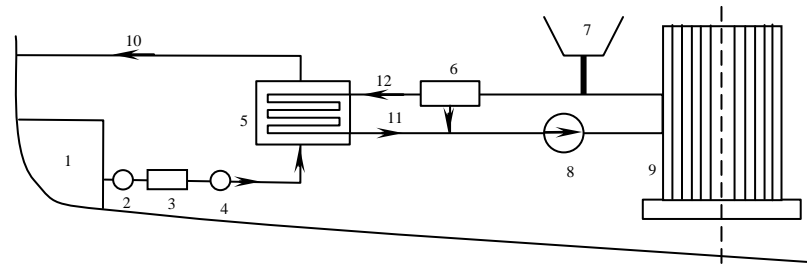
Air biasanya di sirkulasi melalui pendingin minyak lumas, melalui jaket silinder, kemudian ke kepala silinder setelah itu dalam mesin besar, suatu saluran cabang mengalirkan air ke peti katup buang. Torak biasanya didinginkan dari saluran itu sendiri.

6. Operasi sistem pendingin

Menurut buku *Perawatan dan Perbaikan Motor Diesel Penggerak Kapal*, Hery Sunaryo, Haryanto, Triyono, hal. 81 menjelaskan bahwa: Motor yang digunakan dikapal sebagian besar menggunakan pendingin air, maka akan dibahas operasi system pendingin dari jenis system pendingin tertutup dan system pendingin terbuka.

Air laut diisap oleh pompa melalui kotak lait (1) yang ditutup oleh kisi-kisi untuk mencegah masuknya benda-benda kasar. Selanjutnya katup jenis kingstone (2) ditempatkan dibelakang kotak laut untuk menghentikan masuknya air laut jika terjadi kebocoran pada pipa atau bagian yang lainnya. Sebelum air masuk pompa, terlebih dahulu harus masuk filter (3) untuk menjaring atau mendapatkan partikel-partikel kecil. Setelah keluar dari filter, air dipompakan (4) kedalam pendingin (5) guna mendinginkan air tawar yang keluar dari motor (12), sedangkan air laut langsung dibuang kelaut (10). Air tawar yang telah didinginkan dipakai kembali untuk mendinginkan motor (11) dengan menggunakan bantuan pompa penghantar (8). Antara pendingin dengan motor dipasang thermostat (6) untuk mengatur temperature air pendingin dan di tempatkan pula tangki ekspansi (7) yang berguna untuk mencegah naiknya tekanan air tawar yang mengembang karena panas dan untuk mengawasi sebagian air tawar yang hilang.

a. Sistem pendingin tertutup

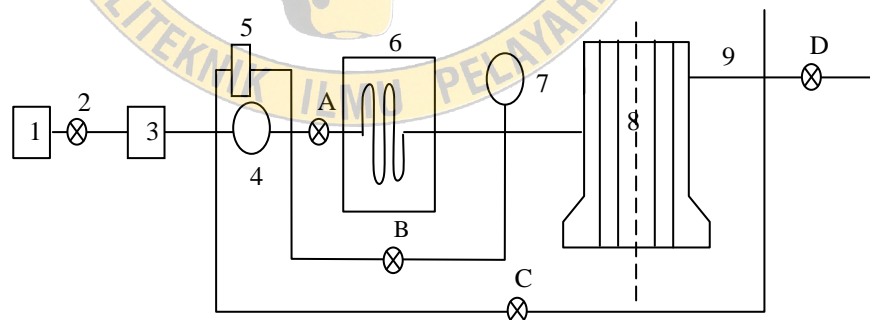


Gambar 2.1 Skematik sistem pendingin tertutup

Keterangan gambar :

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Kotak laut (Sea chest) | 7. Tangki pendingin |
| 2. Kingston valve | 8. Tompa |
| 3. Saringan / Filter | 9. Mesin utama |
| 4. Pompa | 10. Air laut keluar |
| 5. Fresh water cooler | 11. Air tawar masuk kemesin |
| 6. Thermostat | 12. Air tawar keluar dari mesin |

b Sistem pendingin terbuka



Gambar 2.2 Skematik sistem pendingin terbuka

Keterangan gambar :

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Kotak laut (sea chest) | 6. Tangki pendingin |
| 2. Kingstone valve | 7. Manometer |

- | | |
|-------------------|----------------|
| 3. Saringan | 8. Mesin induk |
| 4. Pompa | 9. Pipa buang |
| 5. Katup pengaman | |

Pada system pendingin terbuka , motor didnginkan langsung dengan air laut. Air laut masuk melalui kotak laut (1) melewati katup jenis kingstone (2) dan filter (3) menuju pompa (4) untuk dialirkan kemotor (5) melewati kotak pendingin (6) dan manometer (7). setelah melalui kotak pendingin, air laut masuk kemotor induk dan selanjutnya keluar (8) dari lambung kapal dengan temperature yang tinggi. Antara tangki

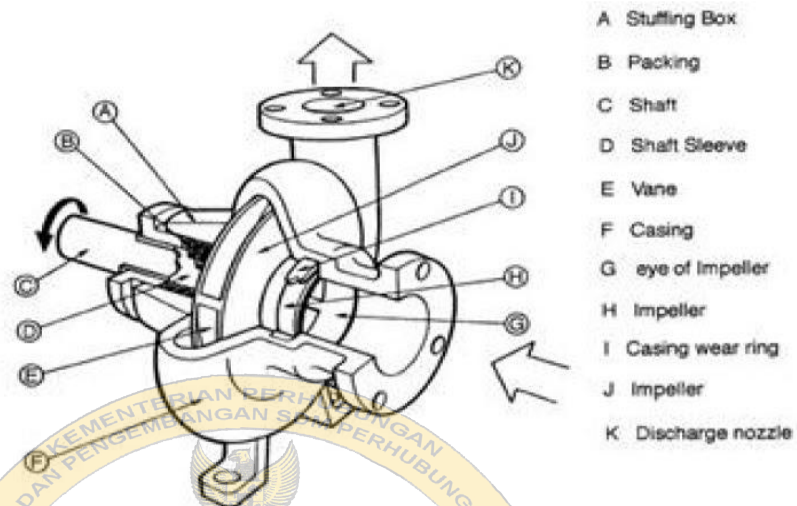
pendingin dengan motor dipasang manometer (7) untuk mengukur besarnya tekanan air laut sebelum masuk kemotor. Penyumbatan yang terjadi pada pipa spiral dapat diketahui karena tekanan pada manometer turun.

Dengan membuka katup A dan membuka katup B, pendinginan masih dapat dilaksanakan. Pada waktu motor distart, dengan membuka katup C dan menutup katup D, dapat diciptakan sirkulasi air laut yang terbatas sehingga air laut yang berfungsi sebagai pendingin dalam waktu singkat dapat mencapai temperature kerja.

7. Penyebab ketidaknormalan temperatur

Penyebab ketidaknormalan temperatur pada mesin induk di kapal adalah,sebagai berikut :

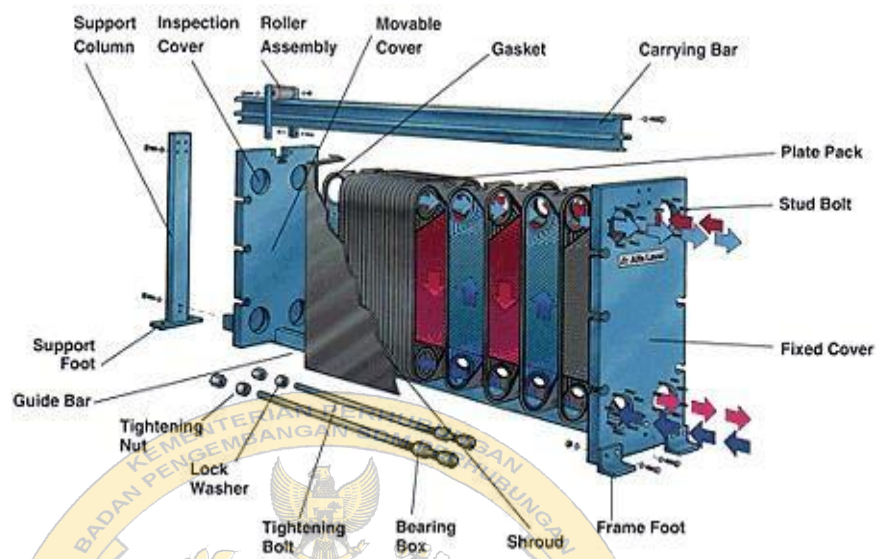
a. Menurunnya tekanan pada pompa sentrifugal



Gambar 2.3 skematik pompa sentrifugal.

Menurut Suharto, 2008. Yang menjelaskan tentang cara kerja pompa sentrifugal ialah, cairan masuk ke impeler (*impeller eye*) dan bergerak ke arah radial diantara sudu – sudu impeler (*impeller vanes*) hingga cairan tersebut keluar dari diameter luar impeler. Ketika cairan tersebut meninggalkan impeler, cairan tersebut dikumpulkan didalam rumah pompa (*casing*). Salah satu desain *casing* dibentuk seperti spiral yang mengumpulkan cairan dari impeler dan menggerakannya ke *discharge, nozzle*. *Discharge, nozzle* dibentuk seperti suatu kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari impeler secara bertahap turun. Kerucut ini disebut *diffuser (diffuser)*. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser*, energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekanan.

b. Terjadinya korosi pada sistem pendingin (*cooler*)



Gambar 2.4 skematik *plate cooler*

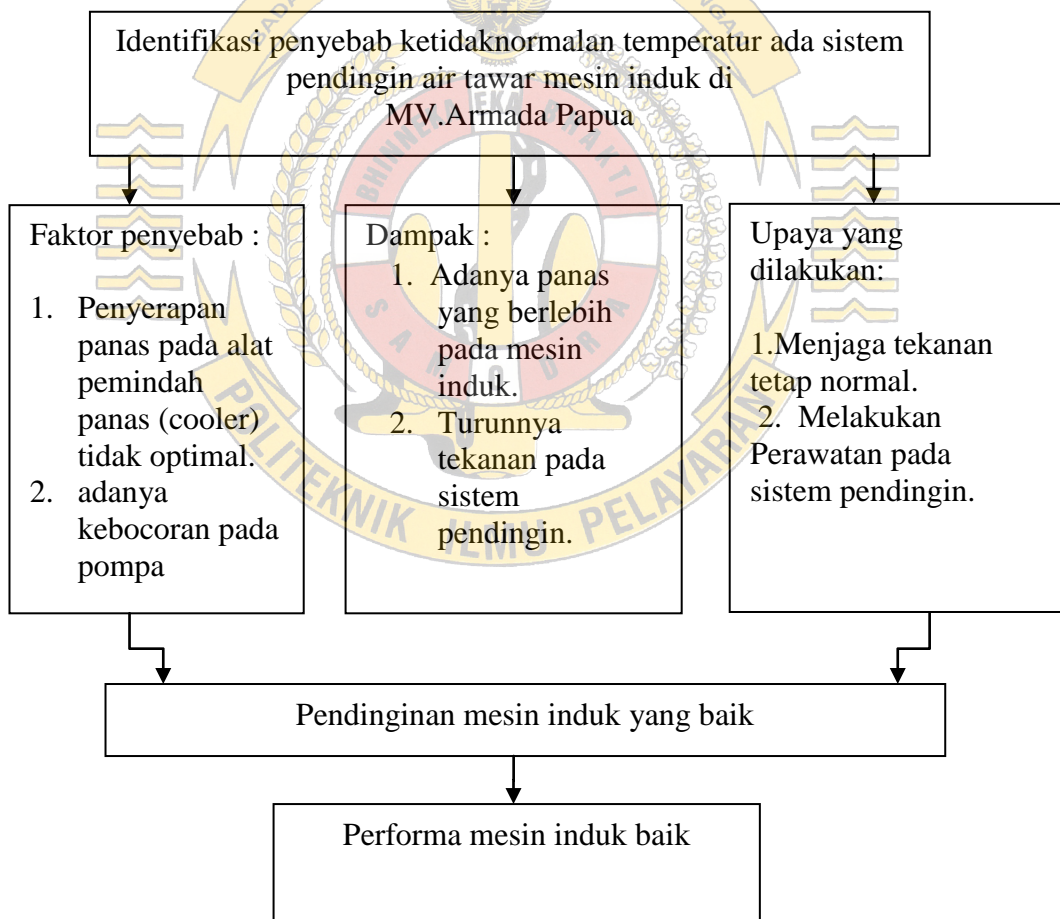
Cooler adalah suatu alat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya over heating (panas berlebihan) dengan cara mendinginkan suatu fraksi panas dengan menggunakan media cairan dingin, sehingga akan terjadi perpindahan panas dari fluida yang panas ke media pendingin tanpa adanya perubahan suhu. Alat pendingin biasanya menggunakan media air, dalam prosesnya air pendingin tidak mengalami kontak langsung dengan fraksi panas tersebut, karena fraksi panas mengalir di dalam pipa sedangkan air pendingin berada di luar pipa.

Korosi merupakan proses elektrokimia dimana logam kembali ke bentuk alaminya sebagai oksida. Kerusakan yang disebabkan oleh korosi pada sistem pendingin ialah terjadinya penyumbatan pada pipa, adanya kontaminasi terhadap fraksi yang diinginkan akibat dari

kebocoran karena korosi dan menurunnya proses perpindahan panas. Cara untuk mengatasi korosi ini bisa dilakukan dengan penambahan bahan kimia ke dalam aliran seperti kromat, silikat dan nitrat ferrosianida yang dapat meleberkuan lapisan penyebab korosi sehingga terbawa keluar oleh arus aliran.

B. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam hal ini terlebih dahulu penulis akan menggambarkan diagram alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 2.5 kerangka pikir