

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

1. Sumber Panas pada Generator

a. Hasil Pembakaran Bahan Bakar

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 timbulkan oleh gesekan antar komponen.

Namun, kebanyakan dari panas itu merupakan akibat dari hasil pembakaran guna mendapatkan tenaga motor. Bagian atas silinder merupakan bagian motor yang paling panas dan, jika hal macam ini tidak terkontrol dengan baik, bagian ini akan mengakibatkan rusaknya bagian motor yang lain.

Sistem pendingin sangat besar manfaatnya untuk menetralkan dan mengontrol temperatur 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 tidak dapat berfungsi dengan baik, temperatur 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 pendingin

merupakan kerugian jika ditinjau dari segi pemanfaatan energi. Namun, pendingin merupakan keperluan untuk menjamin kelangsungan kinerja mesin.

b. Akibat Gesekan

Menurut V.L Maleev, M.E.,DR.AM, “Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel. Menjelaskan bahwa :

Suatu pelumasan mesin yang ideal harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 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) Mencegah keausan bantalan
- 6) Tidak melapiskan lak pada permukaan torak atau silinder
- 7) Mencuci bagian dalam mesin
- 8) Dapat digunakan dengan sembarang saringan
- 9) Tidak membentuk lumpur menyumbat saluran minyak lapisan dari saringan atau meninggalkan endapan dalam pendingin minyak (*oil cooler*)
- 10) Penggunaannya hemat
- 11) Memungkinkan selang waktu lama antara penggantian

12) Mempunyai sifat baik pada start angin

Suhu minyak pada waktu memasuki mesin tidak boleh melebihi 120°F , dan suhu keluar tidak boleh lebih 160°F . Kalau suhu minyak mulai menanjak ketika beban tidak melebihi yang ternilai normal dari mesin, kemungkinan penyediaan minyak telah berkurang atau telah timbul gesekan berlebihan pada beberapa bantalan atau dalam silinder. Penyebabnya harus di selidiki dan kalau masih juga belum teratasi maka mesin harus dihentikan untuk diperbaiki.

2. Proses Perpindahan Panas

Menurut P. Van Meanen, “ Motor Diesel Kapal”. Menjelaskan bahwa :
Pembagian dari panas yang diberikan oleh bahan bakar terhadap energi berguna yang dihasilkan dan berbagai kerugian-kerugiannya dapat diperlihatkan dalam sebuah tabel, ialah balans panas.

Tabel 2.1 Ballans Panas

BALANS PANAS	
Usaha berguna	40,0%
Pendingin torak	5,2%
Pendingin silinder	12,7%
Pendingin katup bahan bakar	0,2%
Pendingin udara	4,3%
Gas buang	35,7%
Kerugian sisa / lain-lain	1,9%
Panas yang diberikan oleh bahan bakar	100,0%

Perlu dikatakan bahwa balans panas demikian tersebut tidak dapat digunakan untuk perhitungan dari rendemen termis indisir atau rendemen mekanis dari motor, karena berbagai aliran panas yang dihasilkan pada proses motor, dan yang diakibatkan oleh gesekan, telah dicampur menjadi satu sehingga tidak dapat dipisahkan lagi.

Dari balans panas tersebut dapat dihitung pemakaian bahan bakar spesifik, dengan landasan nilai opak bahan bakar normal sebesar 42,0 MJ/kg (Norma ISO)

Berbagai kerugian panas yang diperlihatkan pada balans panas tersebut untuk sebagian ditampung oleh media pendingin. Dengan demikian dapat dihitung aliran massa dari media pendingin.

3. Tujuan Pendinginan

Menurut Hery Sunaryo, Haryanto, Triyono, Perawatan dan Perbaikan, Motor Diesel. 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 temperatur agar bekerja dalam kondisi normal.

Menurut P. Van Maanen. Motor Diesel Kapal jilid 1. Menjelaskan bahwa :

Dinding ruang pembakaran (tutup silinder, bagian atas torak, bagian atas lapisan silinder), katup buang dan disekitarnya, termasuk

dalam antara pintu buang akan menjadi sangat panas karena gas tersebut. Untuk mencegah pengurangan besar dari kekuatan material dan perubahan 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 :

- 1) Bagian dari lapisan silinder,
- 2) Tutup silinder,
- 3) Bagian atas torak,
- 4) Katup buang dan sejenis, termasuk juga katup buang,
- 5) Bagian dari katup bahan bakar di sekeliling pengabut,
- 6) 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 ke turbin gas buang.

4. Manfaat Pendinginan

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

Sistem pendingin sangat besar manfaatnya untuk menetralkan dan mengontrol temperatur 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, temperatur 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.

Menurut Wiranto Arismunandar, “Penggerak Motor Bakar Torak”, menjelaskan bahwa :

Gas pembakaran di dalam silinder dapat mencapai temperatur ± 2500 °C, karena proses itu terjadi berulang-ulang maka dinding silinder, kepala silinder, torak, katup dan beberapa bagian yang lain menjadi panas. Sebagian dari minyak pelumas, terutama yang membasahi dinding silinder, akan menguap dan akhirnya akan terbakar bersama-sama bahan bakar.

Kerana itu perlulah bagian tersebut mendapatkan pendinginan yang cukup supaya temperaturnya berada dalam batas yang diperbolehkan fungsinya yaitu sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi yang

baik. Kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur.

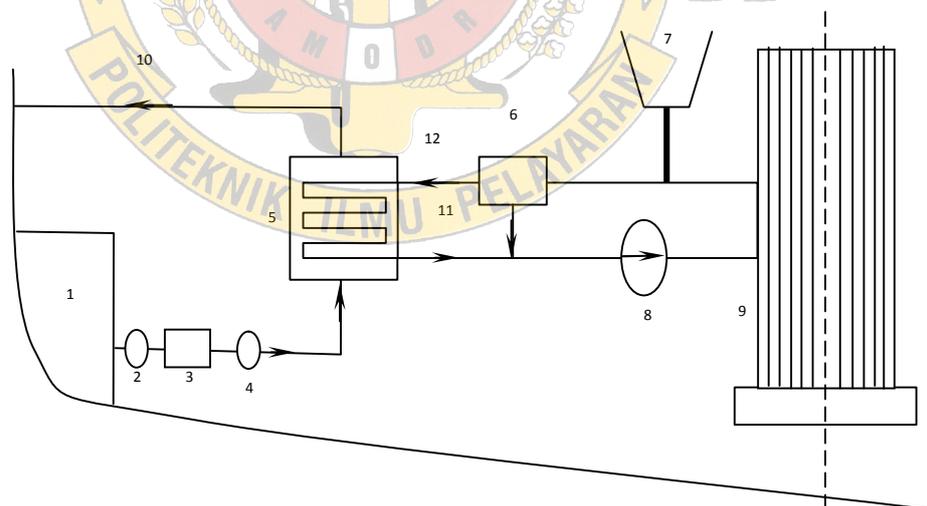
Proses pendinginan menggunakan fluida pendingin yang dialirkan ke bagian mesin di luar silinder. Motor Diesel yang besar memakai minyak pelumas untuk mendinginkan torak, yaitu dengan cara mengalirkan minyak pelumas melalui saluran di bawah kepala torak

5. Jenis-jenis Pendinginan

Menurut buku Perawatan dan Perbaikan Motor Diesel, Hery Sunaryo, Haryanto, Triyono. Menjelaskan bahwa :

Motor yang digunakan dikapal sebagian besar menggunakan pendingin air, maka akan dibahas operasi sistem pendingin dari jenis sistem pendingin tertutup dan sistem pendingin terbuka.

a. Sistem Pendingin Tertutup



Gambar 2.1 Skematik sistem pendingin tertutup

Keterangan :

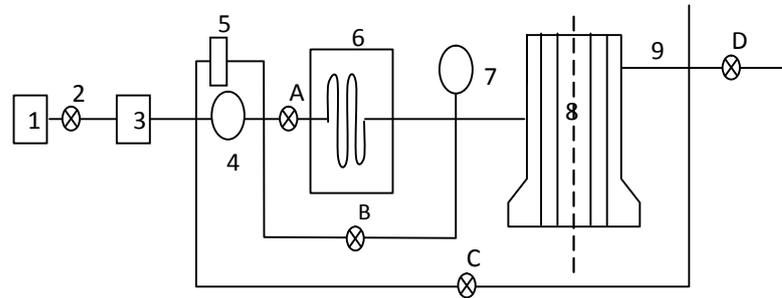
- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Kotak laut (Sea chest) | 6) Tangki pendingin |
| 2. Kingston valve | 7) Pompa |

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 3. Saringan / Filter | 8) Mesin utama |
| 4. Pompa | 9) Air laut keluar |
| 5. Fresh water cooler | 10) Air tawar masuk ke mesin |
| 6. Thermostat | 11) Air tawar keluar dari mesin |

Air laut diisap oleh pompa sea chest melalui kotak laut yang ditutup oleh kisi-kisi untuk mencegah masuknya benda-benda kasar ataupun kotoran dari laut dan ikan – ikan kecil. Selanjutnya katup jenis kingstone ditempatkan di belakang 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 untuk menyaring kotoran – kotoran dari laut atau mendapatkan partikel-partikel kecil. Setelah keluar dari filter, air dipompakan ke dalam pendingin guna mendinginkan air tawar yang keluar dari motor, sedangkan air laut langsung dibuang ke laut air tawar yang telah didinginkan dipakai kembali untuk mendinginkan motor dengan menggunakan bantuan pompa penghantar antara pendingin dengan motor dipasang thermostat untuk mengatur supaya temperatur air pendingin dan ditempatkan pula tangki ekspansi yang berguna untuk mencegah naiknya tekanan air tawar yang tinggi disebabkan karena panas dari mesin *diesel generator* dan untuk mengawasi sebagian air tawar yang hilang.

b. Sistem Pendingin Terbuka



Gambar 2.2 Skematik sistem pendingin terbuka

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 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 sistem pendingin terbuka, motor didinginkan langsung dengan air laut. Air laut masuk melalui kotak laut melewati katup jenis kingstone dan filter menuju pompa untuk dialirkan ke motor melewati kotak pendingin dan manometer setelah melalui kotak pendingin, air laut masuk ke motor induk dan selanjutnya keluar dari lambung kapal dengan temperatur yang tinggi. Antara tangki pendingin dengan motor dipasang manometer untuk mengukur besarnya tekanan air laut sebelum masuk ke motor. 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 dalam waktu singkat dapat mencapai temperatur kerja.

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

Sebagian dari panas yang ditimbulkan selama pembakaran mengalir dari gas ke dinding silinder, sehingga menaikkan suhunya. Kalau suhu dinding diperbolehkan meningkat diatas batas tertentu, sekitar 300⁰ F, 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 silinder 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 silinder, 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.

6. Peralatan Sistem Pendingin Mesin Induk dan Fungsinya.

Untuk memperlancar pengoperasian mesin induk diatas kapal, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah pendingin sebagaimana dalam pembahasan ini bahwa media pendingin yang dipakai untuk mendinginkan generator no 3 di atas kapal MT.

Sindang adalah air tawar. Maka untuk kelancaran proses pendinginan diperlukan peralatan atau komponen pendukung seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

a. Pompa sirkulasi air tawar

Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin di dalam sistem, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain berdasarkan perbedaan tekanan. Sebagian besar motor diesel menggunakan pompa *sentrifugal* untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk di atas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.

b. Instalasi pipa pipa

Instalasi pipa diatas kapal adalah suatu alat yang ditempati air pendingin untuk bersirkulasi di dalam pipa tersebut. Pada setiap

pipa membiarkan tahanan tertentu kepada aliran air yang disalurkan untuk itu bentuk pipa dan ukuran pipa akan mempengaruhi kenaikan tahanan aliran. Tahanan aliran air juga dapat meningkat pada setiap belokan dan katup yang dilalui oleh air tersebut.

c. Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar (*fresh water*) dan untuk menambah bila ada kekurangan di dalam sistem. Tangki ini ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari saluran pipa. Sehingga bisa memelihara tekanan konstan dalam sistem dan mencegah adanya udara atau uap didalamnya. Tangki ekspansi ini dibuat dari baja galvanis yang baik untuk mencegah terjadinya karat (korosi), dan ukurannya tergantung pada kapasitas air. Juga sistem keseluruhan, termasuk ruang air dalam *jacket* pendingin motor induk.

d. *Fresh water Cooler*

Berfungsi mendinginkan air pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Di kapal tempat penulis jenis penukar kalornya menggunakan jenis *heat exchanger type tube*. Pada jenis ini air laut yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin akan mengalir di dalam pipa-pipa yang berbeda.

7. Media Pendinginan

Menurut Hery sunary, Haryanto, Triyono. Perawatan dan

Perbaiki Motor Diesel penggerak kapal. Menjelaskan bahwa :

Jika ditinjau dari jenis fluida pendinginnya, sistem pendingin dapat dibedakan menjadi :

- a. Motor dengan pendingin air
- b. Motor dengan pendingin udara

Pendingin dengan air bertujuan mengurangi panas pada motor dengan jalan mengalirkan air untuk menyerap panas dari bagian mesin yang didinginkan. Air yang terpanaskan itu kemudian mengalir keluar dari blok motor menuju alat pendingin yang dipakai.

Menurut P. Van Maanen Motor Diesel Jilid 1. Menjelaskan bahwa :

Bahan pendingin ada beberapa macam yaitu :

1) Air Laut

Air laut sebagai bahan pendingin, memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, seperti panas yang besar pada kepekatan yang relatif tinggi. Berarti bahwa persatuan volume dapat ditampung panas yang besar, sehingga kapasitas-kapasitas pompa dan dayanya dapat dibatasi.

Meskipun memiliki sifat yang menguntungkan air laut mengandung antara lain persentase tinggi mineral yang larut didalamnya (± 3 persen massa). Mineral tersebut akan menjadi kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras di bagian permukaan yang didinginkan dan akan menggumpal di

heat exchanger. Disamping 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 *heat exchanger* dapat dijaga terhadap korosi dan oleh karena suhu air pendingin yang relatif rendah dan pengendapan dari kerak juga akan berkurang.

2) Air Tawar

Air tawar di atas kapal sangat mahal sekali harganya, sehingga tak memiliki beberapa sifat yang kurang baik dengan cara menghilangkan udara yang ada didalamnya sebaik-baiknya serta dilunakkan 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.

Air tawar diatas kapal sangat mahal sekali harganya, sehingga selalu diusahakan penggunaannya dalam satu siklus tertutup untuk dapat digunakan berulang kali supaya meminimalisir pemborosan di atas kapal. Siklus tertutup tersebut terdiri dari selain ruang pendingin dari bagian motor yang harus

didinginkan juga saluran, keran penutup, pompa dan pesawat pendingin sehingga meminimalisir keadaan air tawar yang terbuang.

3) Minyak Pelumas

Dengan bantuan minyak pelumas dari sistem pelumasan motor, minyak pelumas tidak hanya digunakan sebagai bahan pelumas, tetapi juga sebagai penyalur panas gesekan atau sebagai bahan pendingin.

Pemilihan minyak pelumas sebagai bahan pendingin dapat dipahami, minyak tersebut dialirkan melalui saluran poros engkol dan dalam batang gerak, sedangkan pembuangan dari padanya dianggap berlebihan. Minyak pelumas (pendingin) dengan mudah dapat mengalir keluar dari torak dengan mudah ke dalam kotak engkol. Untuk mencegah agar tidak terlalu banyak pelumas terlempar pada dinding silinder, khususnya pada motor besar, maka minyak pelumas disalurkan melalui saluran dalam batang torak ke bagian bawah dari kotak engkol tidak membawa permasalahan, sehingga pipa teleskop yang mahal dan mudah rusak untuk pemasukan dan pengeluaran air pendingin ke torak tidak diperlukan lagi.

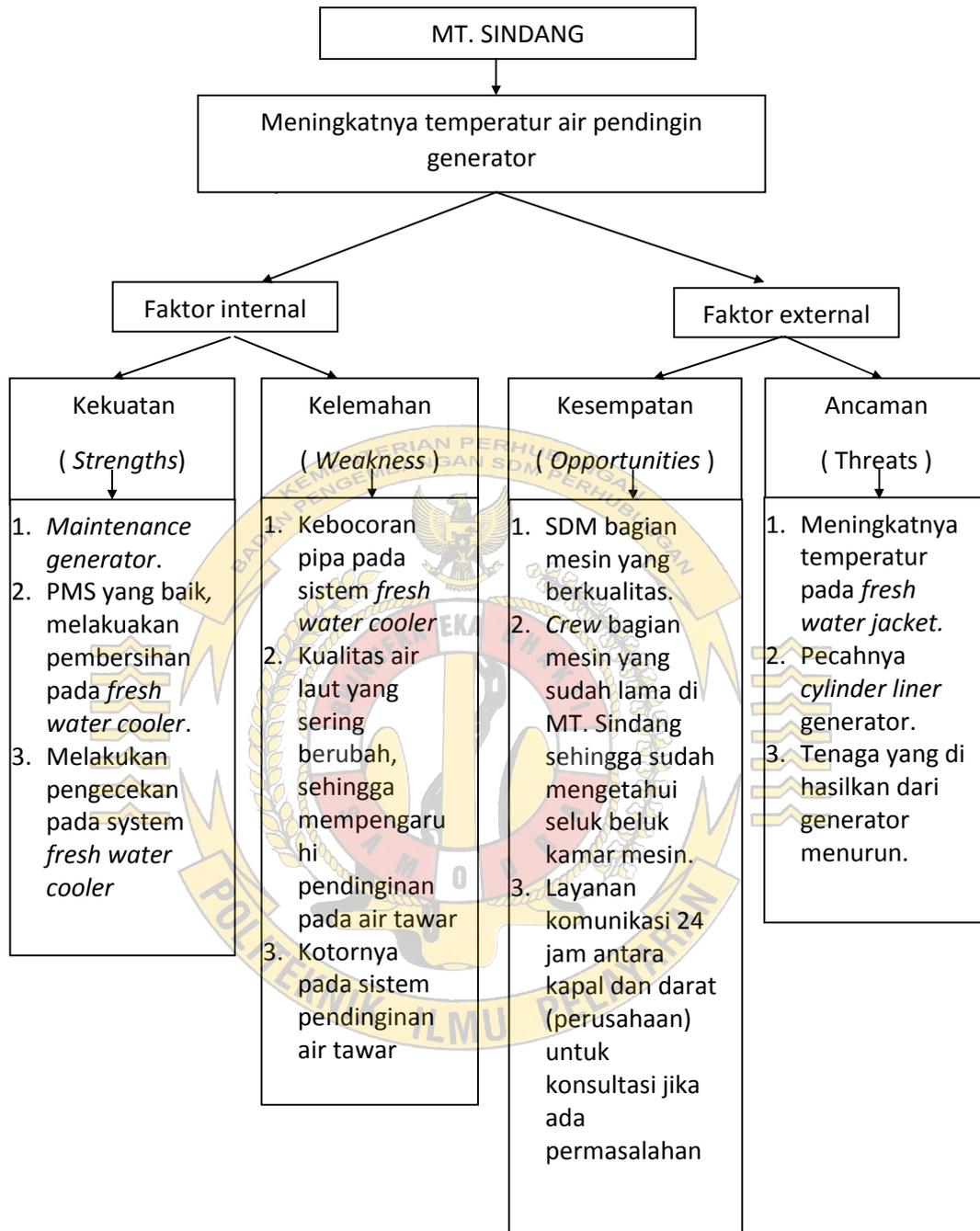
Sifat minyak pelumas sebagai bahan pendingin kurang menguntungkan dibandingkan dengan air. Hal tersebut ternyata dari perbandingan kepekatan dan panas jenis kedua bahan tersebut, selain itu kenaikan suhu minyak pelumas dalam torak tidak boleh terlalu tinggi oksidasi cepat karena pengumpalan.

B. Kerangka Berpikir

Sesuai manual book generator di MT, Sindang adalah prosedur untuk merawat generator agar selalu prima dan siap pakai, sehingga dapat digunakan dengan optimal pada saat proses olah gerak dan berlayar. Tetapi di kapal MT. Sindang *Planing Maintenance System* tidak berjalan dengan baik salah satunya faktor karena *running hour* mesin yang terkadang terlewat karena proses bongkar muat atau berlayar yang belum selesai, sehingga PMS pun tertunda.

Kerangka pikir di bawah menerangkan bahwa dalam suatu karya ilmiah harus dilengkapi dengan kerangka pikir yang menggambarkan faktor yang menjadikan sebab kenapa sering terjadi kerusakan dan faktor yang menunjang performa *fresh water cooler* pada *engine diesel generator* di MT. Sindang. Kerangka pikir menerangkan proses berfikir penulis untuk mencari cara menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini dan hasil yang didapat diharapkan dapat meningkatkan kerja *engine diesel generator* dikapal MT. Sindang.

Sehingga penulis dapat menyajikan kerangka pemikiran sebagai berikut :



Gambar 2.2 kerangka pikir