

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Main Engine

Menurut **Peter Boy** (2009:21). Mesin penggerak utama disebut juga mesin induk atau bahasa maritimnya *Main Engine* benda ini yang menggerakkan sebuah kapal dalam operasinya membawa muatan dari pelabuhan ke pelabuhan Port to Port baik barang padat, cairan, gas maupun manusia. Mesin diesel adalah sebuah mesin dengan sistem kerja bolak balik pada *piston*. Panas dan tekanan yang dihasilkan dari silinder dengan pembakaran dalam yang dikonversikan ke energi mekanik oleh gerakan bolak balik dari tenaga *piston*. Gerakan bolak balik dari *piston* dikonversikan menjadi energi putar oleh *crankshaft* dengan pergerakan *cylinder crank* terdiri dari *connecting rod* dan *crank* yang tersambung dengan tenaga *piston*.

Proses pembakaran yang terjadi di dalam *cylinder liner* pada mesin induk menghasilkan sumber panas. Sumber panas tersebut menyebabkan suhu pada mesin induk meningkat, oleh karena itu dibutuhkan sebuah pendingin yang dapat menurunkan temperatur mesin induk. Pendinginan yang dibutuhkan adalah pendinginan tertutup dalam hal ini pendingin air tawar.

Tugas utama pendinginan air tawar adalah menghilangkan atau mengurangi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan gesekan antara *piston* dengan *cylinder liner* dalam mesin induk. Proses pendinginan air tawar yang bertugas mendinginkan *cylinder liner* pada mesin induk menyebabkan temperatur air tawar tersebut mengalami peningkatan oleh karena itu pendingin air tawar perlu didinginkan oleh air laut.

2.2 Pengertian Fresh Water Cooler

Menurut sistem pendinginan adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menjaga supaya temperatur mesin dalam kondisi ideal. Sistem ini sangat penting dalam menunjang kerja mesin induk agar mesin dapat bekerja secara optimal dan bekerja secara terus menerus seperti yang dikemukakan **P. Van Maanen** (2002:8.1) untuk pendinginan dari sebuah mesin diesel diperlukan suatu sistem yang terdiri dari pipa, pompa, dan media pendingin. Sistem tersebut sering berbentuk kompleks karena baik mesin induk maupun mesin bantu dihubungkan menjadi satu sistem pendinginan. Pesawat bantu dan alat bantu lainnya agar menjadi jelas disini diperlihatkan sistem pendingin tertutup yang bahan pendinginnya air tawar. Prinsipnya dimana sistem ini terdiri dari bagian air tawar yang berfungsi untuk mendinginkan dinding *cylinder liner* mesin induk akan menyerahkan panas tersebut pada air laut didalam *fresh water cooler*.

Menurut **Endrodi** (2002) agar motor diesel dapat bekerja terus menerus dengan aman dan awet, maka panas yang diterima oleh komponen motor diesel misalnya pada bagian *cylinder liner*, silinder kepala, dan klep gas buang harus dipindahkan atau dialihkan kepada zat pendingin. Pilihan untuk zat pendingin tetapi dengan berbagai pertimbangan untuk motor diesel kapal dipilih air tawar sebagai media pendinginnya. Selama mesin induk bekerja memerlukan pendinginan. Selain panas yang ditimbulkan oleh hasil pembakaran bahan bakar, panas juga ditimbulkan akibat gesekan antara dua logam, antara lain poros terhadap metalnya, ring *piston* terhadap *cylinder liner*, kepala silang dengan peluncurnya logam-logam tersebut pada suhu tinggi akan meleleh. Panas yang terkandung harus dapat dipindahkan ke media pendingin tertutup menggunakan air tawar atau secara langsung memakai air laut. Fungsi pendinginan pada mesin induk adalah untuk mencegah berkurangnya kekuatan material dan perubahan bentuk secara termis dari bagian motor. Mencegah pengurangan dari kekuatan material dan

perubahan bentuk secara thermis dari bagian mesin induk, maka bagian-bagian tersebut harus didinginkan menggunakan media air tawar.

Berikut adalah bagian-bagian motor diesel yang harus mendapatkan pendinginan ketika terjadi proses pembakaran dalam *cylinder liner*:

1. Bagian dari lapisan silinder.
2. Tutup silinder.
3. Katup buang dan sejenisnya, termasuk juga katup buang.
4. Rumah turbin gas.

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. 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 sistem pendingin dari jenis sistem pendingin tertutup dan sistem pendingin terbuka.

2.3 Sistem Pendingin Pada Mesin Induk

Mesin induk adalah instalasi mesin dalam kapal yang dipergunakan untuk menggerakkan / memutar poros baling-baling sehingga kapal dapat bergerak, sedangkan mesin bantu adalah motor yang dipergunakan untuk menggerakkan generator listrik sehingga menghasilkan arus listrik yang kemudian digunakan untuk pesawat-pesawat yang memerlukan tenaga tersebut. Misalnya pompa-pompa pada sistem pipa, kompresor, separator, mesin-mesin geladak, sistem penerangan, pesawat komunikasi, pesawat navigasi dan lain-lain.

Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga agar temperatur mesin tetap berada pada batas yang diperbolehkan sesuai dengan kekuatan material, karena kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur (*overheating*). Pada kapal dengan penggerak motor bakar dengan pendingin air, air pendingin dialirkan melalui dan menyelubungi dinding silinder, kepala silinder serta bagian-bagian lain yang perlu didinginkan. Air pendingin akan menyerap kalor dari semua bagian tersebut, kemudian mengalir meninggalkan blok mesin menuju radiator atau alat pendingin yang menurunkan kembali temperaturnya. Sistem pendingin air pada mesin induk maupun mesin bantu dalam kapal dikenal ada 2 macam yaitu :

a. Sistem pendingin tertutup

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. Air tawar pendingin mesin yang keluar dari mesin disirkulasikan 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 section 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 suhu umumnya dilengkapi dengan mekanisme otomatis dengan katup tree way valve untuk mengatur aliran by pass air pendingin yang diijinkan.

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin, yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar dipergunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata.

Sistem pendinginan dengan air laut, air laut masuk ke sistem melalui *high and low seachest* pada tiap sisi kapal. Setiap *seachest* dilengkapi dengan *sea water valve, vent pipe*, dimana pipa udara ini dipasang setinggi atau lebih dari sarat kapal untuk membebaskan udara atau uap dan *blowout pipe* untuk membersihkan *seachest*.

b. Sistem pendingin terbuka

Sistem pendinginan terbuka, air tawar pendingin masuk ke bagian mesin yang akan didinginkan, kemudian air tawar yang keluar dari mesin langsung dibuang ke laut. Air tawar yang digunakan pada system pendinginan ini dapat berupa air tawar ataupun air laut. Sistem ini kurang menguntungkan dalam hal operasional, dimana apabila air tawar yang digunakan adalah air tawar maka akan menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan tidak ekonomis. Apabila menggunakan air laut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin dan akan terjadi endapan garam pada komponen mesin yang didinginkan.

Konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan tidak langsung. Menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Kerugian dari sistem pendinginan langsung 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.

2.4 Perawatan Pendinginan Mesin Induk

Menurut **Hery Sunary, Haryanto Triyon** “Perawatan dan Perbaikan Motor Diesel Penggerak Kapal”. Menjelaskan bahwa jenis air tawar pendingin, sistem pendingin dapat dibedakan menjadi :

1. Motor dengan pendingin air.
2. Motor dengan pendingin udara.

a. Air Laut

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. Per satuan volume dapat ditampung panas yang besar, sehingga kapasitas pompa dan dayanya dapat dibatasi. Tersedianya air laut yang 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. Kadar klorida yang tinggi dari air laut, maka kemungkinan korosi dari bagian motor yang didinginkan menjadi besar.

Alasan tersebut, maka air laut sebagai bahan pendingin digunakan secara tidak langsung, terkecuali kadang-kadang untuk pendinginan udara bilas dan udara pembakaran. Penggunaan material khusus, maka pendingin dapat dijaga terhadap korosi dan oleh karena suhu air pendingin yang relatif rendah pengendapan dari kerak juga akan

berkurang. Bidang hantar pada motor kepala silang putaran rendah yang besar beberapa waktu lalu digunakan air laut sebagai bahan pendingin.

b. Air Tawar

Air tawar di atas kapal digunakan dengan efisien, karena jumlahnya yang sangat terbatas, sehingga tidak memiliki beberapa sifat yang kurang baik. Menghilangkan udara yang ada didalamnya, 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.

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 sampai 1600°C pada waktu pembakaran, sehubungan dengan itu maka terjadi suatu keharusan, bahwa bagianbagian motor yang berhubungan langsung dengan gas-gas yang panas perlu didinginka, bila tidak didinginkan maka kekuatan bagian-bagian dari motor tersebut lambat laut akan menjadi rusak, tidak lagi rusak 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 sangat terbakar. Bahan pendingin yang baik untuk mesin induk di kapal dapat digunakan air, karena penyerapan panas oleh air lebih baik dibanding minyak pelumas atau udara. 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 dengan kondisi normal.

Sistem pendingin terbuka mesin didinginkan oleh air laut, yaitu air dari luar kapal yang dipompakan kedalam motor induk dan selanjutnya dibuang kembali keluar badan kapal. Sistem ini biasanya digunakan pada mesin kapal berukuran kecil. 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 pada kapal besar.

Menurut **V.L. Maleev**, “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. Menghindarkan tegangan panas berlebihan, maka perbedaan suhu antara air masuk dan keluar harus sekitar 60°C dalam mesin ukuran kecil dan sedang dan agak lebih rendah untuk mesin besar. Suhu air keluar biasanya tidak dibolehkan lebih dari 60°C . Mesin dengan sistem tertutup dibolehkan suhu maksimum 70°C sampai 80°C . Mesin induk air tawar pendingin seringkali mencapai temperatur berkisar 100°C , berdampak, *cylinder liner* dan piston akan mengalami pemuaian yang berlebih karena suhu dari air tawar pendingin tidak dapat mendinginkan komponen mesin induk secara optimal dan juga mengakibatkan tenaga piston hasil pembakaran berkurang akibat dari pemuaian tersebut. Mesin di dinginkan dengan air yang belum mendapat perlakuan yang selalu mengandung larutan garam dan benda asing yang lain, maka suhu harus dijaga cukup rendah untuk mencegah mengedapnya kotoran dan timbulnya kerak. Mesin menggunakan air laut dalam *jacket cooling*, suhu air keluar tidak boleh melebihi 43°C sampai 46°C .

2.5 Pengertian Sistem Pendingin Pada Kapal

Semakin banyaknya kapal yang beroperasi pada saat ini menuntut pihak pemilik untuk meningkatkan availability kapalnya. Salah satu cara untuk meningkatkan availability kapal adalah dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah kegagalan komponen-komponen di dalam sistem yang dapat menimbulkan kegagalan yang sifatnya merusak keseluruhan fungsi kapal yang pada akhirnya akan menyebabkan tingkat keselamatan menurun dan dapat membahayakan penumpang serta muatan yang diangkut. Beberapa komponen yang perlu mendapatkan perhatian khusus antara lain: heat exchanger, pompa, thermostat, filter.

Mengingat sebagian besar sistem yang ada di atas kapal bekerja secara terus menerus sepanjang daerah operasinya maka tak terhindar dari terjadinya keausan-keausan pada komponen-komponen dari sistem tersebut yang akan menurunkan performa atau kinerja sistem bahkan terjadi suatu kegagalan. Sehingga perlu adanya penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau item-item individu sesuai dengan level sistem. Secara kritis, item-item khusus dapat dinilai dan tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain atau dengan kata lain mengevaluasi desain sistem dengan melihat bermacam-macam mode kegagalan sistem.

Kegagalan dan perbaikan merupakan hal yang penting dalam memprediksi perilaku dari suatu sistem pada masa yang akan datang. Dengan melakukan evaluasi tingkat kegagalan dan keberhasilan suatu sistem, maka kita dapat memprediksi tingkat kegagalan atau keberhasilan pada perawatan yang akan datang. Dengan demikian maka perlu adanya suatu usaha pemodelan perawatan agar sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap keandalannya adalah sistem layanan pendinginan mesin utama. Tujuan sistem pendingin adalah untuk mempertahankan temperatur operasi mesin yang paling efisien pada setiap kecepatan dalam segala kondisi.

Air tawar pendingin menyerap sebagian panas yang dihasilkan oleh pembakaran di dalam silinder sebanyak 15-35%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 25% sampai 35% dari hasil pembakaran merambat ke dalam dinding silinder dan harus dibuang. Oleh sebab itu pembuangan panas melalui sistem pendinginan mesin sangat penting. Namun jika terjadi kegagalan pada sistem pendinginan mesin utama ini, maka akan dikhawatirkan bahwa seluruh kinerja di atas kapal akan mengalami kegagalan dan menurunkan tingkat efisiensi dan availability dari kapal tersebut.

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. Sistem air pendingin dipasang pada kapal membahas lebih lanjut, terlebih dahulu perlu diketahui pengertian pendingin. Bangunan motor diesel terpelihara dari tegangan akibat panas, maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan. Keadaan tersebut hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan (mensirkulasi) media pendingin dengan tekanan yang konstan ke seluruh komponen motor induk seperti *cylinder jacket cooling*, *cylinder head*, dan *injector*. 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 semuanya 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 menjadi 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 di lingkungan yang tidak terlalu jauh dengan manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin. Sistem pendinginan digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal. Sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang bekerja secara berhubungan antara lain *cooler*, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, strainer pada air laut dan *seachest*. 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 di dalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan motor juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan.

Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar didalam *cylinder*. pendinginan motor dimaksudkan untuk menjaga kestabilan suhu pada bagian motor, sehingga tidak terjadi kenaikan suhu yang terlalu tinggi sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan motor juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan.

Pendinginan pada motor induk sangat dibutuhkan karena temperatur gas pembakaran di dalam silinder dapat mencapai kurang lebih 500°C. Akibat dari proses pembakaran bahan bakar diruang pembakaran terjadi secara

berulang-ulang maka akan terjadi kenaikan suhu pada dinding silinder, torak, katup dan beberapa bagian yang bergerak lainnya. Minyak lumas, terutama yang membasahi bagian dinding silinder dan sebagian kecil minyak akan menguap dan akhirnya akan ikut terbakar bersama bahan bakar. Pendinginan yang cukup agar temperaturnya tetap pada batas yang telah ditentukan sesuai ketentuan buku petunjuk dan supaya operasi mesin dapat berjalan dengan baik (**Kurniawan, 2009**).

Silinder merupakan bagian atas yang terpanas dan sebagian panas gas pembakaran itu dipindahkan secara langsung ke air tawar pendinginnya. Perpindahan panas ke air tawar pendingin terjadi secara tak langsung, jadi melalui torak dan cincin torak. Pendingin tidak dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya, maka temperatur dari setiap bagian silinder akan naik. Keadaan tersebut akan mengakibatkan kerusakan dinding ruang bakar karena terjadinya tegangan termal atau kerusakan katup-katup, puncak torak dan 6 kemacetan cincin torak. Minyak pelumas akan menguap dan terbakar sehingga terjadi keausan cepat pada torak dan dinding silinder, tetapi juga mengakibatkan gangguan kerja mesin.

Pembakaran bahan bakar dalam silinder dapat mencapai temperatur 500°C. Proses itu terjadi berulang-ulang maka dinding silinder, kepala silinder, torak, katup dan beberapa bagian lain akan menjadi panas. Minyak pelumas terutama yang membasahi dinding silinder akan menguap dan akhirnya terbakar bersama bahan bakar, bagian tersebut perlu mendapatkan pendinginan yang cukup agar temperaturnya tetap berada dalam batas yang dibolehkan (**Kurniawan, 2009**).

Proses pendinginan memerlukan air tawar pendingin yang dialirkan ke bagian-bagian dalam mesin diluar silinder. Motor diesel yang besar memakai minyak pelumas untuk mendinginkan torak yaitu dengan cara mengalirkan minyak pelumas melalui saluran di bawah kepala torak. Perpindahan kalor dari gas pembakaran ke air tawar pendingin terjadi didalam alat penukar panas (*fresh water cooler*).

Pemanfaatan energi *thermal* gas pembakaran proses pendinginan itu merupakan kerugian energi. Hanya 25 – 40% saja dari energi *thermal* tersebut yang diubah menjadi energi mekanik, sebanyak 20 – 25% diserap oleh air tawar pendingin, sedangkan kira-kira 40 – 50% terbawa keluar bersama-sama gas buang. Besar energi *thermal* yang diserap oleh air tawar pendingin mengalir melalui kepala silinder dan saluran buang, sebagian kecil saja yang diserap minyak pelumas. Kerugian *thermal* yang terbawa gas buang dapat diperkecil dengan memanfaatkan energi gas buang tersebut misalnya dipakai menggerakkan *turbocharger*.

2.6 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 di isap dari *seachest* menggunakan pompa air laut dan sebelum melewati pompa terlebih dahulu harus melewati *strainer* (*filter*) kemudian menuju *cooler* untuk menyerap panas dan membung kembali ke laut. Air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penyerapan panas. Pendingin air laut sistemnya hanya lewat untuk menyerap panas dan akan terbuang kembali ke laut.

Mesin induk adalah instalasi mesin dalam kapal yang dipergunakan untuk menggerakkan / memutar poros baling-baling sehingga kapal dapat bergerak, sedangkan mesin bantu adalah motor yang dipergunakan untuk menggerakkan generator listrik sehingga menghasilkan arus listrik yang kemudian digunakan untuk pesawat-pesawat yang memerlukan tenaga tersebut. Pompa-pompa pada sistem pipa, kompresor, separator, mesin-mesin geladak, sistem penerangan, pesawat komunikasi, pesawat navigasi dan lain-lain. Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga agar temperatur mesin tetap berada pada batas yang diperbolehkan sesuai dengan kekuatan material, karena kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur (*overheating*).

Kapal dengan penggerak motor bakar dengan pendingin air, air pendingin dialirkan melalui dan menyelubungi dinding silinder, kepala silinder serta bagian-bagian lain yang perlu didinginkan. Air pendingin akan menyerap kalor dari semua bagian tersebut, kemudian mengalir meninggalkan blok mesin menuju radiator atau alat pendingin yang menurunkan kembali temperaturnya. Pendinginan di bawah temperatur 60°C bagi motor-motor yang bertenaga besar lebih sulit. Sedangkan air laut pada temperatur yang tinggi akan menyebabkan endapan-endapan pada tempat yang didinginkan, yang akibatnya bisa mengganggu proses pendinginan. Motor-motor yang baru yang menggunakan pendingin air tawar, masih ada yang diijinkan untuk temperatur air mencapai 80°C .

2.7 Bagian Mesin Induk Yang 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 system tertutup. Pada suhu $450 - 550\text{ C}$ air masuk ke dalam tiap-tiap silinder. Pada pendinginan ini air pendingin masuk dari bawah mesin induk kemudian ke atas, yang dimaksudkan dalam hal ini bila air pendingin masuk melalui bagian dari atas sehingga mengakibatkan retaknya silinder. Air pendingin mengelilingi silinder dan keluar ke lubang pembuangan dengan suhu $+ 600\text{C}$.

2. Torak (Piston)

Untuk mendinginkan torak (piston) menggunakan media minyak lumas. Minyak lumas dari sump tank oleh pompa hisap melewati saringan 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 ke piston head

3. Katup Gas Buang

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 gas buang.

4. Cylinder Head

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

5. Poros Engkol

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