

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Menurut E.karyanto Panduan Reparasi Mesin Diesel, Hal 147

Pada tekanan udara yang lebih rendah dan temperatur yang lebih tinggi, berat udara yang dihisap akan lebih sedikit. Sedangkan untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dibutuhkan berat udara yang cukup. Dengan demikian bahwa diperlukan tekanan udara yang lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah untuk menghasilkan daya mesin yang lebih besar.

Informasi-informasi mengenai permasalahan dalam skripsi ini, banyak diperoleh berdasarkan penjelasan secara lisan, dari para masinis serta beberapa dokumen. Dokumen-dokumen itu antara lain : jurnal harian (*engine room log book*), catatan pemeriksaan rutin perawatan-perawatan (*routine check maintenance*). Data-data itu kemudian dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dan perbandingan dalam penyusunan skripsi ini.

1. *Intercooler*

a. Pengertian *Intercooler*

Intercooler merupakan alat mekanik yang digunakan untuk mendinginkan sebuah fluida, termasuk cairan maupun gas antara tahapan pada proses pemanasan multi-tahap. Biasanya berupa alat penukar panas yang membuang limbah panas dalam kompresor gas,

digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk kompresor udara, pendingin ruangan, lemari es dan gas turbin (Handoyo, 2014).

b. Fungsi *Intercooler*

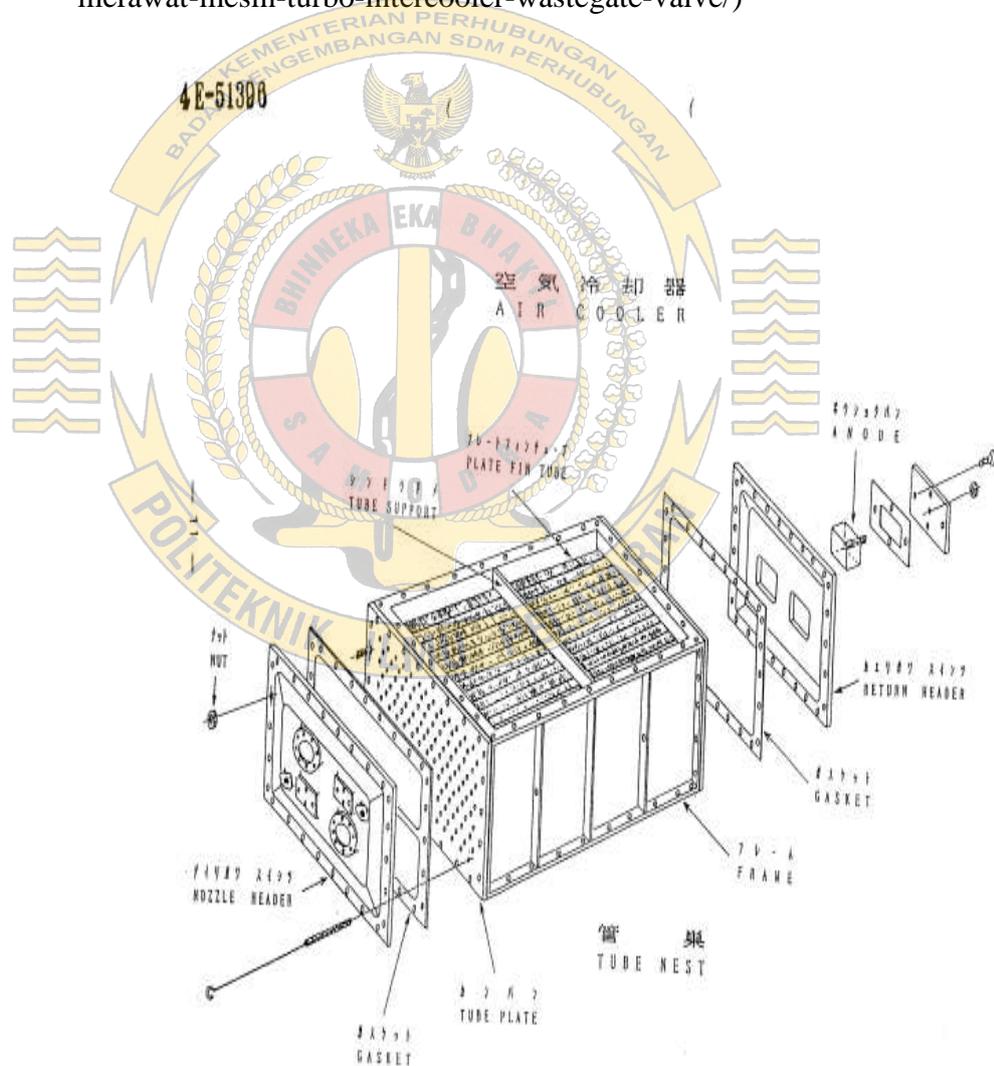
Intercooler berfungsi untuk mendinginkan sebuah fluida termasuk cairan maupun gas, antara tahapan proses pemanasan multi-tahap, biasanya berupa alat penukar panas yang membuang limbah panas dalam kompresor gas. Digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kompresor udara, pendingin ruangan, lemari es, dan gas turbin. Dikenal secara luas pada dunia otomatis sebagai pendingin udara udara atau udara-cairan untuk diinduksi tenaga (*turbocharger* atau *supercharger*) di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan efisiensi volumetrik mereka dengan meningkatkan kepadatan asupan muatan udara mendekati pendingin isobarik.

c. Komponen *Intercooler*

Bentuk *intercooler* adalah sesuatu yang bulat khusus atau bentuk tabung yang rata dengan bahan anti karat, dilengkapi dengan sirip-sirip campuran aluminium. Pada saat didorong masuk oleh *turbocharger*, tekanan udara akan meningkat, demikian pula dengan suhunya. Untuk mesin, pemanasan udara masuk ini berdampak buruk. Pertama, menaikkan temperatur ruang bakar. Kedua, panas akan membuat udara memuai sehingga kerapatan udara berkurang. Disinilah *intercooler* dibutuhkan sebagai penyeimbang. *Intercooler* ialah pelepas panas, semacam radiator namun bukan untuk

mendinginkan *engine coolant*, melainkan mendinginkan udara masuk yang melaluinya. Dengan menurunnya suhu yang masuk ke mesin ini ada dua manfaat yang di peroleh: temperatur ruang bakar yang rendah dan kerapatan udara yang meningkat, jadi volume udara dapat masuk lebih banyak kedalam silinder.

(<https://panjimitiqo.wordpress.com/2011/05/09/mengenal-dan-merawat-mesin-turbo-intercooler-wastegate-valve/>)



Gambar 2.1 Komponen *Intercooler*

d. Prinsip Kerja *Intercooler*

Prinsip kerja dari *Intercooler* adalah meningkatkan efisiensi sistem induksi dengan mengurangi induksi panas udara yang diciptakan oleh *supercharger* atau *turbocharger* dan meningkatkan pembakaran lebih menyeluruh. Hal ini menghilangkan panas kompresi (yaitu, kenaikan suhu) yang terjadi dalam gas apapun ketika tekanannya dinaikkan atau unit massa persatuan volume (densitas) dinaikkan. (<https://id.wikipedia.org/wiki/Intercooler>)

Pembakaran yang sempurna dapat menghasilkan tenaga mesin yang besar, untuk itu sangat diperlukan udara bersih yang cukup masuk kedalam silinder. Udara yang bersinggungan dengan kabut bahan bakar tersebut diperoleh dari udara luar yang masuk ke dalam ruang pembakaran, dan karena pemampatan udara oleh *piston* diperoleh temperatur yang cukup untuk membakar bahan bakar. Oleh karena itu jika udara yang masuk ke dalam silinder kurang, maka proses pembilasan dan pembakaran tidak sempurna.

Turbocharger merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gesekan piston pada langkah isap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang (Sukoco & Arifin, 2008).

Udara tersebut merupakan udara yang bertekanan dan mengalami kenaikan suhu, sedangkan untuk mendapatkan berat udara yang lebih besar, diperlukan suhu udara yang lebih rendah. Untuk menurunkan suhu udara tersebut, maka didinginkan dengan *intercooler* sebelum masuk ke ruang udara bilas (*scavenging air trunk*), sehingga udara yang masuk ke dalam silinder mencapai suhu udara yang cukup sebagai udara yang mendorong gas bekas pembakaran, yang keluar ke sisi buang atau melalui *exhaust valve*. Sekaligus berfungsi sebagai udara pembakaran yang dimampatkan pada proses kompresi setelah proses pembilasan selesai.

Keuntungan pengisian lanjut *turbocharger* adalah sebagai berikut:

- 1) Tenaga motor bertambah 15 – 40%
- 2) Jumlah udara masuk silinder lebih banyak, sehingga tekanan udara masuk lebih tinggi dari pada tekana udara luar.
- 3) Perbandingan kompresi kecil, karena tekanan awal kompresi lebih besar, sementara tekanan akhir kompresi tetap (35–40 kg / cm²).
- 4) Rendemen thernis lebih besar, karena panas hasil pembakaran lebih banyak.
- 5) Rendemen mekanis lebih besar.

Pengisian tekanan yang dilakukan oleh *turbocharger* juga memiliki beberapa kerugian seperti di bawah ini :

- 1) Pemakaian BBM lebih boros
- 2) Pemakaian pelumas silinder lebih boros
- 3) Harga beli motor lebih mahal
- 4) Perawatan lebih banyak
- 5) Biaya perawatan lebih banyak (besar)
- 6) Waktu perawatan lebih lama
- 7) Untuk *overhaul turbocharge* memerlukan keahlian extra..
(<https://bp3ipjakarta.ac.id/attachment/article>.)

Turbocharger adalah sebuah komponen yang berupa kompresor yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki mesin. Kunci keuntungan dari *turbocharger* adalah peningkatan tenaga mesin. Ada perbedaan dalam proses kerja antara *supercharger* dan *turbocharger*, yaitu pada penggerak impeler turbin dimana pada *supercharger* impeler turbin digerakkan oleh gerakan mekanik yang ditransfer dari putaran poros engkol, sedangkan pada *turbocharger* memanfaatkan gas buang sebagai penggerak impeler turbin (Mahadi, 2010).

Dengan mendinginkan udara masuk ke *blower* ke dalam silinder mesin, diperoleh berat jenis yang lebih besar sehingga beratnya bertambah (padat). Hal ini dapat menambah jumlah pembakaran bahan bakar dan mengakibatkan daya mesin bertambah pula.

Prinsip kerja dari *intercooler* ini udara dari *blower* bersinggungan dengan pipa-pipa air pendingin, sehingga panas udara akan terserap oleh air

pendingin (*Raw Water*). Dalam hal ini air laut, sebagai bahan pendingin dalam *intercooler* memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, seperti panas jenis besar pada kepekatan relatif tinggi. Berarti bahwa per-satuan volume dapat ditampung, sehingga kapasitas pompa dan dayanya dapat dibatasi, meskipun memiliki sifat yang menguntungkan tersebut diatas, air laut tidak secara langsung digunakan untuk pendinginan dari motor diesel.

Air tersebut mengandung antara lain : prosentase tinggi mineral yang larut didalamnya. Mineral tersebut akan menjadi kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras dibagian permukaan yang didinginkan. Kerak tersebut mengganggu perpindahan panas dan akan membuntu saluran pendinginan yang sempit. Disamping itu dengan kadar klorida yang tinggi dari air laut, maka kemungkinan *korosi* pada saluran pendinginan dalam *intercooler*. Dengan alasan tersebut diatas maka dipasang *zink anode* pada tiap *cover* atau penutup pada pipa-pipa air laut pada *intercooler*.

2. Pembilasan

a. Pengertian Pembilasan

Menurut Handoyo (2014), pembilasan adalah pembuangan gas buang dengan jalan meniup gas buang dengan udara bersih. pembilasan diperlukan untuk menjamin bahwa udara yang terdapat didalam ruang bakar untuk proses pembakaran berikutnya adalah udara bersih. Karena apabila masih terdapat gas buang di dalam ruang bakar maka pasokan oksigen tidak akan cukup dan pembakaran yang terjadi tidak sempurna.

b. Macam-Macam Sistem Pembilasan

1) Pembilasan melintang

Jalannya udara pada pembilasan melintang adalah menyilang terhadap sumbu piston. Udara pembilas diharapkan dapat mencapai puncak ruangan silinder tetapi ada kemungkinan udara bilas tersebut keluar melalui lubang buang yang hampir berhadapan dengan lubang bilas. Untuk mengatasi hal itu puncak piston dibuat miring atau saluran masuknya dibuat miring ke atas.

Keuntungan sistem ini yaitu adanya udara tambahan sehingga daya motor lebih besar. Pengisian tambahan tersebut terjadi setelah lubang buang tertutup oleh *piston*.

2) Pembilasan membalik

Sistem pembilasan membalik udara bilas dibelokkan sejauh mungkin dalam ruang silinder. Akibat belokannya jalan udara tersebut terdapat sudut mati sehingga ada sebagian tertentu yang tidak terlewati udara bilas. Kelemahan lainnya adalah lubang bilas dan lubang buang di buat pada satu sisi sehingga pembagian panas kurang merata. Perbedaan panas menimbulkan tegangan dalam silinder sehingga kerusakan silinder lebih cepat maka gerakan udara bilas yang masuk ke dalam silinder bergerak membalik kesisi yang sama.

3) Pembilasan memanjang

Pada pembilasan memanjang udara bilas mengalir lurus dari lubang bilas di bawah ke lubang buang di atas. Keuntungan dari pembilasan memanjang yaitu :

- a) Udara pembilasan bergerak 1 kali langkah torak sedangkan tipe yang lain 2 kali langkah torak.
- b) Udara pembilasan mengalir dari bawah keatas sehingga pembilasan mencapai lebih dari 90% karena tidak adanya sudut-sudut mati.

4) Pembilasan memutar

Pada sistem pembilasan memutar cara kerjanya hampir sama dengan sistem pembilasan membalik, perbedaannya adalah lubang – lubang keluaranya gas buang terletak pada posisi berseberangan dengan lubang masuk udara bilas.

c. Sistem Kerja Pembilasan

Pembilasan dilakukan dengan jalan melakukan *overlap* antara langkah hisap dan langkah buang dengan kata lain kedua langkah tersebut terjadi pada satu waktu. Pada motor diesel dua langkah proses *scavenging* berlangsung lebih lama karena volume yang harus dibilas

juga lebih besar karena *port*/lubang hisap dan bilas dapat dikatakan sejajar maka pada pojok-pojok ruang bakar akan sulit dibersihkan dari gas-gas buang kecuali bila udara bersih yang digunakan untuk membersihkan gas buang mempunyai tekanan yang tinggi (Handoyo, 2014).

Udara pembilasan juga akan mendorong gas sisa pembakaran yang belum keluar melalui katup buang di kepala silinder, lurus dari bagian bawah ke bagian atas silinder.

Karena aliran udara pembilas yang lurus maka efisiensi pembilasannya menjadi tinggi. Aliran udara pembilas yang lurus akan mengurangi kecenderungan terjadinya turbolensi udara dan juga terjadinya pencampuran antara udara pembilas (*fresh air*) dengan gas sisa pembakaran menjadi berkurang. Dengan pembilasan udara yang lebih baik ini, juga akan meningkatkan kualitas pembakaran, sehingga tekanan efektif rata-rata meningkat dan unjuk kerja mesin secara umum akan lebih baik.

Menurut Endrodi (2005), bahwa pada motor 2 tak pembilasan gas buang oleh udara tidak menghasilkan pembilasan yang maksimum dimana masih terdapatnya sisa-sisa gas pembakaran didalam ruang silinder akan mengakibatkan tidak/kurang sempurnanya pembakaran bahan bakar sehingga pemakaian bahan bakar yang boros tiap jam.

Diantara beberapa sistem pembilasan dapat disimpulkan bahwa pembilasan memanjang / *uniflow scavenging* dapat dianggap yang terbaik dengan alasan:

- 1) Udara pembilasan bergerak 1x langkah torak sedangkan tipe yang lain 2x langkah torak.
- 2) Udara pembilasan bergerak/mengalir dari bawah keatas sehingga pembilasan mencapai lebih dari 90% karena tidak adanya sudut-sudut mati.
- 3) Dengan diameter yang sama dan daya yang sama maka langkah torak dapat diperbesar sehingga *rpm* lebih kecil berarti slip baling-baling juga kecil, pemakaian bahan bakar lebih hemat.
- 4) Jarak lubang udara bilas terhadap lubang gas buang cukup jauh sehingga tidak terjadi ketegangan bahan pada silinder *liner*. Dengan kata lain silinder *liner* lebih awet.

d. Fungsi Pembilasan

Pembilasan yang bagus dan panas yang didapat pada kompresi torak, serta pengabutan bahan bakar yang bagus, juga akan menghasilkan pembakaran yang sempurna, tanpa adanya partikel bahan bakar yang tidak terbakar. Dengan demikian usaha yang dihasilkan motor diesel dapat maksimal. Selain itu perlu diperhatikan tahap-tahap

pemeriksaan pada sistem udara bilas dengan melihat jam kerja motor induk dalam menunjang kelancaran diatas kapal .

e. Pemeriksaan dan Perawatan Sistem Pembilasan

1) Pemeriksaan secara rutin dalam sistem pembilasan udara dilakukan

sebagai berikut :

- a) Memeriksa temperatur udara bilas yang keluar dari *intercooler*.
- b) Memeriksa tekanan udara bilas.
- c) Memeriksa sambungan-sambungan saluran udara *turbocharger* keruang udara bilas, untuk memastikan tidak adanya kebocoran pada sambungan tersebut.
- d) Mencerat udara bilas pada ruang udara bilas dengan membuka kran ceratnya.
- e) Memeriksa minyak lumas, pendinginan dan penunjukan putaran pada *turbocharger*.
- f) Memeriksa suhu dan tekanan air laut pendingin pada *intercooler*.
- g) Pemeriksaan secara berkala dalam sistem pembilasan udara sebagai salah satu program perawatan.

Hal ini mengingat pada mesin induk dalam jangka waktu pengoperasian tertentu, mempunyai batas dalam meningkatkan kemampuan kerja. Seperti tiap 300 - 400 jam kerja diadakan pembersihan saringan udara pada *turbocharger* (sisi blower). Setiap

3000 jam kerja pembersihan pada *intercooler*, baik pada sisi air laut maupun sisi udaranya. Pemeriksaan ruang udara bilas tiap 500-1000 jam kerja mesin induk. Semua hal ini berguna untuk mencegah adanya kerusakan yang lebih parah.

- 2) Pemeriksaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan di dalam kamar mesin induk.

Biasanya kerusakan terjadi pada bagian mesin yang sudah lama dipakai atau sudah aus, dapat juga akibat kelalaian dalam mengoperasikan atau menjalankan perawatan yang sesuai prosedur pada mesin induk. Mesin induk sangat diperlukan pada prosedur perawatan yang telah ditentukan, agar mesin dapat beroperasi dengan baik dan daya kerjanya dapat dipertahankan.

3. Termodinamika

Termodinamika adalah ilmu pengetahuan mengenai kalor dan mengenai sifat-sifat yang berhubungan dengan kalor dan usaha serta pengukurannya. Kalor diartikan sebagai perpindahan energi yang disebabkan oleh perbedaan suhu, sedangkan usaha merupakan perubahan energi melalui cara-cara mekanis yang tidak disebabkan oleh perubahan suhu (Khuriati, 2007).

Pada dasarnya termodinamika sering digunakan pada kehidupan sehari-hari, termodinamika direkayasa sedemikian rupa sehingga menjadi suatu bentuk mekanisme yang bisa membantu manusia dalam kegiatannya.

Pada kehidupan dikapal termodinamika diterapkan untuk mengetahui perpindahan kalor dari suatu zat ke zat lainnya, contohnya pada *turbocharger*, sebelum dan melewati *turbocharger* untuk mengetahui efisiensi suhu udara yang akan masuk ke dalam *intercooler*.

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk menambah asupan udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang hasil dari pembakaran. Jika sebelumnya udara yang akan dimasukkan kedalam silinder hanya mengandalkan kevakuman yang dibentuk dari pergerakan piston saat bergerak dari TMA ke TMB atau saat langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin yang digerakkan oleh tenaga dari gas buang hasil pembakaran.

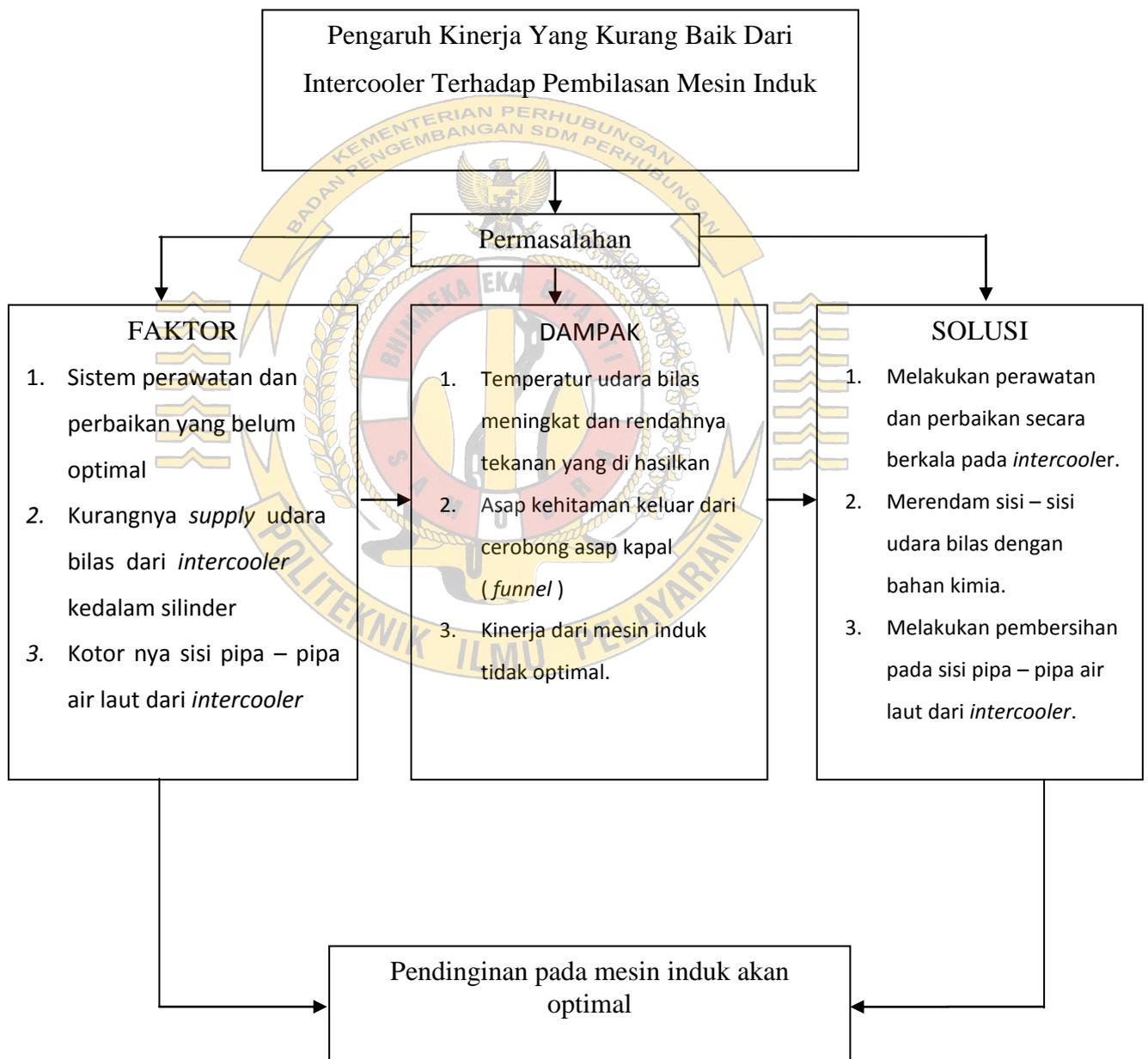
4. Mesin Induk

Mesin Induk (*Main Propulsion Engine*), suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju atau mundur (Handoyo, 2014).

B. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pemikiran yang disusun dalam upaya memudahkan pembahasan laporan penelitian terapan. Dirangkum menjadi skripsi dengan mengambil pembahasan mengenai *intercooler* pada mesin induk di kapal MV.ARMADA SETIA, yang bahasannya tidak terlepas dari perumusan dan batasan masalah yang telah diterangkan pada bab sebelumnya, diantaranya mengenai

terganggunya pengoperasian kapal yang disebabkan karena ada nya masalah pada mesin induk dan *intercooler* sebagai faktor pendukungnya, masalah mesin induk dan *intercooler* sebagai faktor pendukung yang ikut menentukan tenaga mesin induk sebagai mesin penggerak utama kapal.



Gambar 2.2 Kerangka Pikir Penelitian

C. Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan definisi praktis / operasional tentang variabel atau istilah-istilah lain yang dianggap penting dan sering di temukan sehari-hari dilapangan dalam penelitian ini. Definisi operasional yang sering dijumpai pada *intercooler* pada saat penulis melakukan penelitian antara lain :

1. *Turbocharger*

Adalah pesawat yang digerakkan oleh gas buang mesin induk yang berfungsi untuk memompa udara, yang digunakan untuk pembilasan dan pembakaran dalam silinder.

2. *Intercooler*

Adalah pesawat untuk mendinginkan udara masuk *blower* yang panas karena melewati *turbocharger*, maka udara dari dalam *blower* bersinggungan dengan pipa-pipa air pendingin, sehingga panas udara akan terserap oleh air pendingin.

3. Silinder

Merupakan suatu tempat atau ruang, dimana terjadi pembakaran yang berbentuk silinder dan dilapisi oleh *liner* tempat bergerakna piston naik turun.

4. *Drain*

Membuang air pada suatu komponen pesawat bantu, agar air yang berada pada pesawat bantu tersebut tidak ikut masuk kedalam sistem.

5. Mesin induk

Adalah suatu mesin penggerak utama pada kapal yang berhubungan langsung dengan baling-baling atau *propeller*.

6. *Funnel*

Adalah stuktur untuk ventilasi panas gas buang atau asap dari sisa pembakaran mesin yang digunakan untuk menunjang kerja dari motor bakar yang terbuat dari besi tuang dilapisi asbes.

7. *Scaving air tank*

Berupa ruang pengumpul udara yang bertekanan yang akan masuk kedalam silinder.

8. *Zink anoda*

Berupa logam lunak yang dipasang pada *cover* yang berhubungan langsung dengan air laut, berfungsi untuk menghambat terjadinya *korosi*.