

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Dalam melakukan pembahasan mengenai ruang pembakaran mesin *diesel*, maka perlu diketahui beberapa teori penunjang yang diambil dari berbagai kepustakaan yang berkaitan dengan pembahasan skripsi ini.

1. Pengertian Umum Motor *Diesel*

Menurut P. Van Maanen Jilid I (1983: 1.1), mengatakan bahwa “pada motor *diesel* sesuai penciptanya Rudolf Diesel (1859–1891), udara yang diperlukan untuk pembakaran dikompresikan di dalam silinder oleh torak, sedangkan bahan bakar dalam bentuk halus disemprotkan kedalam udara panas, akibat kompresi akan bercampur dengan baik pada akhir langkah kompresi. Motor *diesel* juga disebut motor ”kompresi udara” atau motor penyemprotan”.

Motor *diesel* adalah suatu motor bakar yang terjadinya pembakaran bahan bakar dalam silinder motornya sendiri atau disebut juga *Internal Combustion Engine*, sedangkan proses terjadinya penyemprotan bahan bakar dalam bentuk kabut dilakukan pada akhir langkah kompresi yaitu bahan bakar segera terbakar karena tekanan udara dan temperatur yang naik pada akhir kompresi, sehingga mampu menyalakan bahan bakar. Motor torak dengan pembakaran dalam, sifat-sifat khasnya terutama ditentukan oleh cara pencampuran bahan bakar dengan udara.

Menurut E. Karyanto (2001: 1), Motor diesel adalah suatu pesawat tenaga yang dapat mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik dengan jalan pembakaran bahan bakar.

Didalam pembagian motor bakar kita mengenal:

- a. Motor Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*) adalah suatu pesawat yang enersinya untuk kerja mekanik yang diperoleh dengan pembakaran bahan bakar dilakukan diluar dari pesawat tersebut.
- b. Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*) adalah suatu pesawat yang enersinya untuk kerja mekanik yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dilakukan di dalam silinder motor itu sendiri.

Menurut Tim Penyusun PIP (2000: 2), bahwa mesin diesel mempunyai ciri khas khusus yaitu :

- a) Hanya udara hisap dan dikompresikan.
 - b) Bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar dalam keadaan kabut.
 - c) Tidak memerlukan alat perantara untuk pembakaran.
2. Pengertian Mesin Diesel menurut “ *Instruction Manual Book* ” *Diesel Engine* MaK 6 MU 601.

Motor *Diesel* adalah jenis motor bakar torak yang biasanya disebut Motor Pembakaran Kompresi (*Compression Ignition Engine*). Pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder motor yang terisi dengan udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi. Berdasarkan hal itu maka dirancang pompa bahan bakar dengan volume yang disesuaikan dengan jumlah udara yang

diperlukan untuk pembakaran sempurna pada temperatur 21°C. Berat jenis udara pada temperatur tersebut adalah 1,131 Kg/m³. Saat mesin telah dipanaskan sebelumnya, mulailah dengan kekuatan 20% dan kemudian ke kekuatan penuh dalam waktu yang disediakan. Jika bahan bakar berat harus dijalankan lagi dan beroperasi antara 20% dan 50% dari nilai daya, bahan bakar harus dari distilat karena produksi pembakaran lebih tinggi. Motor diesel MAK 6 MU 601 merupakan salah satu motor diesel yang digunakan sebagai mesin penggerak utama di kapal KM. Umsini dengan jenis mesin diesel 4 tak 6 *cylinder* dengan *output MCR 6250 at 428 rpm*.

Mesin *diesel* harus mencapai suhu kerja setiap kali mulai berjalan, terutama dalam tes singkat. Menjalankan mesin untuk waktu yang singkat, akan menghasilkan asam sulfur, yang akan merusak katup dan saluran pembuangan, bersama dengan residu pembakaran korosif lainnya. Dengan kontrol lokal atau pemantauan manual mesin, indikator, seperti alat pengukur tekanan, thermometer dan tachometer harus terus dipantau. Stasiun kontrol lokal seharusnya hanya dibiarkan, ketika pembacaan memiliki kira-kira mencapai kondisi tunak dalam yang diinginkan rentang daya. Pada saat mesin berjalan harus menjalankan sirkulasi pendinginan pada bagian yang panas.

Saat *engine Caterpillar* MaK dijalankan dengan bahan bakar berat, *separator* ditentukan untuk menjaga oli bersih. Dengan cara ini kandungan *insolubles* biasanya dapat disimpan di bawah 1% berat. Jika

kontennya meningkat melebihi 1% berat, minyak harus dipisahkan lebih intensif. Batasnya adalah 2% berat. Untuk operasi minyak gas juga *insolubles* pentana atau heptana tidak boleh melebihi 2% berat. Mesin MaK modern dicirikan oleh tingkat konsumsi oli pelumas rendah dari <1 g/kWh, yang dalam kasus individual bahkan mungkin secara signifikan di bawah nilai ini. Dalam kondisi seperti itu persyaratan pengisian ulang yang rendah batas kegunaan dapat dicapai setelah waktu yang lebih pendek, tergantung pada kelas minyak yang digunakan dan pengaruh parameter operasi lainnya. Independen dari jenis perawatan perlu mengisi dengan menambahkan minyak baru. Karena faktor-faktor yang disebutkan di atas, interval penggantian oli yang diindikasikan hanya merupakan nilai panduan. Kriteria penting untuk menentukan waktu untuk penggantian oli adalah sesuai dengan limit nilai yang ditentukan.

3. Pengertian Pembakaran

Pembakaran adalah bahan bakar dimasukkan ke dalam silinder dengan tepat diperlukan mekanisme yang sangat teliti. Untuk pengabutan yang baik dari bahan bakar diperlukan kecepatan penyemprotan yang tinggi (250-350 m/det) untuk pengabutan langsung dan kecepatan penyemprotan tinggi tersebut tercapai dengan tekanan pengabutan yang tinggi pula. Tekanan penyemprotan tersebut dapat ditingkatkan bila kekentalan bahan bakar tidak terlalu tinggi. Kekentalan bahan bakar pada suhu lingkungan normal cukup rendah

maka dari itu bahan bakar harus dipanasi untuk mendapatkan kekentalan penyemprotan yang disaratkan sebesar 15-25 mm/det.

Menurut E. Karyanto (2001: 99), mengatakan bahwa “proses pembakaran motor diesel terjadi dalam ruang bakar silinder motor dengan pengabutan sejumlah bahan bakar solar yang disemprotkan menentang udara bertemperatur tinggi. Pencabutan bahan bakar dengan sempurna dimungkinkan oleh suatu “ Nozzle pengabut” (*Injector Nozzle*), yang ditempatkan dengan moncongnya menghadap ke dalam ruang pembakaran silinder. Udara bersuhu tinggi dihasilkan oleh gerakan piston dalam langkah pemampatan (kompresi) sehingga pada suatu batas tekanan tertentu, timbul pencetusan pembakaran sendiri dan berlangsung pembakaran yang mendadak. Jadi motor diesel tidak diperlukan cetusan bunga api listrik dari luar semacam busi pada motor bensin”.

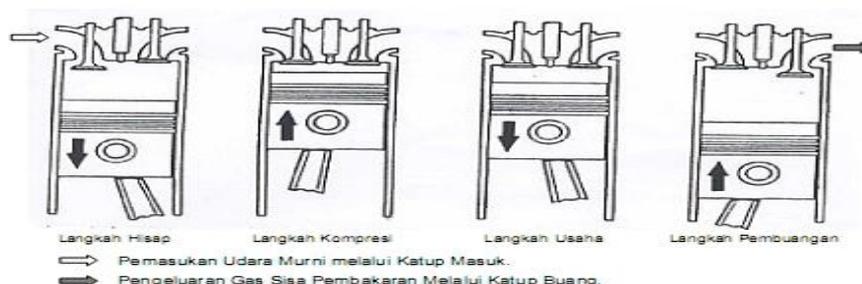
4. Prinsip Kerja Motor Diesel

Cara kerja motor *diesel* berdasarkan pada dua proses yang berlainan, yaitu proses 4 tak dan 2 tak. Pada umumnya motor penggerak poros baling-baling kapal menggunakan motor *diesel*.

Motor Diesel dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

a. Motor diesel 4 langkah atau 4 tak

Motor diesel 4 langkah adalah motor diesel yang setiap 4 langkah torak atau 2 putaran poros engkol akan menghasilkan 1 kali usaha atau tenaga untuk memutar poros engkol. Adapun prinsip kerjanya adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 langkah kerja mesin diesel 4 tak

1) Langkah isap

Pada saat torak digerakkan ke bawah oleh engkol akan terjadi penurunan tekanan akibat penambahan volume diatas torak. Melalui sebuah atau lebih katup masuk, digerakkan secara mekanis, udara dihisap dari atmosfer sekelilingnya, tekanan dalam silinder akan lebih rendah dari tekanan atmosfer.

2) Langkah Kompresi

Pada saat torak sampai dititik mati bawah (TMB) arah gerakan akan membalik. Tidak lama kemudian katup masuk tertutup dan udara dalam silinder akan dikomprimir pada langkah lebih lanjut dari torak. Tekanan udara dalam silinder akan meningkat hingga 35 bar sampai 40 bar, sedangkan suhunya akan meningkat hingga 550 °C sampai 600 °C. Pada akhir langkah kompresi bahan bakar dalam bentuk halus disemprotkan kedalam udara panas, campuran bahan bakar dan udara akan menyala dengan segera.

Penyemprotan bahan bakar masih berlanjut saat tergantung dari type motor, poros engkol menjalani sudut 20°-30 ° selama waktu penyemprotan bahan bakar. Waktu pembakaran dapat berlangsung lebih lama dari pada waktu penyemprotan.

3) Langkah kerja

Setelah torak mencapai TMA lagi dan mulai dengan langkah kebawah tekanan gas dalam silinder masih meningkat

hingga 45 -50 bar sedangkan suhu meningkat hingga 1500 °C-1600 °C. Setelah pembakaran berakhir gas pembakaran akan berekspansi dalam silinder sebagai akibat volume yang meningkat di atas torak. Tekanan dan suhu akan menurun dengan cepat. Menjelang akhir langkah kerja sebuah atau lebih katup terbuka dan gas pembakaran akan mengalir keluar silinder dengan kecepatan tinggi ke saluran gas buang. Pada akhir langkah ekspansi, pada saat katup buang terbuka, suhu gas masih berkisar 600 °C-700 °C dan tekanan gas 3- 4 bar.

4) Langkah Buang`

Selama langkah keatas berikut, gas pembakaran yang masih tertinggal dalam silinder didesak keluar silinder melalui katup buang yang terbuka. Tekanan gas yang lebih besar sedikit dari tekanan atmosfer. Sebelum langkah buang berakhir katup masuk telah terbuka dan setelah mencapai TMA, proses akan dimulai lagi.

Selama keempat langkah tersebut telah terjadi kerja positif dan kerja negative pada sisi atas dan sisi bawah torak. Oleh karena tekanan (atmosfir) di bawah torak tidak berubah selama proses tersebut, maka resultante kerja di bawah torak sama dengan nol sehingga kerja tersebut tidak perlu diperhatikan. Selama langkah masuk oleh udara yang mengalir ke dalam silinder akan mengadakan sejumlah kerja kecil pada torak (kerja

positif). Selama langkah kompresi torak mengadakan kerja pada udara yang ada dalam silinder (kerja negatif) dengan energi yang dibutuhkan diambil dari daya kerja gerak yang terhimpun dalam roda gila yang dipasang pada poros engkol atau dari torak lain yang bekerja pada poros engkol yang sama.

b. Motor diesel 2 langkah atau 2 tak

Motor diesel dua langkah yaitu motor diesel yang setiap dua langkah torak atau satu kali putaran poros engkol akan menghasilkan satu kali usaha atau tenaga untuk poros engkol dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Torak bergerak dari TMB menuju TMA, katup udara bilas mulai membuka 45° sebelum TMB dan diakhiri sampai 45° sesudah TMA, pada saat itu terjadi proses pembilasan gas buang sekaligus pengisian udara kedalam silinder dan diteruskan dengan proses kompresi atau pemampatan udara.

2) Penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder di mulai 10° sebelum TMA dan diakhiri sampai dengan 10° sesudah TMA, sehingga terjadilah pembakaran atau ledakan di dalam ruang kompresi. Sehingga torak bergerak dari TMA menuju TMB sebagai langkah usaha dengan katup gas buang mulai membuka 55° sebelum TMB dan diakhiri 55° sebelum TMB dan diakhiri 55° sesudah TMB.

Dari uraian prinsip kerja dan langkah kerja dari motor diesel di atas dapat disimpulkan, jika mesin sedang beroperasi maka akan menimbulkan panas sehingga agar motor induk dapat bekerja terus menerus dan awet, maka panas yang diterima oleh komponen-komponen mesin diesel misalnya silinder liner, klep gas buang, kepala silinder, harus dipindahkan atau diserahkan kepada media pendingin, tetapi dengan berbagai pertimbangan. Untuk motor diesel kapal dipilih air tawar sebagai media pendingin. Dengan kata lain selama motor diesel bekerja memerlukan pendinginan.

Selain panas yang ditimbulkan oleh hasil pembakaran bahan bakar panas juga ditimbulkan akibat dari gesekan antar dua buah logam, misalnya poros terhadap metalnya, ring-ring torak terhadap linernya. Logam-logam tersebut pada suhu yang tinggi akan meleleh, oleh karena itu panas yang terkandung harus dipindahkan ke media pendingin.

5. Perawatan Media Pendinginan Silinder

a. Pendinginan *Intercooler*

Didalam ruang pembakaran sebuah motor diesel pada waktu pembakaran, maka terjadi suhu pembakaran 1120°C - 1600°C , meskipun periode dari suhu gas yang mendapatkan harga maksimum adalah relative pendek, tetapi suhu rata-rata dalam silinder masih cukup tinggi yaitu sekitar 900°C .

Oleh *turbo charge* dialirkan udara pembilasan dan udara pembakaran ke motor. Akibat kompresi pendahuluan suhu udara

akan meningkat, suhu yang dicapai tergantung dari suhu udara yang dihisap dan perbandingan tekanan dalam *turbo charge*.

Udara yang dihasilkan oleh *intercooler* didinginkan dengan air tawar, dengan penurunan suhu tersebut udara yang masuk ke ruang pembakaran akan mendapatkan kepekatan yang lebih besar. Hal ini akan mengakibatkan pengisian ruang pembakaran yang lebih besar dengan udara pembakaran sehingga lebih banyak bahan bakar yang dapat dibakar dan daya akan meningkat. Pendinginan udara tidak boleh terlalu kuat sehingga mengakibatkan kondensasi dari uap air dalam udara. Karena butir air yang terbawa akan mengakibatkan korosi dalam udara bilas (*intercooler*). Pendinginan udara terdiri dari suatu berkas pipa dan dilengkapi dengan sirip pendingin di sebelah luar.

b. Pendinginan *Cylinder Head*

Cylinder head adalah penutup bagian atas mesin yang mana pada bawah sebelah dalam terdapat ruang-ruang untuk pembakaran. *Cylinder head* tempat dipasangnya alat-alat seperti *injector*, klep isap, klep buang, rocker arm, *safety valve* dan alat-alat lain yang dipasang sebagai pelengkap.

Karena suhu pada bagian bawah sebelah dalam ruang pembakaran sekitar 1500 °C-1600 °C. Suhu yang terjadi di ruang pembakaran tersebut akan diteruskan atau diterima oleh *cylinder head* tersebut, jika tidak mendapatkan pendingin yang baik secara

terus menerus, maka bagian-bagian atau bahan-bahan yang terkena panas tadi akan memuai sehingga pelapis *cylinder head* tersebut akan kehilangan kekuatannya dan akan menimbulkan pemuaian yang berlebihan, sehingga akan menimbulkan kerusakan pada fisik *cylinder head* tersebut.

Untuk menghindari terjadinya hal tersebut, maka diperlukan adanya suatu ruangan pendingin yang secara terus menerus selama terjadinya pembakaran dialirkan air pendingin. Adanya tujuan dari pendinginan tersebut adalah :

- 1) Untuk memaksimalkan kerja dari bagian *cylinder head*.
- 2) Untuk menstabilkan suhu pada bagian *cylinder head*.
- 3) Pencegahan korosi akibat suhu tinggi.
- 4) Mengurangi kelelahan bahan

6. Air Pendingin

Menurut P. Van Maanen Jilid I (1983: 8.2), mengatakan bahwa “sebagai media pendingin untuk kapal laut bahan pendingin tersebut dengan mudah sekali didapat, dan tersisa berlimpah-limpah. Air laut, sebagai bahan pendingin, memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, seperti panas jenis besar pada kepekatan relatif tinggi. 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 sistim pendinginan menjadi sederhana dalam penataanya.

Air tawar di atas kapal sangat mahal sekali harganya, sehingga tak memiliki beberapa sifat yang kurang baik. Dengan menghilangkan udara yang ada di dalamnya 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 motor”.

Didalam air pendingin motor induk selalu ada bahan-bahan yang tidak diinginkan yang disebabkan karena air yang diterima dari darat masih mengandung mineral dan bahan-bahan organik. Adapun bahan-bahan yang dapat ikut didalam air antara lain sebagai berikut :

- a. Jenis Bikarbonat seperti $(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)$ Calsium Bikarbonat dan $(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)$ Magnesium Bikarbonat.
- b. Jenis SULPHAT dan CHLORIDA, seperti (Ca SO_4) Calsium sulfat, (Mg SO_4) Magnesium sulfat, (Ca Cl_4) Calsium clorida, (Mg Cl_2) Magnesium clorida.
- c. Garam dapur seperti (Na Cl) Natrium clorida
- d. Silisium dioksida : SiO_2 , air tawar 50 mg/ltr, air laut 1 mg/ltr
- e. Gas-gas seperti $\text{CO}_2, \text{NH}_3, \text{N}_2, \text{dsb.}$
- f. Bahan organis (berasal dari sisa tumbuhan atau binatang).

Golongan I disebut bahan kekerasan sementara Golongan II disebut Bahan kekerasan kekal. Kekerasan sementara disebut juga kekerasan bikarbonat. Golongan ini mudah sekali larut dalam air pada suhu rendah dan sebaliknya akan memisah pada suhu yang tinggi.



(Kapur mengendap tapi tidak menjadi keras)

CO_2 sangat tidak diinginkan karena dengan O_2 akan merusak baja, akan dihasilkan FeCO_2 (Ferro-Karbonat) dan akan berurai lagi menjadi

oksida besi dan CO_2 ini akan berlangsung sampai 1100°C . Sebagian dari bahan kekerasan dapat dipisahkan dan terutama CO_2 sudah bisa keluar.

Kekerasan kekal beban utamanya ialah CaSO_4 (gips) dan akan mengendap pada permukaan yang akan dipanaskan sebagai bantuan berupa lapisan yang keras pada suhu tinggi 1200°C kelutannya dapat berkurang, bantuan sangat menghambat penyerahan panas yang jauh lebih besar dari pada baja.

7. Proses Pengendapan dan Korosi

Adanya bahan-bahan larutan didalam air pendingin motor induk yang umumnya tidak berguna antara lain dapat menimbulkan:

a. Pengendapan

Jika garam tetap dalam keadaan larut, tidak akan menimbulkan kerusakan, asalkan batas konsentrasi belum dilampaui. Jika batas ini dilampaui akan terjadi pengendapan. Endapan dapat berbentuk endapan yang lunak dan melayang atau endapan yang keras dan melekat. Pengendapan terjadi dalam waktu lama. Untuk endapan yang lunak dan melayang dapat dikeluarkan sedangkan endapan yang keras dan melekat berupa batuan dapat menyebabkan suhu bahan menjadi tinggi karena tidak ada pendinginan sehingga menjadi lemah atau terbakar. Bahan-bahan utama yang menyebabkan endapan yang keras dan melekat ialah jenis-jenis barang yang berasal dari Calcium dan Magnesium.

b. Korosi

Korosi dapat diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap musuh umum untuk masyarakat. Karat (*rust*) adalah sebutan yang bagi korosi pada besi, sedangkan korosi adalah gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Walaupun besi bukan logam pertama yang dimanfaatkan oleh manusia, tidak perlu diingkari bahwa logam itu paling banyak digunakan, dan karena itu awal menimbulkan masalah korosi serius. Karena itu tidak mengherankan bila istilah korosi dan karat hampir dianggap sinonim.

Baja bereaksi sangat cepat dengan air atau uap. Berturut-berturut terjadi lapisan-lapisan :

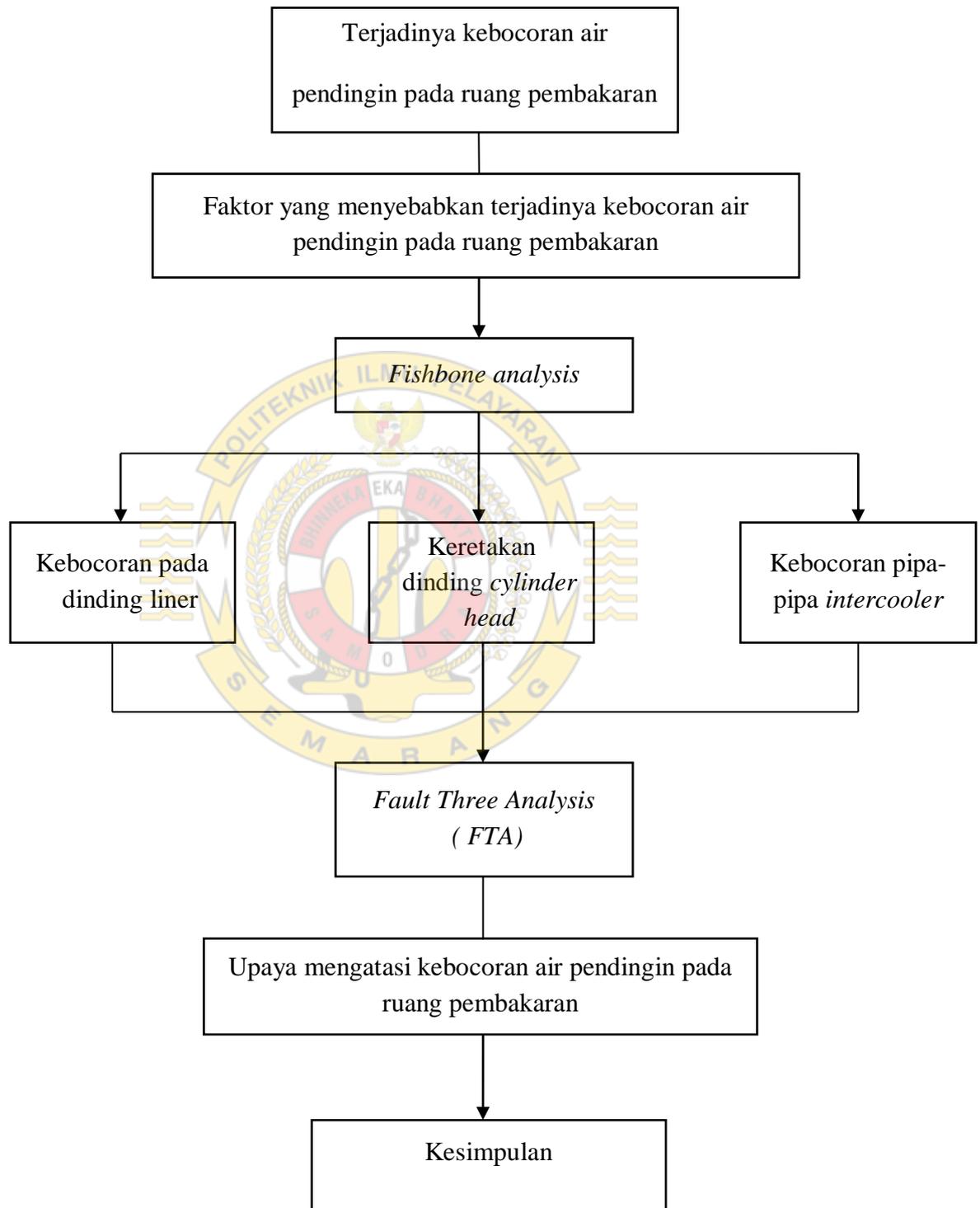
(Fe O dan Fe₃ O₄) merupakan lapisan pelindung:

(Fe₃O₄ = Magnetit)

Stabilitas dari lapisan pelindung dipengaruhi oleh :

- 1) H⁺ ion konsentrasi atau nilai PH pada daerah basa lemah antara nilai PH 9,6-11 oleh Na OH lapisan pelindung dapat rusak. Pada keadaan netral, nilai PH 7,0 air masih agresif terhadap Fe.
- 2) Beban mekanis seperti getaran, perubahan bahan *cylinder head* terlalu besar, perubahan suhu pada badan motor induk terlalu cepat. Ini semua mengakibatkan terjadinya regang yang berbeda antara baja semua dan lapisan mengalami retak.

B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.2 Kerangka pikir

Untuk mempermudah pembahasan skripsi mengenai penyebab kebocoran air pada ruang pembakaran mesin diesel maka perlu mengidentifikasi permasalahan kerja system pendinginan, kurang optimalnya perawatan mesin diesel dan pengaduan suku cadang yang kurang efisien. Dari keseluruhan uraian hasil observasi, maka dapat diambil kesimpulan yang kemudian akan diusulkan alternative pemecahan masalah dan dicarikan solusinya serta langkah-langkah pencegahannya, antara lain dengan melakukan perawatan dan pemeriksaan terhadap peralatan yang mendukung kerja system pendingin, serta melakukan perawatan dan pemeriksaan terhadap mesin induk. Masalah-masalah tersebut perlu diperhatikan guna kelancaran pengoperasian mesin induk. Selanjutnya, penulis mencoba menganalisa penyebab kebocoran air diruang pembakaran mesin induk, dan perlunya ditingkatkan pengontrolan dan perawatan secara teratur setiap hari sesuai jam kerja dari mesin induk tersebut agar dapat beroperasi dengan baik.

C. Definisi Operasional

Selanjutnya agar tidak terjadi pemahaman yang keliru, maka disampaikan pengertian-pengertian komponen tersebut:

1. *Sump tank* adalah penampung minyak lumas yang terdapat pada mesin dengan system pelumasan tekanan.
2. *Tanki ekspansi* adalah sebagian tempat penampung air terhadap kelebihan air karena ekspansi, memelihara tekanan konstan, mencegah gelembung udara dan menambah kekurangan air dalam system.

3. *Cylinder head* adalah bagian mesin diesel yang digunakan untuk menutup blok motor bagian atas, dimana antara kepala silinder dengan ruang pembakaran dapat dipisahkan.
4. *Crank case* adalah bagian tengah struktur mesin yang melingkupi bagian yang bekerja.
5. *Batang engkol* adalah bagian mesin yang menghubungkan torak keporos engkol. Bagian ini mengubah gerak bolak-balik torak kepada unit yang digerakkan dalam bentuk gerak putar.
6. *Poros engkol* adalah bagian yang meneruskan gerak bolak-balik torak kepada unit yang digerakkan dalam bentuk gerak putar.
7. *Lapisan silinder* adalah bagian silinder mesin yang disisipkan ke dalam jaket silinder atau blok silinder dan didalamnya torak bergerak atau meluncur.
8. *Cylinder jaket* adalah selubung luar yang membentuk ruang disekeliling silinder mesin yang memungkinkan sirkulasi air pendingin.
9. *Torak (piston)* adalah bagian silinder yang bergerak bolak balik didalam lubang silinder mesin meneruskan gaya dari tekanan gas melalui batang engkol ke poros engkol.
10. *Piston ring* adalah cincin belah ditempatkan didalam alur torak untuk membentuk sambungan anti bocor antara torak dan dinding silinder.