

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Mesin Diesel

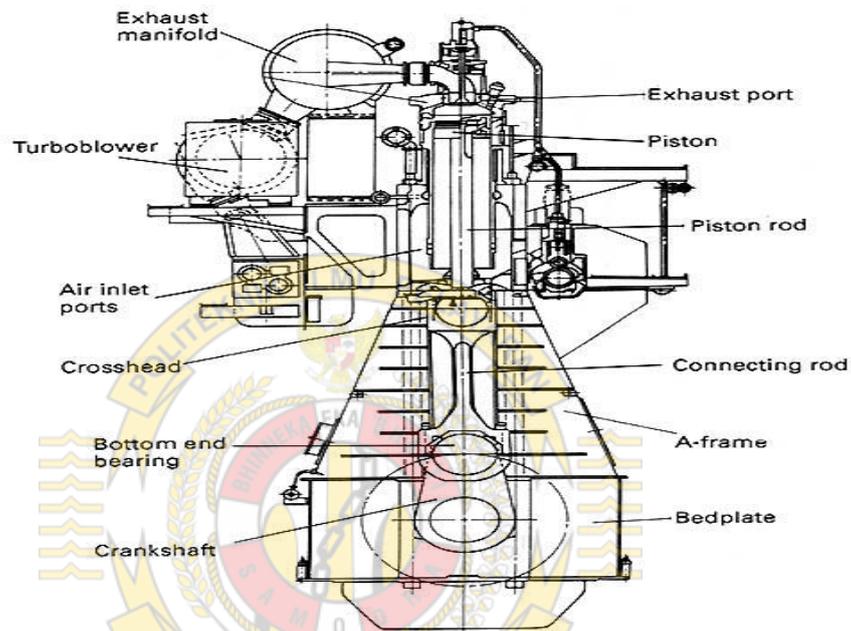
Menurut Armstrong dan Proctol (2013), mesin diesel adalah mesin pembakaran internal dimana udara dikompresi ke suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan bahan bakar diesel yang disuntikkan ke dalam silinder, di mana pembakaran dan pemancaran menggerakkan piston yang mengubah energi kimia yang dalam bahan bakar menjadi energi mekanik, yang dapat digunakan untuk truk pengangkut barang, traktor besar, lokomotif, dan kapal laut.

a. Siklus 2 Langkah

Siklus dua langkah, seperti namanya, diselesaikan dalam satu revolusi, dan biasanya revolusi secara umum terbagi menjadi tiga periode yang kira-kira sama, yaitu: kompresi, pembakaran, dan ekspansi, gas buang dan pembilasan, Pounder (1983:6)

Pada mesin diesel 2 langkah *piston* sangat kuat terhubung dengan *piston rod* yang melekat pada ujung *crosshead bearing*, ujung atas dari *connecting rod* terhubung juga pada *crosshead bearing*. Lubang atau celah yang disusun dalam *cylinder liner* berguna untuk masuknya udara dan katup di *cylinder head* mengeluarkan gas buang. Masuknya udara dari *turbo blower* yang didorong oleh keluarnya gas buang, poros engkol bekerja sama

dalam *bedplate* oleh bantalan utama. Sebuah *frames* yang terpasang di *bedplate* dan tempat kedudukan *guides* bersama *crosshead* bergerak naik turun. *Entablature* terpasang di atas *frames* dengan *cylinder*, *cylinder head* dan ruang *scavenge*, Taylor (2002:14)



Sumber: Leduc (2001)

Gambar 2.1. Mesin diesel 2 langkah

1) Pengertian Mesin Diesel 2 Langkah

Siklus dua langkah selesai dalam dua langkah *piston* atau satu putaran *crankshaft*. Untuk mengoperasikan siklus ini di mana setiap peristiwa dicapai dalam waktu yang sangat singkat, mesin membutuhkan sejumlah pengaturan khusus, Taylor (2002:9)

Siklus mesin diesel 2 langkah menurut Maanen (1.13-1.15), sebagai berikut:

a) Langkah Pembilasan

Pada awal langkah ini udara yang dihasilkan oleh pompa bilas, mengalir ke dalam silinder melalui pintu-pintu bilas yang telah terbuka. Oleh sebab katup buang juga terbuka oleh nok buang, maka udara bilas yang mengalir ke dalam akan mendesak gas pembakaran yang masih ada dalam silinder dari proses sebelumnya, ke dalam saluran buang gas pembakaran melalui katup sehingga sekurang-kurangnya dibilas dengan baik atau gas dari sisa hasil pembakaran ditekan keluar melalui katup buang dan diisi dengan udara bilas yang baru, sehingga hanya udara bilas yang bersih yang berada di dalam ruang bakar. Berikut ini adalah gambar dari langkah pembilasan pada motor diesel 2 langkah:



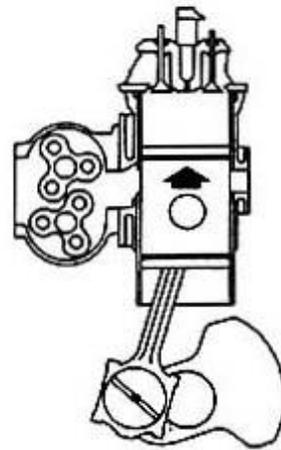
Sumber : Leduc (2001)

Gambar 2.2. Langkah Pembilasan

b) Langkah Kompresi

Pada langkah ini lubang pembilasan tertutup oleh torak yang bergerak ke atas menuju TMA dan katup buang juga tertutup maka dimulailah proses kompresi. Gerakan torak ke atas akan menyebabkan tekanan udara dalam silinder meningkat sehingga temperatur udaranya juga naik. Dan beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA bahan bakar mulai disemprotkan (dikabutkan) dengan injektor ke dalam silinder, karena temperatur udara sangat tinggi sehingga bahan bakar yang dikabutkan tersebut akan terbakar.

Proses pembakaran ini akan menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur gas secara drastis, kondisi maksimal akan terjadi beberapa saat setelah torak mulai bergerak ke bawah. Gas bertekanan tinggi ini akan mendorong torak bergerak ke bawah dan melalui batang torak akan memutar poros engkol. Berikut ini adalah gambar dari langkah kompresi pada motor diesel 2 langkah:



STROKE 1
COMPRESSION

Sumber : Leduc (2001)

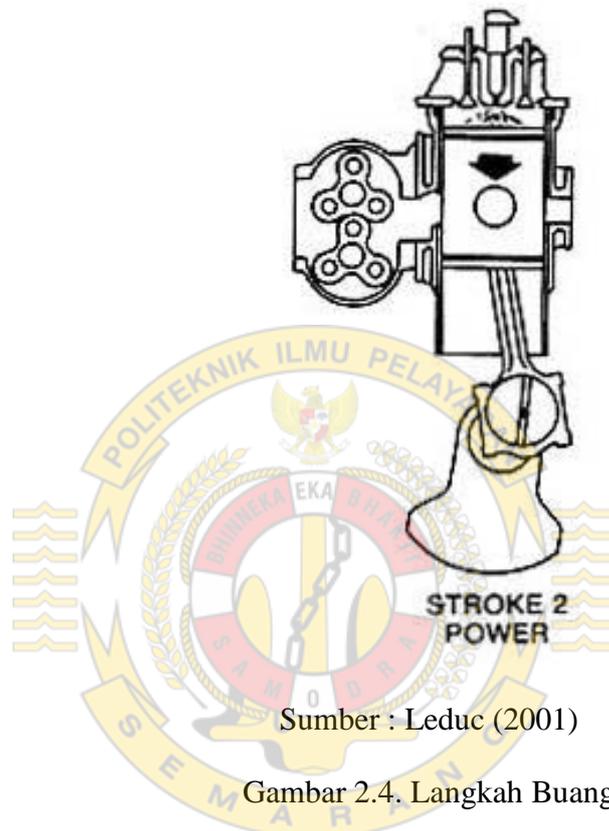
Gambar 2.3. Langkah Kompresi

c) Langkah Buang

Pada awal langkah kerja lintasan tekanan dan suhu dalam silinder identik dengan langkah motor 4-tak. Menjelang 20% sebelum langkah tersebut katup buang dibuka oleh nok buang sehingga sebagian besar dari gas pembakaran mengalir dengan kecepatan tinggi ke saluran gas buang. Tekanan gas dalam silinder akan menurun dengan cepat dan pada saat torak membuka pintu-pintu bilas tekanan dalam silinder sudah agak rendah dari tekanan bilas dan proses pembilasan dapat dimulai kembali.

Menurut Maanen (1.13-1.15) Pada motor 2 tak juga dihasilkan langkah kompresi negatif dan pada langkah kerja positif. Pergantian gas seakan-akan tidak memerlukan kerja

akan tetapi untuk menyerahkan udara pembilasan dan udara pembakaran diperlukan pompa bilas yang digerakkan oleh motor, berarti memerlukan energi.



Gambar 2.4. Langkah Buang

b. Pembakaran Bahan Bakar

Menurut Daryanto (2009:105), sistem pembakaran bahan bakar adalah jantung mesin diesel dan dikonstruksikan dengan ketelitian dan bahan-bahan bermutu dan merupakan sistem vital yang mempengaruhi kerja mesin diesel. Bagian-bagian terpenting untuk pemasukan dan pengabutan bahan bakar adalah pompa bahan bakar dan injektor. Pompa bahan bakar mendesak bahan bakar pada saat yang tepat dengan tekanan 300-500 bar melalui lubang mulut pengabut yang sangat kecil kedalam ruang bakar. Garis tengah

lubang-lubang pengabut berkisar 0,4 – 0,9 mm. Tekanan semprot yang tinggi dibutuhkan untuk memberi kecepatan awal yang tinggi kepada pancaran minyak. Akibatnya adalah terjadinya penyemprotan halus dan percikan minyak terdesak sejauh mungkin kedalam ruang bakar untuk mendapat campuran yang baik dengan udara pembakaran.

Menurut Maanen (1997: 1-9), pembakaran adalah persenyawaan secara cepat dalam proses kimia antara bahan bakar udara dan suhu yang cukup untuk penyalaan. Pada mesin induk udara tersebut dikompresikan sehingga terjadi reaksi kimia yaitu pembakaran di dalam silinder, panas hasil pembakaran selanjutnya diubah menjadi tenaga mekanik. Pada mesin induk pembakarannya terjadi dikarenakan oleh bahan bakar minyak yang disemprotkan berupa kabut kedalam silinder yang bercampur dengan udara yang bersuhu tinggi. Dalam hal kecepatan pembakaran tergantung pada baik buruknya percampuran udara dengan bahan bakar. Oleh karena itu maka bahan bakar harus dikabutkan sehingga reaksi pembakaran dapat berlangsung dengan cepat.

Prinsip dari pengabutan menurut Maanen (1997: 1-9), ialah menekan bahan bakar berupa zat cair dengan tekanan yang sangat tinggi melalui lubang yang sangat kecil pada nozzle. Semakin baik pengabutan bahan bakar maka akan semakin sempurna pembakarannya. Dalam ruang pembakaran selain terjadi suhu yang

tinggi akan terjadi tekanan yang maksimum akibat pembakaran. Apabila campuran bahan bakar dengan udara tidak sesuai maka proses pembakaran tidak akan terjadi dengan sempurna, Maanen (1997: 1-9).

Menurut Maanen (1997: 1-9), akibat yang ditimbulkan dari pembakaran yang kurang sempurna adalah sebagai berikut:

- 1) Kerugian panas dalam motor menjadi besar Karena tidak seluruhnya bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor ke dalam silinder terbakar (sebagian terbakar atau terbang melalui cerobong) sehingga panas yang dihasilkan menurun maka dari itu tenaga yang dihasilkan akan berkurang.
- 2) Sisa-sisa pembakaran akan melekat pada lubang isap dan pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang sehingga katup tidak dapat menutup rapat.
- 3) Sisa-sisa pembakaran akan melekat pada dinding silinder dan kepala torak, yang mana pada liner terdapat lubang sebagai tempat keluarnya minyak lumas sehingga jika ada jelaga yang diakibatkan oleh pembakaran tidak sempurna menutupi lubang tersebut maka pelumasan akan terganggu.

2. Injektor

Menurut Karyanto (2001:133), injektor dalam istilah lain disebut *Injection Nozzle* adalah suatu alat yang menyemprotkan bahan bakar solar dalam hamburan yang sangat halus (bentuk kabutan) kedalam

suatu udara yang sedang dipadatkan (dikompresikan) didalam ruang bakar silinder motor, dimana udara yang dipadatkan itu memiliki suhu yang cukup tinggi.

Penghamburan dari bahan bakar kedalam udara yang bersuhu tinggi menyebabkan bahan bakar menguap dan membentuk gas dan selanjutnya bahan bakar berubah menjadi gas dan akan terbakar. Pembakaran bahan bakar akan menimbulkan panas yang tinggi akan memiliki tenaga tekanan yang sangat besar, Karyanto (2001:133).

Menurut Sasongko (2002; 10.6), sebab-sebab tidak baik bekerjanya dari injektor bahan bakar dapat disebabkan keausan yang normal atau karena pemakaian yang tak benar. Keausan yang abnormal dapat terjadi karena adanya partikel yang keras di dalam bahan bakar yang ikut yang justru menggores bidang-bidang yang presisi dari pompa-pompa dan injektor, menimbulkan keausan yang berlebihan, menutup lubang-lubang pengabut dan menimbulkan kebocoran bahan bakar. Dengan kebocoran bahan bakar antara jarum dan nozzle pengabut yang selanjutnya dapat tertutup dengan lapisan karbon yang menimbulkan perubahan tekanan bahan bakar pada injektor dan merusak otomatisasi dari nozzle. Dengan adanya partikel keras antara jarum dan badan nozzle dapat menyebabkan terjepitnya jarum, apabila lubang pengabut rusak dan kehilangan bentuk sebenarnya dan akan mengganggu otomatisasi dan pencampuran bahan bakar dengan udara. Kerja injektor juga dapat terganggu jika kelenturan dari pegas berkurang atau pegas patah.

a. Syarat Injector

Menurut Ismanto (2012:2), persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh sistem injeksi adalah sebagai berikut :

1) Penakaran.

Penakaran yang teliti dari bahan bakar berarti bahwa banyaknya bahan bakar yang diberikan untuk tiap silinder harus dalam kesesuaian dengan beban mesin dan jumlah yang tepat sama dari bahan bakar yang harus diberikan kepada tiap silinder untuk setiap langkah daya mesin. Hanya dengan cara ini mesin akan beroperasi pada kecepatan yang tetap.

2) Pengaturan Waktu.

Pengaturan waktu yang layak berarti mengawali injeksi bahan bakar pada saat diperlukan adalah mutlak untuk mendapatkan daya maksimum dari bahan bakar dengan baik serta pembakaran yang sempurna. Kalau bahan bakar diinjeksikan terlalu awal dalam dapur, maka penyalaan akan diperlambat karena suhu udara pada titik ini tidak cukup tinggi. Keterlambatan yang berlebihan akan memberikan operasi yang kasar dan berisik dari mesin serta memungkinkan kerugian bahan bakar karena pembasahan dinding silinder. Akibatnya adalah boros bahan bakar dan asap gas buang hitam dan tidak akan membangkitkan daya maksimum.

3) Kecepatan Injeksi Bahan Bakar.

Berarti banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar dalam satu satuan waktu dalam satu derajat dari perjalanan engkol, kalau dikehendaki untuk menurunkan kecepatan injeksi harus digunakan ujung *nozzel* dengan lubang yang lebih kecil, untuk menaikkan jangka waktu injeksibahan bakar.

4) Pengabutan.

Bahan bakar menjadi semprotan mirip kabut, tetapi harus disesuaikan dengan jenis ruang bakar. Pengabutan yang baik akan mempermudah pengawalan pembakaran dan menjamin bahwa setiap butiran kecil dari bahan bakar dikelilingi oleh partikel oksigen yang dapat bercampur.

5) Distribusi.

Distribusi bahan bakar harus dapat menyusup keseluruhan bagian ruang bakar yang berisi oksigen untuk pembakaran. Kalau tidak didistribusikan dengan baik maka sebagian dari oksigen tidak akan dimanfaatkan dan keluaran daya mesin akan rendah.

b. Metode Penyemprotan Bahan Bakar

Menurut Maanen (1997: 1-9), mengenai cara penyemprotan bahan bakar dan pembentukan campuran dikenal dua sistim utama :

1) Penyemprotan Tidak Langsung

Dalam hal ini bahan bakar disemprotkan ke dalam sebuah ruang pembakaran pendahuluan yang terpisah dan ruang pembakaran utama. Ruang tersebut memiliki 25 s/d 60% dari volume total ruang pembakaran. Sistem tersebut diterapkan dengan beberapa variasi. Pada sistem penyemprotan pendahuluan bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang tersebut melalui sebuah pengabut berlobang tunggal dengan tekanan penyemprotan relatif rendah ± 100 bar. Pengabutan pada tekanan tersebut kurang baik sekali, akan tetapi bahan bakar dapat menyala dengan cepat akibat suhu tinggi dinding ruang pendahulu tersebut.

Pada motor dengan ruang pusing di tempatkan sebuah ruang pembakaran berbentuk bola di dalam kepala silinder. Ruang tersebut berhubungan dengan ruang pembakaran utama melalui sebuah saluran tengensial. Pada waktu kompresi sebagian dari udara pembakaran melalui saluran penghubung didesak ke dalam ruang pusing berbentuk bola sehingga udara akan berputar. Bahan bakar selanjutnya melalui sebuah pengabut berlobang tunggal disemprotkan ke dalam ruang pusing sehingga bercampur dengan udara yang tersedia. Karena sebagian permukaan dinding ruang pusing tidak didinginkan, maka udara yang berputar di dalam akan memiliki suhu yang tinggi sehingga bahan bakar terbakar dengan cepat tanpa gejala detonasi.

2) Penyemprotan Langsung

Bahan bakar dengan tekanan tinggi (pada motor putaran rendah hingga 1000 bar dan pada motor putaran menengah yang bekerja dengan bahan bakar berat hingga 1500 bar) disemprotkan ke dalam ruang pembakaran yang tidak dibagi. Tergantung dari pembuatan ruang pembakaran maka untuk keperluan tersebut dipergunakan sebuah hingga tiga buah pengabut berlobang banyak. Sistem penyemprotan langsung diterapkan pada seluruh motor putaran rendah dan putaran menengah dan pada sebagian besar dari motor putaran tinggi.

c. Fungsi Injektor

Menurut Ismanto (2012: 26), pada mesin diesel alat yang berfungsi untuk menyuplai bahan bakar disebut injektor. Fungsi dari injektor tersebut adalah menyemprotkan bahan bakar hingga menjadi kabut ke dalam ruang pembakaran.

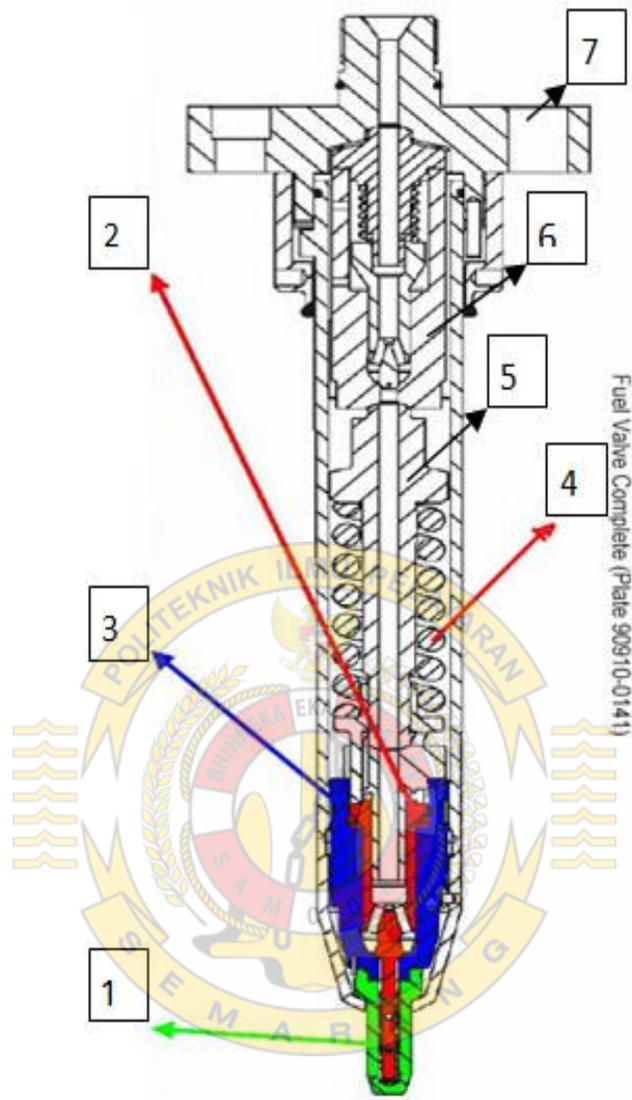
Secara lebih lanjut menurut Ismanto (2012: 26), fungsi injektor mesin diesel penggerak utama adalah:

- 1) Dengan cepat meningkatkan tekanan bahan bakar hingga mencapai tekanan tinggi tanpa menimbulkan kebocoran.
- 2) Menekan bahan bakar dengan jumlah tepat ke pengabut, jumlah tersebut harus juga dapat diatur secara kontinu dari 0 hingga maksimal.
- 3) Penyerahan bahan bakar harus dapat dilaksanakan pada saat yang tepat dan dapat dilaksanakan pada jangka waktu yang diinginkan.

Untuk pengabutan yang baik dari bahan bakar diperlukan kecepatan penyemprotan yang tinggi (250 s/d 350 m/det) untuk kecepatan penyemprotan yang tinggi tersebut dicapai dengan tekanan pengabutan tinggi (hingga 1000 bar). Tekanan penyemprotan tersebut dapat ditingkatkan tanpa guna, bila kekentalan atau viskositas bahan bakar terlalu tinggi. Viskositas bahan bakar destilat(minyak gas atau minyak diesel) pada suhu lingkungan normal cukup rendah, bahan bakar berat harus dipanasi atau mendapatkan viskositas penyemprotan yang diisyaratkan sebesar 15 s/d 25 mm²/det. Untuk bahan bakar yang lebih berat (viskositas 350 s/d 580 mm²/det pada suhu 50⁰C) suhu pemanasan adalah hingga 135⁰C, suhu yang lebih tinggi tidak dikehendaki, Ismanto (2012: 26).

d. Bagian-Bagian Injector

Menurut Ismanto (2012: 26), dalam mesin diesel terdapat bagian-bagian dari injektor yang saling berkaitan untuk dapat beroperasi, berikut adalah komponen dan fungsi dari injektor mesin diesel penggerak utama:



Gambar 2.5. Bagian-Bagian Injektor

Sumber : *instruction manual book* diesel engine MAN B&W 6S50MC

MT. Maiden Energy (1989)

Secara lebih lanjut menurut Ismanto (2012: 26), bagian-bagian dari injektor adalah sebagai berikut:

1) *Nozzle* (Mulut Pengabut)

Mulut pengabut berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar kedalam ruang bakar. Pada akhir penyemprotan tekanan didesak menurun dan jarum ditekan kembali pada bidang penutup. Pembukaan dan penutupan jarum pengabut dapat diawasi dengan sebuah jarum periksa. Pada cara pengabutan ini pompa bahan bakar mendesak, jika penyemprotan harus dimulai dan pompa berhenti jika penyemprotan harus berakhir.

2) *Nozzle Neddle* (Jarum Pengabut)

Jarum pengabut berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang akan dikabutkan melalui mulut pengabut. Jarum pengabut ditekan pada bidang penutup oleh pegas penutup dengan tekanan yang dapat diatur dengan perantaraan baut tekan. Oleh tekanan minyak gaya-gaya bekerja pada bidang kerucut. Komponen aksial dari gaya mengangkat jarum berlawanan arah dengan kerja pegas penutup.

3) *Spindel Guide* (Alat Penekan Jarum)

Alat penekan jarum yang digunakan untuk menekan jarum pada lubang injektor pada saat proses pengabutan. Alat penekan jarum ini sangat penting dalam proses injeksi karena tinggi rendahnya tekanan dalam injektor ditentukan disini.

4) *Spring* (Pegas)

Pegas disini berguna pengontrol elastisitas dari injektor pada saat menginjeksikan bahan bakar agar alat penekan jarum dapat kembali keposisinya lagi dan digunakan dalam penyetelan kekuatan injeksi bahan bakar.

5) *Thrust Spindle* (Penahan Pegas)

Thrust Spindle sebagai penghubung antara *spring* dan *spindle* berfungsi untuk menahan agar *spindle* tetap pada posisinya.

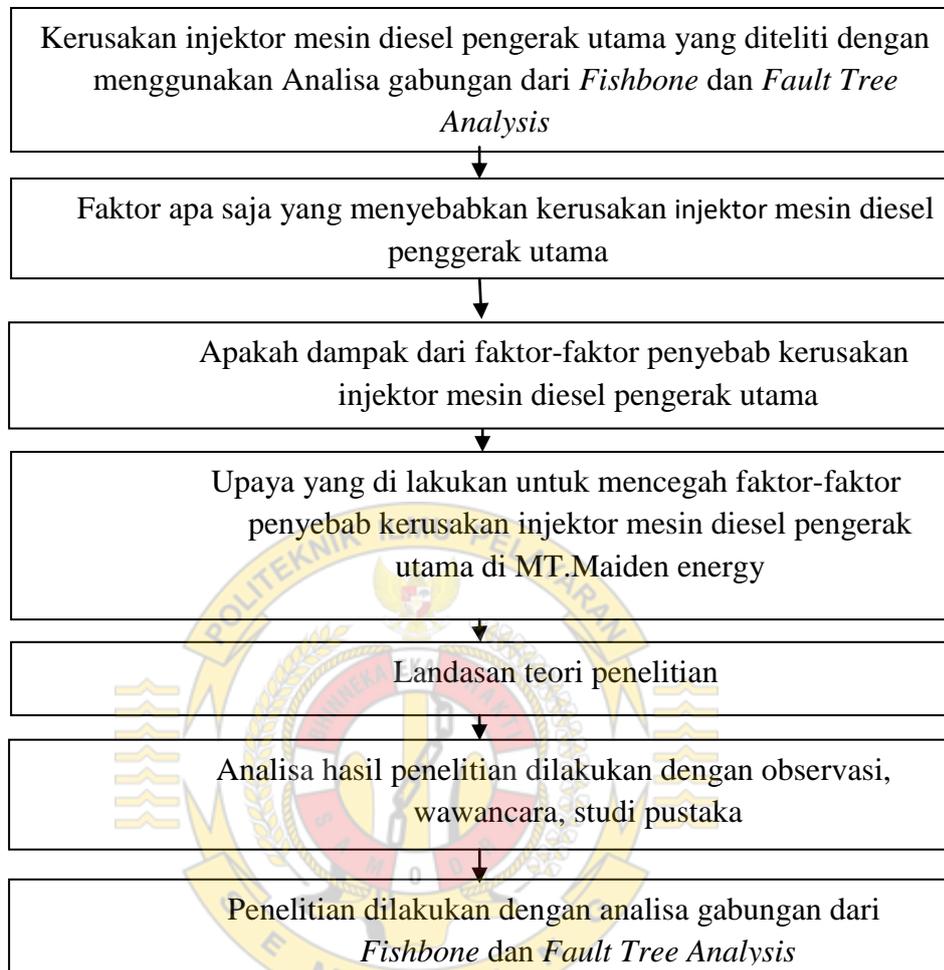
6) *Non return valve* (Katup Penyearah)

Mempunyai fungsi untuk mengalirkan bahan bakar hanya ke satu arah dan mencegah bahan bakar mengalir ke arah sebaliknya.

7) *Lock Nut* (Mur Pengaman)

Terdapat pada injektor motor diesel yang berguna sebagai pengunci agar injektor tidak berubah dari posisinya

B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.6. Kerangka Pikir

Sumber : Data Pribadi (2018)

Berdasarkan kerangka pikir diatas, dapat dijelaskan dari topik yang dibahas yaitu injektor pada mesin diesel penggerak utama, yang mana dari topik tersebut akan menghasilkan faktor penyebab dari topik masalahnya dan penulis ingin mengetahui faktor penyebab tersebut, dampak serta upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk mengatasi masalah yang ada. Setelah diketahui upaya apa yang dilakukan, selanjutnya membuat landasan teori dari

permasalahan diatas untuk selanjutnya dilakukan analisa hasil penelitian melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka yang dilakukan peneliti yang selanjutnya akan diketahui faktor-faktor apa dan kemungkinan masalah tersebut dapat berkembang melalui analisa gabungan dari *Fishbone* dan *Fault Tree Analysis*, dari faktor-faktor yang akan dibahas maka akan menghasilkan simpulan dan saran dari penulis untuk dapat mencegah timbulnya faktor-faktor penyebab kerusakan injektor pada mesin diesel penggerak utama .

