

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Landasan teori digunakan untuk menjelaskan tentang variable yang akan diteliti dan sebagai dasar untuk memberi jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang diajukan, dan penyusunan instrumen penelitian. Pembuatan landasan teori yang baik dan benar dalam sebuah penelitian menjadi hal yang penting karena landasan teori ini menjadi sebuah pondasi serta landasan dalam penelitian tersebut. Berikut adalah tinjauan pustaka tentang pengaruh viskositas bahan bakar MFO terhadap kerja *injector* mesin penggerak utama :

1. Bahan Bakar

Menurut Poeswanto dan Yani (2014) Bahan bakar adalah zat yang dapat dibakar dengan cepat bersama udara (oksigen) dan akan menghasilkan panas. Untuk bahan bakar motor diesel kapal didapat dari campuran zat *hidrokarbon* (C-H) yang diolah dari minyak bumi. Ikatan dari zat *hidrokarbon* tersebut dapat berbentuk gas, cairan dan ada kalanya padat. Untuk bahan bakar *diesel* hanya menggunakan ikatan yang berbentuk cairan. Bahan bakar didapat melalui distilasi dari minyak bumi, dengan cara menggunakan selisih titik didih dari ikatan yang terdapat dalam minyak bumi. Beberapa dari produk distilasi yang terpenting adalah gas yang mudah terbakar seperti *propan* dan *butan*, produk cair cair seperti bensin, kerosin, minyak gas dan minyak *diesel*. Sisa yang masih tertinggal dari minyak bumi, setelah zat-zat tersebut di atas didistilasi, disebut "*residu*".

MFO merupakan bahan bakar minyak residual yang berwarna hitam pekat dan bersifat kental (Sherly, 2013:1095). MFO dibuat dengan cara mencampur

antara *residu* dengan produk kilang lainnya seperti solar, *kerosene*, dan lain-lainnya. Proses mencampur ini sendiri dibedakan menjadi dua yaitu sistem *batch* dan *in line blend*. Dari proses pembuatan inilah didapatkan sifat-sifat bahan bakar MFO yang harus terpenuhi untuk menghasilkan bahan bakar dengan kualitas yang baik. Beberapa sifat *Marine Fuel Oil* yang harus terpenuhi diantaranya:

a) Sifat kestabilan

Pengujian dilakukan dengan pengujian *density at 15^o C* berdasarkan *American Society for Testing and Material* (ASTM) D 1298. Sifat kestabilan ini harus tercapai dengan memastikan campuran pada MFO betul betul *homogen*. Ini untuk menghindari terjadinya penggumpalan yang dapat berakibat pada terganggunya kestabilan pembakaran dan menyebabkan turunnya efisiensi pemakaian bahan bakar.

b) Sifat kekentalan

Pengujian dilakukan dengan *viscosity kinematic at 50^o C* berdasarkan ASTM D 445 dan pengujian *pour point* berdasarkan ASTM D 97. Sifat kekentalan ini berhubungan dengan mudahnya bahan bakar yang nantinya dialirkan melalui pipa saat dipakai.

c) sifat korositas

Korosif terjadi pada saat pemakaian bahan bakar di mesin pembakaran, yang disebabkan adanya perubahan kandungan *sulfur* yang berubah menjadi *oksida* yang kemudian bercampur dengan air dan mengembun menjadi asam. Pengujian sifat korosifitas ini dilakukan dengan pengujian *sulphur content* berdasarkan pada ASTM D 1552.

d) Sifat kebersihan

Kebersihan sangat penting pada proses pembuatan. Kontaminasi pada proses pembuatan MFO dapat mempengaruhi mutu dan kualitas bahan bakar. Misalnya saja kontaminasi arang dan sedimen dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada *nozzle* dan mengganggu proses pembakaran. Sementara kontaminasi oleh air menyebabkan tidak maksimalnya proses pembakaran saat digunakan.

e) sifat keselamatan

Untuk sifat keselamatan, terkait dengan keselamatan pada proses penyimpanan serta penggunaannya. Aspek keselamatan ini harus memastikan bahwa bahan bakar tidak mudah terbakar ketika terjadi loncatan api.

Sifat-sifat bahan bakar inilah yang nantinya berpengaruh secara langsung terhadap kualitas pembakaran didalam silinder mesin, tenaga yang dihasilkan dan terhadap keadaan mesin itu sendiri.

2. Viskositas Bahan Bakar MFO

Menurut Maleev (1991), viskositas adalah sifat yang paling penting yang menunjukkan kefluidaan relatif dari minyak tertentu. Jadi merupakan ukuran dari gesekan cairan, atau tahananannya yang akan diberikan oleh molekul atau partikel minyak satu sama lain kalau bahan utama dari minyak sedang bergerak, misalnya dalam sistem peredaran makin berat atau makin malas gerakannya berarti viskositasnya lebih tinggi.

Menurut Stokes (1845), viskositas zat cair dapat ditentukan secara kuantitatif dengan besaran yang disebut koefisien viskositas (). Satuan SI untuk koefisien viskositas yaitu Ns/m^2 atau *pascal sekon* (Pas). Berikut adalah jenis-jenis MFO yang beredar di indonesia dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.1. Bahan Bakar MFO

Karakteristik	Satuan	Batasan				Metode Uji
		MFO 1		MFO 2		
		Min	Max	Min	Max	ASTM
Densitas pada 15 ⁰ C	Kg/m ³	-	991	-	991	D 1298
Viskositas Kinematik pada 50 ⁰ C	Mm ² / dt	-	180	-	380	D 445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	4.5	-	5.0	D 1552
Titik Tuang	⁰ C	-	30	-	40	D 97
Titik Nyala	⁰ C	60	-	60	-	D 93
Residu Karbon	% m/m	-	16	-	20	D 189
Kandungan Abu	% m/m	-	0.10	-	0.15	D 482
Sedimen Total	% m/m	-	0.10	-	0.10	D 473
Kandungan Air	% v/v	-	1.00	-	1.00	D 95
Vanadium	mg/ kg	-	200	-	300	AAS
Aluminium + Silikon	Mg/kg	-	80	-	80	D 5184

Sumber : Pertamina

Berdasarkan data diatas MFO (*Marine Fuel Oil*) dibagi menjadi 2 jenis yaitu MFO 180 cst (*centi stroke*) dan 380 cst. Pada dasarnya perbedaan antara MFO 180 dan MFO 380 terletak pada kinematik kekentalan minyak MFO pada suhu 40 - 50 derajat *celcius*. MFO 180 cst kekentalannya adalah 180 sedangkan MFO 380 kekentalannya adalah 380. Dengan perbedaan karakteristik tersebut maka penggunaannya bahan bakar *Marine Fuel Oil* pun berbeda.

Industri yang memiliki ruang bakar (*Boiler*) dalam proses produksinya biasanya menggunakan MFO 180 cst. Sistem pembakaran didalam *boiler* menggunakan sistem *spray/* injeksi untuk memaksimalkan pembakaran. Bahan bakar (MFO) dengan viskositas rendah memudahkan dalam proses pemancaran bahan bakar (*spray*). Bila bahan bakar yang digunakan adalah MFO 380 dengan kekentalan yang lebih besar, bisa menyebabkan tersumbat dan proses pembakaran tidak akan efisiensi. Untuk kebutuhan kapal sebenarnya tidak ada perbedaan pemakaian MFO 180 cst maupun MFO 380 cst karena pada proses diruang bakar kapal, bahan bakar minyak hanya diinjeksikan kedalam ruang bakar dan kemudian bercampur dengan udara yang telah dikompresikan oleh *piston*.

3. Sistem Bahan Bakar MFO

Secara umum sistem bahan bakar berfungsi untuk mensuplai bahan bakar yang diperlukan motor induk . Menurut Poeswanto (2014) sistem bahan bakar berfungsi untuk :

- a. Mengatomkan atau mengabutkan bahan bakar agar mudah bercampur merata dengan udara sehingga mudah terbakar.
- b. Mengatur jumlah bahan bakar yang sama pada setiap pemasukan disetiap silinder pada setiap kebutuhan sehingga tenaga (*power*) setiap silinder adalah sama.
- c. Mengatur saat mulai penyemprotan dan lamanya penyemprotan.

Secara umum sistem bahan bakar terdiri atas *fuel oil transfer, filtery dan purifering, fuel oil circulating, fuel oil supply, dan heater*. Dikapal MV. Clipper Brilliance bahan bakar disimpan di tangki *double button (bunker)*, koil pemanas

harus dipasang pada tangki *bunker* agar temperatur bahan bakar dapat bertahan antara 40 - 50⁰ C. Dari *bunker* bahan bakar dipompa menuju *settling tank* menggunakan pompa *transfer pump*, dimana sebelum masuk pompa bahan bakar akan melalui *strainer* untuk menyaring kotoran - kotoran.

Disettling tank juga diberi pemanas dan suhu dipertahankan pada kisaran 65 - 70⁰ C. Kemudian dari *settling tank* dipompakan ke *purifier* untuk dibersihkan dari kotoran dan air melalui *heater* untuk dinaikan temperaturnya menjadi 90 - 95⁰ C. Setelah itu bahan bakar masuk ke dalam *service tank*, dari *service tank* bahan bakar dialirkan menuju ke *supply pump* yang mempunyai tekanan 4 bar. *Supply pump* ini juga disebut bagian bertekanan rendah dari *circulating system* bahan bakar. Untuk menghindari terbentuknya gas / udara pada bahan bakar maka dipasang sebuah *venting box*, *venting box* terhubung dengan *service tank* melalui *automatic dearating valve* yang bertugas untuk membebaskan gas yang ada dan akan menampung *liquid*.

Dari bagian bertekanan rendah system bahan bakar tersebut (*supply pump*), bahan bakar kemudian dialirkan ke *circulating pump* yang akan memompa bahan bakar melewati *heater* (untuk dipanaskan sampai 135⁰ C) dan *second strainer* (penyaringan) kemudian masuk ke *circulating pump*. Untuk memastikan bahan bakar yang diterima cukup banyak, maka kapasitas dari *circulating pump* dibuat lebih besar dari jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Dan kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasi kembali dari *motor* melalui *venting box* yang kemudian akan menuju ke *circulating pump* kembali.

Untuk memastikan tekanan konstan pada *injection pump* pada semua beban beban kerja motor induk, maka *Spring Loaded Overflow* dipasang pada sistem

bahan bakar *engine*. tekanan bahan bakar yang masuk pada *engine* harus 7 - 8 bar, setara dengan tekanan pada *circulating pump* yaitu sebesar 10 bar. Ketika mesin berhenti, *circulating pump* akan terus bekerja untuk mensirkulasikan *Heavy Fuel Oil* yang telah dipanaskan dan tetap melewati *fuel oil system engine* dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap bertekanan konstan dan tidak bercampur dengan udara .



Gambar 2.1. Sistem Bahan Kapal

Sumber : maritimeworld.web.id

4. Komponen Komponen Sistem Bahan Bakar MFO

Berikut adalah komponen komponen pendukung sistem bahan bakar mesin penggerak utama di MV. Clipper Brillance :

- 1) *Bunker tank* / tangki penyimpanan

adalah tangki induk dari keseluruhan bahan bakar yang dibutuhkan motor induk selama berlayar

2) *Settling tank*

Tangki ini dirancang agar dapat mengendapkan kotoran dan air yang ikut terbawa oleh bahan bakar minimal selama 24 jam operasi mesin ketika *settling tank* diisi penuh. Desain tangki dibuat miring bagian bawah agar pengeluaran kotoran/ endapan dan air dapat dilakukan secara efisien.

3) *Filter*

Adalah alat yang berfungsi menyaring kotoran yang bercampur dalam bahan bakar

4) *Heater tank*

Merupakan pemanas bahan bakar, sehingga dapat menagatur viskositas bahan bakar yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi.

5) *FO transfer pump*

Pompa yang digunakan adalah *gear pump* yang berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank* untuk diendapkan

6) *FO feed pump*

Berfungsi memindahkan bahan bakar dari *settling tank* ke *service tank*. pompa yang digunakan adalah jenis pompa roda gigi.

7) *Purifier / Centrifuges*

Berfungsi memisahkan bahan bakar dengan kotoran dan air, bahan bakar bersih dialirkan ke *service tank* sedangkan kotoran dan air disalurkan ke *sludge tank*. *Centrifuges* pada prinsipnya dilengkapi dengan dua set dengan *type* yang sama dimana satu set digunakan untuk *service* dan yang kedua sebagai *standby*.

8) *Service tank*

Adalah tangki yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke *engine* selama operasi dan mempunyai kapasitas 8 -12 jam. Pada tangki ini dilengkapi dengan *heater tank*. Pemanasan ini bertujuan agar viskositas HFO tetap terjaga

9) *Three way cock*

Katup ini digunakan ketika terjadi pergantian bahan bakar yang disuplai ke mesin induk dari MFO ke MDO atau sebaliknya

10) *Supply pump*

Pompa yang digunakan adalah pompa jenis *screw* atau *gear*. Pompa ini menghisap bahan bakar dari *service tank*. Pompa yang digunakan adalah *screw wheel* atau *gear wheel*. syarat pompa adalah :

Fuel Oil Viscosity, specified up to..... 700 cst at 50⁰C

Fuel Oil Viscosity Maximum 1000 cst

Fuel Oil Flow..... 0.6 m³/h

Pump Head..... 4 bar

Delivery Pressure..... 8 bar

Working Temperature..... 100⁰ C

Sumber data : *Manual Book Pump* di MV. Clipper Brilliance

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan, terlebih dahulu dilakukan pemanasan.

11) *Circulating pump*

Pompa ini berfungsi meneruskan mengangkut bahan bakar dari supply pump dan juga dari *venting box*. Pompa yang digunakan adalah *screw wheel* atau *gear wheel*. Syarat pompa adalah :

Fuel Oil Viscosity, specified up to..... 700 cst at 50⁰C

Fuel Oil Viscosity Maximum 1000 cst

Fuel Oil Flow..... 2 m³/h

Pump Head..... 6 bar

Delivery Pressure..... 10 bar

Working Temperature 150⁰ C

Sumber data : *Manual Book Pump* di MV. Clipper Brilliance

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan terlebih dahulu dilakukan pemanasan sebelum pompa dijalankan.

12) *Fuel oil heater*

Berfungsi untuk memanaskan bahan bakar sebelum masuk ke mesin sesuai dengan temperatur direkomendasikan. *Type heater* yang dipakai adalah *tube type* atau *plate heat exchanger type*. *Heater* harus dapat bekerja pada :

Recomended viscosity meter setting..... 10 - 15 cst

Fuel oil viscosity, specified up to..... 700 cst at 50⁰C

Fuel oil flow 2 m³/h

Heat dissipation kWh

Pressure drop on oil side Maximum 1 bar

Working pressure..... 150⁰C

Fuel oil inlet temperature..... 100⁰C

Fuel oil outlet temperature..... 150⁰C

Steam supply, saturated 7 bar abs

Sumber data : *Manual Book Heater* di MV. Clipper Brilliance

13) *Fuel flow filter*

Filter yang digunakan dapat berupa *type duplex* dengan pembersihan manual atau automatic filter dengan pembersihan *manual bypass filter*. Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Fuel oil filter harus berdasar HFO dengan :130 cst at 80⁰C =700 cst at 50⁰C.

Working pressure..... 10 bar

Absolute fineness..... 50 m

Working temperature..... Maximum 150⁰ C

Oil viscosity at working temperature..... 15 cst

Pressure drop at clean filter..... Maximum 0.3 bar

Sumber data : *Manual Book* di MV. Clipper Brilliance

14) *Fuel oil venting box*

Bertugas untuk membebaskan gas/ udara yang ada dan akan menampung cairan / liquid

15) *Auto deaerating tank* Adalah peralatan yang digunakan untuk memisahkan sisa bahan bakar dari keluaran *main engine*, bahan bakar cair masuk ke *venting box* sedangkan bahan bakar berbentuk uap dialirkan ke *service tank*.

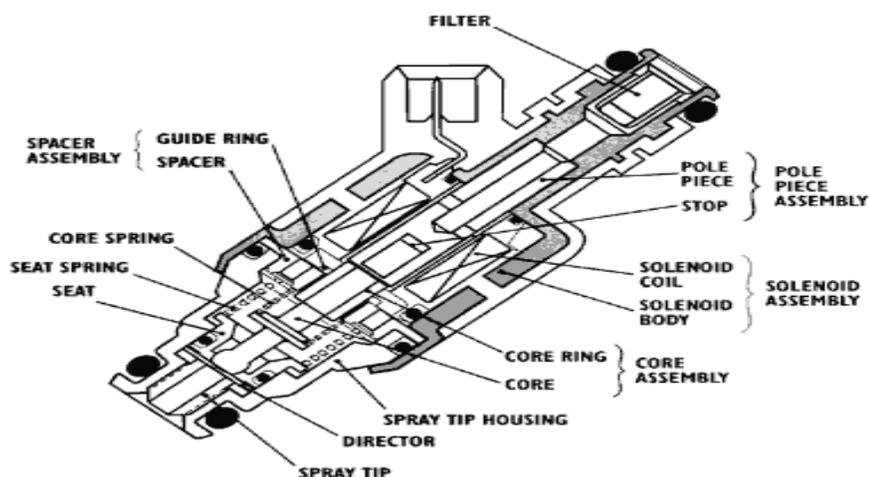
16) *Injector*

Menurut karyanto (2002) *injector* adalah suatu alat yang digunanya untuk mengabutkan bahan bakar dalam bentuk kabut yang sifatnya mudah yang sifatnya mudah terbakar pada ruang bakar motor. Jadi, *injector* menghantarkan bahan bakar diesel dari *injection pump* ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi dimana torak mendekati posisi titik mati atas. Bagian ini menerima bahan bakar bertekanan tinggi dan menginjeksikannya ke dalam

ruang pembakaran. Saat tekanan bahan bakar yang dipompakan oleh pompa injeksi menjadi lebih besar daripada beban pegas tekanan, maka tenaganya mendorong jarum *nozzle* ke atas.

Hal ini menyebabkan pegas tekanan menjadi mampat dan bahan bakar diinjeksikan ke ruang pembakaran. Tekanan injeksi dapat distel dengan cara membedakan ketebalan *shim* penyetel, yang secara efektif mengubah beban pada pegas. Untuk pemeriksaan *injector* harus dilakukan secara berkala atau sesuai jam kerjanya (*Running Hours*). Pengabut baik maupun kurang baik harus dicabut dan dilakukan pengetesan ulang. Pemeriksaan seluruh komponen bagian dalam pengabut satu persatu harus diperiksa secara teliti, yaitu: *Spindle valve*, *Nozzle tip*, *Atomizer*, *Stick*, *Spring*, *Adjusting screw*, dan lainnya.

Pengetesan dan penyetelan harus sesuai dengan *instruction book*, contoh bila tekanan sudah ditentukan 320 kg/cm^2 , maka apabila pada tekanan 280 kg/cm^2 sudah didapatkan pengabutan yang baik tetap tekanan harus dinaikan sampai 320 kg/cm^2 . Hal ini sangat penting karena akan mempengaruhi jumlah berat bahan bakar yang akan dikabutkan dan besaran partikel yang dikabutkan, untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna.



Gambar 2.2. *Injector*

Sumber : Anton- rivai blogspot

5. Hubungan Viskositas Terhadap *Injector* (Pengabut)

Menurut Yanuar (2015) untuk mendapatkan pengabutan yang maksimal, *injector* dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya jam kerja *injector* itu sendiri dan kualitas bahan bakar yang dipakai. Untuk itu kita perlu mengetahui bagian dan sifat viskositas bahan bakar tersebut. Perlu pengaturan Viskositas bahan bakar sebelum dikonsumsi di mesin induk agar mesin induk berdaya tahan lama.

Viskositas dari suatu cairan dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan . apabila suhu suatu bahan bakar (cairan) meningkat maka viskositasnya akan menurun, begitu juga sebaliknya apabila suhu suatu bahan bakar (cairan) menurun maka viskositas bahan bakar tersebut akan meningkat. Ini berarti bahan bakar akan mudah mengalir ketika pada suhu panas (Hangar, dalam Syahputra HR, 2007). Untuk itu dengan menaikkan temperatur secara bertahap selain untuk menjaga temperatur yang diinginkan, juga agar bahan bakar siap dikonsumsi di mesin induk, sehingga dapat tercapai pengabutan yang sempurna.

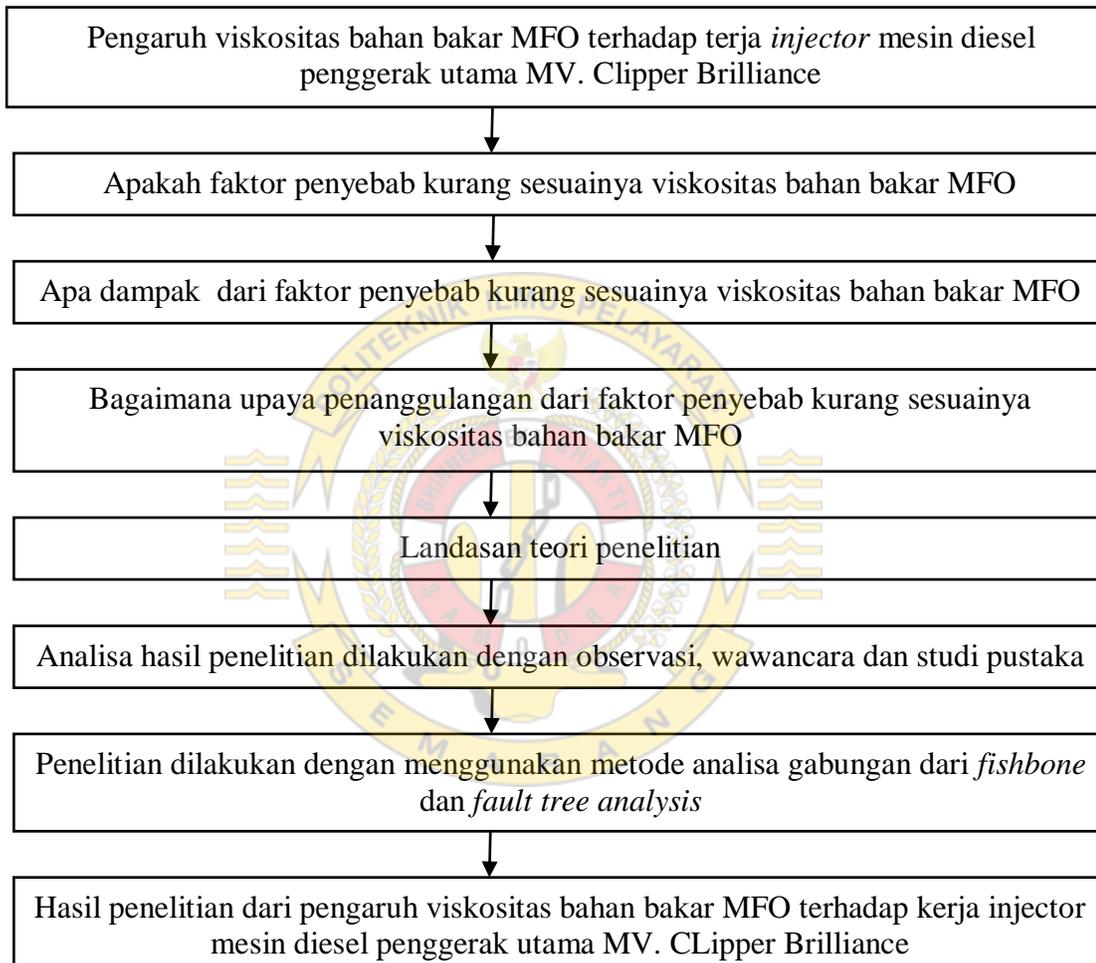
Agar mendapat pembakaran yang sempurna maka bahan bakar harus dapat dikabutkan ke dalam bagian sekecil kecilnya (bentuk kabut) sehingga pemanasan, penguapan, dan proses *cracking* dapat berlangsung dengan secepatnya . Sedangkan proses pembakaran adalah reaksi yang sangat cepat antara bahan bakar dengan oksider untuk menghasilkan produk (Daud,2009: 279- 282). Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna maka bahan bakar yang telah disemprotkan masuk pada tiap langkah dapat disentuhkan dan dicampur dalam bentuk kabut dengan seluruh udara pembakaran panas yang

diperlukan dalam waktu singkat dan dapat menyalakan serta membakarnya dengan sempurna. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

- a. Penyaluran bahan bakar sampai ke silinder harus disesuaikan sebaik mungkin dengan keperluan penyaluran masuknya panas dari proses kerja yang diinginkan
- b. Apabila bahan bakar yang disemprotkan mempunyai viskositas rendah (kental), maka penyemprotan bahan bakar tidak akan berlangsung dengan cepat seperti yang diharapkan karena hambatan dari kekentalannya.
- c. Kelambatan penyalaan ini sangat tergantung pada tekanan, temperatur, jumlah udara, dan jenis bahan bakar yang digunakan.
- d. Apabila karena suatu hal temperatur bahan bakar sebelum masuk mesin induk melebihi angka yang ditetapkan, maka hal ini akan berpengaruh terhadap proses pembakaran. Hal ini dikarenakan akan terjadi panas yang cukup tinggi yang disalurkan pada pipa bahan bakar, sistem injeksi maupun diinjektornya, hal ini juga akan berpengaruh pada *O - ring (rubber ring)* yang ada diinjektor dan pompa injeksi.
- e. Akibat pengaruh terhadap *nozzle* yang tidak baik , maka putaran mesin dapat menjadi tidak sempurna, yang mengakibatkan suhu gas buang menjadi tinggi , ini dapat mengakibatkan kerusakan pada daya tahan *O - ring nozzle injector* maupun pompa injeksi, sehingga kerja dari kedua bagian tersebut akan berkurang dan berpengaruh pada proses pembakaran.
- f. Hasil dari pengaruh viskositas *nozzle injector* yang tidak baik, maka akan terjadi keterlambatan pembakaran yang mengakibatkan putaran *turbocharge* menjadi

tidak sempurna (berubah-ubah) sehingga menimbulkan bunyi tumbukan (*detonasi*), yang berpengaruh pada kinerja (daya mesin) dan pemakaian bahan bakar boros.

B. Kerangka Pikir



Gambar 2.3. Kerangka Pikir Penelitian

Sumber : Data Pribadi 2018

Menurut Uma Sekaran (dalam Sugiyono,2017: 60), mengemukakan bahwa kerangka pikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah didefinisikan sebagai masalah yang penting. Jadi kerangka pikir diatas menggambarkan masalah tentang pengaruh viskositas bahan bakar MFO terhadap kinerja *injector* mesin penggerak utama MV. Clipper Brilliance.

Yang mana masalah tersebut akan menghasilkan faktor faktor penyebab, dampak yang akan dihasilkan dari faktor faktor penyebab serta upaya untuk menanggulangi faktor faktor tersebut. Kerangka pikir menerangkan proses berfikir peneliti untuk mencari cara menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini dan hasil yang didapat diharapkan dapat meningkatkan kinerja mesin diesel penggerak utama.



