

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan pustaka

Sebagai pendukung pembahasan skripsi ini mengenai identifikasi kerusakan SOGAV pada DFDE 12V50DF di kapal LNG/C Tangguh Palung, maka perlu diketahui dan dijelaskan beberapa teori-teori penunjang yang penulis ambil dari beberapa sumber pustaka yang berkaitan dengan pembahasan skripsi ini sehingga dapat lebih menyempurnakan penulisan skripsi ini.

##### 1. Pengertian *dual fuel diesel engine*

Menurut Janne Kosomaa, (2002:8), *The DF-electric LNG Carrier Concept*, Wärtsilä *dual fuel diesel engine* adalah mesin 4 tak yang mana dapat dioperasikan sebagai alternatif di *mode* gas atau *mode* bahan bakar cairan *diesel*. Di *gas mode* ini berjalan sebagai mesin *lean-burn* sesuai dengan *Otto cycle*. Penyalaan dimulai dengan menyemprotkan sedikit minyak *diesel (pilot fuel)*, memberikan sumber penyalaan yang tinggi untuk bahan bakar utama gas pada silinder. Sistem injeksi mikro *pilot* mempergunakan kurang dari 1% *nominal input* daya bahan bakar. Di bahan bakar *mode diesel*, mesin ini bekerja seperti mesin *diesel* biasanya, menggunakan sistem pompa injeksi bahan bakar. Perpindahan *mode* bahan bakar tanpa merubah daya mesin.

Menurut *Instruction Manual Book of Wartsila DFDE 50DF Type*, DFDE adalah mesin yang bekerja dengan gas alam sebagai bahan bakar utama dan minyak *diesel* sebagai cadangan bahan bakar. Mesin ini didesain menghasilkan tenaga listrik untuk menggerakkan mesin penggerak kapal seperti *propulsion*. Mesin ini dapat ditukarkan dari operasi gas ke operasi bahan bakar salinan cadangan pada beban kapanpun. Mesin dapat ditukarkan juga dari operasi bahan bakar salinan cadangan ke operasi gas saat beban 80% penuh. Mesin ini juga mampu bekerja pada HFO dan dapat dioperasikan sebagai mesin konvensional *diesel* ketika bekerja pada HFO.

a. *Diesel mode*

*Diesel mode* menggunakan bahan bakar *diesel*, dimana bahan bakar *diesel* ini diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran saat akhir dari langkah kompresi dibantu dengan pompa injeksi. Cara kerja saat *diesel mode* ini sama seperti mesin *diesel* biasanya. Saat *gas mode* tidak ada gas yang bercampur dengan udara tetapi *pilot fuel* menginjeksi penuh bahan bakar *diesel* (dengan *injector*).

b. *Gas mode*

*Gas mode* menggunakan gas sebagai bahan bakar utama. *Mode* gas ini gas dicampurkan dengan udara yang masuk sesuai dengan pengaturan diatas kepala silinder dan dibantu menggunakan bahan bakar *diesel* sebagai penyalaan.

Sebelum gas disuplai ke mesin *diesel*, gas lewat *gas regulating unit*. *Gas regulating unit* ini terdiri dari *filter-filter*, *pressure*

*regulator, shut-off valve* dan *ventilating valve*. Keluaran dari tekanan gas diatur oleh sistem kontrol WECS8000 sesuai dengan beban mesin dan kondisi lingkungan sekitar.

Di dalam mesin, gas disuplai melewati pipa utama gas sepanjang mesin berlanjut ke pipa gas masing-masing silinder. Di setiap silinder terdapat SOGAV yang mengatur jumlah masuknya gas yang masuk ke dalam silinder. *Valve* ini digerakkan langsung oleh *solenoid* dan diatur oleh sistem kontrol WECS. Adapun tabel data kandungan maksimum *limit* bahan bakar gas (Gambar dapat dilihat pada lampiran 2.1).

#### c. SOGAV

Menurut buku *Instruction Manual Book of Wood Ward SOGAV 250*, SOGAV adalah katup elektro-mekanika yang berfungsi mengatur jumlah porsi bahan bakar gas yang masuk dalam sistem, terdiri atas:

- 1) EFIC (*In Pulse Electronic Fuel Injection Control*).
- 2) Perbandingan rasio udara dan bahan bakar menurut control (harus diatur jumlah udara maupun jumlah bahan bakar gas).
- 3) Didukung dengan katup, actuator, regulator, sensor, kabel dan alat pengaman.

Pada setiap silinder, terbukanya katup saat injeksi gas diatur dengan durasi yang ditentukan oleh EFIC.

Bagian SOGAV terdiri dari: *Socket Head Cap Screw ( M6x70 )*, *Solenoid Assembly E-core*, *Preformed Packing ( O-ring )*, *GAV Housing*, *Guide Pin*, *E-core Armature*, *Upper plate*, *Metering plate loading spring*, *Spacer*, *Moving metering plate*, *Socket head cap screw*, *Preformed Packing ( O-ring )*, *Lower stop & Metering plate*,

*Lower plate loading spring, Lower spring seat, Circular retaining ring*

Keterangan:

1) *Solenoid Assembly E-core*

Perangkat *solenoid* elektronik dari SOGAV yang mengatur pembukaan dari plat-plat.

2) *Guide Pin*

Batang penghubung dari perangkat *solenoid* elektronik.

3) *E-core Armature*

Berfungsi sebagai lilitan atau *armature* dari *solenoid* elektronik yang diatur sesuai dengan arus yang diberikan.

4). *Upper Plate*

Berfungsi sebagai piringan bagian atas.

5). *Metering plate loading spring*

Berfungsi sebagai pegas pengukur dari pembukaan plat bagian atas.

6). *Spacer*

Berfungsi sebagai pengatur jarak dari plat.

7). *Moving metering plate*

Berfungsi sebagai pengatur dari pergeseran dari plat bagian atas.

8). *Lower stop & metering plate*

Berfungsi sebagai pengatur dari pergeseran dari plat bagian bawah.

9). *Lower plate loading spring*

Berfungsi sebagai pegas pengukur dari pembukaan plat bagian bawah.

10). *Lower spring seat*

Sebagai dudukan dari pegas pengatur pada plat bagian bawah.

## 2. Cara kerja SOGAV

Gas masuk ke dalam silinder sebelum katup udara isap masuk terbuka. SOGAV digerakkan secara elektronis dan terkontrol oleh sistem kontrol mesin untuk memberikan persis jumlah gas yang benar untuk masing-masing silinder. Ini cara pembakaran pada masing-masing silinder dapat sepenuhnya dan secara individu terkontrol. Saat katup dapat diwaktui dengan sendiri pada katup isap, langkah buang silinder terjadi tanpa resiko karena gas langsung ke sistem gas buang . Pengaturan sendiri masuknya gas ini memastikan rasio bahan bakar udara yang benar dan beroperasi *optimal* dengan tujuan sesuai efisiensi dan emisi. Dengan hal itu juga kinerja dapat terpercaya tanpa *shutdown*, *knocking* atau *misfiring*.

Prinsip kerja dari SOGAV adalah:

a. *Magnetic*

Seluruh gaya aktuasi katup dihasilkan secara magnetis melalui perangkat *E-core solenoid*. *Fluks* magnetik yang dihasilkan di dalam perangkat *solenoid E-core* menarik plat bawah baja karbon (sebagai *armature*) yang terpasang di dalam katup. *E-core* tersebut menghasilkan



gaya yang sangat tinggi pada lintasan yang pendek. Katup tersebut bergerak 0,5 mm dari tertutup penuh sampai terbuka penuh. Lintasan pendek disertai dengan gaya yang besar menghasilkan respon pembukaan dan penutupan katup yang cepat dan konsisten.

b. Katup

Katup ini serupa dengan katup udara kompresor. Ini adalah *poppet* tipe *face* dengan beberapa alur konsentris. *Moving metering plate* adalah pegas yang mendapat beban (dengan penekanan) pada *lower stop & metering plate* dan *lower stop & metering plate* ditarik oleh *solenoid assembly E-core*. Ketika kedua *plate* terpisahkan, aliran gas dari alur dalam *moving metering plate* ke dalam alur *lower stop & metering plate*. Ketika *moving metering plate* dan *lower stop & metering plate* bersinggungan, gas tidak dapat lewat dari alur pada *moving metering plate* ke dalam alur *lower stop & metering plate*. Tepi alur adalah tepi *metering*. Tumpang tindih, pegas pemuatan, dan ketidakseimbangan tekanan *moving metering plate* menyediakan penyegelan yang sempurna sementara saat katup ditutup.

Di dalam susunan pegas-pegas, dikombinasikan dengan ketidakseimbangan tekanan di *moving metering plate*, katup tertutup dengan cepat sekali ketika *E-core de-energized*. Susunan pegas bagian tengah yang sama pada pergerakan *plate* bergerak ke *lower stop & metering plate* dengan teknik gerakan geser.

Metode ini membolehkan untuk udara bilas dari ruang pembakaran selama *overlap period* sekitar TDC (*top dead center*) dari langkah buang. Setelah periode tumpang tindih (segera setelah menutup katup buang), katup SOGAV membuka dengan cepat dan gas masuk ke dalam lewat

aliran udara melalui *inlet runner*. Gas ini kemudian dibawa ke ruang pembakaran dengan udara masuk melalui katup isap. Pengaturan masuknya bahan bakar diatur dengan durasi. Katup SOGAV tetap terbuka dalam durasi yang diperlukan agar kecepatan mesin terjaga sesuai beban kontrol (dengan cara pengaturan elektronik dan *In-Pulse Unit*).

Katup SOGAV harus selalu tertutup secukupnya sebelum katup isap udara menutup sesuai perintah untuk memastikan bahwa semua gas masuk ke dalam ruang pembakaran. Jika saat itu tidak cukup, gas akan tetap berada di *inlet runner* setelah katup isap menutup dan akan masuk saat langkah pembuangan dan akan ikut ke dalam udara pembuangan (membuang-buang bahan bakar dan memancarkan hidrokarbon yang tidak terbakar).

Bagian dalam diameter *feeder pipe* gas yang menghubungkan katup SOGAV dengan *gas manifold* harus berukuran sama atau lebih besar dari lubang masuk gas di katup SOGAV. *Diameter* pipa katup masuk adalah 94-96 mm. Pipa ini harus sependek mungkin. Panjang pipa ini mempengaruhi percepatan gas setelah katup terbuka.

Semua pipa *feeder* gas sama panjang. *Feeder pipe* menghubungkan *manifold* gas ke katup SOGAV. *Manifold* gas harus cukup besar sehingga penurunan tekanan pada saat masuknya ke pipa *feeder* yang kecil (sementara katup pada aliran penuh) dan denyutan teredam dalam alur yang melalui pengatur tekanan gas dasarnya stabil. Permukaan katup yang akan memberikan jumlah (*manifold isap runner*) harus terbuka sebesar antara 95-110 mm. Lubang kecil yang akan membatasi aliran, dan lubang yang

lebih besar tidak akan memungkinkan untuk pembebanan yang tepat dari *lower plate*.

## B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.1 Bagan kerangka pikir penelitian.

Keterangan kerangka pikir penelitian :

Terhambatnya *fuel gas* pada SOGAV DFDE adapun pokok permasalahan yaitu, faktor yang menyebabkan terhambat terdiri dari *filter* SOGAV bermasalah dan *Moving mettering plate* tidak bekerja dengan



baik; dampak akibat terhambatnya *fuel gas* seperti terjadinya *engine trip* pada DFDE, gagalnya proses pergantian bahan bakar dari MGO menjadi *fuel gas*, penggunaan MGO yang berlebih; dan upaya untuk mengatasinya dengan melakukan pengecekan dan perbaikan SOGAV, dari pokok permasalahan diatas bertujuan agar proses masuk *fuel gas* kembali normal dan pelayaran tidak terhambat.

### C. Definisi operasional

Melihat akan pentingnya peranan SOGAV pada DFDE sebagai katup elektro-mekanika yang berfungsi untuk mengatur jumlah supply bahan bakar gas yang masuk kedalam system, dengan ini untuk mempermudah dalam mempelajari maka dibawah ini akan dijelaskan mengenai istilah SOGAV yang berdasarkan *Instruction Manual Book of Woodward* SOGAV sebagai berikut:

1. *Lean-Burn* adalah pembakaran bahan bakar dalam ruang pembakaran dengan perbandingan bahan bakar dengan udara lebih dari 15:1.
2. *Otto cycle* adalah siklus thermodinamika pembakaran bahan bakar dengan *volume* yang tetap pada sebuah motor atau mesin *diesel*.
3. *Pilot fuel* adalah bahan bakar awalan pada mesin *diesel*.
4. HFO (*Heavy Fuel Oil*) adalah bahan bakar *diesel*.
5. *Gas regulating unit* adalah serangkaian alat yang mengatur masuknya bahan bakar gas sebelum masuk ke dalam mesin.
6. *Pressure regulator* adalah pengatur tekanan.
7. *Shut-off valve* adalah katup penutup.
8. *Ventilating valve* adalah katup pembuka ventilasi.
9. WECS (*Wartsila Electronic Control System*) adalah sistem kontrol pada mesin *diesel* Wartsila yang mengatur seluruh kontrol dari mesin dengan menggunakan perangkat elektronik.

10. *Actuator* adalah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem.
11. *Sensor* adalah jenis *transducer* yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, *magnetis*, panas, cahaya, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik.
12. *Armature* adalah bagian yang berputar (*rotor*).
13. *Shutdown* adalah mematikan mesin.
14. *Knocking* adalah fenomena yang terjadi pada *motor* bakar (mesin pembakaran dalam) berupa suara ngelitik yang cukup keras dan juga munculnya getaran dari mesin dengan irama yang sama dengan suara tersebut.
15. *Misfiring* adalah terjadinya kehilangan urutan pembakaran.
16. *Fluks magnetik* adalah garis-garis khayal di sekitar medan magnetik dan medan listrik yang menentukan besar kuatnya medan magnetik dan medan listrik.
17. *Overlap period* adalah katup masuk dan katup buang terbuka pada waktu yang sama.
18. TDC (*Top Dead Center*) adalah posisi torak berada pada titik paling atas dalam silinder mesin.
19. *Inlet runner* adalah jalur masuknya gas pada *gas admission valve*.
20. *Gas manifold* adalah tempat menampung dan mengalirnya gas ke tiap-tiap silinder.
21. *Feeder pipe* adalah pipa yang menghubungkan *gas admission valve* dengan *gas manifold*.