KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan

Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh :

MUHAMMAD ARDHIANSYAH
NRP. 15.8557/T

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

J A K A R T A

2 0 1 9

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	**: MUHAMMAD ARDHIANSYAH**
NRP	**: 15.8557/T**
Program Pendidikan	**: DIPLOMA IV**
Program Studi	**: TEKNIKA**
Judul	**: MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA**

Jakarta, Febuari 2019

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Mohamad Ridwan, S.SiT, MM	**Diah Zakiah, ST, MT**
Penata (III/c)	**Penata Tk I (III/d)**
NIP. 197807072009121005	**NIP. 197905172006042015**

Mengetahui :
Ketua Prodi Teknika

Nafi Almuzani, M.M.Tr
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197209012005021001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA TANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	**: MUHAMMAD ARDHIANSYAH**
NRP	**: 15.8557/T**
Program Pendidikan	**: DIPLOMA IV**
Program Studi	**: TEKNIKA**
Judul	**: MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA**

Penguji I	**Penguji II**	**Penguji III**
Nafi Almuzani, M.M.Tr	**Buswan, MPd**	**Diah Zakiah, ST, MT**
Penata Tk I (III/d)	**Penata Tk I (III/d)**	**Penata Tk I (III/d)**
NIP. 197209012005021001	**NIP. 196802031997091001**	**NIP. 197905172006042015**

Mengetahui :
Ketua Prodi Teknika

Nafi Almuzani, M.M.Tr
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197209012005021001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA

Oleh :

MUHAMMAD ARDHIANSYAH
NRP. 15.8557/T

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

J A K A R T A

2 0 1 9

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	**: NICO PRESLY**
NRP	**: 15.8513/T**
Program Pendidikan	**: Diploma IV**
Jurusan	**: TEKNIKA**
Judul	**: ANALISIS PENURUNAN PERFORMA KETEL UAP BANTU GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN MESIN INDUK PADA MV. NAVIOS CORAL**

Jakarta, Juli 2019

Pembimbing Materi

ALI MUKTAR SITOMPUL, MT
Pembina Tk.I(III/d)
NIP: 197303312006041001

Pembimbing Penulisan

AKHMAD KASAN GUFRON, SS. M.Pd
Penata Tk.I(III/d)
NIP:198005172005021003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknika

NAFI ALMUZANI, M.M.Tr
PenataTk.I(III/d)
NIP: 197209012005021001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	:	**NICO PRESLY**
NRP	:	**15.8513/T**
Program Pendidikan	:	**DIPLOMA IV**
Jurusan	:	**TEKNIKA**
Judul	:	**ANALISIS PENURUNAN KINERJA KETEL UAP BANTU GUNA KELANCARAN PENGOPERASIAN MESIN INDUK PADA MV. NAVIOS CORAL**

Ketua Penguji	Anggota	Anggota
Drs. Ridwan S, M. Si	**Imam Fahruddin, Ssi., MSc.**	**Akhmad Kasan Gufron, SS, Mpd**
Pembina Utama Madya (IV/d)	**Penata Muda Tingkat I (III/b)**	**Penata Tingkat I (III/d)**
NIP: 19570612 198203 1002	**NIP: 19881120 201503 1001**	**NIP: 19800517 200502 1003**

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknika

Nafi Almuzani, M. MTr.
Penata Tingkat I (III/d)
NIP: 19720901 200502 1001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis aturkan kehadirat Allah SWT karena rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dalam hal ini mengambil bidang keahlian Teknika, berusaha menyusun skripsi ini dengan judul :

"MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA".

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum pendidikan program diploma IV yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyusun berdasarkan atas pengalaman yang penulis peroleh selama melaksanakan praktek laut (prala) di atas kapal serta dari buku referensi yang ada hubungannya dengan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, mungkin terdapat kekurangan-kekurangan baik dalam teknik penulisan maupun keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh sebab itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan.

Dan tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini. Atas segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Yth. Capt. Marihot Simanjuntak, MM, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
2. Yth. Bapak Nafi Almuzani, M.MTr, selaku Ketua Program studi Teknika.
3. Yth. Bapak Mohamad Ridwan, S.SiT, MM, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Yth. Ibu Diah Zakiah, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Para Dosen, Pembina dan Instruktur STIP Jakarta yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan pengarahannya kepada penulis.

6. Yang tercinta Edwarsah dan Derliza Husein sebagai ayah dan ibunda yang selalu memberikan dukungan, doa, kasih sayang dan motivasi yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
7. Teman-teman Teknika khususnya *Officer Plus* yang selalu memberikan dorongan dan semangat kepada penulis.
8. Rekan-rekan angkatan LVIII.
9. Seluruh Civitas Akademika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP).

Akhir kata semoga penyusun skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca umumnya dan bagi para perwira - perwira kapal khususnya, dalam peningkatan kualitas kinerja di atas kapal.

Jakarta, 24 Januari 2019

Penulis,

MUHAMMAD ARDHIANSYAH
NRP. 15.8557/T

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL DALAM i
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI ii
TANDA TANGAN PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN ix
BAB I PENDAHULUAN
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 2
C. Batasan Masalah 2
D. Rumusan Masalah 3
E. Tujuan Dan Manfaat Penyusunan Skripsi 3
F. Sistematika Penulisan Skripsi 4
BAB II LANDASAN TEORI
A. Tinjauan Pustaka 6
B. Kerangka Pemikiran 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
A. Waktu Dan Tempat Penelitian 18
B. Metode Pendekatan Dan Teknik Pengumpulan Data 21
C. Subjek Penelitian 24
D. Teknik Analisis Data 25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN
A. Deskripsi Data 26
B. Analisis Data 28
C. Alternatif Pemecahan Masalah 34
D. Evaluasi Pemecahan Masalah 42
E. Pemecahan Masalah 44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 45

B. Saran 46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Penampang sistem pengabut bahan bakar	8
Gambar 2.2	Prinsip kerja *fuel injection pump* jenis *bosch*	9
Gambar 2.3	Penampang *fuel injection pump*	11
Gambar 2.4	a. Nosel katup jarum, b. Nosel katup pasak	13
Gambar 2.5	Kerangka pemikiran	17
Gambar 4.1	Tabel parameter suhu dan tekanan *diesel generator* no. 2	27
Gambar 4.2	Tabel data *Pmax* berdasarkan *manual book*. . .	28
Gambar 4.3	Diagram jalur bahan bakar	29
Gambar 4.4	*Fuel cam* pada poros mesin	30
Gambar 4.5	*Fuel injection pump driver*	30
Gambar 4.6	*Special tools for diesel generato*	35
Gambar 4.7	*Fuel injection pump* dilihat dari depan	35
Gambar 4.8	Penampang *Fuel Injection Pump*	36
Gambar 4.9	Tang penjepit *circlip*	37
Gambar 4.10	Posisi *shim* pada *fuel injection pump*	38
Gambar 4.11	*Fuel injection pump* dilihat dari depan	39
Gambar 4.12	*Fuel Injection Valve*	40
Gambar 4.13	*Special tools* untuk *fuel injection valve*	40
Gambar 4.14	Bagian-bagian *fuel injector*	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil wawancara dengan masinis 3

Lampiran 2 Tabel pengaturan katup berdasarkan *manual book*

Lampiran 3 *Overhaul high pressure fuel oil pump* nomor 1 dan 2

Lampiran 4 Temperatur *diesel generator* nomor 2

Lampiran 5 *Overhaul* dan tes *injektor generator* nomor 2 silinder nomor 4 dan 5

Lampiran 6 a Spesifikasi bahan bakar M.F.O 380

Lampiran 6 b Rekomendasi bahan bakar dalam *manual book*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Mesin bantu (*auxiliary engine*) merupakan sarana bantu utama untuk kinerja mesin induk, contohnya mesin diesel penggerak alat pembangkit tenaga listrik yang akan dipergunakan oleh pesawat-pesawat bantu serta peralatan elektrik lainnya di kapal, yang dibutuhkan dalam pengoperasian kapal sehingga dapat bekerja seefisien mungkin untuk menghemat waktu dan energi dalam proses pelaksanaan olah gerak, proses bongkar muat, maupun aktifitas lainnya yang berhubungan dengan pengoperasian kapal.

Untuk menjaga kondisi permesinan baik mesin utama maupun mesin bantu, perawatan dan pemeriksaan secara rutin merupakan tindakan pencegahan agar mesin tetap terjaga kondisinya atau tidak cepat rusak. Apabila permesinan rusak akan menghambat pengoperasian kapal dan perusahaan akan mengalami banyak kerugian, demikian pula dengan masyarakat sebagai konsumen membutuhkan barang hasil produksi.

Kelancaran mesin bantu didukung pula dengan kelancaran dan sempurnanya pengabutan bahan bakar terutama dalam menjaga keefektifan kinerja mesin bantu. Perawatan dan perbaikan yang dilakukan secara tidak rutin dan tidak sesuai dengan *manual book* akan mengakibatkan kotornya *fuel injection pump* sehingga waktu pengabutan bahan bakar tidak tepat serta kebocoran kompresi bahan bakar pada alat pengabut mengakibatkan tidak sempurnanya pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar, seperti yang dialami penulis pada saat praktek di atas kapal. Pada saat menjalankan mesin bantu untuk melakukan proses bongkar muat muatan, mesin bantu (*auxiliary engine*) tersebut tidak dapat bekerja dengan maksimal sehingga daya yang dihasilkan turun. Melihat kejadian tersebut, masinis jaga

melakukan pemeriksaan pada mesin bantu dengan mengikuti instruksi dari buku manual. Dalam mengikuti beberapa petunjuk di dalam buku manual, masisnis jaga dan penulis melakukan pengecekan langsung pada bagian-bagian motor bantu sesuai dengan ketentuan yang ada. Oleh karena itulah penulis tertarik untuk memilih judul.

"MENGATASI PENURUNAN DAYA YANG DIHASILKAN MESIN BANTU GUNA MENINGKATKAN OPERASIONAL KAPAL DI MT. DEWI MAESWARA".

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Pembakaran pada mesin dapat terjadi berdasarkan prinsip segitiga api yaitu adanya bahan bakar, udara, dan panas. Apabila komposisi dari ketiga unsur tersebut tidak pas, maka pembakaran yang sempurna tidak dapat terjadi. Dan akan memberikan dampak pada kinerja mesin bantu. Dari penjelasan tersebut, dapat ditemukan masalah sebagai berikut:

1. Tidak tepatnya waktu pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar oleh *fuel injection pump.*
2. Terdapat goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*).
3. Macetnya *fuel rack* pada *fuel injection pump* akibat kurangnya pelumasan.
4. Jenis bahan bakar tidak sesuai dengan rekomendasi buku manual.
5. Kurangnya perawatan pada sistem pengabutan bahan bakar tersebut.
6. *Fuel injection pump* kotor sehingga tidak berfungsi dengan baik
7. Proses pembakaran bahan bakar didalam ruang pembakaran tidak sempurna.

C. BATASAN MASALAH

Mengingat sangat luasnya permasalahan dari judul skripsi ini penulis membatasi masalah yang merupakan hambatan pada proses bekerjanya mesin bantu diesel generator sehingga dalam skripsi ini penulis membatasi pada pokok permasalahan,

1. Tidak tepatnya waktu pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar oleh *fuel injection pump.*
2. Terdapat goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*).

D. RUMUSAN MASALAH

Dari identifikasi masalah diatas dapat diambil rumusan masalah yang berisikan berbagai masalah, adapun penulisan skripsi yang dibahas adalah :

1. Apa yang mengakibatkan tidak tepatnya waktu pengabutan bahan bakar oleh *fuel injection pump*?
2. Apa penyebab goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENYUSUNAN SKRIPSI

1. Tujuan penelitian

   Adapun tujuan penelitian ini untuk memberikan sumbangan pikiran dalam pemecahan masalah berikut.

   a. Untuk mengetahui penyebab tidak tepatnya waktu pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin bantu.
   b. Untuk menemukan penyebab terjadinya goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*).

2. Kegunaan Penelitian

   a. Bagi diri sendiri adalah suatu tambahan pengalaman dan pengetahuan karena penulis dapat menyelesaikan suatu permasalahan.
   b. Untuk pentingnya dunia pengetahuan dan teknologi supaya pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna tidak terjadi yang dapat mengganggu kinerja mesin diesel di kapal.
   c. Untuk pengetahuan awak kapal bahwa bila perbaikan dan perawatan yang dilakukan tidak rutin akan mengakibatkan berubahnya waktu pengabutan bahan bakar dan tidak sempurnanya pengabutan bahan bakar.

F. SISTEMATIKA PENULISAN SKRIPSI

Untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh tentang penyusunan skripsi ini, perlu dikemukakan sistematika penulisan, skripsi ini terdiri dari lima bab dimana bab pertama sampai bab kelima saling berhubungan satu sama lain yang disusun sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang uraian yang melatar belakangi pemilihan judul, tujuan dan kegunaan yang ingin dicapai, perumusan masalah yang dibahas dan pembatasan masalah.

BAB II : LANDASAN TEORI

Dalam bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka yang menguraikan mengenai ilmu dan teori-teori yang terdapat dalam pustaka serta kerangka pemikiran yang berisi bagian yang berasal dari berbagai teori yang relevan dengan masalah yang diteliti sehingga mendapatkan asumsi-asumsi.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan tentang waktu dan tempat penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis yang mengemukakan metode-metode yang akan digunakan dalam menganalisis.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terdiri dari deskripsi data yang berisi tentang data yang diperoleh dari lapangan tentang fakta-fakta yang didapat di kapal, menganalisis data tersebut untuk mengetahui alternatif pemecahan masalah dan evaluasi pemecahan masalah.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menguraikan tentang kesimpulan yang membahas uraian dan bahasan pada bab-bab sebelumnya yaitu merupakan jawaban masalah penelitian yang ada dan saran yang berisikan tentang saran-saran dari hasil penelitian dan skripsi yang telah penulis susun yang diharapkan dapat bermanfaat

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pengertian Pengabutan

Menurut Sukoco, M.pd. dan Zainal Arifin, M.T, dalam bukunya Teknologi Motor Diesel (2008:67) pengabutan bahan bakar adalah proses memecah bahan bakar menjadi butiran-butiran kecil atau sering diistilahkan sebagai proses atomisasi. Proses ini dimaksudkan agar bahan bakar mudah menjadi uap, atau berubah bentuk dari bentuk cair menjadi bentuk gas. Perubahan ini untuk membantu agar bahan bakar dapat bereaksi dengan udara (O_2) yang menjadi syarat untuk terjadinya proses pembakaran yang baik. Di samping itu, persyaratan proses pembakaran adalah terjadinya homogenitas campuran udara dan bahan bakar. Homogenitas berarti kerataan campuran diseluruh ruangan di dalam silinder. Sementara proses pemasukan bahan bakar hanya terjadi pada satu tempat yaitu diujung pengabut. Oleh karena itu, proses penekanan bahan bakar harus dapat mencapai dua kondisi yaitu kabutan yang memungkinkan siap berubah menjadi uap, sedangkan kondisi yang lainnya adalah bahan bakar harus dapat dilempar hingga menyebar keseluruh ruangan di dalam silinder.

Semakin halus kabutan, maka daya jangkauan penetrasi bahan bakar akan semakin lemah. Sebaliknya semakin kasar kabutan, maka daya jangkauan penetrasi akan semakin jauh. Kondisi kabutan yang halus akan menyebabkan bahan bakar terlalu banyak berkumpul disekitar ujung pengabut, hal ini berarti homogentitas tidak tercapai. Bila ini terjadi maka, uap bahan bakar ada yang tidak mendapatkan oksigen yang memadai, dampaknya gas buang akan semakin

banyak mengandung asap hitam. Dan ini merupakan kerugian proses pembakaran, sebab terdapat karbon yang tidak memproduksi panas.

Sementara bila pengabutan kasar, penyebaran bahan bakar akan baik namun proses penguapan akan terhambat. Dampaknya hasil pembakaran akan terdapat (HC) berupa asap hitam pekat. Inipun kerugian proses pembakaran karena terdapat karbon yang tidak mengahasilkan kalor. Oleh karena itu, setiap motor diesel akan berbeda-beda tekanan pengabutannya, hal ini karena beberapa pertimbangan, diantaranya jenis pengabut, tekanan kompresi, turbolensi, kecepatan mesin, dan kapasitas mesin. Melalui sebuah pengamatan atau penelitian yang cermat, akhirnya ditentukan besarnya tekanan pengabutan dari mesin tersebut.

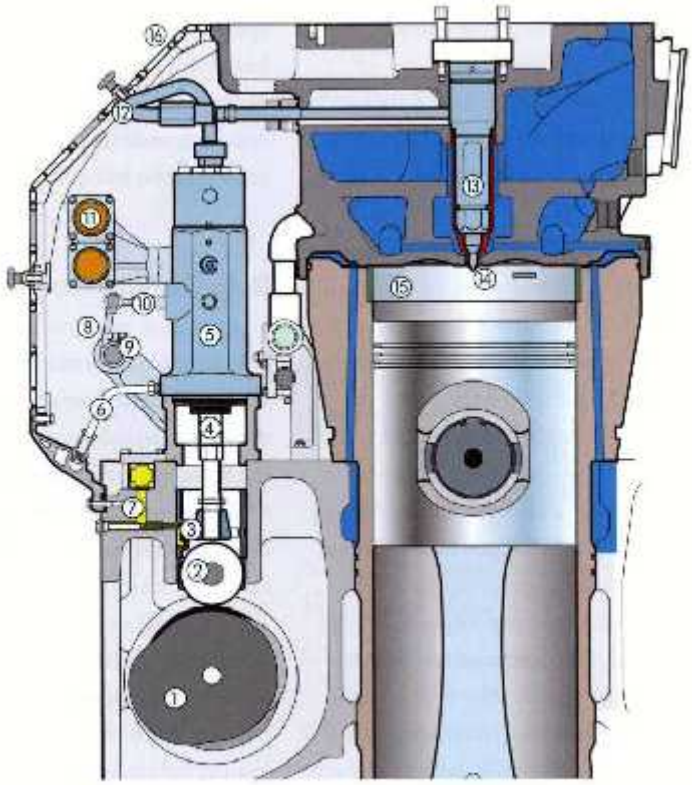
2. Proses Pengabutan atau Penginjeksian Bahan Bakar

Menurut Kees Kuiken dalam bukunya *Diesel Engines for Ship Propulsion and Power Plants* (2008:169) yaitu: Bahan bakar diinjeksikan atau dikabutkan sekitar 15 derajat saat sebelum mencapai TMA (titik mati atas) dan berakhir saat 15 derajat setelah TMA. Oleh sebab itu proses injeksi berlangsung sejauh 30 derajat derajat engkol. Semakin tinggi kecepatan semakin cepat bahan bakar diinjeksikan. Tekanan maksimum pembakaran harus dicapai sesaat piston mencapai TMA, untuk mendapatkan tekanan maksimum pada piston setelah mencapai TMA. Jika tekanan maksimum pembakaran terlalu cepat dicapai, misalnya pada saat piston pada posisi TMA, ini akan menyebababkan beberapa kerusakan pada penggerak mekanis mesin yang disebabkan oleh tekanan yang terlalu tinggi pada posisi TMA. Sebaliknya tekanan pembakaran maksimum yang telat akan menghasilkan tekanan yang sangat rendah sebagaimana piston telah jauh melewati TMA dan kecepatan piston meningkat dengan cepat. Mesin akan kekurangan daya dan akan kehilangan energi yang dihasilkan oleh tekanan tinggi dan temperatur gas buang.

Mengubah pengijeksian bahan bakar akan memberikan dampak serius bagi proses pembakaran dan tenaga keluaran dari mesin diesel. Menyelaraskan *fuel*

pump dan *injector* dengan cermat adalah syarat dari maksimalnya operasi mesin diesel.

Bagian-bagian dari sistem pengabutan bahan bakar adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1

Penampang sistem pengabut bahan bakar

Keterangan gambar 2.1 :

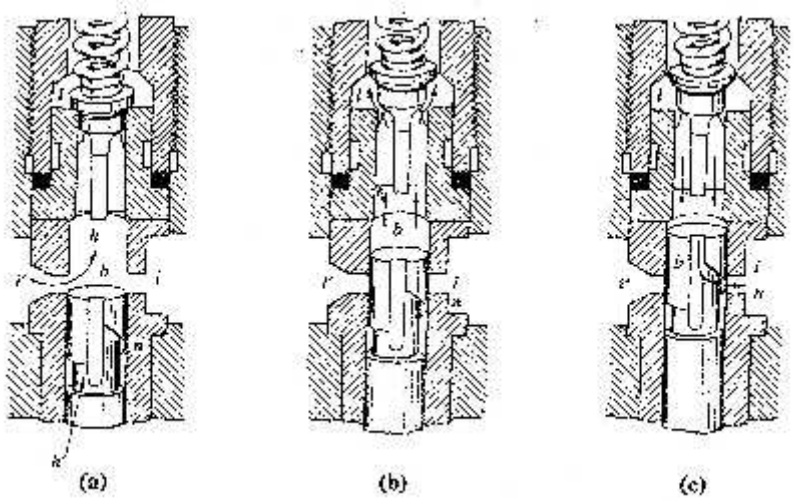
a. *Fuel cam on camshaft* (1)
b. *Cam roolers* (2)
c. *Cam roll guide* (3)
d. *Pump plunger* (4)
e. *Fuel pump housing* (5)
f. *Fuel return line* (6)
g. *Lubricating oil supply to cam roll guides* (7)
h. *Fuel pump control rod* (8)
i. *Central adjusting spindle* (9)

j. *Fuel pump gear rack* (10)
k. *Fuel pump suction line* (11)
l. *Fuel pump high pressure line* (12)
m. *Fuel injector* (13)
n. *Injector tip* (14)
o. *Combustion space with piston in top position* (15)
p. *Cover over the fuel pump called hot box* (16)

3. Pengertian *Fuel Injection Pump*

Fuel injection pump atau yang biasa disebut *bosch pump* adalah pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke ruang bakar melalui *nozzle* dengan tekanan tinggi (max 300 kg/cm2). Bahan bakar yang diinjeksikan dengan tekanan tinggi tersebut akan membentuk kabut dengan partikel-partikel bahan bakar yang sangat halus sehingga mudah bercampur dengan udara. (*http://teknisiberat.blogspot.com/2012/02/pompa-injeksi-bahan-bakar-fuel.html*).

Fuel injection pump yang digunakan pada mesin ini adalah berjenis *Bosch* dengan karakteristik terdapat *plunger,* serta silinder dan katup pengeluaran yang merupakan katup searah. Cara kerja pompa jenis ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2
Prinsip kerja *fuel injection pump* jenis *Bosch*

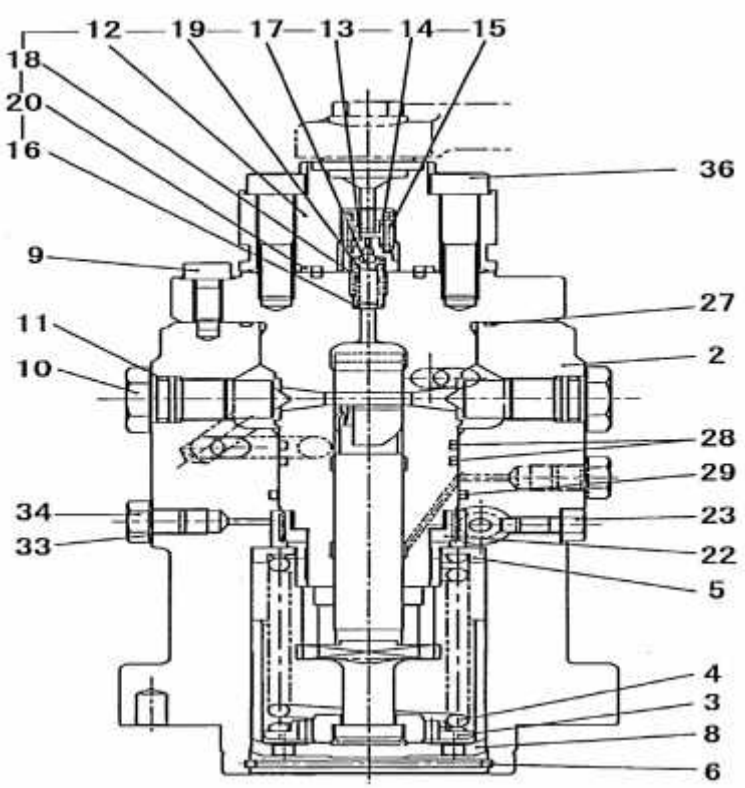
Pada gambar 2.2 (a), *plunger* berada di TMB (titik mati bawah) nya. Dalam keadaan tersebut, bahan bakar bertekanan rendah mengalir ke dalam silinder melalui lubang masuk *i'*, mengisi ruang *h* dan ruangan alur-alur yang terdapat pada *plunger h'*, oleh karena katup pengeluaran berfungsi menutup bagian atas dari ruang *h* dengan gaya pegas, maka bahan bakar baru mulai ditekan jika lubang *i'* dan *i* sudah ditutup oleh *plunger* itu sendiri. Katup pengeluaran merupakan katup searah. Maka apabila tekanan bahan bakar di dalam silinder sudah mencapai tekanan tertentu, katup pengeluaran akan terbuka. Selanjutnya, bahan bakar di dalam pipa bahan bakar dan penyemprot juga mengalami penekanan, sehingga pada suatu saat dimana tekanan di dalam penyemprotan bahan bakar sudah melampaui suatu tekanan tertentu, penyemprotan bahan bakar kedalam silinder baru dimulai. Peristiwa ini ditunjukkan pada gambar 2.2 (b).

Pada gerakan torak selanjutnya ke TMA, alur-*plunger n* yang miring akan melalui lubang *i,* sehingga bahan bakar bertekanan tinggi yang ada di dalam ruangan *h* dan *h'* akan keluar melalui lubang *i.* Hal itu dapat dilihat pada gambar 2.2 (c). Dengan demikian, tekanannya akan turun dengan cepat dan gelombang penurunan tekanan akan terjadi di dalam pipa bahan bakar. Apabila tekanan bahan bakar di *nozzle* penyemprot bahan bakar turun dibawah suatu harga tertentu, maka katup *nozzle* pun akan menutup sehingga penyemprotan bahan bakar akan berhenti. Katup pengeluaran pada pompa bahan bakar juga akan kembali ke tempat duduknya. Selama gerakan tersebut terakhir volume antara katup pengeluaran dan penyemprot bahan bakar akan bertambah besar, sehingga menarik aliran bahan bakar dari penyemprot ke pipa bahan bakar. Keadaan tersebut membantu menyetop dengan cepat penyemprotan bahan bakar dari *nozzle*.

Pada suatu saat menjelang akhir langkah *plunger* ke TMA, lubang *i* juga akan terbuka sehingga bahan bakar akan mengalir dari ruang *h* dan *h'* ke ruang pemasukan bahan bakar, di samping silinder. Tetapi, pada gerakan *plunger* menuju TMB-nya, *i'* akan tertutup terlebih dahulu, dan pada waktu *n* melalui tepi bawah dari *i*, tekanan ruang *h* dan *h'* akan berkurang. Selanjutnya *plunger* yang juga ditarik ke bawah oleh pegas akan menyebabkan terjadinya vakum di

dalam ruang *h* dan *h'*. Pada saat tepi puncak *plunger* mulai membuka lubang *i* dan *i'*, maka bahan bakar mulai masuk ke dalam silinder sesuai keadaan tersebut pada gambar 2.2 (a). Dan seterusnya, proses tersebut akan terjadi berulang-ulang sesuai dengan putaran mesin. (Prof. Dr. Wiranto Arismunandar, Motor Diesel Putaran Tinggi, Cetakan 11, Tahun 2008, hal 75-76).

Berikut ini adalah gambar penampang *fuel injection pump* beserta keterangan gambarnya :



Gambar 2.3

Gambar penampang *fuel injection pump* (dari depan)

Tabel keterangan gambar 2.3

No	Nama Bagian	No.	Nama Bagian
2	*Body, fuel injection pump*	9	*Bolt, barrel lock*
3	*Seat, plunger*	10	*Protector*
4	*Spring, plunger*	11	*O-ring*
5	*Shoe, plunger*	12	*Body, isobaric valve*
6	*Retainer, plunger guide*	13	*Delivery valve*
8	*Plunger guide*	14	*Stopper, delivery valve*

15	*Spring, delivery valve*	23	*Bolt*
16	*Shim*	27	*O-ring*
17	*Steel ball*	28	*O-ring*
18	*Spring, return valve*	29	*O-ring*
19	*Shoe return valve*	33	*Gasket*
20	*Square ring*	34	*Hexagon head plug M12*
22	*Pinion*	36	*Hexagon socket head bolt*

4. Pengertian Pengabut Bahan Bakar atau *Fuel Injector*

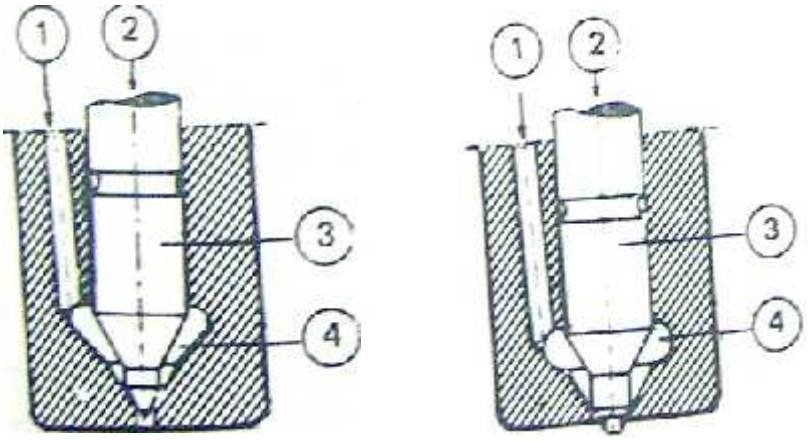
Menurut Wiranto Arismunandar dalam bukunya Penggerak Mula Motor Bakar Torak (1988:92) yaitu : Penyemprotan bahan bakar kedalam ruang bakar dilaksanakan dengan mempergunakan sebuah alat yang dinamai penyemprot bahan bakar. Disamping beberapa persyaratan lain yang diperlukan, bahan bakar yang disemprotkan itu harus terbakar sesuai dengan prestasi yang diharapkan. Dapat dikatakan fungsi penyemprot bahan bakar adalah :

a. Memasukan bahan bakar kedalam ruang bakar sesuai dengan kebutuhan
b. Mengabutkan bahan bakar sesuai dengan derajat pengabutan yang diminta ,dan
c. Mendistribusikan bahan bakar untuk memperoleh pembakaran sempurna dalam waktu yang ditetapkan.

Tekanan udara didalam ruang bakar sudah sangat tinggi (35-50 atm) ketika bahan bakar disemprotkan. Dengan sendirinya tekanan penyemprotan haruslah lebih tinggi dari tekanan udara tersebut. Kelebihan tekanan itu juga diperlukan untuk memperoleh kecepatan penyemprotan (kecepatan bahan bakar keluar dari pengabut) tertentu, yaitu sesuai dengan derajat pengabutan yang diinginkan. Makin besar kecepatan pengabutan makin tinggi derajat pengabutannya. Kecepatan tersebut dapat mencapai 400 m/detik dengan tekanan pengabutan 70-1000 kg/cm^2.

Dengan sendirinya konstruksi dan harga sistem pengabutannya bertambah mahal, sesuai dengan tekanan pengabutan yang dipergunakan. Komponen

pengabutan yang mengatur bentuk pancaran bahan bakar dinamai nosel. Ada beberapa jenis nosel, dua diantaranya yang banyak dipergunakan pada motor diesel modern adalah nosel katup jarum dan nosel pasak seperti terlukis pada gambar:



a. b.

Gambar 2.4

a. Nosel katup jarum, b. Nosel pasak

Tabel keterangan gambar 2.4

No	Keterangan
1	Saluran bahan bakar masuk
2	Gaya pegas
3	Katup
4	Ruang tekan

Kedua jenis nosel ini berbeda bentuk ujung katupnya. Kabut bahan bakar yang keluar dari nosel katup jarum berbentuk kerucut sendangkan dari nosel pasak berbentuk selubung kerucut. Nosel katup jarum dapat satu atau lebih, berdiameter sangat kecil 0,25 mm. Diameter lubang pasak bisa sampai 3 mm.

Boleh dikatakan, nosel katup jarum pada umumnya dipergunakan pada motor diesel dengan ruang bakar terbuka. Yang dimaksud dengan ruang bakar terbuka adalah desain ruang bakar yang paling sederhana, disini tugas dari pengabut bahan bakar sangat berat karena harus mengkabutkan dan mendistribusikan

secara merata agar terjadi pembakaran yang sempurna. Tipe ruang pembakaran ini menggunakan tekanan injektor 180-300 kg/cm^2. Sedangkan nosel pasak banyak dipergunakan pada motor diesel dengan ruang bakar kamar muka. Yang dimaksud dengan ruang bakar kamar muka yaitu kamar muka dan ruang bakar utama. Kamar muka berupa ruang kecil (30-40% ruang sisa) disebelah ruang bakar utama, dimana ditempatkan injektor. Menjelang 20-15 derajat sebelum TMA bahan bakar dikabutkan. Pembakaran yang terjadi di kamar muka, namun karena jumlah udara dalam kamar muka terbatas maka pembakaran masih belum sempurna. Namun demikian, adanya tekanan udara yang tinggi hasil pembakaran awal ini mendorong bahan bakar ke ruang bakar utama dengan kecepatan tinggi sehingga pembakaran lanjutan dapat dilakukan lebih sempurna. Proses ini disebut proses pengabutan kedua. Ruang bakar tipe ini tidak membutuhkan injektor tekanan tinggi, biasanya digunakan tipe nosel pasak dengan tekanan pengabutan antara 85-140 kg/cm^2 dengan rasio kompresi berkisar antara 16-17. Ini menguntungkan karena bahan bakarnya lebih murah, dan dapat menggunakan bahan bakar dengan viskositas lebih tinggi. Tekanan gas maksimum berkisar antara 50-60 kg/cm^2. Tekanan pengabutan dihasilkan oleh pompa bahan bakar tekanan tinggi. Melalui pipa tekanan tinggi yang berdiameter antara 1,5-4 mm (bergantung pada jumlah bahan bakar yang harus dikabutkan) bahan bakar mengalir ke pengabut dan akhirnya masuk keruang tekanan didalam nosel. Didalam nosel, katup menutup lubang nosel karena adanya gaya pegas yang besarnya dapat diatur sesuai dengan tekanan pengabutan yang dikehendaki. Apabila gaya bahan bakar yang ada diruang tekanan tersebut lebih besar dari pada gaya pegas, katup nosel akan terangkat sehingga lobang nosel terbuka. Dengan kecepatan tinggi mengalirlah bahan bakar kedalam ruang bakar melalui lubang nosel. Jadi, bahan bakar barulah dapat masuk kedalam ruang bakar apabila tekanannya cukup besar untuk melawan gaya pegas yang menekan katup nosel itu.

Prinsip pengabut adalah sebagai berikut. Pada waktu yang tertentu pompa bahan bakar menekan minyak bahan bakar dengan tekanan 300 kg/cm^2 melalui lubang-lubang yang sangat sempit dari bagian mulut lubang pengabut dalam ruang pembakaran. Garis menengah lubang pengabut itu berada antara 0,4 mm sampai 0,8 mm, ini tergantung pada besarnya motor. Sebagai akibat dari tekanan

yang sangat tinggi, dimana minyak ditekan melalui lubang pengabut yang sangat sempit, pancaran minyak yang halus itu menyembur dengan kecepatan permulaan 250 m/sec, ini berisi dengan udara 32 kg/cm^2 yang oleh sebab itu memperoleh sifat rapat yang besar. Sebagai akibat tekanan geseran yang didapat oleh pancaran minyak didalam udara yang didapatkan ini, pancaran-pancaran itu terpecak-pecak, sesudah meninggalkan lubang pengabut itu demikian rupa, sehingga karena ini terjadi pengabutan yang sangat halus. Jadi pengabutan kedalam yang sangat tinggi diperlakukan untuk memberi kecepatan permulaan yang sangat besar kepada pancaran minyak, sehingga sebagai akibat dari tekanan geseran dengan udara pembakaran yang dipadatkan terjadi pengabutan yang sebenarnya.

5. Kriteria pada *Fuel Oil Pump* dan *Injector* agar bekerja maksimal

Menurut Kees Kuiken dalam bukunya *Diesel Engines for Ship Propulsion and Power Plants* (2008:180) yaitu: Pada dasarnya pompa bahan bakar tekanan tinggi haruslah mampu memenuhi kriteria sebagai berikut:

a. Untuk menempatkan bahan bakar dengan cepat dibawah tekanan tinggi
b. Memompakan bahan bakar secara teliti sesuai jumlah yang telah diatur menuju injektor secara terus menerus dan teratur dari nol ke hasil maksimum.
c. Untuk mendistribusikan bahan bakar harus dimulai pada waktu yang tepat dan berlangsung selama waktu tertentu.
d. Kebocoran pada pompa bahan bakar haruslah seminimal mungkin
e. Pompa bahan bakar harus mampu bertahan pada suhu tinggi sekitar 150 derajat celcius pada bahan bakar untuk memastikan bahwa bahan bakar teratomisasi kedalam silinder dengan viskositas yang tepat.

Menurut Kees Kuiken dalam bukunya *Diesel Engines for Ship Propulsion and Power Plants* (2008:174) yaitu: Kualitas dari pengapian, termasuk penundaan pengapian juga ditentukan oleh ukuran dari tetesan bahan bakar. Semakin kecil tetesan semakin cepat pemanasan, pengembunan, dan gasifikasi. Dengan kata lain; semakin kecil tetesan semakin tinggi rasio permukaan cembung terhadap kandungan tetesan. Semakin kecil tetesan semakin cepat kumpulan bahan bakar

yang memanas. Ukuran dari tetesan bergantung pada rata-rata tekanan penginjeksian.

Boleh dikatakan pengabut bahan bakar atau *injector* harus mampu untuk mengabutkan bahan bakar menjadi sekecil mungkin dengan tekanan tinggi yang telah ditentukan. Karena ukuran dari tetesan bahan bakar sangatlah penting untuk mencapai proses pembakaran yang sempurna. Ukuran tetesan bahan bakar yang ideal berkisar antara 15-60 mikro-milimeter.

B. KERANGKA PEMIKIRAN

Masalah yang timbul yaitu mengenai waktu pengabutan bahan bakar oleh *fuel injection pump* dan tidak sempurnanya pengabutan oleh pengabut bahan bakar menjadi permasalahan yang harus diselesaikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan upaya perbaikan dan perawatan yang baik dan benar serta menggunakan komponen yang sesuai dengan karakteristik mesin.

Dengan membaca teori yang bersumber dari buku literature maupun instruksi manual, maka masalah tersebut dapat dijawab. Hal ini adalah tugas dan tanggung jawab bagi masinis sehubung dengan permasalahan tersebut. Sumber pengetahuan tidak hanya dibatasi oleh sumber tertulis tetapi juga bisa didapat dari sumber lisan yakni orang yang mempunyai pengalaman dalam hal ini.

Sistem perawatan dan perbaikan mesin di kapal telah diatur sebelumnya dalam PMS (*Plan maintenance system)*. *Fuel injection pump* dan *fuel injector* sudah dirawat secara berkala. Bahkan jangka waktu perawatan lebih pendek daripada yang telah ditetapkan PMS. Tetapi ada faktor lainnya diluar perencanaan yang telah ditetapkan yang mempengaruhi kinerja dari *fuel injection pump* dan *fuel injector.* Hal ini dikarenakan kondisi *diesel generator* yang memerlukan perawatan lebih awal akibat usia dari mesin serta kinerja mesin yang beroperasi secara terus menerus. Penyebab inilah yang menjadi pertanyaan yang harus diajawab. Penulis berharap jawaban dari pertanyaan tersebut dapat menjadi cara untuk mengatasi tidak sempurnanya pengabutan bahan bakar.

Dari uraian di atas dapat disusun kerangka pemikiran sebagai berikut :



Gambar 2.5

Kerangka pemikiran

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung ketika penulis melaksanakan praktek laut (prala) selama dua belas bulan (sebagai pelaksanaan semester V dan VI yang merupakan program Diploma IV dari Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran). Waktu yang dipakai penulis untuk pengambilan data primer yaitu terhitung dari tanggal 14 Agustus 2017 sampai dengan 29 Agustus 2018. Periode lebih kurang satu tahun tersebut digunakan untuk mengamati dan meneliti mengenai proses persiapan operasional kapal dan alat-alat yang menunjang proses operasional kapal yang akan diangkat permasalahannya dalam skripsi ini.

2. Tempat Penelitian

Penulis melakukan penelitian selama di atas kapal MT. DEWI MAESWARA. Adapun data kapal tersebut sebagai berikut:

Name of Vessel	: MT. DEWI MAESWARA
Official Number	: PK.674/138/SL-SM/DK-10
Type of Vessel	: *Crude Oil Tanker*
Flag State	: Indonesia
IMO Number	: 9510515
Port Registry	: Jakarta
Call Sign	: PNIW
Owner Name	: PT. Pelayaran Mahameru Kencana Abadi, Jakarta, Indonesia
Technical Manager	: PT. Perusahaan Pelayaran Equinox

Commercial manager	: Chatham *Shipmanagement Inc.*,80 *Broad Street,* Monrovia, Liberia	
Builder	: *Hitachi Zoshen Corporation Ariake Work Japan*	
Launched Date	: *July, 4th 1998*	
Class	: ABS + A1 E, *"Oil carrier''*, SH + AMS + ACCU	
Length Over All (LOA)	: 332.940 *meters*	
Length (B.P)	: 321.316 *meters*	
Breadth (MLD)	: 60.00 *meters*	
Depth (MLD)	: 29.550 *meters*	
Freeboard Length	: 321.316 *meters*	
Suez Gross Tonage	: 161,594.76 *M/tons*	
Gross Tonnage	: 159,423 *M/tons*	
Net Tonnage	: 95,710 *M/tons*	
Main engine	: Hitachi Zoshen Man - B & W 7S80MC (MK6) *Diesel Engine Type*	
Maximum Continuous Rating (MCR)		: 31,920 PS @ 77.0 *RPM*
Normal Service Rating (NSR)		: 28,720 PS @ 74.3 *RPM*
Full Load service Speed		: 15.1 *Knots*
Draft	: *Tropical*	: 21.480 *meters*
	Summer	: 21.040 *meters*
	Winter	: 20.600 *meters*
	Tropical Fresh	: 21.938 *meters*
	Fresh	: 21.499 *meters*
Displacement	:*Tropical*	: 354,932 *MT*
	Summer	: 338,945 *MT*

	Winter	: 330,990 *MT*
	Tropical Fresh	: 354,932 *MT*
	Fresh	: 347,272 *MT*
Deadweight	: *Tropical*	: 307,967 *MT*
	Summer	: 299,986 *MT*
	Winter	: 292,031 *MT*
	Tropical Fresh	: 315,973 *MT*
	Fresh	: 308,313 *MT*

Cargo Oil tanks - Full capacity : 338,287 *cubic meter*

Segregated Water Ballast Tanks - Full capacity : 108,971 *cubic meters*

Cargo Oil Pumps : 5,500 M^3/H x 150 M x 3 *Sets*

Cargo Oil Stripping Pump : 200 M^3/H x 150 M x 1 *Sets*

Cargo Oil Stripping Eductor : 600 M^3/H x 2 *Sets*

Maximum Loading / Discharging Rate : 16500 M^3/H- 103,782 B/H

*(*1 *Center tank* 5,500 M^3/H - 34,594 B/H,1 *Wing tank* 2,750 M^2/H - 17,297 B/H*)*

Water Ballast Pumps : 4,000 M^3/H x 35M x 2 *Sets*

Water Ballast Stripping Eductor : 400 M^3/H x 2 *Sets*

Hose Handling Crane Capacity : SWL 20 T x @ *Nos*

B. METODE PENDEKATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Metode Pendekatan

Metode pendekatan yang digunakan penulis dalam membahas skripsi ini adalah deskriptif kualitatif yaitu metode pemaparan dengan menganalisa data berupa temuan-temuan yang didapat di lapangan dengan alat ukur berupa teori-teori yang relevan dengan masalah yang diteliti, sehingga ditemukan penyebab timbulnya masalah. Macam-macam metode pendekatan dan pengumpulan data adalah sebagai berikut :

a. Studi Kasus

Metode studi kasus adalah metode pengumpulan data dengan cara memahami suatu obyek penelitian yang dilakukan secara integratif dan komprehensif agar diperoleh pemahaman yang mendalam tentang obyek tersebut beserta masalah yang dihadapinya dengan tujuan masalahnya dapat terselesaikan dengan baik.

b. *Problem Solving*

Metode pendekatan dengan cara *problem solving* adalah suatu proses untuk menemukan masalah dan memecahkan berdasarkan data dan informasi yang akurat, sehingga dapat diambil kesimpulan yang tepat.

c. Deskriptif Kualitatif

Pendekatan deskriptif kualitatif adalah suatu proses penelitian dan pemahaman yang berdasarkan pada fakta dan data yang didapat pada masalah yang terjadi. Pada pendekatan ini, penulis membuat suatu gambaran kompleks, meneliti kata-kata, laporan terinci dari pandangan responden, dan melakukan studi pada situasi yang alami.

Dari metode-metode yang telah disebutkan di atas, penulis memilih metode pendekatan **deskriptif kualitatif** berdasarkan pengalaman selama di atas kapal MT. DEWI MAESWARA.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data erat hubungannya dengan masalah penelitian yang akan dipecahkan, oleh karena itu teknik pengumpulan data perlu diperhatikan. Penjelasan mengenai teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Observasi

Yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung pada objek atau kejadian yang berkaitan dengan masalah yang diteliti saat melakukan dinas jaga bongkar muat.

Dapat dikatakan juga bahwa observasi secara langsung adalah pengambilan data dengan cara visual tanpa pertolongan alat lain untuk keperluan yang telah direncanakan secara sistematik dan akan digunakan untuk tujuan penelitian. Dengan melakukan observasi, maka data yang telah didapatkan adalah data primer, bukan data sekunder yang didapatkan dari orang lain. Selain itu data jenis ini dapat lebih dipercaya, objektif dan dapat dipertanggung jawabkan. Karena peneliti terjun langsung mengambil bagian dalam situasi, maka banyak hal yang penulis dapat dari pengamatan ini.

Di kapal MT. DEWI MAESWARA, pernah terjadi kekurangan daya atau *power* untuk proses bongkar muat akibat diesel generator yang dijalankan tidak mampu menghasilkan daya atau *power* seperti biasanya. Maka dari itu, *diesel generator* yang dijalankan dikurangi bebannya. Pengurangan beban dilakukan dengan cara mengurangi pemakaian daya listrik kapal, memberhentikan beberapa permesinan seperti beberapa *blower engine room* serta start stop *main air compressor* secara manual adalah satu cara yang dilakukan untuk memfokuskan daya pada proses bongkar muat muatan. Dari penjelasan di atas, hal ini menyebabkan lambatnya persiapan pada diesel generator khususnya pada saat keadaan proses bongkar muat muatan. Untuk itu perlu diadakan kegiatan perawatan dan perbaikan yang lebih teliti lagi guna menyikapi hal tersebut. Asumsi sementara yang dapat disimpulkan yaitu perawatan dan perbaikan yang kurang tepat dan benar terhadap *diesel generator* khususnya pada sistem bahan bakar yang mencakup *fuel injection pump* dan *fuel injector*. Tidak hanya itu, faktor bahan bakar serta keaslian

spare part juga ikut berpengaruh pada proses ini sehingga hal tersebut yang perlu mendapat perhatian khusus.

b. Wawancara

Merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan proses tanya jawab secara lisan dan langsung kepada sasaran penelitian yang mengetahui sumber dari data-data dan masalah-masalah yang ada. Wawancara sebagai alat pengumpul data yang menghendaki adanya komunikasi secara langsung antara peneliti dan sasaran penelitian. Wawancara dilakukan secara terbuka atau peneliti bertanya kepada perwira di atas kapal tentang fakta-fakta suatu peristiwa dan opini mereka mengenai suatu peristiwa yang diteliti.

Dalam hal ini penulis melaksanakan wawancara dengan Masinis 3 (*third engineer)* yang bertanggung jawab langsung terhadap *diesel generator* di MT. DEWI MAESWARA. Hasil wawancara dapat dilihat pada halaman lampiran.

c. Dokumentasi

Merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengumpulan data sebagai bukti otentik agar semua hal yang bekenaan dengan *diesel generator* dapat terkoodinir dengan baik. Karena kondisi semua mesin harus dicatat di dokumen kapal tentang apa saja yang terjadi, mengapa dapat terjadi dan kapan waktu terjadinya. Tujuannya adalah sebagai catatan riwayat mesin jika terjadi sesuatu masalah sesudahnya. Adapun dokumen kapal itu antara lain :

1) Catatan harian di kamar mesin.
2) Catatan bulanan kamar mesin.

d. Studi pustaka

Studi pustaka yaitu teknik pengumpulan data dengan cara membaca buku ataupun sumber yang dapat dijadikan referensi ataupun acuan pendukung sebagai tambahan dan perbandingan dalam penelitian dan pembahasan yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti. Dimana kita ketahui bersama bahwa setiap kapal mempunyai konstruksi *diesel generator* yang berbeda –

beda dan mempunyai kesamaan berupa bagian-bagian utamanya, cara pengoperasian maupun cara perawatannya.

1. Dalam menyusun skripsi ini penyusun menggunakan buku manual (*Instruction Manual Book*) dari kapal selama melakukan penelitian, berisikan tentang panduan lengkap dan khusus dalam pengoperasian, perawatan serta pemecahan masalah yang terjadi pada *diesel generator* di atas kapal.
2. Untuk menambah ataupun sebagai pendukung pembahasan pada penelitian ini, penulis juga menggunakan buku-buku referensi dari perpustakaan maupun internet dan dokumen yang berdasarkan dengan masalah-masalah yang akan di bahas dalam penyusunan skripsi ini. Selain itu juga harus dipadukan dengan ilmu pengetahuan yang penulis dapat selama mengikuti bangku perkuliahan program pendidikan D IV di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP), serta pengalaman penulis selama melakukan praktek laut (Prala) di atas kapal MT. DEWI MAESWARA sehingga lebih mudah untuk dipahami.

C. SUBJEK PENELITIAN

Subjek penelitian dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu mesin *diesel generator* beserta komponen-komponennya. Adapun spesifikasi *diesel generator* adalah sebagai berikut :

Maker	:	DAIHATSU DIESEL
Type & Quantity	:	6DK-20E @ 3 Sets 1040 kW
No. of Cylinder	:	6 *Sets*
Mean Eff. Pressure	:	2.26 MPa
Cylinder Bore	:	200 mm
Piston Stroke	:	300 mm
Revolution	:	900 RPM
Max. press	:	20.0 MPa
Cyl. Cooling	:	*Freshwater*
Generator Output	:	1040 kW

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dari akar permasalahan yaitu mengumpulkan data-data yang menjadi akar dari permasalahan yaitu mengumpulkan data-data yang menjadi akar dari permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, kemudian data-data tersebut di analisa dan di cari kesimpulan yang tepat dan sesuai kondisi saat itu yang berkaitan dengan *diesel generator*, dengan tambahan data-data dari buku, teknik analisa ini dapat di harapkan dan menghasilkan pemecahan masalah terhadap permasalahan yang di bahas dalam skripsi ini. Data akan memaparkan semua kejadian atau peristiwa yang terjadi diatas kapal yang berhubungan dengan kurang baiknya perawatan dan perbaikan terhadap *fuel injection valve* dan *fuel injection pump* serta spesifikasi bahan bakar yang cocok digunakan, selanjutnya dianalisa dengan teori-teori yang relevan untuk mendapatkan penyebab timbulnya masalah dan mencari solusi yang tepat.

Selanjutnya penulis membuat penyajian data, penyajian data ini merupakan penjabaran data-data yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya yang telah disusun dengan urut sehingga diperoleh penyajian data yang mudah dipahami dan dimengerti oleh pembaca. Dalam suatu penjelasan masalah terdapat suatu penggambaran atau deskripsi tentang bagaimana awal mula masalah tersebut terjadi dan penyebab-penyebab apa saja sehingga masalah itu muncul. Sebagaimana yang telah dimuat dalam masalah yang terjadi bahwa mayoritas kesalahan muncul, disebabkan dari kesalahan manusianya sendiri. Dalam pengoperasian kapal, *diesel generator* adalah mesin yang berperan penting terhadap kelancaran pengoperasian kapal karena mesin ini berfungsi untuk menghasilkan energi listrik yang akan digunakan mesin-mesin yang lain.

silinder adalah 10% dari suhu maksimum atau sekitar 35^{o}C. Masinis 3 langsung melakukan pengecekan pada *diesel generator* nomor 2, mengecek suplai dan tekanan bahan bakar namun tidak ada yang salah dengan hal itu. Semua tekanan dipastikan normal. Kemudian masinis 3 membuka *cover* depan mesin mengecek bagian *rack* pada *fuel injection pump* dan melumasinya dengan minyak pelumas. Setelah dirasa cukup, masinis 3 kembali mengamati suhu gas buang dan hasilnya tetap rendah, terutama pada silinder nomor 1 dan 2. Masinis 3 mengambil keputusan untuk mengecek takanan *Pmax* dan mengambil diagramnya. Alat ukur atau *Pmax indicator* dipasangkan pada *indicator cock* tiap silinder secara bergantian. Hasilnya pada silinder nomor 1 dan 2 tekanan *Pmax* nya terlalu rendah (berkisar 16.6 Mpa dan 16.3 Mpa) dibandingkan dengan silinder lainnnya (berkisar 18 Mpa – 19 Mpa).

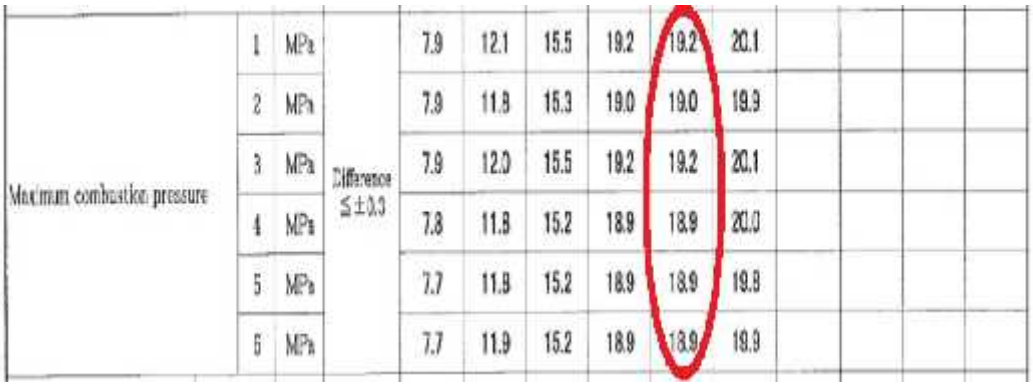
Berikut adalah data temperatur dan tekanan *Pmax* yang diambil pada saat terjadi permasalahan pada *diesel generator* nomor 2.

PARAMETERS UNITS	1	2	3	4	5	6
Pmax Mpa	16.6	16.3	18.8	18.6	18.7	18.5
Exhaust Gas Temp. °C	320	324	362	360	358	365
Fuel Rack Position	26	25	26	26	26	26
JCW Outlet Temp. °C	81	80	80	80	79	80

Gambar 4.1

Tabel parameter suhu dan tekanan *diesel generator* no. 2

Berikut adalah gambar tabel data *Pmax* yang diambil dari *manual book*.



Maximum combustion pressure	1	MPa	Difference ≤ ±0.3	7.9	12.1	15.5	19.2	19.2	20.1			
	2	MPa		7.9	11.9	15.3	19.0	19.0	19.9			
	3	MPa		7.9	12.0	15.5	19.2	19.2	20.1			
	4	MPa		7.8	11.8	15.2	18.9	18.9	20.0			
	5	MPa		7.7	11.9	15.2	18.9	18.9	19.9			
	6	MPa		7.7	11.9	15.2	18.9	18.9	19.9			

Gambar 4.2

Tabel data *Pmax* berdasarkan *manual book*

Dari hasil pengamatan, dapat dilihat bahwa temperatur gas buang dan tekanan *Pmax* pada silinder no. 1 dan 2 adalah rendah atau dibawah rata-rata. Kemudian Masinis 3 melapor dan berkonsultasi kepada masinis 2 perihal keputusan apa yang akan diambil terhadap indikasi yang ada karena tidak bisa melakukan *overhoul* sebab membutuhkan waktu yang cukup lama sedangkan proses bongkar muatan akan dilakukan. Akhirnya diambil keputusan untuk menjalankan *diesel generator* tetapi bebannya dikurangi dengan cara memberhentikan beberapa permesinan. Setelah proses bongkar muatan selesai Masinis 3 membuka *cover fuel injection pump* silinder nomor 1 dan 2 pada *diesel generator* nomor 2 untuk memastikan masalah pada waktu penginjeksian bahan bakar. Dengan melihat posisi *cam knock* dengan posisi derajat pada *flywheel* ditemukan keterlambatan 4 derajat dari yang seharusnya. Berdasarkan data dari buku manual waktu pengabutan normal adalah 15^0 sebelum TMA (lihat lampiran 2) sedangkan pada *diesel generator* ditemukan waktu pengabutan pada posisi 11^0 sebelum TMA. Setelah itu Masinis 3 dibantu oleh *wiper*, *oiler* dan kadet mesin melakukan *overhoul* pada *fuel oil injection pump* (lihat lampiran 3) untuk membersihkan dan megatur kembali waktu pengabutan bahan bakar atau *timing injection* pada kedua silinder.

2. Goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)

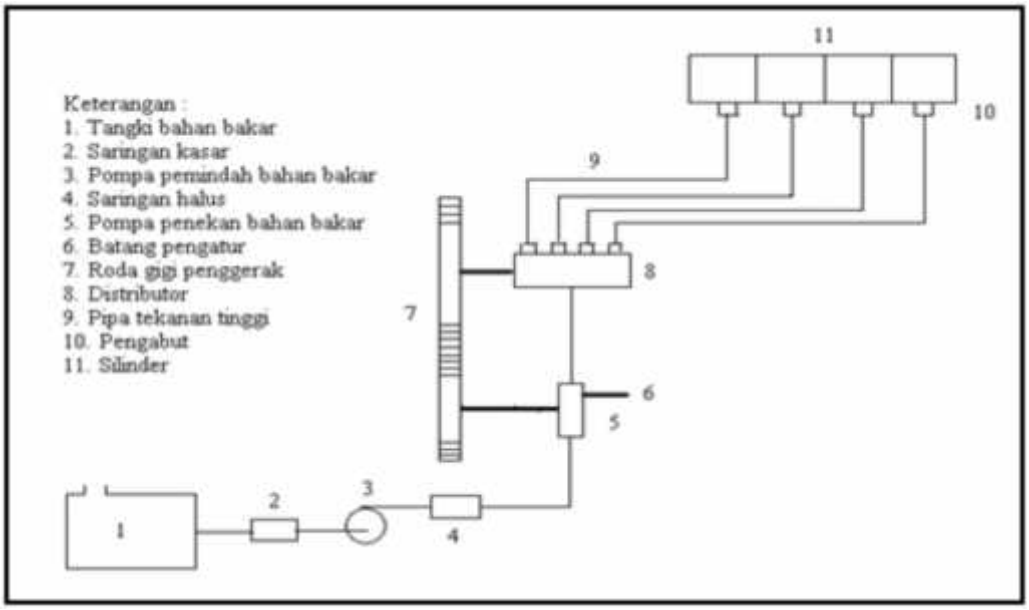
Pada tanggal 20 Febuari 2018 pukul 10.00 LT saat rute pelayaran dari Cilacap ke Fujairah posisi kapal berada di Samudera Hindia *Oiler* jaga (08.00-12.00) yang mengambil jurnal menemukan perbedaan temperatur gas buang yang sangat signifikan pada *diesel generator* nomor 2. Termometer pada gas buang silinder nomor 4 dan 5 menunjukan temperature yang tinggi, sedangkan pada silinder lainnya yaitu nomor 1,2,3 dan 6 temperatur terlihat normal (lihat lampiran 4). *Oiler* jaga kemudian melaporkannya kepada masinis jaga yaitu Masinis 4. Masinis 4 mengambil tindakan untuk menghentikan *diesel generator* nomor 2 dan digantikan dengan *diesel generator* nomor 3. Pada saat serah terima jaga dengan Masinis 3 (12.00-16.00), Masinis 4 melaporkan temuan tersebut kepada Masinis 3, dan Masinis 3 memutuskan untuk melakukan pengecekan pada *diesel generator* nomor 2, dengan membuka dan memeriksa kedua fuel injektor tadi ditemukan adanya goresan pada jarum tekan *fuel injector* (*plunger*). Setelah kedua *fuel injektor* itu dilakukan perbaikan dan dilakukan pengetesan ulang serta disetel pada tekanan pengabutan bahan bakar mendekati 320 kg/cm^2 (lihat lampiran 5), agar dapat dipasang kembali pada kedudukannya di *cylinder head diesel generator*, sehingga *diesel generator* nomor 2 dapat ditempatkan pada posisi *standby* atau dioperasikan. Jika terjadi masalah pada *diesel generator* lainnya *diesel generator* nomor 2 dapat dijalankan dengan normal untuk medukung kelancaran operasional kapal.

B. ANALISIS DATA

Masalah yang dipaparkan di atas adalah masalah-masalah yang sering penulis temui pada *diesel generator* selama mengikuti kegiatan Praktek Laut (Prala) di atas kapal. Berdasarkan data yang diuraikan diatas, selanjutnya penulis menganalisa masalah dengan hasil sebagai berikut :

1. *Timing Injection* (waktu pengabutan) yang tidak tepat

Sistem bahan bakar pada mesin terdapat beberapa bagian pokok yang menyalurkan bahan bakar mulai dari tangki hingga ke dalam silinder mesin. Bagian pokok tersebut digambarkan dalam diagram berikut :

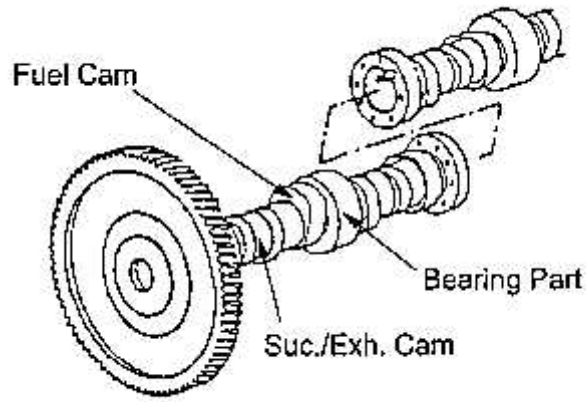


Gambar 4.3

Diagram jalur bahan bakar

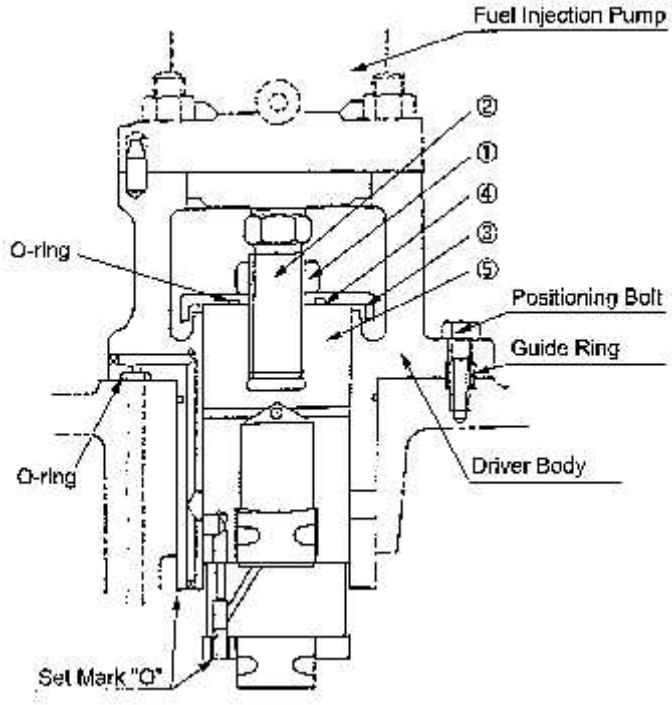
Fuel injection pump berhubungan langsung dengan mesin. Fungsi dari *fuel injection pump* adalah menaikkan tekanan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder melalui *nozzle* pada *fuel injection valve* sehingga bahan bakar tersebut berubah bentuk menjadi kabut. Dengan perubahan wujud dari cairan menjadi kabut akan mempermudah penyalaan api pada saat proses pembakaran. Pada kasus yang telah disebutkan di atas, waktu pengabutan bahan bakar tidak tepat, sehingga tekanan yang ada didalam ruang bakar tidak mencapai titik maksimal, dan temperatur gas buang pada kedua silinder berada dibawah rata-rata.

Waktu penyemprotan bahan bakar diatur oleh *fuel cam* yang tersambung dengan poros. (lihat gambar 4.4)



Gambar 4.4

Fuel cam pada poros mesin



Gambar 4.5

Fuel injection pump driver

Fuel cam akan mendorong *fuel injection pump driver* sehingga tekanan bahan bakar yang masuk akan tinggi. Akibat tekanan yang tinggi tersebut maka bahan

bakar yang keluar melalui *fuel injection valve* akan bergesekan dengan *nozzle* sehingga berubah menjadi kabut.

Waktu penyemprotan diatur sedemikian rupa agar bahan bakar yang disemprotkan tepat sesuai dengan gerakan piston dalam silinder. Karena *diesel generator* ini menggunakan mesin 4-tak, maka urutan prosesnya adalah hisap – kompresi - pembakaran/usaha - buang. Selama proses tersebut telah terjadi putaran sebanyak 2 kali pada *crank shaft.*

Berikut penjelasan dari langkah-langkah pada mesin *diesel* 4 tak :

a. Langkah 1 (Hisap)

   Pada langkah ini piston bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju TMB (titik mati bawah). Katup hisap terbuka sehingga akibat kevakuman yang terjadi dari ekspansi volume pada ruang bakar maka udara dari luar dapat masuk ke dalam ruang bakar melalui katup hisap yang terbuka. Pada motor bakar yang dilengkapi dengan turbocharger maka udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak lagi dikarenakan adanya dorongan dari sisi tekan *compressor wheel* pada *turbocharger*.

b. Langkah 2 (Kompresi)

   Setelah piston mencapai TMB maka arah piston akan berbalik menuju kembali ke TMA, hanya saja pada langkah ini tidak ada katup yang membuka. Sebagai akibat dari mengecilnya volume ruang bakar maka udara yang ada di dalam ruang bakar menjadi terkompresi. Dengan kompresi rasio yang berkisar antara 19 : 1 sampai 23 : 1 maka pengkompresian udara pada ruang bakar akan menghasilkan panas kompresi (*heat compression*) yang tinggi (kurang lebih berkisar 1000^{o}F). Beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA bahan bakar diinjeksikan melalui *nozzle* ke dalam ruang bakar, penginjeksiannya harus menggunakan tekanan yang tinggi sehingga bahan bakar yang di semprotkan ke dalam ruang bakar berubah menjadi butiran-butiran cairan yang sangat halus seperti kabut. Pada saat bahan bakar disemprotkan maka campuran antara bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar mulai terbakar akibat terkena panas yang dihasilkan oleh *heat compression.*

c. Langkah 3 (Pembakaran + Usaha)

Proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara terus berlangsung sampai piston mencapai TMA dan selanjutnya kembali berubah arah kembali menuju TMB. Pada posisi 15^0 sebelum TMA, *nozzle* menyemprotkan bahan bakar. Setelah melewati TMA maka pembakaran yang terjadi telah sempurna sehingga dihasilkan ledakan yang tekanan ekspansinya memaksa piston untuk terus bergerak menuju TMB.

d. Langkah 4 (Pembuangan atau Pembilasan)

Setelah energi ledakan panas pada langkah usaha telah berubah bentuk menjadi energi mekanis maka sisa proses pembakaran yang ada harus dibuang. Proses ini terjadi ketika piston bergerak dari TMA menuju TMB dengan kondisi katup buang membuka. Gas sisa hasil pembakaran di dorong keluar oleh piston melalui katup buang dan masuk ke dalam *mufler* gas kemudian dimanfaatkan untuk memutarkan sudu-sudu turbin pada *turbin wheel.*

Jika dilihat dari penjelasan di atas, waktu penyemprotan bahan bakar oleh *fuel injection pump* yang diteruskan oleh *fuel injection valve* adalah sekitar 15^0 sebelum piston mencapai TMA. Namun akibat penyumbatan oleh kotoran yang berasal dari bahan bakar yang mengendap maka, penyemprotan bahan bakar menjadi tidak maksimal. Hal ini telah dibuktikan pada saat masinis 3 mencoba meng-*overhaul fuel injection pump* yang akhirnya diketahui dalam kondisi kotor.

2. Goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)

Goresan pada jarum pengabut injector yang menyebabkan tidak sempurnanya pengabutan pada mesin bantu generator dapat disebabkan oleh:

a. Bahan bakar yang tidak sesuai dengan spesifikasi

Kesalahan penerimaan bahan bakar pada saat *bunkering* karena pihak kapal tetap menerima suplai bahan bakar meskipun spesifikasinya tidak sesuai dengan rekomendasi. Spesifikasi bahan bakar yang digunakan harus

memperhatikan hal-hal seperti viskositas, berat jenis dan kadar aspal dalam bahan bakar, kadar vanadium, aluminium, residu karbon, air, dan sulfur. Kotoran pada bahan bakar biasanya berasal dari residu karbon yang dikandung dalam bahan bakar. Tidak hanya berasal dari residu karbon, endapan kotoran juga berasal dari kapal tanker yang memuat MFO dari pihak *bunker supplier* serta sisa-sisa MFO yang dingin dan mengeras mengingat MFO adalah bahan bakar yang sifatnya sangat kental. Jenis MFO yang digunakan di atas kapal adalah MFO 380. Perbedaan spesifikasi bahan bakar yang digunakan dapat menimbulkan masalah pada sistem pengabutan bahan bakar. Perbedaan terletak pada nilai residu karbon, alumunium dan sillica, kadar arang (*ash content*), dan vanadium. Batas residu karbon pada rekomendasi mesin adalah 18 % m/m sedangkan pada MFO 380 yang diterima pada bunkering adalah 22 % m/m, kadar arang pada rekomendasi mesin adalah 0.1 % m/m sedangkan pada MFO 380 adalah 0.15 % m/m. Kadar alumunium pada MFO 380 adalah 80 mg/kg sedangkan yang direkomendasikan adalah 60 mg/kg serta rekomendasi kadar vanadium adalah 350 mg/kg sedangkan kadar pada MFO 380 adalah 600 mg/kg.

Perbedaan spesifikasi yang signifikan (lihat lampiran 6 a dan 6 b) ini serta endapan kotoran dapat menimbulkan banyak kotoran dan sisa-sisa pembakaran yang dapat menyebabkan kerusakan atau goresan pada jarum *injector* (*plunger*). Goresan atau baret pada jarum *injector* dapat menyebabkan turunnya tekanan pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Hal ini disebabkan oleh lolosnya kompresi bahan bakar yang dilakukan oleh *plunger* melalui goresan atau baret pada sisi *plunger*.

b. Metode perawatan dan perbaikan yang kurang tepat

Berdasarkan pengamatan penulis dalam menentukan metode perawatan dan perbaikan yang telah direncanakan kurang tepat serta sering tertunda. Hal ini berakibat adanya gangguan pada mesin bantu generator yang disebabkan kerusakan pada alat pengabut *injector* sehingga kinerja mesin bantu tidak maksimal serta pengoperasian kapal tidak optimal. Seharusnya dalam penentuan metode perawatan dan perbaikan yang akan direncanakan

disesuaikan dengan jam kerja mesin tersebut tanpa menunggu timbulnya kerusakan.

Untuk itu perlu dibuat suatu rencana perawatan dan perbaikan yang dilakukan sesuai jadwal serta penggunaan bahan bakar yang sesuai dengan rekomendasi yang telah ditentukan *maker*. Dengan demikian dapat menekan biaya pengeluaran dan juga memperkecil beban kerja dari pelaksanaan pengerjaan perbaikan.

Bila alat pengabut *injector* dilakukan perawatan dengan baik, maka kerja dari *injector* akan maksimal dan operasional mesin dapat bekerja lebih maksimal. Sebaliknya bila kurang mendapatkan perawatan yang baik akan terjadi gangguan atau kerusakan. Oleh karena itu diperlukan suatu perawatan yang tepat yang berdasarkan antara lain:

1) Perencanaan

   Perencanaan perawatan dan perbaikan dapat berdasarkan buku petunjuk mesin bantu generator yang dibuat suatu perencanaan rutin dan dimasukan dalam suatu sistem, yaitu pencatatan dari sejak awal sampai akhir pekerjaan, dengan demikian setiap pekerjaan perawatan yang masih diragukan dapat diketahui lebih dini.

2) Pelaksanaan

   Dalam pekerjaan perawatan dan perbaikan, semua bagian harus segera dimonitor untuk mencegah kerusakan yang lebih besar lagi dan pada waktu-waktu tertentu bagian-bagian tersebut harus ditangani secara baik.

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan fakta-fakta dan kejadian-kejadian yang telah dianalisa oleh penulis, maka diketahui bahwa kendala yang terjadi pada *diesel generator* di kapal MT. DEWI MAESWARA disebabkan oleh beberapa hal yaitu *fuel injection pump* yang kotor dan goresan pada jarum *fuel injector* (plunger). Sehubungan dengan kendala yang ditemukan pada *diesel generator* maka diuraikan beberapa alternatif pemecahan masalah seperti di bawah ini :

1. ***Timing Injection*** **atau waktu pengabutan yang tidak tepat**

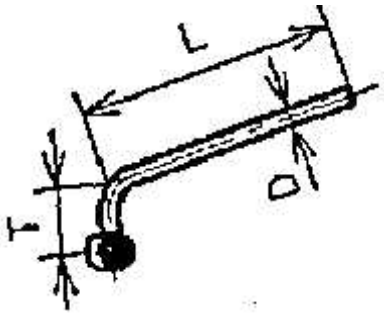
   Upaya-upaya yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

   a. Melakukan *overhaul* pada *fuel injection pump* untuk membersihkan bagian-bagian yang kotor serta mengganti komponen yang rusak

   Adapun langkah-langkah dalam membongkar *fuel injection pump* adalah sebagai berikut :

   Membongkar *fuel injection pump*

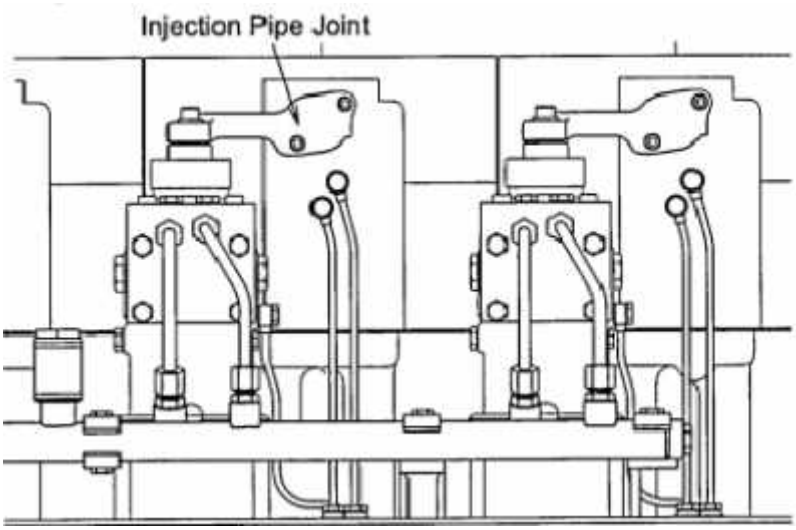
   1) Siapkan kunci pas ukuran 8 mm dan 6 mm serta kunci pas yang dibuat khusus untuk *fuel injection pump*.



Gambar 4.6

Special tools for diesel generator

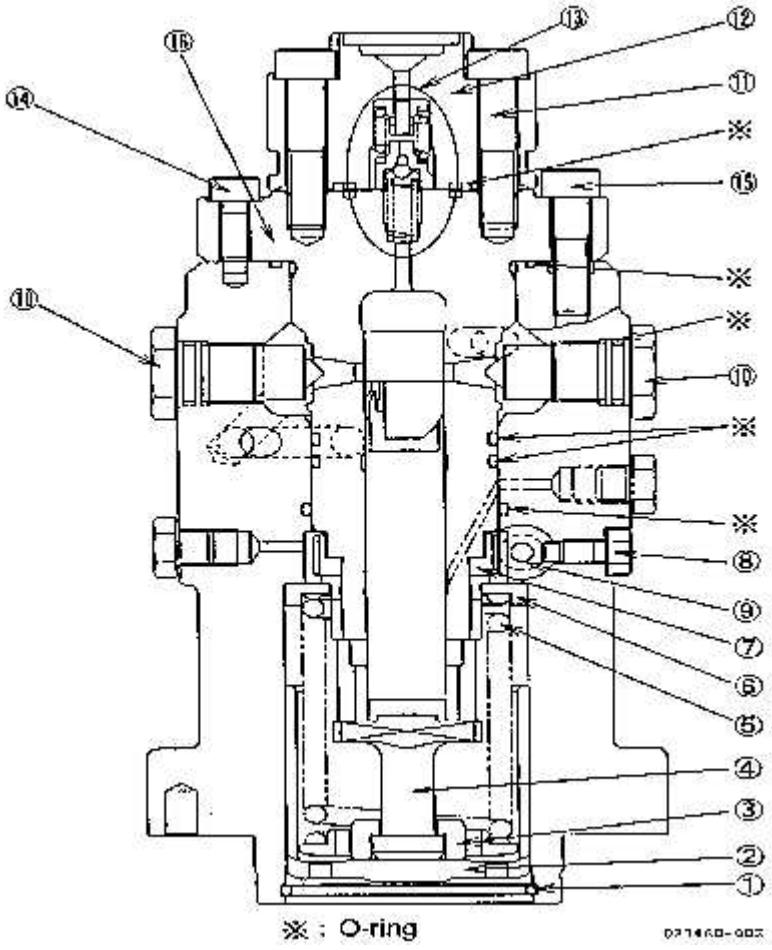
   2) Lepas *fuel injection pipe joint,* pipa *overflow oil*, pipa *fuel oil inlet*, pipa *fuel oil outlet*, dan pipa *pinion lube oil*.



Gambar 4.7

Fuel injection pump dilihat dari depan

3) Dengan menggunakan kunci khusus, lepaskan mur yang mengikat *fuel injection pump.*
4) Pada saat melepas *fuel injection pump*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :
   a) Pastikan *plunger* dan *barrel* berpasangan.
   b) Saat melepas badan *pressure equalizing valve* (12), perhatikan agar tidak ada bagian yang hilang mengingat ukurannya yang sangat kecil.

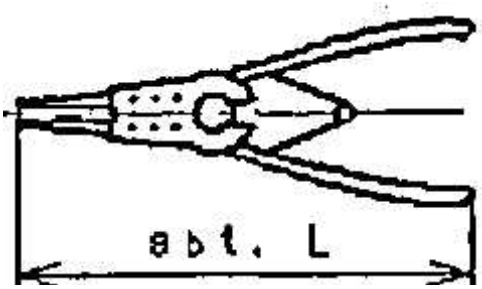


Gambar 4.8

Penampang *Fuel Injection Pump*

   c) Bongkar *fuel injection pump* sesuai dengan urutan yang telah diberi nomor pada gambar di bawah. Balikkan pompa dan lepaskan cincin penjepit (*circlip*) (1) dengan alat khusus. Kemudian lepaskan bagian nomor 2. Penting untuk diingat, pada saat melepas cincin penjepit

(*circlip*), tutupi dengan kain untuk menghindari pegas yang melompat keluar yang mungkin dapat menyebabkan luka.



Gambar 4.9
Tang penjepit *circlip*

Mengecek dan membersihkan *fuel injection pump*

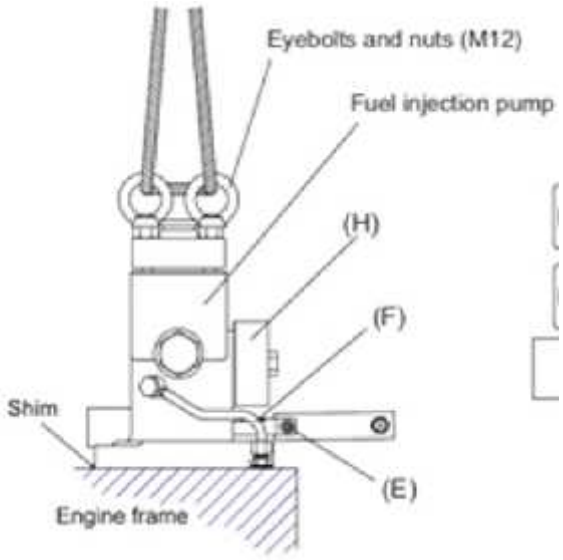
1) Cek apakah pegas pada *pressure equalizing valve* (13) masih dalam kondisi bagus atau tidak.
2) Cek apakah permukaan pada badan *pressure equalizing valve* (17) dan *barrel* (16) terbebas dari tekanan oleh bahan bakar.
3) Cek endapan kotoran pada plunger.
4) Jika ujung *deflector* © terlah terkorosi, maka harus diganti.
5) Ganti semua *o-ring* dengan yang baru
6) Bersihkan lubang *barrel* dan lubang *pinion lube oil* pada badan pompa.
7) Bersihkan semua bagian dari minyak bahan bakar yang mengeras dengan menggunakan minyak ringan seperti solar atau M.D.O (*Marine Diesel Oil*)
8) Pastikan *plunger* dan *barrel* terbebas dari lecet dan goresan yang dapat mengakibatkan turunnya tekana

b. Mengatur ketebalan *shim* pada *fuel injection pump* untuk mendapatkan derajat pengabutan yang tepat

Mengatur derajat *timing injction* pada *fuel injection pump* dapat dilakukan dengan cara mengatur ketebalan *shim*-nya. Penambahan atau pengurangan

ketebalan *shim* dilakukan untuk memajukan atau memundurkan waktu pengabutan sesuai dengan ketentuan dari *instruction manual book*.

Derajat waktu pengabutan bahan bakar dapat dilihat pada derajat putaran mesin yang ada pada *flywheel* atau roda gila.



Gambar 4.10

Posisi *shim* pada *fuel injection pump*

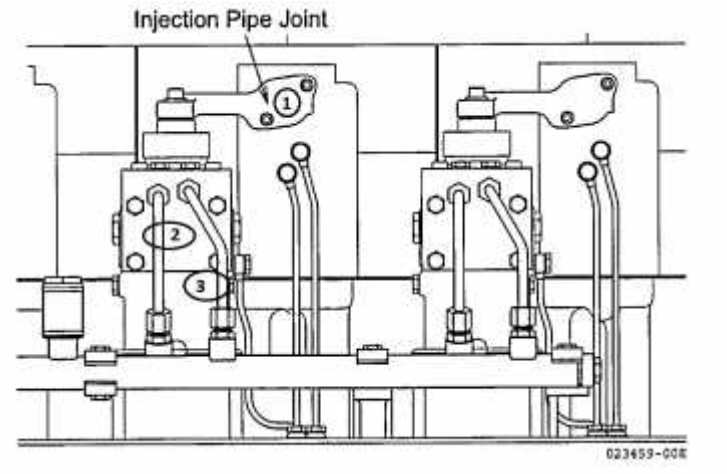
Berdasarkan instruksi dari buku manual ketentuan ketebalan *shim* standar adalah 0.5 mm. Akan tetapi untuk menyesuaikan dengan waktu derajat pengabutan yaitu 15^0 maka bisa dilakukan penambahan atau pengurangan ketebalan shim. Sehingga pada saat *cam knock* menyentuh *roller* pada *high pressure fuel injection pump* posisinya tepat pada saat 15^0 sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA)

c. Membersihkan saluran pipa bahan bakar (*fuel oil pipe)* pada *fuel injection pump*

Langkah-langkah membersihkan saluran pipa bahan bakar (*fuel oil pipe*) adalah sebagai berikut :

1) Lepaskan baut yang mengikat *injection pipe joint* (1)
2) Cek *packing* yang menempel pada *injection pipe joint* tersebut. jika kondisinya rusak, maka harus diganti.

3) Lepas pipa pada nomor 2 dan nomor 3 dengan menggunakan kunci pas secara perlahan.
4) Perhatikan tiap-tiap ujung pipa yang berbentuk bola tersebut. jika kondisinya cacat seperti pecah atau bengkok maka dapat mengakibatkan kebocoran bahan bakar.



Gambar 4.11

Fuel injection pump dilihat dari depan

5) Bersihkan semua saluran *fuel oil pipe* dari bahan bakar yang telah mengeras menggunakan minyak ringan seperti solar atau MDO (*Marine Diesel Oil*) serta menggunakan kawat dan angin untuk *flushing*.

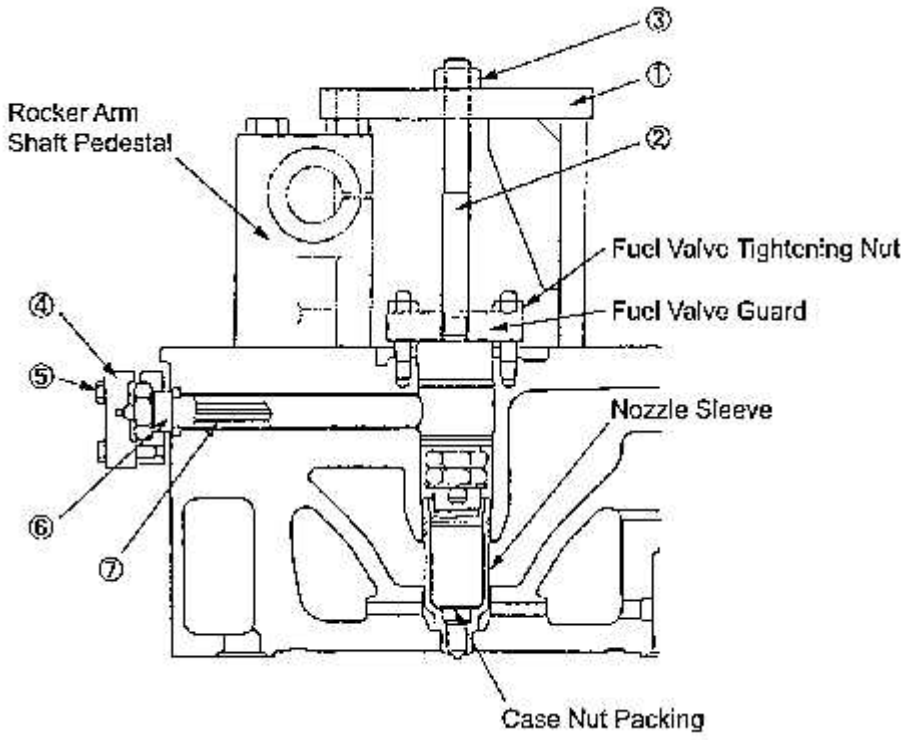
2. Goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)

Langkah-langkah dalam membongkar *fuel injector* untuk melakukan perawatan dan perbaikan adalah sebagai berikut :

a. Melakukan *lapping* pada jarum tekan *injector*

1) Siapkan peralatan di bawah ini :
   a) *Tracker*
   b) Baut
   c) Mur
   d) Kunci pas ukuran 8 mm dan 6 mm
2) Lepaskan baut penjepit (5) pada *fuel injection pipe joint* (4) dengan menggunakan kunci pas. Lepas juga baut di sisi *fuel injection pump.*

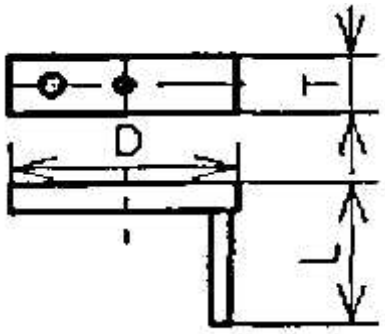
3) Lepas mur pengikat pada *fuel valve.*
4) Kendorkan baut (6) pada *fuel injection pipe* (7), dan lepaskan bersama dengan *fuel injection pipe.*



Gambar 4.12

Fuel Injection Valve

5) Perlakukan pipa injeksi dengan hati-hati karena kebocoran minyak terjadi jika permukaan bola pada kedua ujung pipa injeksi bahan bakar menjadi cacat.
6) Putar baut penarik (2) ke *fuel valve guard.*
7) Kencangkan mur (3) untuk menarik keluar *fuel valve.*
8) Keluarkan *case nut packing* pada ujung *fuel valve.*



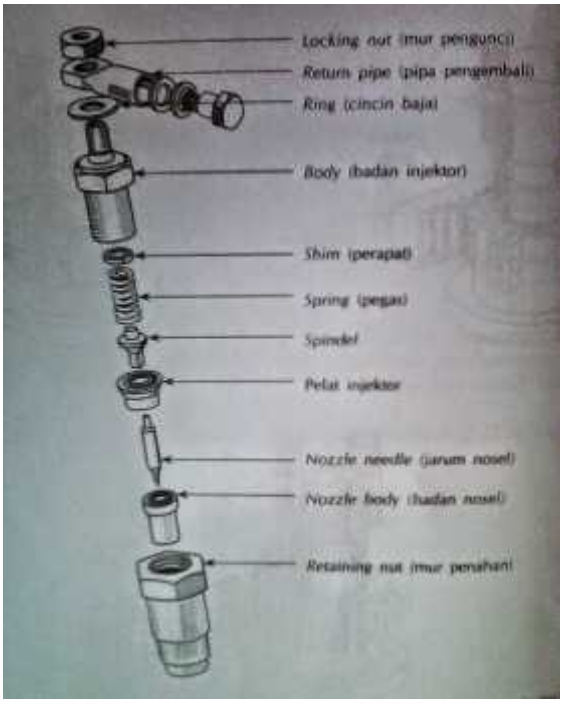
Gambar 4.13

Special tools untuk *fuel injection valve*

9) Lepas dan bersihkan semua bagian *injector* dari kotoran dengan menggunakan solar
10) Keluarkan jarum nosel dari badan nosel bersihkan dan cek goresan yang ada, *lapping* menggunakan braso jika masih dalam batas toleransi.
11) Pasang kembali semua bagian *injector* seperti semula dan lakukan pengetesan dengan alat tes *injector*

b. Mengganti jarum tekan (*plunger*) dan rumah jarum tekan *injector*

Jarum tekan *injector* dengan goresan yang telah melebihi toleransi tidak dapat digunakan. Mengganti jarum dan rumah jarum tekan harus dilakukan untuk mendapatkan tekanan pengabutan bahan bakar yang maksimal. Langkahnya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.14

Bagian-bagian *fuel injector*

1) Lepaskan semua bagian-bagian *injektor*.
2) Bersihkan semua bagian dari kotoran dan kerak yang menempel.
3) Pasangkan kembali semua bagian-bagian *injector* serta gunakan jarum tekan dan rumah jarum tekan baru.

4) Tambahkan *shim* atau atur baut pengatur tekanan untuk mencapai tekanan 320 kg/cm^2.

D. EVALUASI PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan alternatif pemecahan masalah yang telah dikemukakan, akhirnya penulis mengambil beberapa pemecahan masalah yang dirasa cukup efektif dalam mencapai tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu :

1. *Timing injection* (waktu pengabutan) yang tidak tepat

a. Melakukan *overhaul* pada *fuel injection pump* untuk membersihkan bagian-bagian yang kotor serta mengganti komponen yang rusak

Proses *overhaul* memakan waktu yang lama. Pembersihan dilakukan mulai dari bagian yang besar hingga bagian terkecil. Perlu ketelitian dalam melakukan *overhaul* karena jika salah pada saat membongkar ataupun memasang, dapat mengakibatkan *fuel injection pump* tidak bekerja. Maka dari itu, pekerjaan ini harus direncanakan dengan baik agar hasilnya tidak efektif.

Keuntungan **:** Dengan *overhaul* pembersihan dapat dilakuakan seteliti mungkin dan terinci karena *fuel injection pump* dibongkar secara keseluruhan.

Kerugian **:** Pekerjaan ini memakan waktu yang lama. Sehingga jika dilakukan dengan tidak terencana akan menjadi tidak efektif.

b. Mengatur ketebalan *shim* pada *fuel injection pump* untuk mendapatkan derajat pengabutan yang tepat

Mengatur derajat *timing injction* pada *fuel injection pump* dapat dilakukan dengan cara mengatur ketebalan *shim*-nya. Penambahan atau pengurangan ketebalan *shim* dilakukan untuk memajukan atau memundurkan waktu pengabutan sesuai dengan ketentuan dari *instruction manual book*.

Keuntungan **:** Derajat waktu pengabutan yang tepat akan didapatkan secara teliti dan berkesinambungan.

Kerugian **:** Dibutuhkan variasi ketebalan shim dan tenaga personal yang banyak dalam menyelesaikan pekerjaan.

c. Membersihkan saluran pipa bahan bakar (*fuel oil pipe)* pada *fuel injection pump*

Pembersihan saluran pipa bahan bakar pada sistem pengabutan bahan bakar dari endapan kotoran dapat dilakukan dengan cara *flushing* dengan solar untuk menghilangkan tempelan kerak-kerak yang telah mengeras.

Keuntungan **:** Membersihkan saluran pipa bahan bakar dapat memaksimalkan aliran dan tekanan bahan bakar.

Kerugian **:** Pekerjaan harus dilakukan seteliti mungkin kesalahan dalam membersihkan saluran pipa bahan bakar dapat mengakibatkan kebocoran.

2. Goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)

a. Melakukan *lapping* pada jarum tekan *injector*

Goresan atau baret pada jarum tekan *injector* dapat mengakibatkan tidak sempurnanya pengabutan bahan bakar. Goresan yang masih dalam batas toleransi dapat diatasi dengan melakukan *lapping* dengan brasso untuk meminimalisasi goresan yang ada.

Keuntungan **:** Hasil tekanan pengabutan yang didapatkan mendekati titik sempurna.

Kerugian **:** Tekanan maksimal yang dihasilkan dari jarum tekan hasil *lapping* tidak dapat bertahan lama.

b. Mengganti jarum tekan (*plunger*) dan rumah jarum tekan *injector*

Tekanan pengabutan akan turun dari titik normal karena lolosnya kompresi bahan bakar melalui goresan yang ada pada jarum tekan. Pergantian jarum tekan dan rumah jarum tekan yang mengalami goresan serius harus dilakukan untuk mendapatkan kembali pengabutan bahan bakar yang sempurna.

Keuntungan **:** Tekanan pengabutan yang didapatkan mencapai titik sempurna dan bertahan lebih lama.

Kerugian **:** Pergantian suku cadang secara serentak mengakibatkan menipisnya persedian suku cadang yang ada jika sewaktu-waktu harus menghadapi situasi darurat.

E. PEMECAHAN MASALAH

Dari permasalahan di atas, penulis dapat mengevaluasi untuk mencari pemecahan masalah yang harus dilakukan, maka dari evaluasi tersebut penulis memilih pemecahan masalah yaitu :

1. *Timing injection* (waktu pengabutan) yang tidak tepat

Melakukan *overhaul* pada *fuel injection pump* secara menyeluruh untuk membersihkan bagian-bagian yang kotor serta mengatur ulang waktu pengabutan sesuai dengan rekomendasi *manual book*. Alasan pemecahan masalah ini dipilih karena tingkat kekotoran pada *fuel injection pump* sudah sangat tinggi, sehingga menganggu kinerja dari *fuel injection pump*. Dan pengaturan ulang waktu pengabutan dibutuhkan untuk mendapatkan kinerja maksimal dari mesin bantu. Jika hanya membersihkan saluran bahan bakar saja tidak cukup.

2. Goresan pada jarum tekan *injector* (*plunger*)

Membersihkan komponen-komponen *fuel injector* dari kotoran yang menempel dengan cara meng-*overhoul* tidak cukup tanpa memperhatikan hal kecil seperti goresan pada jarum tekan *injector*. Pergantian jarum tekan *injector* harus dilakukan untuk mendapatkan pengabutan yang sempurna. Cara pemecahan masalah ini dipilih karena goresan atau baret pada jarum tekan *injector* dapat mengganggu proses pengabutan, tekanan pengabutan akan turun karena lolosnya kompresi bahan bakar melalui goresan pada jarum tekan *injector*. Jika hanya membersihkan semua bagian-bagian *fuel injector* dan memasangkan kembali tidak akan mendapatkan pengabutan yang sempurna.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Peranan *diesel generator* sangatlah penting dalam mendukung kinerja operasional kapal yang berfungsi menghasilkan daya atau energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan berguna sebagai pendukung mesin-mesin bantu maupun mesin induk di atas kapal. Maka dari itu diperlukan perbaikan dan perawatan secara baik dan efisien guna menghindari masalah-masalah pada *diesel generator* yang muncul di atas kapal. *Diesel generator* di kapal MT. DEWI MAESWARA berjumlah 4 (empat) unit, 3 (tiga) diantaranya adalah *main diesel generator* sedangkan sisanya adalah *emergency diesel generator.*

Berikut adalah beberapa penjelasan dari fakta – fakta atau pengalaman yang pernah dialami penulis sewaktu melaksanakan Praktek Kerja Laut (Prala) di MT. DEWI MAESWARA terutama yang menyangkut masalah perawatan dan perbaikan terhadap *diesel generator* di atas kapal sebagai pembahasan dalam skripsi ini.

1. *Timing Injection* (waktu pengabutan) yang tidak tepat

Pada tanggal 04 Januari 2018 saat jam jaga masinis 3 dan dibantu oleh *cadet* mesin, kapal akan memasuki SPM (*Single Point Mooring*) Pertamina Cilacap, Indonesia untuk proses bongkar muatan dari terminal pengisian SPM ARAMCO Rastanurah, Arab Saudi. Pada pukul 14.15 WIB saat melakukan persiapan operasional bongkar muatan *diesel generator* nomor 1,2 dan 3 dioperasikan. Akan tetapi pada *diesel generator* nomor 2 tidak mampu menghasilkan daya seperti halnya generator nomor 1 dan 3. Hal ini ditunjukan dengan rendahnya suhu gas buang (320^{o}C - 324^{o}C pada silinder nomor 1 dan 2) setelah dilakukannya *load sharing* pada tiap *diesel generator*. Berdasarkan data dari buku manual pada saat *diesel generator* diberi beban 100% suhu normal tiap silinder adalah berkisar 350^{o}C - 370^{o}C dan deviasi maksimum setiap

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah penulis menguraikan beberapa permasalahan yang muncul serta pembahasan yang berkaitan dengan pengabutan bahan bakar pada *diesel generator* dalam meningkatkan kinerja mesin bantu serta menunjang kelancaran pengoperasian kapal maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terlambatnya waktu pengabutan bahan bakar pada *diesel generator* nomor 2 diindikasikan dengan rendahnya suhu gas buang pada silinder nomor 1 dan 2 setelah dilakukannya *load sharing* pada tiap *diesel generator*. Hasil pengambilan tekanan *Pmax* menunjukkan tekanan yang tidak mencapai titik maksimal pada silinder nomor 1 dan 2 atau *Pmax* nya terlalu rendah. Untuk memastikan adanya masalah pada waktu pengabutan bahan bakar dengan melihat posisi *cam knock* dengan posisi derajat pada *flywheel* ditemukanlah keterlambatan beberapa derajat dari yang seharusnya. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya daya yang dihasilkan oleh *generator* yang dapat mengganggu kelancaran operasional kapal. Keterlambatan waktu pengabutan bisa disebabkan oleh usia dari *diesel generator* itu sendiri dan adanya kerusakan atau gagal fungsi pada komponen pendukung sistem pengabutan bahan bakar *diesel generator*. Kerusakan ini memiliki dampak yang besar dalam waktu yang lama. Penggantian komponen yang gagal fungsi dilakukan untuk mendapatkan kembali kinerja maksimal dari *diesel generator*.

2. Permasalahan pada *fuel injektor* (goresan pada jarum tekan atau *plunger*) ditunjukkan dengan perbedaan temperatur gas buang yang sangat signifikan pada *diesel generator* nomor 2, termometer pada gas buang silinder nomor 4 dan 5 menunjukan angka diatas rata-rata sedangkan pada silinder lainnya yaitu nomor 1,2,3 dan 6 temperatur terlihat normal yaitu berkisar antara 350^0C –

370^0C. Hal ini dapat berakibat pada hasil pembakaran tidak sempurna yang akan menimbulkan sisa pembakaran atau jelaga yang dapat merusak komponen *diesel generator*. Penyebab goresan pada jarum tekan (*plunger*) bisa berasal dari bahan bakar yang tidak sesuai spesifikasi yang telah ditentukan dan penundaan waktu perbaikan dari yang telah dijadwalkan. Perbaikan atau penggantian jarum tekan akan mempengaruhi sempurnanaya pengabutan kedalam ruang bakar serta penerimaan bahan bakar dengan kualitas yang sesuai spesifikasi dapat mencegah terjadinya kerusakan pada *injector*.

B. SARAN

Untuk menjaga kelancaran operasional kapal yang berhubungan dengan kinerja *diesel generator* maka dilakukan perawatan dan perbaikan yang lebih terencana, teliti dan efisien. Namun masih banyak saran lain yang mungkin dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja *diesel generator* dalam menunjang kelancaran operasional kapal. Adapun saran tersebut antara lain :

1. *Overhaul* secara menyeluruh pada *fuel injection pump* berguna untuk membersihkan bagian-bagian yang kotor serta mengatur ulang waktu pengabutan sesuai dengan rekomendasi *manual book.* Hal ini harus dilakukan karena tingkat kekotoran pada *fuel injection pump* sudah sangat tinggi, sehingga menganggu kinerja dari *fuel injection pump*. Penggantian komponen pendukung dan pengaturan ulang waktu pengabutan bahan bakar dibutuhkan untuk mendapatkan kinerja maksimal dari mesin bantu.

2. Pergantian jarum tekan *injector* harus dilakukan untuk mendapatkan pengabutan yang sempurna kedalam ruang bakar. Karena membersihkan komponen-komponen *fuel injector* dari kotoran yang menempel dengan cara meng-*overhoul* tidak cukup tanpa memperhatikan hal kecil seperti goresan pada jarum tekan *injector*. Goresan pada jarum tekan *injector* dapat mengganggu proses pengabutan, tekanan pengabutan akan turun karena lolosnya kompresi bahan bakar melalui goresan pada jarum tekan *injector*. Jika hanya membersihkan semua bagian-bagian *fuel injector* dan memasangkan kembali tidak akan mendapatkan pengabutan yang sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2012. *Pengertian Pompa Injeksi Bahan Bakar*. Diambil dari : http://teknisiberat.blogspot.com/2012/02/pompa-injeksi-bahan-bakar-fuel.html. (25 November 2018)

Arismunandar, Wiranto. 2008. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta : Pradnya Paramita

Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung : Penerbit ITB

Kuiken, Kees. 2008. *Diesel Engines for Ship Propulsion and Power Plants*. Onnen : The Netherlands

Operation Instruction Manual (Maintenance), Daihatsu Diesel 6DK-20E

Operation Instruction Manual (Operation), Daihatsu Diesel 6DK-20E

Sukoco dan Zainal Arifin. 2008. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung : Alfabeta

Lampiran 1 :

Hasil Wawancara

Wawancara yang dilakukan oleh penulis adalah membahas tentang pengabutan pada *diesel generator.* Adapun poin-poin yang ditanyakan antara lain :

1. Apa kemungkinan penyebab pengabutan yang tidak sempurna pada *diesel generator*?
2. Dari kemungkinan yang telah disebutkan, masalah apa yang kira-kira paling sering terjadi pada *diesel generator* ?
3. Faktor apa saja yang ikut mendukung terjadinya masalah tersebut ?
4. Cara apa saja yang digunakan dalam mengatasi masalah tersebut ?

Berikut ini adalah hasil wawancara penulis dengan Masinis 3 di kapal MT. DEWI MAESWARA:

Penulis : Selamat malam, izin bas saya ingin bertanya. Mengapa pengabutan yang tidak sempurna bisa terjadi pada *diesel generator* ?

Masinis 3 : Pada umumnya terdapat permasalahan pada sistem penginjeksian bahan bakarnya.

Penulis : Sistem penginjeksian itu maksudnya bagaimana bas? Apakah permasalahannya itu terjadi pada *fuel injektor* nya ?

Masinis 3 : Ya, itu salah satunya. Masalahnya bisa bermula dari bahan bakar yang dipakai. Jenis M.F.O itu kan kental, tidak seperti M.D.O makanya, M.F.O itu harus dipanaskan dulu. Jadi kalau dingin, wujudnya jadi keras seperti kerak. Kerak ini akan mengganggu kinerja dari sistem penginjeksian.

Penulis : Jadi kerak-kerak itu akan menghambat jalur distribusi pada pipa bahan bakar ?

Masinis 3 : Betul. Sistem penginjeksian bahan bakar ke dalam silinder bermula pada *high pressure fuel pump* atau biasa disebut *bosch pump* nanti akan melewati *fuel pipe line* dan di teruskan ke *fuel injektor*. Jika salah satu komponen terganggu maka hasil dari proses pengabutan bisa menjadi tidak sempurna.

Penulis : Kalau pada *high pressure fuel pump* masalah yang sering terjadi apa saja bas ?

Masinis 3 : Utamanya pada *plunger* dan *barrel* nya. Jika proses kerja dari komponen ini terhambat atau tertekan oleh kotoran atau benda asing maka pengiriman bahan bakar ke fase selanjutnya akan terganggu. Jika ada baret atau lecet maka tekanan yang dihasilkan menurun, karena kompresinya lolos. Pemasangan *plunger* dan *barrel* pun harus pas dan benar.

Penulis : Kalau pada *fuel pipe line* nya bagaimana bas ?

Masinis 3 : Seperti yang dikatakan tadi, pipa jalur bahan bakar yang tersumbat atau adanya kebocoran menyebabkan turunnya tekanan pada bahan bakar sehingga akan menunda waktu pengabutan dan pengabutan tidak akan mencapai titik maksimal.

Penulis : Jadi saling berkaitan ya bas. Bagaimana dengan *fuel injector* nya bas, tentang permasalahan yang sering terjadi ?

Masinis 3 : Kalau tekanan sebelum mencapai *fuel injektor* sudah jauh berkurang atau tidak mencukupi, tentu pengabutan yang dilakukan oleh *fuel injector* juga tidak maksimal. Permasalahan yang umum biasanya terjadi pada *nozzle*, *spring* atau jarum pengabut.

Penulis : Permasalahannya itu seperti apa bas?

Masinis 3 : Pada *nozzle* itu sering aus, baik dudukan atau lubang-lubangnya. Kalau pada *spring* nya itu kebanyakan patah. Dan pada jarum pengabut itu sering *stuck* atau lengket sehingga jarumnya tidak bisa naik turun.

Penulis : Lalu, bagaimana cara mengatasinya bas ?

Masinis 3 : Kalau pada *nozzle* yang aus itu dudukannya maka di*skirt* atau di*lapping* tapi kalau yang aus itu lubang-lubangnya sehingga diameternya jadi lebih besar maka harus dilakukan pergantian. *Spring* yang patah itu ya harus diganti, dan pada jarumnya harus dibersihkan dari kotoran dan tidak boleh ada goresan atau lecet maka membersihkannya haruslah hati-hati.

Penulis : Oh, begitu ya bas. Lalu bagaimana tindakan selanjutnya yang harus dilakukan ?

Masinis 3 : Simpelnya, *fuel injection pump* dan *fuel injection valve* nya harus dibongkar buat dibersihkan secara menyeluruh. Tapi, cara membersihkannya juga harus benar dan teliti. Takutnya kalau tidak teliti

bakal sia-sia. Soalnya bongkarnya itu tidak mudah dan butuh waktu yang lama bisa sampai seharian.

Penulis : Baik bas. Terima kasih atas waktu dan ilmu yang telah dibagi. Saya banyak mendapat pengetahuan baru. Semoga tidak ada masalah berat lagi selama di kapal.

Masinis 3 : Oke, sama-sama. Semoga bermanfaat dan belajar yang rajin selama ada kesempatan.

Penulis : Siaap. Sekali lagi terima kasih bas.

Lampiran 2 : Tabel pengaturan katup berdasarkan *manual book*

VALVE ADJUSTMENTS 調整要目表						
Intake valve 吸気弁	Open (before T.D.C) 開 (上死点前)	Degree 度	55	Top clearance ピストン頂隙	2.2	mm
	Close (after B.D.C) 閉 (下死点後)	Degree 度	35	Fuel injection pressure 燃料噴射圧力	32	MPa
	Clearance 間隔	mm	0.3		326	kg/cm²
Exhaust valve 排気弁	Open (before B.D.C) 開 (下死点前)	Degree 度	55	Fuel pump 燃料ポンプ Type 形式	104257-3080	
	Close (after T.D.C) 閉 (上死点後)	Degree 度	55	Fuel Nozzle 燃料噴射弁 Type 形式	DLL137TE2810	
	Clearance 間隔	mm	0.3	Firing order 着火順序	1-5-3-6-2-4	
Fuel injection timing 燃料ポンプ突き始め Standard Timing 基準噴射時期		Degree 度	15~13			
Starting valve 起動弁	Open (before T.D.C) 開 (上死点前)	Degree 度	4	Direction of rotation (Viewed from the flywheel) 回転方向 (フライホイル側から見て)	Clock wise 時計方向	
	Close (after T.D.C) 閉 (上死点後)	Degree 度	130			

DAIHATSU DIESEL MFG. CO., LTD.

Lampiran 3 : *Overhaul high pressure fuel oil pump* nomor 1 dan 2





Lampiran 5 : *Overhaul* dan tes *injektor generator* nomor 2 silinder nomor 4 dan 5





Lampiran 6 a: Spesifikasi bahan bakar M.F.O 380

Shell Sales Grade	Unit	Test Method	MFO A30	MFO B30	MFO D80	MFO E180	MFO F180	MFO G380	MFO H380	MFO 500	MFO K700
ISO Grade Name			RMA 30	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMF 180	RMG 380	RMH 380		RMK 700
Property	Unit	Test Method	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit	Spec Limit
Viscosity at 50°C	Max mm2/s	ISO 3104	30	30	80	180	180	380	380	500	700
Density at 15°C	Max. kg/m3	ISO3675 or ISO12185	975	981	985	991	991	991	991	1010	1010
Water	Max % (v/v)	ISO 3733	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Flash Point (PMCC)	Min. °C	ISO 2719(B)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Pour Point Winter Quality Summer Quality	Max. °C	ISO 3016	0 6	24	30	30	30	30	30	30	30
Sulphur*	Max.%(m/m)	ISO 8754	3.5 1.5	3.5 1.5	4.0 1.5	4.5 1.5	4.5 1.5	4.5 1.5	4.5 1.5	4.5 1.5	4.5 1.5
Carbon Residue, (Microcarbon)	Max.%(m/m)	ISO 10370	10	10	14	15	20	18	22	22	22
Cleanliness and Stability (Total Sediment -After Treatment (Potential))	Max.%(m/m)	ISO10307-2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Ash	Max.%(m/m)	ISO 6245	0.1	0.1	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Aluminium plus Silicon	Max. mg/kg	ISO 10478	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Vanadium	Max. mg/kg	ISO 14597	150	150	350	200	500	300	600	600	600
Strong Acid Number	Max. mg KOH/g	ISO 6618	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
Zinc	Max. mg/kg	IP 501	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Phosphorus	Max. mg/kg	IP 501	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Calcium	Max. mg/kg	IP 501	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Acid Number	Max. mg KOH/g	ISO 6619	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Cleanliness and Stability (Total Sediment) -Before Treatment (Existent)	Max.%(m/m)	ISO10307-1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Differential, Total Sediment (Potential minus Existent)		Calc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

* The above fuel qualities are also offered as low sulphur grades that meet SECA requirements.

Lampiran 6 b: Rekomendasi bahan bakar dalam *manual book*

Table 6-1.1 Standard Properties of Fuel Oils

Type of Fuel Oil			Diesel Fuel Oil			Heavy Fuel Oil	
						IF380	IF700
Classification [ISO-F]			DMA	DMZ	DMB	RMG380	RMG700
Kinematic Viscosity	mm^2/s	40 °C	2.0 ~ 6.0	3.0 ~ 6.0	2.0 ~ 11.0		
		50 °C				380	700
Density (15°C)	kg/m^3	max	890	890	900	991	
Flash Point	°C	min	60	60	60	60	
Pour Point, Summer	°C	max	0	0	6	30	
Pour Point, Winter	°C	max	-6	-6	0	30	
Carbon Residue of 10% residual	% m/m	max	0.3	0.3	—	—	
Carbon Residue	% m/m	max	—	—	0.3	18	
Ash	% m/m	max	0.01	0.01	0.01	0.1	
Moisture	% v/v	max	—	—	0.3	0.5	
Sulfur	% m/m	max	1.5	1.5	2.0	Statutory requirements	
Vanadium	mg/kg	max	—	—	—	350	
Aluminum + Silica gel	mg/kg	max	—	—	—	60	
Cetane Number	—	min	40	40	35	—	