

KEMENTRIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI
OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK
MT. GAS FELICITY

Oleh :

ALIF GHAZAN INDIRJA

NRP. 563200756

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

JAKARTA

2024

KEMENTRIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI
OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK
MT. GAS FELICITY

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh :

ALIF GHAZAN INDIRJA

NRP. 563200756

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JAKARTA
2024

KEMENTRIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : ALIF GHAZAN INDIRJA
NRP : 563200756
Program Pendidikan : Diploma IV
Program Studi : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN
BAKAR UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA
MESIN INDUK KAPAL MT. GAS FELICITY

Jakarta, 2024

Pembimbing Utama

P. Dwikora Simanjuntak, MM

Pembina Tk. 1 (IV/b)

NIP. 19640906 199903 1 001

Pembimbing Pendamping

Jarot Delta Susanto, S.Si.T., M.M
Penata Tk.1 (III/d)

Jarot Delta Susanto, S.Si.T., M.M

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19820717 200502 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan TEKNIKA

Dr. MARKUS YANDO, S.SiT., MM
Dr. Markus Yando. S.Si.T. MM

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19800605 200812 1


**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**




TANDA TANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : ALIF GHAZAN INDIRJA
Nrp : 5 63 200756
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Program Studi : TEKNIKA
**Judul : OPTIMALISASIPERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK
KAPAL MT. GAS FELICITY**


Ketua Penguji


DR. APRIL GUNAWAN MALAU, S.Si., M.M
Pembina (IV/a)
NIP.19720413199803 1 005
DR. APRIL GUNAWAN MALAU, S.Si., M.M
Pembina (IV/a)
NIP.19720413199803 1 005

Penguji II


P. DWIKORA SIMANJUNTAK, MM
Penata (IV/b)
NIP. 19640906 199903 1 001

**Mengetahui
Ketua Prodi Teknika**


Dr. MARKUS YANDO, S.SiT., MM
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang merupakan suatu tugas dan kewajiban bagi setiap taruna dan taruni Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran untuk menyusun skripsi yang telah ditentukan oleh pendidikan, sebagai salah satu persyaratan kelulusan program D-IV tahun ajaran 2023/2024.

Penyusunan skripsi ini didasarkan atas pengalaman yang penulis dapatkan selama dua belas bulan menjalani praktek darat di PT Arcadia Shipping line. Serta semua pengetahuan yang diberikan oleh dosen pada saat pendidikan dengan melalui literatur-literatur yang berhubungan dengan judul skripsi yang penulis ajukan. Adapun judul skripsi yang penulis pilih adalah:

“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK KAPAL *MT. GAS FELICITY*”

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, antara lain Kepada Yang Terhormat :

1. Yth Bapak Dr.Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Bapak Markus Yando S.Si.T.,M.M selaku Ketua Jurusan Teknika.
3. Bapak Jarot Delta Susanto S.Si.T.,M.M selaku Sekretaris Jurusan Teknika.
4. Bapak P. Dwikora Simanjuntak,MM selaku dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia memberikan pengarahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Jarot Delta Susanto S.Si.T.,M.M selaku Dosen Pembimbing Penulisan yang telah bersedia memberikan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini
6. Kepada Staf Pengajar dan Dosen Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran pada TEKNIKA yang telah membimbing dan mendidik penulis selama dalam masa perkuliahan

7. Seluruh awak kapal MT.GAS FELICITY dan perusahaan PT. Arcadia Shipping line Management yang telah memberikan kesempatan untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman, serat menyelesaikan Praktek Laut (Prala) kepada penulis.
8. Yang tercinta Kedua orang tua saya Bapak Indrajaya dan Ibu Erdawati S.H. penulis ingin mengucapkan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala pengorbanan, kesabaran, dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis dari kecil hingga saat proses penulisan skripsi ini.
9. Kepada 2 kakak dan adik kandung saya (Annisa Salsabilla dan kembaran Reyhan Rhadisya Indirja) yang senantiasa mendukung dan memberi semangat kepada penulis pada saat penulisan skripsi ini.
10. Kepada sahabat terbaik saya Hilmi Akbar Hibbani, Asean Johari dan Abdul bahar yang selalu memberi semangat, saling mengasihi satu sama lain pada saat pengerjaan skripsi serta semua kenangan dan pengalaman berwarna yang dilakukan setiap hari dan tak akan terlupakan
11. Teman-teman Angkatan LXIII, KPK, BDM LXIII, RIAU TEAM dan Teknik 8 Charlie, terima kasih untuk segala cerita indahnya
12. Dalam surat Yasin ayat ke-82, Kun Fayakun memiliki arti “Jadilah, maka terjadilah” Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat banyak kekurangan, baik dari susunan kalimat, serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam menguasai materi. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun dan berguna bagi penulis dalam kesempurnaan skripsi ini.

Jakarta, 2024

Penulis

ALIF GHAZAN INDIRJA

5 63 200756

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| SAMPUL DALAM | ii |
| TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. LATAR BELAKANG..... | 1 |
| B. IDENTIFIKASI MASALAH | 3 |
| C. BATASAN MASALAH | 3 |
| D. RUMUSAN MASALAH | 3 |
| E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN..... | 4 |
| F. SISTEMATIKA PENULISAN | 4 |
| BAB II LANDASAN TEORI..... | 6 |
| A. PENGERTIAN/DEFINISI OPERASIONAL..... | 6 |
| B. TEORI..... | 8 |
| C. KERANGKA PEMIKIRAN..... | 19 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 20 |
| A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN..... | 20 |
| B. METODE PENDEKATAN | 21 |
| C. SUMBER DATA..... | 21 |
| D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA | 22 |
| E. TEKNIK ANALISIS DATA | 24 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... | 25 |
| A. DESKRIPSI DATA | 25 |
| B. ANALISIS DATA | 30 |
| C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH | 35 |
| D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH..... | 39 |
| E. PEMECAHAN MASALAH..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 42 |
| A. KESIMPULAN..... | 42 |
| B. SARAN..... | 43 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Maintenance schedule of main parts | 14 |
| Tabel 2.2 Temperatur gas buang tiap silinder | 27 |
| Tabel 2.3 Batas maksimal temperatur gas buang | 27 |
| Tabel 2.4 Running hours tiap silinder | 29 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Main Engine | 8 |
| Gambar 2.2 langkah kerja mesin 2 dan 4 tak | 9 |
| Gambar 2.3 Exhaust valve | 12 |
| Gambar 2.4 temperature gauge | 26 |
| Gambar 2.5 overhaul exhaust valve main engine | 28 |
| Gambar 2.6 Exhaust main engine | 29 |
| Gambar 2.7 Seat valve | 30 |
| Gambar 2.8 Sistem bahan bakar..... | 31 |
| Gambar 2.9 Penumpukan karbon di spindle valve..... | 34 |
| Gambar 3.0 Grinding instruction | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----------|
| Lampiran 1 <i>Main Engine</i> | 43 |
| Lampiran 2 <i>Running Hours Exhaust Valve</i> | 43 |
| Lampiran 3 <i>Instruction Manual Book Maintenance Schedule</i> | 45 |
| Lampiran 4 <i>Ship Particular</i> | 45 |
| Lampiran 5 <i>Crew List</i> | 46 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sistem bahan bakar pada mesin diesel memberikan bahan bakar yang bersih pada saat yang tepat dan pada jumlah yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan *horse power* yang diperlukan, sistem bahan bakar pada mesin diesel terdiri dari beberapa komponen utama yang menyesuaikan jumlah bahan bakar yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan *horse power* pada dengann merubah atau mengatur jumlah bahan bakar dan waktu yang tepat untuk diinjeksikan melalui *governor* yang terdapat pada *bosch pump*. Rangkaian serta proses bahan bakar itu dari tangki sampai di injeksikan melalui *injector*.

Exhaust valve atau katup gas buang adalah salah satu katup yang ada pada mesin induk yang berfungsi sebagai tempat keluarnya gas sisa-sisa hasil pembakaran. *Exhaust valve* mempunyai kondisi yang tahan terhadap temperatur gas buang yang tinggi dan juga tahan terhadap benturan antara logam dengan logam. Pada *exhaust valve* terdapat sebuah piringan kepala yang berbentuk batang memanjang yang disebut dengan *spindle valve*. Sistem yang digunakan *spindle valve* untuk bekerja adalah dengan menggunakan sistem hidrolik. Sistem hidrolik digunakan untuk membuka dan sistem pneumatik digunakan untuk menutup sebagai jalannya gas buang sisa hasil pembakaran. Gas buang sisa hasil pembakaran mengandung ikatan belerang, vanadium, dan natrium. Ikatan tersebut menurunkan titik lebur kerak yang terjadi saat pembakaran, sehingga kerak tersebut akan melekat pada bidang penutup dari katup gas buang dan juga dudukan katupnya. Kerak ini bersifat korosif yang dapat merusak material bidang penutup dan dudukan katup gas buang. Kerusakan tersebut menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran di dalam silinder.

Penulis melakukan praktek laut di kapal MT. Gas Felicity. Mesin induk di tempat penulis melakukan praktek laut adalah mesin diesel 2 tak dan memiliki 6 silinder, dengan tipe yaitu HYUNDAI -B&W 6S60MC-C dan memiliki temperatur dari gas buang rata-rata saat posisi *full away* dengan kecepatan rata-rata 15 knot adalah 350 – 400°C pada tiap-tiap silinder. Pada tanggal 20 November 2022, MT. Gas Felicity melakukan pelayaran dari Gola,Amerika menuju ke Merak,Indonesia ,saat itu mesin induk mengalami kenaikan temperatur gas buang yang tinggi hingga mencapai 450°C tepatnya pada silinder no. 5 sehingga terjadi *high temperature alarm* dan *main engine slowdown alarm*. Langkah yang diambil oleh masinis jaga saat itu adalah dengan segera menghubungi Kepala Kamar Mesin (KKM) dan menjelaskan situasi yang terjadi. Setelah KKM mendapatkan informasi tersebut selanjutnya KKM mengambil keputusan untuk melakukan penggantian *exhaust valve* pada silinder no. 5 dengan *spare exhaust valve* yang siap untuk dipakai. Lalu, KKM segera menghubungi Kapten untuk meminta izin stop mesin untuk segera melakukan penggantian *exhaust valve*. Setelah Kapten memastikan kapal sudah berada di posisi yang tepat untuk berhenti dan memberi tahu KKM *main engine* sudah siap untuk di *stop* lalu KKM segera memindahkan *handle* dari posisi *full away* menuju posisi *stop engine*. Setelah kapal berhenti, KKM segera memerintahkan untuk melakukan penggantian *exhaust valve* silinder no. 5 dengan *spare* yang siap dipakai. Setelah itu dilakukan *overhaul* pada *exhaust valve* silinder no. 5 yang akan diganti saat pengecekan spare part tidak ditemukan spare part baru untuk penggantian *nozzle* dan oiler menghubungi second engginer untuk melakukan overhaul dengan *nozzle* yang seaadanya di atas kapal tersebut.

Setelah dilakukan penggantian *exhaust valve*, kapal dapat bergerak kembali dengan normal. Setelah itu, KKM memerintahkan untuk melakukan *overhaul* pada *exhaust valve* yang diindikasi mengalami kerusakan tersebut. Ketika dilakukan *overhaul* ditemukan kerusakan pada *exhaust valve* yang menjadi penyebab tingginya temperatur dari gas buang.Saat pengecekan PMS terlihat adanya tidak dilaksanakan perawatan terhadap *nozzle valve* main engine, adapun kerusakan tersebut adalah terdapatnya kebocoran gas yang disebabkan oleh keausan pada permukaan *spindle valve* dan *valve seat* serta terdapatnya penumpukan endapan karbon pada *exhaust valve* yang menyebabkan penutupan *exhaust valve* menjadi tidak sempurna. Serta, pengoperasian *exhaust valve* yang melebihi jam kerja juga menjadi salah satu masalah

sehingga temperatur buang bisa menjadi sangat tinggi. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR UNTUK MEMPERTAHANKAN
DAYA MESIN INDUK KAPAL MT. GAS FELICITY ”**

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Beirkut adalah identifikasi masalah dari skripsi yang dibuat:

1. Terjadinya kebocoran exhaust valve dari mesin induk
2. Tidak dilaksanakannya perawatan pada exhaust valve
3. Tingginya temperature exhaust valve dari mesin induk
4. Tidak tersedianya spare part nozzle spindle valve Main Engine
5. Terjadinya endapan karbon pada exhaust valve

C. BATASAN MASALAH

Karena luasnya pembahasan mengenai *exhaust valve main engine*, maka penulis membatasi pembahasan berdasarkan pengalaman penulis saat melakukan praktek laut di MT. GAS FELICITY Pembahasan akan difokuskan pada:

1. Terjadinya kebocoran exhaust valve dari mesin induk
2. Tidak dilaksanakannya perawatan pada *exhaust valve*

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah di atas untuk menyusun rumusan masalah maka ditentukan terlebih dahulu pokok masalah agar memudahkan dalam pembahasan pada bab-bab yang berikutnya. Masalah pokoknya adalah:

1. Apa yang menyebabkan terjadinya kebocoran pada *exhaust valve*?
2. Apa yang menyebabkan tidak dilaksanakan perawatan pada *exhaust valve*

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENYUSUNAN SKRIPSI

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mencari penyebab dan solusi terhadap permasalahan pada mesin induk khususnya pada bagian *exhaust valve*. Berikut tujuan penulisan skripsi yang penulis berikan:

- a. Untuk mengetahui penyebab dari kerusakan *exhaust valve main engine*.
- b. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari kerusakan *exhaust valve*.
- c. Untuk mencari pemecahan masalah yang tepat dari beberapa masalah pada *exhaust valve*.

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat teoritis

- 1) Untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca khususnya pengetahuan tentang *exhaust valve* pada *main engine*.
- 2) Sebagai tambahan bacaan di perpustakaan STIP Jakarta sehingga dapat berguna sebagai bahan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

b. Manfaat praktis

- 1) Hasil dari penelitian ini bisa dijadikan sebagai referensi tambahan dalam mencari dan juga menyelesaikan masalah yang ada di kapal terutama untuk permasalahan yang terjadi pada *exhaust valve*.
- 2) Untuk meningkatkan pemahaman tentang kerusakan pada *exhaust valve* sehingga pengoperasian *main engine* dapat berjalan dengan optimal.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mendapatkan tujuan mengenai isi dari skripsi ini yang terdiri dari lima bab, yang pada setiap bab merupakan suatu rangkaian yang saling terkait antar bab yang satu dengan bab yang lain. Berikut adalah penyusunan sistematika penulisan dari skripsi ini:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai pendahuluan yang menjelaskan latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuandan manfaat penelitian serta sistematika penulisan dari skripsi ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Di bab ini terdapat tinjauan pustaka yang berisi uraian mengenai ilmu pengetahuan yang ada dalam kepustakaan, serta pengertian dari hal yang berkaitan dengan permasalahan dan kerangka pemikiran.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai waktu dan tempat penulis melakukan praktek laut dan juga berisi tentang metode penelitian serta teknik analisis data yang akan digunakan oleh penulis untuk meneliti permasalahan yang ada.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Di bab ini penulis menjelaskan mengenai deksripsi data yang telah diambil oleh penulis ketika penulis melaksanakan praktek laut. Dapat berupa fakta-fakta lalu memecahkan masalah yang ada serta menganalisis dan mengevaluasi terhadap pemecahan masalah yang terjadi.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Di bab terakhir ini menjelaskan kesimpulan yang merupakan jawaban dari masalah penelitian tentang kerusakan exhaust valve main engine yang sudah dibuat berdasar pada hasil analisis dan pembahasan serta saran yang merupakan usul konkrit dari penulis bagi penyelesaian masalah.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. PENGERTIAN/DEFINISI OPERASIONAL

Untuk melengkapi penulisan skripsi ini, penulis menggunakan beberapa pengertian atau definisi operasional yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas oleh penulis pada skripsi ini. Berikut merupakan pengertian atau definisi operasional yang digunakan oleh penulis:

1. Menurut Taylor (2002), mesin diesel adalah jenis motor pembakaran yang menyembrotkan atau megabutkan bahan bakar ke udara yang panas dan bertekanan tinggi di dalam ruang bakar. Menurut Samlawi (2015), mesin diesel adalah motor pembakaran yang mana proses pembakarannya yang terjadi di dalam mesin itu sendiri (internal combustion engine) dan pembakaran terjadi karena udara yang dimampatkan atau dikompresi dalam suatu ruang bakar atau silinder sehingga didapatkan udara yang bertekanan tinggi serta memiliki panas yang tinggi, bersamaan dengan itu bahan bakar disemprotkan atau dikabutkan dan terjadilah proses pembakaran. Menurut Handoyo (2015), mesin diesel adalah salah satu pesawat yang dapat merubah energi potensial panas menjadi energi mekanik, atau juga disebut sebagai combustion engine.

Mesin pembakaran dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Mesin pembakaran dalam

Mesin pembakaran dalam atau internal combustion engine adalah pesawat yang pembakarannya terjadi di dalam pesawat itu sendiri.

- b. Mesin pembakaran luar

Mesin pembakaran luar atau external combustion engine adalah pesawat yang pembakarannya terjadi di luar pesawat itu.

2. Menurut Karyanto (2002), exhaust valve atau katup buang adalah katup yang digunakan sebagai pintu keluarnya sisa-sisa dari gas pembakaran. Exhaust valve adalah salah satu jenis katup yang terdapat pada motor diesel 2 tak maupun 4 tak dan memiliki fungsi sebagai lintasan udara untuk jalan keluar dari gas sisa hasil

pembakaran yang terjadi di silinder. Exhaust valve mempunyai kondisi kerja yang terstruktur secara mekanis serta memiliki ketahanan terhadap temperatur gas buang yang tinggi dan juga tahan terhadap benturan antara logam dengan logam.

a. Syarat-syarat material katup

Katup dibuat dari bahan paduan besi baja dengan elemen-elemen lain, umpamanya dengan chrom, silicon, wolfram, nikel, mangan, dan zat arang.

b. Material katup

- 1) Baja yang memiliki kadar chrom tinggi 8 hingga 12% serta kadar silisium yang tinggi. Merupakan paduan dari besi, karbon, dan unsur lainnya.
- 2) Material dapat terkena korosi akibat kerak yang berbentuk dari ikatan belerang vanadium dan natrium.
- 3) Salah satu unsur yang penting adalah karbon. Karena karbon dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

3. Dikutip dari Mariana (2022) "Plan Maintenance System" (PMS) dalam konteks kapal merujuk pada sistem perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan rutin dan pencegahan di kapal laut. Sistem ini dirancang untuk memastikan bahwa kapal tetap dalam kondisi operasional yang baik, mencegah kerusakan, dan memastikan keamanan selama pelayaran.

Berikut adalah beberapa poin yang mencakup pengertian Plan Maintenance System di kapal:

a. Pemeliharaan Rutin:

PMS mencakup jadwal pemeliharaan rutin untuk semua sistem dan peralatan di kapal. Ini termasuk pemeliharaan mesin, peralatan navigasi, peralatan keselamatan, dan komponen lain yang kritis untuk operasi kapal.

b. Pencegahan dan Inspeksi :

Sistem ini memasukkan tindakan pencegahan dan inspeksi secara teratur untuk mendeteksi potensi masalah sebelum mereka menjadi serius.

Inspeksi rutin dapat membantu mencegah kegagalan peralatan yang dapat menyebabkan kecelakaan atau kerusakan.

c. Jadwal Pemeliharaan Terjadwal :

PMS biasanya memiliki jadwal pemeliharaan terjadwal untuk setiap komponen atau sistem. Pemeliharaan ini dapat berupa pemeriksaan, penggantian suku cadang, atau perawatan lainnya yang diperlukan.

B. TEORI

Digunakan sebagai sumber teoridan dijadikan dasar dari penelitian di skripsi ini.Sumber teori ini digunakan sebagai dasar untuk memahami latar belakang dari permasalahan yang timbul. Teori juga digunakan untuk mengkaji dari berbagai penelitian yang sudah ada sebelumnya mengenai masalah pada *exhaust valve* dan juga teori yang menjelaskan *exhaust valve* sebagai mekanisme dalam sistem pembakaran pada *main engine* di MT. Gas Felicity, maka perlu diketahui dan dijelaskan beberapa teori penunjang. Berikut adalah beberapa teori penunjang tersebut.

1. Mesin Diesel



Gambar 2.1 Main Engine

Sumber: <https://hyundai-engine.com>

Prinsip kerja mesin diesel ada dua macam yang populer disebut dengan Mesin diesel 2 (dua) tak dan mesin diesel 4 (empat) tak. Pada *main engine* kapal Di tempat penulis melaksanakan praktek laut menggunakan jenis mesin diesel 2 tak dan memiliki 6 silinder.

Menurut Taylor (2003), siklus mesin diesel 2 (dua) tak diselesaikan dalam dua langkah piston dan satu putaran poros engkol. Untuk mengoperasikan siklus mesin dua tak dimana tiap momen diselesaikan dalam waktu yang sangat singkat, mesin membutuhkan sejumlah pengaturan khusus. Pertama, kondisi udara yang masuk harus bersih serta bertekanan. Udara masuk digunakan untuk membersihkan gas buang lalu kemudia mengisi kembali ruang dengan udara bersih.

2. Langkah kerja mesin diesel 2 tak



Gambar 2. 2 langkah kerja mesin 2 dan 4 tak

Sumber: <https://fastnlow.net>

a) Langkah hisap dan kompresi

Langkah pertama dalam langkah kerja mesin 2 tak adalah langkah hisap dan kompresi. Langkah hisap adalah proses masuknya udara ke dalam silinder, dan langkah kompresi adalah proses pemampatan udara dimana udara dimampatkan menjadi bentuk yang lebih padat sehingga temperature udara menjadi naik.

Proses diawali ketika piston berada di posisi titik mati bawah (TMB), udara masuk melalui lubang yang terdapat pada dinding silinder. Udara dapat masuk ke dalam silinder dikarenakan pada saluran *intake* terdapat *blower* yang berfungsi mendorong udara ke dalam mesin. Selanjutnya, piston bergerak naik, gerakan dari piston ini akan membuat tertutupnya lubang udara pada dinding piston. Akibatnya, saat piston baru bergerak $\frac{1}{4}$ ke arah titik mati atas (TMA) proses kompresi udara akan dimulai. Lalu, ketika piston mencapai di posisi TMA, udara akan dimampatkan oleh piston sehingga temperaturnya akan naik dan terjadi pembakaran.

b) Langkah usaha dan buang

Langkah kedua dalam langkah kerja mesin 2 tak adalah langkah usaha dan buang. Langkah usaha merupakan proses terjadinya pembakaran, dan langkah buang merupakan proses terjadinya pembuangan gas dari sisa-sisa pembakaran dari dalam silinder menuju ke katup gas buang. Langkah usaha dapat terjadi saat piston bergerak menuju ke posisi TMA. Ketika piston mencapai kurang lebih 8° engkol sebelum TMA, pompa bahan bakar akan memompakan bahan bakar ke dalam injektor dan selanjutnya injektor akan mengabutkan bahan bakar ke dalam silinder sehingga terjadi proses pembakaran dengan suhu hingga kurang lebih

1.200°C. Proses pembakaran ini akan berlanjutnya hingga piston melewati kurang lebih 5° engkol setelah TMA.

Hasil dari proses pembakaran ini dapat menghasilkan daya ekspansi yang sanggup untuk menggerakkan piston untuk bergerak ke posisi TMB. Sebelum piston mencapai TMB, katup buang akan terbuka, Dalam posisi ini, lubang udara pada dinding silinder juga akan terbuka karena posisi piston berada di bawah. Lalu, udara yang dihisap dari *blower* akan mendorong gas sisa-sisa pembakaran keluar menuju ke katup buang. Selanjutnya, katup buang akan tertutup kembali ketika piston naik ke posisi TMA.

Menurut Ramelan (2017), proses pembakaran merupakan suatu reaksi Kimia yang terjadi diantara bahan bakar dengan oksigen. Proses pembakaran bisa dipercepat dengan jalan memutar udara yang masuk ke dalam silinder. Tetapi ketika putaran udara itu besar maka kemungkinan akan terjadi permasalahan dalam menghidupkan mesin di keadaan yang dingin. Ini dapat terjadi dikarenakan proses pemindahan panas dari udara ke dinding silinder masih dalam keadaan dingin lebih besar sehingga udara tersebut menjadi dingin juga. Namun jika mesin dalam keadaan panas temperatur udara sebelum langkah kompresi akan menjadi lebih tinggi sehingga dengan putaran udara bisa didapatkan kenaikan tekanan efektif rata-ratanya. Maka dari itu mesin dapat bekerja secara efisien.

Proses pengabutan bahan bakar ke dalam silinder akan membuat bahan bakar menjadi berbentuk butiran-butiran cair halus. Karena di dalam silinder sudah terdapat udara yang memiliki temperatur dan bertekanan tinggi maka butiran-butiran tersebut selanjutnya akan menguap. Penguapan dari butiran-butiran halus bahan bakar itu dimulai di bagian permukaan luar. Proses penguapan itu akan terus berlangsung selama temperatur dari sekitarnya mencukupi, demikian pula dengan proses pencampuran udara.

Menurut Handoyo (2015), beberapa faktor yang memengaruhi terjadinya pembakaran di dalam silinder seperti:

- (1) Udara yang ditekan pada langkah kompresi mencapai 35 hingga 45 kg/cm²
- (2) Temperaturnya udara pada akhir langkah kompresi mencapai suhu 550°C hingga 650°C
- (3) Tekanan dari injektor mencapai 250 hingga 400 kg/cm²

- (4) Kecepatan pengabutan bahan bakar dari injektor mencapai 200 hingga 250 meter/detik

c) Komponen mesin diesel 2 tak

Menurut Handoyo (2015), komponen pada bagian atas mesin diesel adalah semua bagian mesin yang pada umumnya sering dilakukan pekerjaan perawatan dan perbaikan. Komponen-komponen tersebut adalah:

- (1) *Cylinder head*

Cylinder head atau kepala silinder memiliki fungsi sebagai penahan tekanan serta ledakan hasil usaha pada tiap-tiap silinder

- (2) *Exhaust valve*

Exhaust valve atau katup gas buang adalah katup yang berfungsi sebagai jalur pembuangan sisa-sisa dari proses pembakaran dari mesin.

- (3) *Exhaust gas outlet*

Exhaust gas outlet atau saluran gas buang pembakaran adalah saluran yang berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan gas buang dari *exhaust valve* ke *funnel*

- (4) *Indicator cock set*

Indicator cock set terdapat di *cylinder head* dan memiliki fungsi yang penting serta dari *indicator cock set* inilah masinis di kapal bisa memperoleh informasi mengenai proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder

- (5) *Air starting valve*

Air starting valve atau katup udara pejalan memiliki fungsi sebagai katup yang menyuplai udara untuk menggerakkan piston ke bawah ketika proses *start* mesin

- (6) Pompa bahan bakar

Pompa bahan bakar digunakan dalam proses pengompresan bahan bakar hingga bertekanan tinggi

- (7) Pengabut bahan bakar

Pengabut atau *injector valve* memiliki fungsi sebagai pengabut bahan bakar di dalam silinder

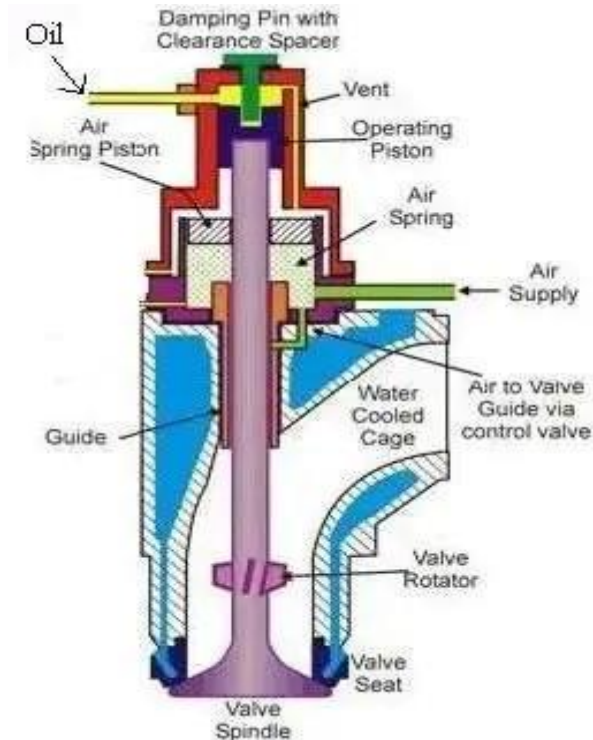
- (8) *Thermometer*

Thermometer adalah alat yang digunakan sebagai pengukur sebagai pengukur suhu pada gas buang di *exhaust valve*.

(9) Manometer

Manometer digunakan sebagai pengukur tekanan udara

d) Exhaust Valve



Gambar 2. 3 Exhaust valve

Sumber: <https://www.brighthubengineering.com>

a. Bagian-bagian *exhaust valve*

Exhaust valve memiliki beberapa bagian yang jika di jabarkan dapat menjadi beberapa komponen, yaitu sebagai berikut:

1) *Valve seat*

Valve seat digunakan sebagai tempat dudukan kepala katup dan terbuat dari baja dan memiliki bentuk sudut kerucut pada dudukannya di kepala silinder.

2) *Valve housing*

Valve housing atau rumah katup adalah rumah bagi *valve seat*. Selain itu, *valve housing* juga memiliki lubang untuk *spindle valve* yang dilengkapi dengan *spindle guide*. *Valve housing* didinginkan menggunakan media air tawar. Air tawar yang sebagai pendingin tersebut keluar dari *cylinder*

cover lalu selanjutnya akan dialirkan ke *valve housing* melalui transisi air lalu akan dikeluarkan melewati bagian atas *valve housing*.

3) *Spindle valve*

Berguna untuk tempat duduk pegas, pegas pembantu, cincin plat penahan pegas serta mendapat tekanan untuk pembuka katup. Di bagian bawah dari *spindle valve* terdapat sebuah roda baling-baling yang dipasang agar *spindle valve* dapat berputar ketika mesin bekerja. Sebagai penunjuk bahwa *exhaust valve* bekerja dengan baik ketika mesin dalam keadaan berjalan terdapat batang pengangkat yang dipasang di atas silinder hidrolik pada *exhaust valve*.

4) *Hydraulic cylinder*

Hydraulic cylinder dipasang pada bagian atas rumah katup buang melalui baut dan mur. *Exhaust valve* dibuka oleh poros katup yang ditekan oleh piston hidrolik di silinder hidrolik. Piston hidrolik ini berfungsi sebagai pendorong pelumas yang melalui katup satu arah.

5) *Air cylinder*

Air cylinder atau silinder udara dipasang di atas rumah katup. Pada *air cylinder*, penyuplaian udara berasal dari bawah piston, udara melewati *non-return valve* untuk menutup *exhaust valve*. Pada bagian bawah rumah silinder udara terpasang dua cincin penyegelan. Lubang pembuatan di antara cincin-cincin ini berfungsi sebagai katup pengaman saat penyegelan tidak memadai.

6) *Sealing air*

Sealing air atau udara penyegel terpasang di sekitar poros *spindle valve* pada bagian bawah silinder udara. *Sealing air* disuplai dari silinder melalui katup lalu selanjutnya dimasukkan ke bawah cincin penyegelan. *Sealing air* digunakan untuk mencegah gas buang dan juga partikel menembus ke atas yang dapat menyebabkan permukaan dapat menjadi aus serta mengganggu sistem pneumatik dari gigi katup. Selain itu, sebuah kotak katup dipasang sebagai penghenti aliran udara saat mesin dalam keadaan *finished with engine*

b. Perawatan dan pemeriksaan *exhaust valve*

Perawatan pada *exhaust valve* dapat dilaksanakan berdasarkan *Planned Maintenance System*. Menurut Ardhi (2018) *Planned Maintenance System* (PMS) merupakan suatu sistem yang berisi tentang rencana-rencana, prosedur-prosedur, serta langkah-langkah untuk dapat mengurangi pemeliharaan darurat, sehingga biaya pemeliharaan dapat ditekan hingga menjadi sekecil mungkin. PMS juga digunakan sebagai sistem pendukung untuk mengidentifikasi kebutuhan pemeliharaan yang akan datang, mengurangi pemakaian suku cadang serta inventaris, menghindari kerja yang berlebihan, menekan waktu atau biaya pengedokan, dapat menghemat biaya yang digunakan untuk pemeliharaan kapal, dan juga dapat memberikan jaminan kondisi laik laut kapal sehingga dapat meningkatkan waktu pengoperasian kapal. PMS meliputi perawatan secara harian (*daily*), perawatan secara mingguan (*weekly*), perawatan secara bulanan (*monthly*), perawatan secara tahunan (*yearly annual survey*) dan perawatan secara lima tahun (*special survey*).

Tabel 2. 1 *Maintenance schedule of main parts*

| Maintenance schedule of main parts | | Group | Hours | | | | | | |
|------------------------------------|---|-------|-------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | | | at starting | every 500hrs. | every 1 ~ 2000hrs. | every 2 ~ 4000hrs. | every 6 ~ 8000hrs. | every 15 ~ 20000hrs. | every 35 ~ 40000hrs. |
| Parts | Work | | | | | | | | If necessary |
| Exhaust valve | <ul style="list-style-type: none"> Inspect valve and seat, grind them if necessary (first) Periodic overhaul and cleaning, grinding if necessary Inspection and measurement of valve and seat, valve stem and guide. | 1430 | | ● | | ● | | ● | |

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa harus dilakukan pengecekan atau inspeksi pada katup dan dudukan pada *exhaust valve* setiap 500 jam kerja, dilakukan *overhaul* dan pembersihan pada *exhaust valve* setiap 4000 jam kerja, dan dilakukan inspeksi dan pengukuran pada katup, dudukan, batang katup dan *valve guide*.

Pemeriksaan pada *exhaust valve* harus dilaksanakan secara berkala agar didapatkan kondisi *exhaust valve* yang selalu optimal.

1) Pemeriksaan pada saat *overhaul*

(a) Pengaturan celah katup atau *clearance*

Pengaturan *clearance* sesuai dengan standar adalah 0,5 mm yang diukur pada saat mesin berada dalam kondisi dingin. Pengaturan ini dilakukan untuk mempertahankan ketetapan celah dari katup. Pengaturan *clearance* sangatlah penting untuk menunjang proses kerja *exhaust valve*.

(b) Pemeriksaan *valve seat*

Valve seat merupakan sebagian tempat dudukan dari *spindle valve*. Pada saat *exhaust valve* bekerja terdapat kemungkinan terjadinya kerusakan pada bagian *valve seat*. Kerusakan dapat timbul dikarenakan adanya benturan antara *spindle valve* dengan *valve seat*. Agar kinerja pada bagian ini dapat optimal kembali maka perlu untuk dilakukan pemeriksaan serta perawatan. Pemeriksaan dilakukan agar dapat mengetahui apakah jarak bebas berada di batas yang tepat atau tidak, ketika melakukan pemeriksaan, *valve seat* harus dibersihkan terlebih dahulu dengan *brush* untuk menghilangkan kerak karbon yang menempel pada dudukan katup. Jika terdapat lekukan pada material ataupun keausan yang menghalangi proses penutupan dari *spindle valve*, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap *valve seat*.

(c) Pemeriksaan *spindle valve*

Perlu digunakan *special tools* untuk melakukan pemeriksaan pada *spindle valve*. *Special tools* biasanya disediakan oleh setiap pabrik. Dengan bantuan alat tersebut, kita dapat memeriksa *burn off* yang terdapat pada permukaan katup. Sebelum melakukan pemeriksaan perlu untuk dilakukan pembersihan deposit karbon yang berada di atasnya, deposit karbon dapat dibersihkan dengan menggunakan *brush*. Pembersihan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran permukaan yang sebenarnya. Pengukuran pada poros juga diperlukan untuk memeriksa posisi poros pada *spindle valve*. Pemeriksaan dilakukan dengan cara meletakkan salah satu ujung poros pada titik

bergulir dan di ujung lain. Setelah itu masukkan pengukur dial, akan terlihat perbedaan yang menunjukkan apakah poros masih bagus atau tidak.

2) Pemeriksaan pada saat beroperasi

(a) Temperatur gas buang

Pemeriksaan temperatur gas buang dapat dilakukan dengan cara melihat *thermometer* yang ada pada *exhaust gas manifold*. Temperatur gas buang mesin diesel HYUNDAI B&W 6S60MC-C yang bekerja normal adalah 340-420°C dan di dalam *instruction manual book* disebutkan temperatur maksimal dari gas buang adalah 450°C. Pemeriksaan ini dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui kondisi dari exhaust valve dan temperatur gas buang.

(b) Suara katup

Suara yang timbul dari katup dapat menjadi salah satu pertanda adanya ke tidak sempurnaan kerja pada *exhaust valve*, misalnya pelumasan yang kurang dan *clearance* yang berubah

Tekanan air pendingin Pemeriksaan tekanan air pendingin dapat dilakukan dengan melihat manometer air pendingin yang ada pada blok manometer di bagian depan mesin. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelancaran sistem pendingin pada *exhaust valve*.

(c) Temperatur air pendingin

Temperatur air pendingin bisa dilihat pada thermometer yang terdapat pada bagian saluran air tawar pendingin ke dalam *exhaust valve*. Hal ini bermaksud untuk mengetahui temperatur air tawar yang masuk ke dalam sistem *exhaust valve* sehingga proses pendingin bisa berlangsung dengan baik

3) Kelelahan bahan

Menurut suarsana (2017), kelelahan atau *fatigue* merupakan kecendrungan pada logam atau metal untuk patah apabila menerima tegangan yang berulang-ulang atau *cyclic stress* yang besarnya jauh di bawah batas dari kekuatan elastiknya. Sebagian besar dari kerusakan serta permasalahan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Kelelahan adalah sifat yang penting, akan tetapi sifat ini juga sulit untuk diukur karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi kelelahan tersebut.

Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi sifat kelelahan bahan, yaitu:

(a) Panas pembakaran

Menurut Malev (2001), panas pembakaran berpengaruh terhadap kelelahan bahan, rusaknya permukaan, turunya titik lebur, hingga pemuatan logam.

(b) Konsentrasi tegangan

Bila pada suatu penampang terdapat distribusi tegangan yang kurang merata, dikatakan terjadi konsentrasi tegangan di penampang tersebut, maka *fatigue limit/strength* akan menurun. Hal ini dapat dimengerti karena sebenarnya pada sebagian dari penampang tersebut akan menerima tegangan yang lebih besar dari nilai-nilai yang seharusnya diterima, karena itu *fatigue limit/strength* akan menurun. Konsentrasi tegangan dapat terjadi pada komponen mesin yang terdapat alur pasak ulir, lubang, *fillet*, *press fit*.

(c) Ukuran/dimensi

Ukuran benda kerja yang besar cenderung menurunkan *fatigue limit/strength* Kondisi permukaan

(1) Kekasaran permukaan

Benda yang memiliki permukaan kasar akan lebih mudah untuk mengalami kelelahan, ini dapat terjadi karena permukaan benda yang kasar digambarkan penuh dengan goresan. Hal yang dapat dilakukan untuk memperbaiki ketahanan terhadap kelelahan adalah dengan menghaluskan permukaan.

(2) Kekuatan permukaan

Jika sesuatu benda menerima sebuah beban, maka tegangan yang paling tinggi akan terjadi pada bagian permukaan. Karena itu maka retak seiring mulai merambat dari permukaan. Benda yang mempunyai kekuatan di permukaan yang lebih tinggi akan memiliki *fatigue limit/strength* yang lebih tinggi juga. Karena kekuatan di permukaan tinggi maka terjadinya retak akan terhambat, sehingga pada tingkat tegangan yang sama umurnya akan jadi lebih panjang.

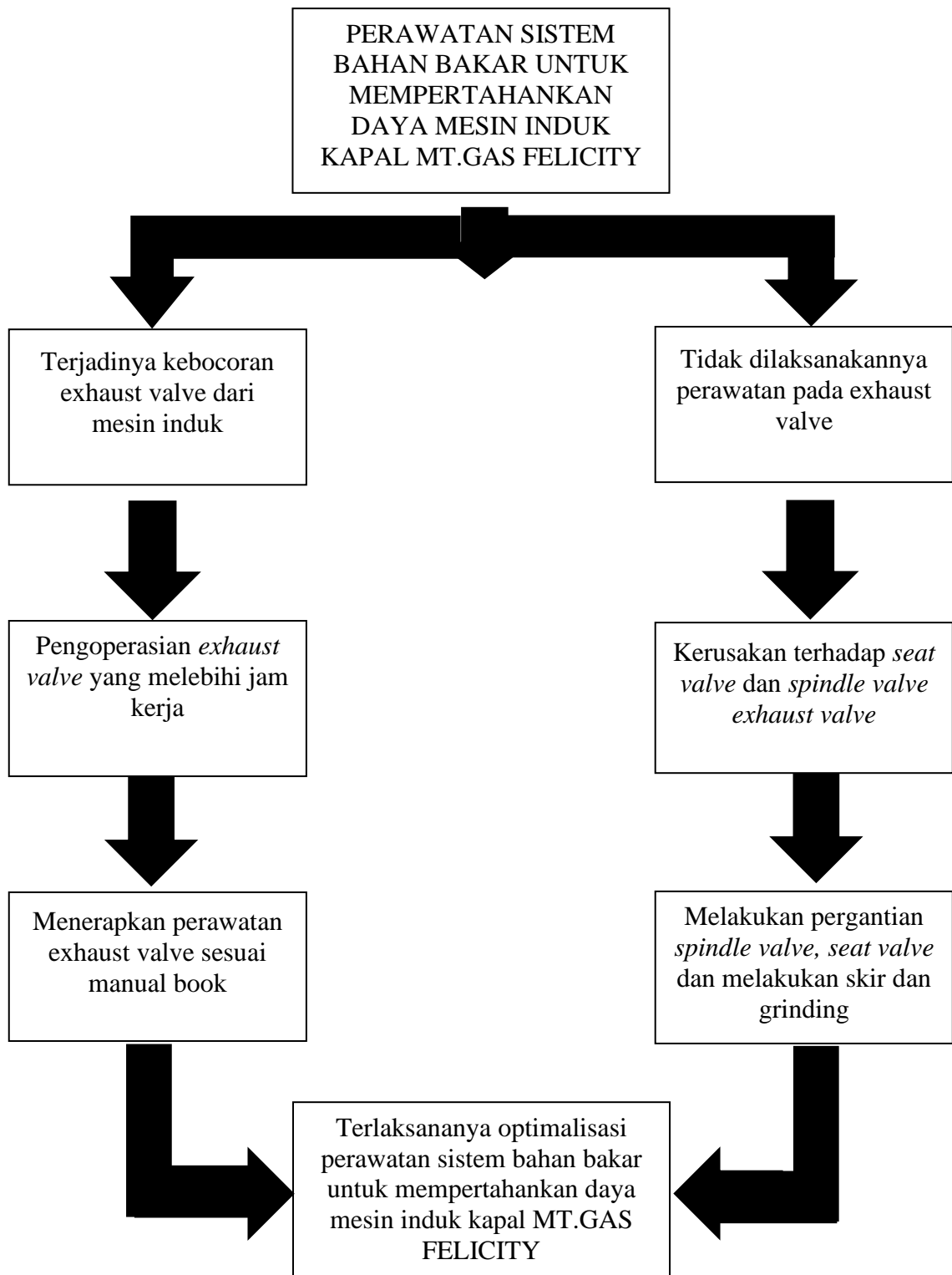
(3) *Residual compressive stres*

Membiarkan terjadi tegangan sisa di permukaan akan menyebabkan naiknya *fatigue limit/strength*. *Fatigue failure* biasanya dimulai dari permukaan, ditimbulkan oleh tegangan tarik. Apabila di permukaan terdapat tegangan tekan maka tegangan tekan itu dapat menyebabkan tegangan tarik yang bekerja harus menghilangkan terlebih dahulu tegangan tekan tersebut sehingga tegangan tekan tersebut sehingga tegangan tarik yang efektif bekerja akan lebih kecil, serta kemungkinan untuk terjadinya keretakan akan lebih kecil juga

(4) Korosi

Terdapatnya media korosif pada bagian yang menerima *cyclic stress* dapat menurunkan ketahanan benda terhadap kelelahan. Terjadinya korosi di permukaan merupakan *crack initiation*, yang akan mempermudah kelelahan terjadi. Di samping itu perlu diketahui juga bahwa adanya tegangan akan mempercepat terjadinya proses korosi, adanya korosi akan mempercepat terjadinya kelelahan

C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN



Gambar 2. 4 kerangka penelitian pemikiran

BAB III

METODE PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Dalam rangka penyusunan skripsi ini, penulis melakukan penelitian selama masa Praktek Laut (Prala) selama satu tahun lebih sembilan hari terhitung sejak tanggal 20 October 2022 sampai dengan 25 July 2023 di atas kapal MT. Gas Felicity. Penulis menggunakan masa praktek laut tersebut untuk mengamati dan meneliti permasalahan yang terjadi. Waktu yang digunakan untuk meneliti dilakukan pada saat jam kerja maupun saat jam jaga.

2. Tempat dan profil Penelitian

Adapun tempat penelitian yang akan digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah kapal MT. Gas Felicity. Berikut ini adalah data-data spesifik tentang penelitian selama Praktek Laut di kapal MT. Gas Felicity:

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| <i>Ship's Name</i> | : MT . GAS FELICITY |
| <i>Call Sign</i> | : YDSS2 |
| <i>Owners</i> | : PT. PATRIA NUSA SEGARA |
| <i>Management</i> | : ARCADIA SHIPPING |
| <i>Charterers</i> | : PERTAMINA |
| <i>Nationality</i> | : INDONESIA |
| <i>Type</i> | : LPG TANKER |
| <i>Classification</i> | : BKI |
| <i>Keel Laid</i> | : 03 MARCH 2008 LAUNCHED 26 MAY 2008 |
| <i>Builders</i> | : HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES |
| <i>IMO Number</i> | : 9354624 |
| <i>Dead Weight Ton</i> | : 58.580 MT |
| <i>Gross Tonnage</i> | : 47.059 MT |

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| <i>Length Overall</i> | : 225,49M |
| <i>Main Engine</i> | : HYUNDAI B&W 6S60 MC-C |
| <i>Power Output</i> | : 13560 kw x 105 rpm |
| <i>Aux. Engine</i> | : HYUNDAI-B&W |
| <i>Power Output</i> | : 1200 kw X 3 seats |

B. METODE PENDEKATAN

Metode pendekatan menerangkan tentang bagaimana penulis melakukan pendekatan masalah pada skripsi ini. Metode yang digunakan Penulis untuk menjelaskan pendekatan masalah adalah metode deskriptif kualitatif. Berisi deskripsi penulis ketika melakukan pengamatan dan mempelajari masalah selama melakukan praktek laut. Masalah yang ditemukan oleh penulis selama melakukan penelitian serta tindakan apa yang akan dilakukan oleh masinis dalam mengatasi masalah yang terjadi. Metode tersebut digunakan untuk menguraikan dan menggambarkan objek yang sedang diteliti serta kaidah yang diambil dari teori-teori yang memiliki hubungan dengan topik yang dibahas, selain itu penulis menggunakan pendekatan di lapangan yang dilaksanakan selama praktek laut dengan cara mengamati dan melakukan praktek langsung dalam kegiatan perawatan, perbaikan, dan keselamatan pada *exhaust valve* demi kelancaran kegiatan operasional dari *main engine* selama berlayar. Penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode berikut:

C. SUMBER DATA

1. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari sumber pertama, atau yang pengumpulannya dilakukan sendiri oleh penulis secara langsung ketika penulis melakukan praktek laut di atas kapal.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari sumber kedua serta tidak terlibat secara langsung. Seperti melalui buku, brosur, dan artikel yang didapat dari *website* yang berkaitan dengan penelitian ini atau data yang berasal dari orang kedua atau bukan data yang datang secara langsung, data ini dapat mendukung pembahasan dan penelitian, maka dari itu beberapa sumber buku atau data yang diperoleh dapat membantu serta mengkaji secara kritis penelitian tersebut.

Di penelitian ini sumber data yang digunakan oleh penulis adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan oleh penulis di penelitian ini adalah pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Sedangkan sumber data sekunder yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

- a. Arsip-arsip dokumen terkait dengan masalah penelitian yang diperoleh dari *log book* yang ada di MT. Gas Felicity serta *main engine manual book*.
- b. Referensi dari buku-buku yang mendukung dalam penyusunan penelitian ini.

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Data yang digunakan penulis untuk melakukan penulisan skripsi ini adalah data-data yang terdapat berbagai macam informasi dan bersifat objektif. Dalam penyusunan skripsi ini perlu dijelaskan bagaimana penulis melakukan penelitian dan mendapatkan data agar dapat diolah dan ditampilkan menjadi gambaran serta pandangan untuk mendapatkan pemecahan dari masalah yang ada.

Adapun metode yang digunakan penulis dalam penulisan skripsi ini menggunakan teknik pengumpulan data berupa:

1. Observasi

Observasi yaitu salah satu teknik pengumpulan data dengan cara mengamati, meninjau, dan menganalisa objek permasalahan yang akan diteliti di lapangan selama melakukan praktek laut atau dalam masa penelitian selama satu tahun di atas kapal MT. Gas Felicity dan mengamati langsung permasalahan-permasalahan yang terjadi di atas kapal khususnya pada *exhaust valve main engine*. Dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh penulis maka penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian yang lebih lanjut terhadap permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini, yang nantinya hasil dari penelitian ini akan dianalisis dan digunakan untuk mendapatkan kesimpulan yang objektif.

Objek penelitian dari permasalahan tersebut meliputi:

- a. Tidak tersedianya spare part nozzle spindle valve main engine
- b. Tidak dilaksanakannya perawatan pada exhaust valve

2. Dokumentasi

Studi dokumentasi adalah cara yang digunakan untuk mengumpulkan data dan mempelajari secara sekunder dari dokumen-dokumen yang tersedia dengan cara membaca buku manual maupun sumber-sumber lain yang dijadikan sebagai referensi maupun bahan acuan penulis dalam melakukan penulisan skripsi.

Dokumen-dokumen kapal yang dijadikan referensi adalah:

- a. Buku manual atau *instruction manual book* mengenai *main engine* khususnya pada komponen *system bahan bakar* yang dikeluarkan oleh *maker*, serta berisi tentang cara pengoperasian dan perawatan mesin tersebut dengan benar.
- b. Catatan buku harian kamar mesin atau *engine log book* MT. Gas felicity, yang berisikan hal-hal yang terjadi selama masinis melakukan dinas jaga di kamar mesin, penting untuk diperiksa sebelum meninggalkan kamar mesin, dan juga untuk melakukan pemantauan yang terjadi selama beberapa hari terakhir bila ada keanehan atau kegagalan yang terjadi pada salah satu permesinan di kamar mesin. Hal-hal yang perlu diperiksa di antaranya suhu, temperature, dan tekanan atau *pressure* dari semua permesinan yang ada di kamar mesin.

3. Studi Pustaka

Adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengambil referensi dari buku-buku teori serta data yang bersumber dari internet yang relevan dengan masalah yang akan dibahas, di skripsi ini penulis mengambil beberapa buku referensi yang berkaitan tentang mesin diesel khususnya pada bagian *main engine system bahan bakar*. Tujuan dari hal ini adalah agar buku-buku referensi dan data internet tersebut dapat memberikan acuan-acuan teoritis dan juga dapat dijadikan sebagai bahan perbandingan dalam melakukan suatu penelitian. Beberapa buku dan situs web yang dijadikan sebagai studi pustaka dilampirkan oleh penulis pada daftar pustaka.

E. TEKNIK ANALISIS DATA

Metode yang digunakan oleh penulis untuk menganalisis data pada skripsi ini adalah deskriptif kualitatif. Metode analisis deskriptif adalah teknik analisis yang memberikan beberapa fakta serta penjelasan mengenai objek yang diteliti selanjutnya memaparkan terhadap suatu kejadian yang terjadi di kapal yang berhubungan dengan pembahasan mengenai kerusakan *system bahan bakar* pada *main engine*, berdasarkan pengamatan dan pengalaman langsung yang didapatkan penulis dengan melihat dari fakta yang ada. Setelah itu dituangkan untuk menganalisa dari pokok permasalahan di skripsi ini, digunakan teknik dalam tulisan dari timbulnya masalah, penyebab masalah, tempat dan waktu kejadian masalah, data yang dikumpulkan, menganalisa masalah sehingga didapatkan solusi terhadap permasalahan tersebut.

Pada skripsi ini penulis juga menggunakan deskriptif kualitatif untuk menganalisis masalah dengan mencatat faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kerusakan pada *system bahan bakar*. Deskriptif kualitatif dapat membantu penulis untuk menganalisis permasalahan secara keseluruhan membentuk cabang-cabang menuju sumber dari permasalahan yang terjadi, sehingga permasalahan dapat terlihat lebih jelas dan masalah kecil yang dapat berkontribusi kepada hal yang lebih besar dapat teridentifikasi.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

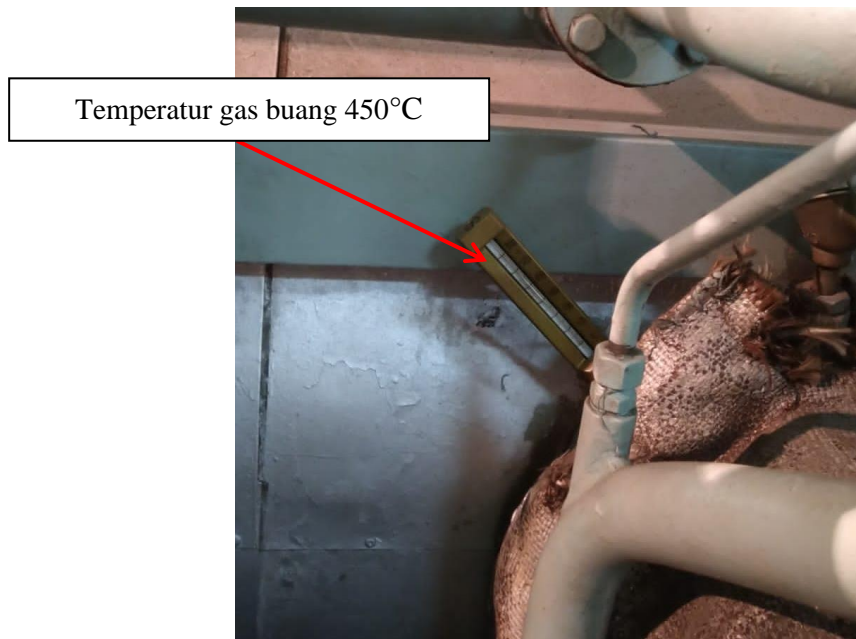
A. DESKRIPSI DATA

Main engine sangat berperan penting dalam kegiatan operasional kapal sebagai mesin penggerak kapal untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain. Karena *main engine* merupakan mesin penggerak utama maka *main engine* harus dalam kondisi prima dan dapat bekerja dengan baik demi kelancaran kegiatan operasional kapal.

Berikut adalah spesifikasi *main engine* di kapal MT. Gas Felicity

| | |
|--|---------------------------|
| <i>Manufacture Main Engine</i> | : HYUNDAI-MANB&W |
| <i>Type Main Engine</i> | : 6S60MC-C |
| <i>Number of Cylinders</i> | : 6 in line |
| <i>Cylinder Bore</i> | : 600 mm |
| <i>Piston Stroke</i> | : 2400 mm |
| <i>Max. pressure in cylinder</i> | : 15.49 Mpa |
| <i>M.C.O</i> | : 18420 BHP AT 105 RPM |
| <i>C.S.O.</i> | : 16380 BHP AT 101.0 RPM |
| <i>Sea Speed</i> | : 16,0 knots |
| <i>Dimension (L x W x H)</i> | : 7,688x3,770x10,864 (mm) |
| <i>Firing order</i> | : 1 – 6 – 2 – 4 – 3 – 5 |
| <i>Overall length</i> | : 224,49M |
| <i>Width</i> | : 3,000 mm |
| <i>Height from crank center to top</i> | : 6,900 mm |
| <i>Depth from crank center to bottom</i> | : 1,560 mm |
| <i>Approx. engine weight</i> | : 200 T |

Berikut adalah penjelasan dari fakta dan kondisi yang pernah dialami penulis selama melaksanakan praktek laut di atas kapal MT. Gas Felicity, terutama yang menyangkut permasalahan dari *exhaust valve main engine* di atas kapal sebagai pembahasan dalam skripsi ini. Pada tanggal 20 November 2022 *main engine* MT. Gas Felicity mengalami keadaan darurat yang berhubungan dengan *exhaust valve*. Pada saat itu kapal MT. Gas Felicity sedang berlayar dari Gola, America menuju ke Merak, Indonesia. Tepatnya pada pukul 17.30 sore, tiba-tiba alarm menunjukkan bunyi *high temperature* dan dilanjutkan dengan *main engine slow down*. Kemudian masinis jaga saat itu yaitu Masinis 2 mengecek temperatur dari gas buang *main engine* dan didapati data tersebut muncul akibat dari tingginya temperatur gas buang pada silinder no. 5 yang diindikasikan mengalami kerusakan. Temperatur tersebut mencapai 450°C (Gambar 4.1 dan Tabel 4.1), sedangkan di dalam *instruction manual book* temperatur maksimal dari gas buang *main engine* adalah 450°C (Tabel 4.2).



Gambar 2.5temperature gauge

(Sumber :Dokumentasi pribadi)

Tabel 2.2 Temperatur gas buang tiap silinder

| <i>Cylinder</i> | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatur gas buang | 340°C | 360°C | 380°C | 340°C | 450°C | 380°C |

Tabel 2.3 Batas maksimal temperatur gas buang

| Item | Normal use | Min . | Max. | Alarm set. | Auto. Stop/start set | Slow down set | Emergency shut down | Standar set position | Temp. difference |
|--------------------|------------|-------|------|------------|----------------------|---------------|---------------------|----------------------|------------------|
| <i>Exhaust gas</i> | - | - | 450 | 450 | - | 450 | - | - | - |

Tingginya temperatur pada *main engine* ini berdampak pada turunnya *rotation per minute (rpm)* secara otomatis dari *sea speed* pada *rpm* 135 sampai pada *rpm* 40. Langkah yang diambil oleh masinis jaga saat itu adalah dengan segera menghubungi Kepala Kamar Mesin (KKM) untuk meminta arahan pengambilan tindakan selanjutnya. Lalu, KKM segera mengambil keputusan untuk menghentikan *main engine* dan selanjutnya memanggil kru kamar mesin untuk dilakukan penggantian *exhaust valve* silinder no. 5 yang terindikasi mengalami kerusakan tersebut dengan *spare exhaust valve* yang tersedia. KKM juga langsung menghubungi nahkoda kapal untuk meminta izin *stop engine* dan melakukan penggantian *exhaust valve*. Nahkoda memastikan posisi kapal tepat untuk *stop* dan setelah itu segera memberi tahu KKM dan mengizinkan untuk dilakukannya penggantian *exhaust valve* lalu KKM segera menurunkan kecepatan ke *stop engine* yang membuat kapal dalam posisi *drifting* di wilayah perairan Gola, America, Setelah dilakukan penggantian pada *exhaust valve* silinder no. 5 dengan *spare exhaust valve* yang sudah siap dipakai (Gambar 4.2), *main engine* kembali dijalankan dan kapal dapat beroperasi dengan normal kembali. Lalu,

KKM memerintahkan untuk melaksanakan *overhaul* pada *exhaust valve* yang telah diganti. *Overhaul* dilakukan untuk mendeteksi kerusakan yang ada pada *exhaust valve* tersebut.

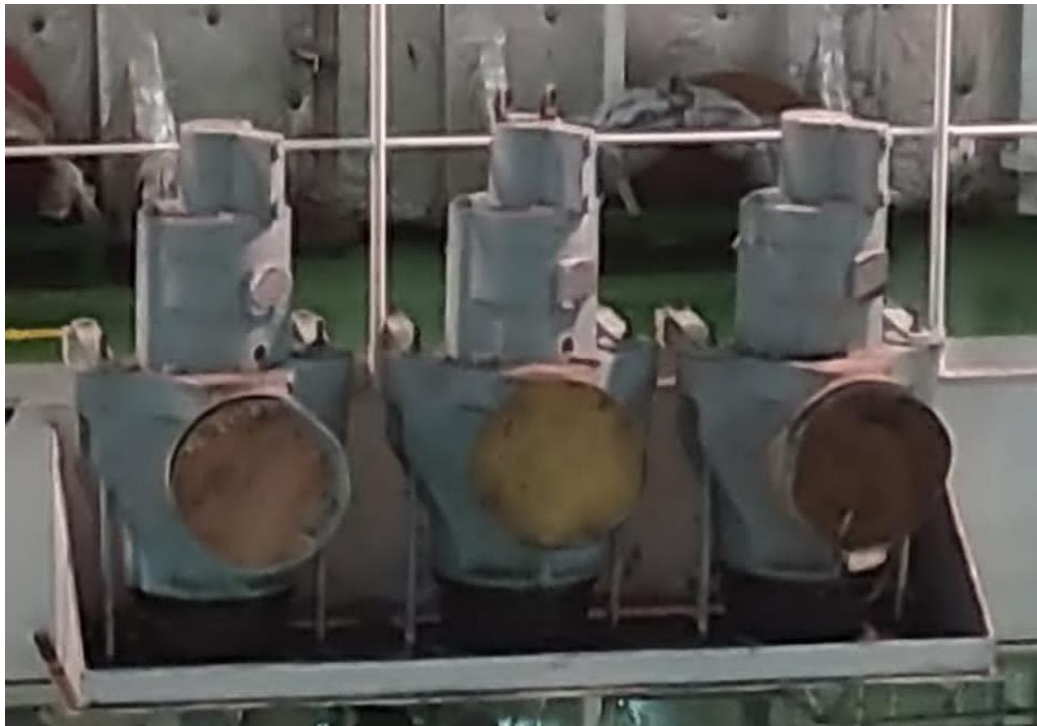


Gambar 2.6 *Overhaul exhaust valve main engine*
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Pada saat *overhaul*, ditemukan kerusakan pada *exhaust valve* yang menyebabkan temperatur dari gas buang menjadi tinggi. Ditemukan keausan pada *spindle valve* dan *valve seat* yang menyebabkan bocornya gas buang dan didapati pula penumpukan karbon pada *spindle valve* dan *seat valve* yang disebabkan oleh pembakaran yang kurang sempurna. Masalah lain yang ditemukan adalah jam kerja dari *exhaust valve* tersebut yang ternyata sudah melewati *running hours* yang telah ditentukan oleh *maker* serta tercantum dalam *instruction manual book* dan seharusnya sudah dilakukan penggantian sebelum menyentuh *running hours* yang ditentukan.

Tabel 2.4 Running hours tiap silinder

| <i>Cylinder</i> | No. 1 | No. 2 | No. 3 | No. 4 | No. 5 | No. 6 |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Running hours</i> | 2160 <i>hours</i> | 1080 <i>hours</i> | 1920 <i>hours</i> | 1080 <i>hours</i> | 4120 <i>hours</i> | 3120 <i>hours</i> |



Gambar 2.7 Exhaust main engine
(Sumber :Dokumentasi pribadi)



Gambar 2.8 *Seat valve*

(Sumber :Dokumentasi pribadi)

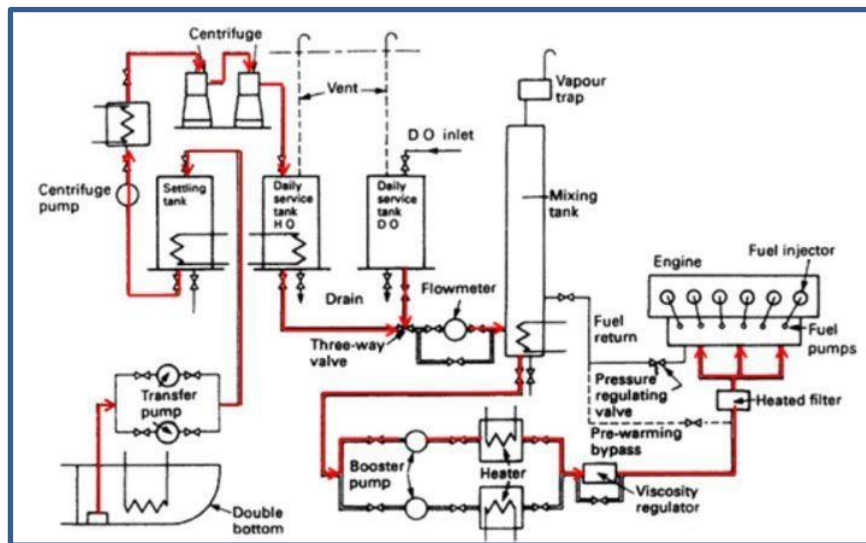
Pada saat melakukan overhaul pada exhaust no. 5 yang akan di ganti saat pengecekan spare part tidak ditemukanya spare part baru untuk penggantian nozzle dan oiler menghubungi second engginer untuk melakukan overhaul dengan nozzle yang seadanya di atas kapal. Setelah dilakukan penggantian exhaust valve, saat pengecekan PMS terlihat adanya tidak dilaksanakanya perawatan terhadap nozzle valve main engine, adanpun kerusakan tersebut adalah terdapatnya kebocoran gas yang disebabkan oleh keausan pada permukaan spindle valve dan valve seat serta terdapatnya penumpukan endapan karbon pada exhaust valve yang menyebabkan penutupan exhaust valve menjadi tidak sempurna.

B. ANALISIS DATA

Dari deskripsi data yang telah diperoleh dan dijelaskan sebelumnya, penulis telah menganalisis data tersebut berdasarkan pengalaman yang telah dialami oleh penulis ketika melaksanakan praktek laut di atas kapal MT. Gas Felicity agar nantinya dapat meminimalisir akibat yang timbul dari masalah tersebut. Berdasarkan kondisi yang telah diamati penulis akan menambahkan sisitem bahan bakar dan beberapa kerusakan yang menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur gas buang yang sangat tinggi pada

exhaust valve. Di bawah ini penulis menambahkan sistem bahan bakar dan menganalisis penyebab-penyebab yang menimbulkan tingginya temperatur gas buang pada *exhaust valve*:

Sistem bahan bakar pada mesin diesel terdiri dari beberapa komponen utama yang menyesuaikan jumlah bahan bakar yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan *horse power* pada dengan merubah / mengatur jumlah bahan bakar dan waktu yang tepat untuk diinjeksikan melalui *governor* yang terdapat pada *bosch pump*. Rangkaian serta proses bahan bakar itu dari tangki sampai di injeksikan melalui *injector* dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 2.9 sistem bahan bakar

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Cara kerja sistem suplai bahan bakar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pompa *transfer pump* digunakan untuk mentransfer bahan bakar yang berada didalam storage tank pada *double bottom* dipompa menuju *settling tank* untuk diendapkan. Bahan bakar yang berada didalam tanki penyimpanan masih memiliki viskositas yang cukup tinggi walaupun didalam tanki terdapat pemanas (*heater*) sehingga diperlukan pompa *displacement* tipe *screw* atau pun *gear pump*. Pompa jenis ini lebih mampu menangani fluida dengan kekentalan yang cukup tinggi dibandingkan tipe pompa lainnya.
2. *Settling tank* biasanya memiliki pemanas (*heater*) berbentuk pipa coil yang berfungsi menaikkan suhu dan menurunkan viskositas sebelum dipindahkan kedalam tanki harian (*service tank*). Proses pengendapan pada *settling tank* bertujuan mengurangi partikel, kotoran dan air yang berada

didalam bahan bakar. Pada umumnya, kapal memiliki dua buah tanki settling yang dirancang mampu menampung keperluan suplai selama 24 jam.

3. Bahan bakar yang dipindahkan dari tanki settling ke tanki harian, akan dimurnikan terlebih dahulu oleh *centrifuge*. Alat ini berfungsi menyaring kotoran dan air yang terkandung didalam bahan bakar sehingga bahan bakar yang masuk kedalam tanki harian menjadi lebih murni. Terdapat sebuah heater sebelum bahan bakar masuk melewati *centrifuge*, yang berfungsi untuk menurunkan viskositas bahan bakar agar sesuai dengan viskositas yang diperlukan oleh *centrifuge*
4. Bahan bakar yang telah diendapkan selanjutnya dipindahkan kedalam tanki harian menggunakan pompa tipe sentrifugal. Bahan bakar yang didalam tanki harian inilah yang digunakan oleh mesin dengan volume tanki yang disesuaikan dengan kebutuhan motor induk, biasanya antara 8 hingga 12 jam operasional mesin.
5. Pada gambar sistem diatas, terdapat tanki harian *diesel oil* (DO) biasanya digunakan untuk suplai bahan bakar ke mesin utama pada kondisi kapal melakukan manuver
6. *Mixing* tank digunakan untuk mencampur bahan bakar sisa yang keluar dari main engine sehingga bahan bakar tidak terbuang.

menganalisis penyebab-penyebab yang menimbulkan tingginya temperatur gas buang pada *exhaust valve*:

1. Terjadinya kebocoran *exhaust valve* dari mesin induk

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh penulis, keausan yang terjadi di spindle valve dapat menyebabkan kebocoran pada gas buang. Keausan tersebut dapat terjadi pada spindle valve yang bergerak sangat cepat pada saat mesin beroperasi. Gerakan yang sangat cepat tersebut mengakibatkan terjadinya gesekan antara spindle valve dengan valve seat sehingga mengakibatkan keausan pada permukaan spindle valve dan valve seat. Dengan terdapatnya keausan pada permukaan spindle valve dan valve seat, ketika langkah kompresi dimana piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) menuju TMA (Titik Mati Atas), udara dalam silinder yang dimampatkan akan mengalami kebocoran melalui lubang-lubang yang ditimbulkan oleh keausan pada permukaan spindle valve dan valve seat. Spindle valve biasanya digunakan dalam aplikasi di mana kontrol aliran yang

presisi diperlukan, seperti dalam sistem kontrol tekanan atau suhu. Mereka dapat ditemukan dalam berbagai ukuran dan konfigurasi, tergantung pada kebutuhan aplikasi spesifik. Nozzle digunakan untuk mengatur aliran bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar mesin, jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar dapat disesuaikan, memungkinkan untuk kontrol yang tepat terhadap pembakaran dalam mesin. Selain karena gesekan, kesalahan dari masinis ketika melakukan proses perawatan dan perbaikan juga dapat mengakibatkan keausan menjadi semakin parah. Kesalahan ketika melakukan perawatan maupun perbaikan bisa mengakibatkan *clearance* antara *spindle valve* dan *valve seat* menjadi semakin besar sehingga dapat terjadi kebocoran gas buang melalui celah antara *spindle valve* dan *valve seat*.

2. Tidak dilaksanakannya perawatan pada exhaust valve

Berdasarkan pengalaman penulis saat melakukan praktek laut, pembakaran yang tidak sempurna akan menimbulkan pemanasan yang berlebih dari bagian mesin termasuk *spindle valve* dan *valve seat*. Panas yang ditimbulkan tersebut menyebabkan *spindle valve* dan *valve seat* mudah mengalami korosi serta endapan karbon dapat menempel pada bagian-bagiannya. Pembakaran dapat dikatakan sempurna jika seluruh bahan bakar yang dikabutkan ke dalam silinder terbakar secara seluruhnya dan menghasilkan panas yang maksimal. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna maka perbandingan bahan bakar dan udara juga harus seimbang. Jumlah udara yang berlebih ataupun kurang dapat mengakibatkan pembakaran yang di dalam silinder menjadi tidak sempurna. Bahan bakar yang masuk ke dalam silinder juga harus berbentuk butiran halus dan tidak terlalu cair seperti air karena hal tersebut dapat mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna juga. Pembakaran yang tidak sempurna adalah faktor utama yang menyebabkan munculnya penumpukan karbon pada permukaan *spindle valve* dan *seat valve*. Pembakaran yang tidak sempurna dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah pengabutan bahan bakar yang kurang baik. Pengabutan yang kurang baik pada *injector* disebabkan oleh jarum *nozzle* yang mengalami keausan. Kotoran yang ikut bersama bahan bakar ketika proses injeksi dengan kecepatan tinggi menyebabkan keausan pada jarum *nozzle* tersebut. Kotoran tersebut dapat diakibatkan oleh kualitas bahan bakar yang kurang baik serta kurangnya masinis dalam memperhatikan proses perawatan bahan bakar sebelum bahan bakar dikabutkan melalui *injector*. Pembakaran yang tidak sempurna diakibatkan karena

kebocoran atau menetesnya bahan bakar dari injector ketika bahan bakar disemprotkan. Ini terjadi karena adanya pembakaran susulan yang diakibatkan karena adanya bahan bakar yang menetes ketika penyemprotan berakhir pada ujung nozzle lalu bahan bakar yang menetes tersebut akan terbakar kembali sehingga terjadi kebakaran sebanyak dua kali. Hal ini juga dapat mengakibatkan temperatur dari gas buang menjadi tinggi jika berlangsung secara berulang kali. Pembakaran yang tidak sempurna tersebut dapat menyebabkan munculnya penumpukan karbon deposit sisa-sisa hasil dari pembakaran yang terjebak dan melekat pada sisi piringan *spindle valve* dan dudukan katup. Ini akibat dari pengabutan bahan bakar yang melalui *injector* pada akhir langkah kompresi sebagian bahan bakar menetes ke dalam ruang bakar tidak berbentuk kabut sehingga tidak ikut terbakar pada saat langkah usaha dan menimbulkan pembakaran susulan. Apabila gejala ini berlangsung lama, maka akan berakibat pada penurunan rendemen motor dan dalam kondisi yang lebih parah dapat mengakibatkan pemanasan lebih dari bagian-bagian mesin, termasuk katup dan dudukannya. Gas yang dihasilkan oleh pembakaran susulan akan berwarna hitam dan ini dapat diartikan jika mesin mendapatkan beban yang terlalu tinggi sehingga terjadi pembentukan asap yang tebal. Pada keadaan ini muncul kemungkinan akan timbulnya bahaya terhadap pemanasan lebih lanjut pada bagian mesin tersebut. Seperti pada *exhaust valve* akan mengalami perubahan struktur dan material sehingga piringan katup dan *valve seat* mudah mengalami korosi serta endapan karbon deposit menempel pada bagiannya.



Gambar 3.0 Penumpukan karbon di *spindle valve*

(Sumber :Dokumentasi pribadi)

Dampak yang muncul akibat dari penumpukan karbon yang sudah terlalu banyak akan mengakibatkan penutupan pada *exhaust valve* menjadi tidak sempurna. Hal ini dapat terjadi akibat endapan karbon yang menempel akan mengganggu proses penutupan pada *exhaust valve*. Endapan karbon yang bersifat korosif dapat mengakibatkan perubahan bentuk dari komponen. Penumpukan kerak karbon pada ruang bakar juga dapat menyebabkan terjadinya *misfire*.

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Alternatif pemecahan masalah diambil dari kegiatan di kapal dalam menghadapi masalah. Penulis mengamati dan berusaha mencari cara terbaik untuk mengatasi masalah yang timbul pada *exhaust valve*.

1. Terjadinya kebocoran *exhaust valve* dari mesin induk

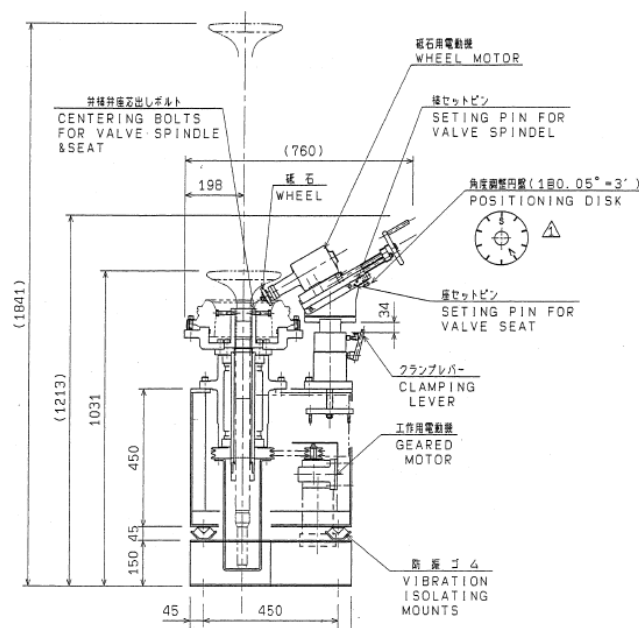
Dari hasil penelitian yang dilakukan untuk menanggulangi masalah terjadinya kebocoran *exhaust valve* dari mesin induk maka dilkakukanlah alternatif pemecahan masalah antara lain :

a. Melakukan permohonan spare part nozzle spindle valve main engine pada perusahaan utama *spindle valve* adalah mengontrol jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar, sehingga mengatur pembakaran dan performa mesin. Dengan mengatur pembukaan dan penutupan katup, spindle valve membantu dalam mengatur kecepatan mesin dan mengoptimalkan efisiensi pembakaran. Berdasarkan dari pengalaman tersebut penulis melakukan pengecekan spare part di *workshop* untuk melihat adanya spare part *nozzle spindle valve* yang baru, saat pengecekan tidak ditemukan spare part *nozzle spindle valve main engine* di waktu tersebut *second engginer* mengambil alternatif lain yaitu menggunakan skir dan griding untuk sementara menunggu *spare part* dari perusahaan selama kurang lebih sebulan.

b. Menggunakan skir dan grinding pada nozzle spindle valve main engine

Berdasarkan dari pengalaman penulis saat melaksanakan praktek laut, pengoperasian *exhaust valve* yang melebihi jam kerja terjadi karena kurangnya kesadaran kru kamar mesin untuk melaksanakan perawatan dengan teratur sesuai dengan jadwal. Perawatan yang tidak dilaksanakan secara teratur sesuai dengan jadwal menyebabkan kurang terkontrolnya keadaan pada komponen seperti nozzle pada *exhaust valve*. Masalah tersebut ditambah dengan tidak

tersedianya spare part yang baru di kapal. Hal ini yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada komponen-komponen *exhaust valve*. Maka dari itu, pada masalah ini penulis melakukan skir yang bertujuan untuk menyamakan kedudukan pada permukaan nozzle yang haus sehingga bisa rata lagi saat dipasang ke spindle valve. Salah satu langkah yang bisa dilakukan untuk mengatasi keausan pada *spindle valve* dan *valve seat* adalah dengan melakukan *grinding*. Tujuan dari dilakukannya *grinding* adalah agar permukaan dari komponen menjadi rata sehingga dapat menutup rapat dan tidak terjadi kebocoran melalui permukaan yang tidak rata.



Gambar 3.1 *Grinding instruction*
(dokumentasi manual book)

Berikut adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk *grinding* spindle valve dan valve seat menurut *instruction manual book*:

- 1) *Spindle valve*
 - a) Pasang bukaan dari *wheel cover* ke atas
 - b) Nyalakan roda *spindle starting*
 - c) Nyalakan kerja *spindle starting*
 - d) Naikkan *vertical slide*, sehingga roda berada di bawah garis perpanjangan permukaan dudukan *spindle valve*

- e) Gerakkan *wheel slide* ke depan hingga berada di bawah permukaan dudukan *spindle valve*
- f) Naikkan *vertical slide* sampai roda sedikit bersentuhan dengan permukaan dudukannya
- g) Lalu masukkan *wheel slide* pada kecepatan tertentu ke permukaan dudukan dengan panjang maksimal untuk memastikan roda memiliki kontak yang rata dengan permukaan dudukan.
- h) Periksa sudutnya kembali bila ada celah antara permukaan roda dan permukaan dudukan, atau tekanan kontak relative tinggi.
- i) Ketika sudut dari dudukan sudah benar, sesuaikan *vertical slide* untuk melakukan *grinding* terlebih dahulu dari bagian yang lebih tinggi dari yang lain
- j) Geser *wheel slide* ke depan dengan kedalaman potong hingga kurang dari 0,01mm / langkah untuk melakukan *grinding* yang kasar dengan melakukannya beberapa kali atau kira kira beberapa puluh kali sesuai dengan keadaan permukaan dudukan
- k) Beri kecepatan dari *wheel slide* untuk penyelesaian *grinding* kira-kira 1/6 putaran dengan *wheel feed handle* (0,33mm / putaran)

2) Valve seat

- a) Pasang kembali penutup roda yang diputar ke bawah
- b) Kendurkan sedikit mur baut penjepit dari roda *spindle way* (hanya satu bagian di sisi atas)
- c) Turunkan posisi S-V dari baut penyetel sudut dan paskan agar sesuai dengan S dari *micro collar* dengan arah mendorong ke atas. (sedangkan tanda 30° pada pelat posisi S-V sesuai dengan penunjuk A)
- d) Setelah itu, dorong ke bawah arah poros roda, sehingga ujung baut penyetel sudut bersentuhan dengan tanpa ada celah, dan kencangkan mur baut pemasangan dari roda *spindle way*
- e) Lakukan *grinding* dengan cara yang sama seperti dengan *spindle valve*

2. Tidak dilaksanakannya perawatan terhadap exhaust valve

Alternatif pemecahan masalah yang dipilih sebagai berikut:

a. Melakukan perawatan dan perbaikan pada *injector valve*

Upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya penumpukan karbon pada permukaan *valve* adalah dengan cara melakukan perawatan dan perbaikan pada *nozzle* dan bagian lain dari *injector* secara rutin. Upaya-upaya tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna sehingga tidak lagi terdapat bahan bakar yang menetes dari *nozzle injector* dan penumpukan serta deposit sisa pembakaran dapat dihindari. Bentuk perawatan yang dilakukan adalah dengan melakukan *lapping* atau penyekiran pada jarum *nozzle* yang mengalami kerusakan, membersihkan sisa-sisa kotoran yang terdapat pada *nozzle* menggunakan *brush*, atau dapat juga dilakukan penggantian *nozzle* dengan *spare part* yang baru.

b. Mengoptimalkan perawatan terhadap bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik sehingga pengabutan dan pembakaran bisa sempurna dan tidak menyebabkan penumpukan karbon pada permukaan *valve*. Bahan bakar yang biasa diterima ketika *bunker* tidak sepenuhnya bagus. Bahan bakar tersebut masih mengandung kotoran, air, dan debu yang ikut dalam bahan bakar. Berikut yang dapat dilakukan pada bahan bakar agar kualitasnya dapat tetap terjaga:

1) Melakukan *chemical fuel treatment*

Kualitas bahan bakar bisa diperbaiki dengan cara yaitu dengan menaikkan bilangan setana, serta menambah sedikit presentase dari hidrokarbon yang lebih mudah terbakar. Bahan bakar memiliki berat jenis tinggi dan *viscosity* rendah, hal inilah yang dapat menimbulkan kesukaran untuk mengatur pembakaran. Bahan bakar yang memunyai kadar lilin dan aspal yang tinggi dapat menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna, bahkan dapat menyebabkan *nozzle* cepat kotor dan buntu. Penambahan bahan bakar dengan zat kimia atau *fuel additive* ke dalam tangki bahan bakar dengan perbandingan yang telah ditentukan oleh *maker* berfungsi agar mutu dari bahan bakar dapat naik sehingga dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna.

- 2) Melaksanakan pengawasan dalam penerimaan bahan bakar ketika *bunker* Dengan melaksanakan pengawasan dalam penerimaan bahan bakar secara cermat dan teliti, bisa memungkinkan secara dini diketahuinya kualitas dari bahan bakar yang diterima, serta dapat diambil tindakan-tindakan apabila ternyata bahan bakar yang diterima kualitasnya buruk dan meminta supaya bahan bakar tersebut diganti ataupun ditolak penerimaannya.

D. EVALUASI TERHADAP PEMECAHAN MASALAH

Dari alternatif pemecahan masalah yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya maka penulis akan melakukan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah tersebut. Dengan melihat dari sisi keuntungan dan kerugian maka penulis dapat mengambil pemecahan masalah yang terbaik. Berikut merupakan evaluasi dari pemecahan masalah yang telah dibahas oleh penulis:

1. Pemecahan masalah tidak tersedianya spare part nozzle spindle valve Main Engine
 - a. Melakukan permohonan spare part
 - 1) Keuntungan
 - a) Supaya dapat mengganti bagian yang rusak dengan *spare part* baru
 - b) Supaya komponen mesin lebih awet dan dapat bertahan lama
 - 2) Kerugian
 - a) Memerlukan biaya mahal
 - b) Waktu pengiriman yang lama
 - c) Pemasangan membutuhkan waktu lama
 - b. Melakukan *grinding*
 - 1) Keuntungan

Menjadi alternatif sementara untuk menunggu proses pengiriman *spare part* yang asli
 - 2) Kerugian
 - a) Mempengaruhi kualitas dari *spare part* lainnya
 - b) Tidak bisa bertahan dalam jangka yang lama

2. Pemecahan masalah tidak dilaksanakannya perawatan pada exhaust valve
 - a. Melakukan perawatan dan perbaikan pada *injector valve*
 - 1) Keuntungan
 - a) Kualitas dari *injector* dapat bertahan lebih lama
 - b) *Injector* akan mengabutkan bahan bakar dengan sempurna dan efektif
 - 2) Kerugian

Memerlukan pengerjaan yang rutin dan teliti dalam perawatan *injector*
 - b. Melakukan perawatan terhadap bahan bakar
 - 1) Keuntungan
 - a) Menunjang kelancaran pada pengoperasian mesin
 - b) Menjaga kualitas komponen *injector* dari kerusakan yang disebabkan oleh bahan bakar yang kotor
 - 2) Kerugian
 - a) Menambah biaya perusahaan dalam pengadaan *chemical fuel treatment*
 - b) Memerlukan pengerjaan yang memakan waktu lebih banyak

E. PEMECAHAN MASALAH

Setelah dilakukan evaluasi terhadap setiap alternatif pemecahan masalah, dengan memperhatikan situasi dan kondisi subjek penelitian serta keuntungan serta kerugian tentang kerusakan pada *exhaust valve main engine*, maka penulis memilih beberapa pemecahan masalah yang dianggap paling tepat. Berikut merupakan pemecahan masalah yang paling tepat menurut penulis:

1. Mengatasi tidak tersedianya spare part nozzle spindle valve Main Engine

- a. Melakukan *grinding* pada *spindle valve* dan *seat valve*. Setelah melakukan penggantian *exhaust valve* dengan *spare* yang sudah tersedia dan siap pakai.
- b. Melakukan observasi terhadap *exhaust valve* yang telah diganti dan melakukan perawatan serta perbaikan. Perawatan dan perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan *grinding* pada permukaan *spindle valve* ataupun *seat valve* yang mengalami keausan. *Grinding* dilakukan agar permukaan komponen kembali rata dan gas buang yang bocor dapat teratasi. Hasil dari proses *grinding* relatif bertahan cukup lama karena sifatnya yang permanen dan tahap selanjutnya melakukan permohonan dan permintaan spare part nozzle main engine yang sudah tidak layak pakai.

2. Tidak dilaksanakannya perawatan pada exhaust valve Main Engine

- a. Melakukan perawatan atau perbaikan pada *injector valve*. Perawatan yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti *injector* dengan *spare* yang sudah siap digunakan jika sudah mencapai jam kerja sesuai dengan *instruction manual book*. Sementara perbaikan yang dapat dilakukan pada *injector* adalah dengan mengganti komponen-komponen dari *injector* yang sudah melewati jam kerja ataupun mengalami kerusakan dengan *spare part* yang tersedia.
- b. Melakukan pengetesan pada *injector* jika perbaikan sudah dilakukan, sehingga kondisi *injector* dapat terpantau dan dapat diketahui pula apakah *injector* tersebut siap digunakan atau tidak

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari penjelasan serta uraian-uraian mengenai analisis kerusakan *exhaust valve main engine* di MT.Gas Felicity yang telah diuraikan oleh penulis pada setiap bab yang saling berkaitan dan terinci maka dapat diambil beberapa kesimpulan. Kesimpulan diambil oleh penulis berdasarkan fakta-fakta yang ada dan digunakan sebagai pemecahan masalah, kesimpulannya adalah:

1. Terjadinya kebocoran *exhaust valve di mesin induk* disebabkan oleh permukaan pada *spindle valve* dan *seat valve* yang mengalami keausan. Keausan ini menyebabkan hilangnya material pada permukaan *spindle valve* dan *valve seat* sehingga menyebabkan adanya gas buang yang lolos atau bocor.
2. Tidak dilaksanakannya perawatan terhadap *exhaust valve Main Engine* terjadinya penumpukan karbon pada permukaan *spindle valve* dan *seat valve* disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna menimbulkan penumpukan karbon deposit sisa hasil pembakaran yang terjebak dan melekat pada permukaan *spindle valve* dan *seat valve*. Tumpukan karbon ini menyebabkan *exhaust valve* tidak dapat menutup dengan sempurna.

B. SARAN

Simpulan dari masalah yang telah ditulis dalam kesimpulan dijadikan dasar oleh penulis untuk memberi beberapa saran. Saran dalam penelitian ini memiliki tujuan agar masalah-masalah yang diuraikan tidak terjadi lagi. Saran-saran dari penulis adalah sebagai berikut:

1. Mencegah terjadinya kebocoran gas buang yakni dengan cara melakukan *grinding* pada *spindle valve* dan *valve seat*. Proses *grinding* harus dilakukan dengan teliti agar mendapatkan hasil permukaan yang rata pada *spindle valve* dan *valve seat*. Sebelum melakukan *grinding* disarankan untuk mempersiapkan tempat kerja dan semua peralatan yang dibutuhkan agar proses *grinding* dapat dilakukan dengan baik dan optimal.
2. Saran untuk mencegah terjadinya penumpukan karbon pada permukaan *spindle valve* dan *seat valve* yaitu dengan melakukan perawatan atau perbaikan pada *injector valve*. Perawatan atau perbaikan pada *injector valve* diharapkan dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna dan tidak menghasilkan deposit karbon yang menyebabkan penumpukan karbon pada permukaan *spindle valve* dan *valve seat*.
3. Saran terhadap masalah pengoperasian *exhaust valve* yang melebihi jam kerja yaitu dengan melaksanakan *Planned Maintenance System* secara terencana dan berkesinambungan. PMS yang terlaksana dengan baik dapat mencegah terjadinya kerusakan karena kondisi *exhaust valve* dapat selalu terpantau dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhi, W. E., & Nugroho, S. (2018). *Penerapan Teknologi Informasi Pada Sistem Pemeliharaan Kapal Terencana*. Jurnal Trunojoyo, XI.
- Handoyo (2015), *Sistem Perawatan Permesinan Kapal edisi 3*, Jakarta : Djangkar.
- Handoyo Johan jusak. (2015). *Mesin diesel penggerak utama kapal*. Jakarta: Maritim Djangkar
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). (2016). *Luar Jaringan (offline)*. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Karyanto, E. (2002). *Panduan Reparasi Mesin Diesel*. Jakarta : Pedoman Ilmu Jaya.
- Majid. (2013). *Strategi pembelajaran*. Remaja Rosdakarya: Bandung
- Malev, V. L. (2001). *Diesel Engine Operating and Maintenance The Contruction, Operation*. New York: Hill Book Company.
- Ramelan, ST.,M.Pd. (2017).*Pengaruh penyetelan adjusting screw pembuka tekanan Injektor terhadap konsumsi bahan bakar pada motor diesel*. Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta,
- Samlawi (2015). *Teori Dasar Motor Diesel*. Banjarbaru
- Suarsana, (2017). *Diktat Ilmu Material Teknik*, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
- Sudjana Nana. (2012). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Taylor, (2002). *Introduction to Marine Engineering*, Elsevier Science Ltd, Oxford
- Taylor, S. E. (2003). *Health Psychology 5th edition*. Boston: Mc Graw-Hill.

LAMPIRAN




LAMPIRAN 1 *Main engine*

| Date | Run Hour | Exhaust Valve | | | | | |
|-------------------|----------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Day | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | Approx 4000 | | | | | |
| LAST MONTH | | 2304,0 | 3264,0 | 2848,0 | 3264,0 | 5448,0 | 3682,0 |
| 1 | 24,0 | 2.328,0 | 3.288,0 | 2.872,0 | 3.288,0 | 5.472,0 | 3.706,0 |
| 2 | 24,0 | 2.352,0 | 3.312,0 | 2.896,0 | 3.312,0 | 5.496,0 | 3.730,0 |
| 3 | 24,0 | 2.376,0 | 3.336,0 | 2.920,0 | 3.336,0 | 5.520,0 | 3.754,0 |
| 4 | 24,0 | 2.400,0 | 3.360,0 | 2.944,0 | 3.360,0 | 5.544,0 | 3.778,0 |
| 5 | 24,0 | 2.424,0 | 3.384,0 | 2.968,0 | 3.384,0 | 5.568,0 | 3.802,0 |
| 6 | 20,6 | 2.444,6 | 3.404,6 | 2.988,6 | 3.404,6 | 5.588,6 | 3.822,6 |
| 7 | 8,0 | 2.452,6 | 3.412,6 | 2.996,6 | 3.412,6 | 5.596,6 | 3.830,6 |

LAMPIRAN 2 *Running hours exhaust valve*

| Maintenance schedule of main parts | | Group | Hours | | | | | | |
|------------------------------------|---|-------|--|--|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Parts | Work | | at starting | every 500hrs. | every 1~2000hrs. | every 2~4000hrs. | every 6~8000hrs. | every 15~20000hrs. | every 35~40000hrs. |
| Cylinder liner | <ul style="list-style-type: none"> Measuring cylinder liner inner diameter Grind burr due to wear Reconditioning scavenging port Re-shaping lubricating grooves Removing liner Replace O-ring | 1340 | When removing of piston | | | | | | |
| | | | | | | | | | ● |
| Cylinder cover | <ul style="list-style-type: none"> Inspection of combustion chamber Cleaning of exhaust valve and fuel injection valve | 1410 | When dismantling of cylinder liner | | | | | | |
| | | | | | | | | | ● |
| Fuel injection valve | <ul style="list-style-type: none"> Priming Fuel injection test Inspection of fuel injection nozzle (Inspection interval shall be adjusted according to actual service results) Facing-up nozzle | 1420 | When removing of piston | | | | | | |
| | | | | | | ● | | | ● |
| Exhaust valve | <ul style="list-style-type: none"> Inspect valve and seat, grind them if necessary (first) Periodic overhaul and cleaning, grinding if necessary Inspection and measurement of valve and seat, valve stem and guide. | 1430 | When starting after long-term shutdown | | | | | | |
| | | | ● | | | ● | | ● | |
| Starting air valve | <ul style="list-style-type: none"> Inspection of starting air pipe temp. (check gas leakage) Cleaning, inspection and facing-up if necessary | 1440 | When dismantling of cylinder liner | | | | | | |
| | | | ● | Appropriate time during engine operation | | | | | |

LAMPIRAN 3 instruction manual book maintenance schedule

| | | | | | |
|---|---|---|-------------------------|---------------------------|---|
|  | | ARCADIA SHIPPING PTE LTD | | M/T "GAS FELICITY" | |
| | | SHIP'S PARTICULARS | | Type: LPG Tanker | updated: 23/SEP/2023 |
| Flag | : | INDONESIA | Call Sign | : | YDSS2 |
| Port of Registry | : | JAKARTA | Previous Name | : | HELLAS SERENITY |
| IMO Number | : | 9354624 | E-mail | : | master.feli@gmailplus.com |
| Official Number | : | 415 / 2009 | INM-C (Telex only) | : | 452505126 |
| MMSI | : | 525114114 | FBB | : | +870773062165 |
| Yard/Hull Number | : | 1858 | V-SAT Number | : | +65 3125 1770 |
| Owner | : | PT PATRIA NUSASEGARA | Operator | : | ARCADIA SHIPPING PTE LTD |
| | : | JL. PLUIT UTARA RAYA NO.54 | | : | Tel: +65 6513 5760 |
| | : | JAKARTA UTARA | IMO Number | : | 587 5139 |
| | : | IMO NO: 1466162 | | : | E-mail: technical@arcadia.com.sg |
| Build by Hyundai Heavy Industries | | | | | |
| Keel Load | : | 03 March 2008 | Launched | : | 26 May 2008 |
| Delivered | : | 01 September 2008 | Last Dry Dock | : | 23 September 2023 |
| 100A1 Liquefied Gas Carrier, , Anhydrous Ammonia, Butadiene, Butane, Butane-Propane Mixtures, Butylene, Mixed C4, Propane and Propylene , *IWS, LI, SPM4 LMC, UMS, NAV1 Lloyd's RMC(LG);ShipRight(E, SCM) | | | | | |
| Ship Type 2G | : | | Main Engine Type | : | HYUNDAI B&W 6S60 MC-C, 18420 bhp x 13560 kw x 105 rpm |
| Independent Tanks Type A | : | | Propeller | : | 4-blades fixed pitch, right handed |
| Maximum SG 0.69 | : | | COT Capacity 98% | : | 80791 m3 |
| Maximum Vapour Pressure (0.25bar AT SEA) & (0.40bar in Harbour) | : | | SWBT 100% | : | 23669 m3 |
| Minimum Cargo Temperature minus 50degC | : | | Fuel Oil Capacity 90% | : | LSMGO = 698.2 M3 |
| | : | | | : | LSFO = 2604.5 m3 |
| PRINCIPAL DIMENSIONS | | | | | |
| L. O. A. | : | 225.49 Metres | L. B. P. | : | 215.00 Metres |
| Breadth moulded | : | 36.60 Metres | Propeller Immersion | : | Metres |
| Depth moulded | : | 22.00 Metres | KTM (keel to mast) | : | 49.80 Metres |
| | : | REGISTER | | : | SUEZ |
| | : | | | : | PANAMA |
| NET TONNAGE | : | 17458 MT | SUEZ # 038423 | : | PANAMA# 6015979 |
| GROSS TONNAGE | : | 47059 MT | 50343,95 | : | |
| LOAD LINE INFORMATION | | | | | |
| | : | Freeboard (m) | Draft (m) | : | Deadweight |
| | : | | | : | Displacement |
| | : | | | : | Load Line |
| TROPICAL | : | 9,193 | 12,807 | : | 58580 MT |
| SUMMER | : | 9,465 | 12,535 | : | 77522.9 MT |
| WINTER | : | 9,726 | 12,274 | : | 58580 MT |
| LIGHTSHIP | : | 15.96 | 3.66 | : | 0 |
| Normal Ballast Condition | : | 14.58 | 7.42 | : | 18942.9 |
| TPC on summer draft (mt) | : | | 70.63 | : | 23737.1 |
| | : | | | : | 42680 |
| | : | | | : | Allowance for fresh water (mm) |
| | : | | | : | 272.00 |
| PARALLEL BODY | | | | | |
| | : | Light Ship | | : | Ballast |
| | : | | | : | SDWT (105715) |
| From FWD to Manifold Center | : | 25.75 Metres | | : | 43.39 Metres |
| From AFT to Manifold Center | : | 40.97 Metres | | : | 55.83 Metres |
| TOTAL | : | 66.72 Metres | | : | 99.22 Metres |
| | : | | | : | 124.03 Metres |
| Manifold Center to: | : | FWD = 109.06 m & AFT = 115.95 m | | : | |
| GENERAL TANK CAPACITY | | | | | |
| Bunker Tank Capacity (M3) | : | Port | Starboard | : | Ballast Tank Capacity |
| Inner HFO (P) Tank | : | 872.80 | 1121.10 | : | FPT |
| Outer HFO (S) Tank | : | - | 611.10 | : | No.1 DB Tank |
| HFO Settling Tank | : | 74.10 | - | : | No.2 DB Tank |
| HFO Service (P) Tank | : | 72.40 | - | : | No.3 DB Tank |
| LSFO (P) Tank | : | 559.30 | - | : | No.4 DB Tank |
| LSHFO Settling Tank | : | 74.00 | - | : | No.1 TS Tank |
| LSHFO Service Tank | : | 65.10 | - | : | No.2 TS Tank |
| MDO Storage Tank | : | 142.20 | - | : | No.3 TS Tank |
| MDO Service Tank | : | 39.40 | - | : | No.4 TS Tank |
| IGG Fuel (S) Tank | : | - | 34.90 | : | APT |
| Fresh Water Tanks 100% | : | DRINKING WATER 212.5 mtons | FRESH WATER 212.5 mtons | : | |
| CARGO & BALLAST PUMPS | | | | | |
| Ballast Eductor | : | 160 m ³ /h | | : | CARGO TANK CAPACITY 98% (CU. Mtrs) |
| Ballast Pump Electric Motor Driven (Max RPM) | : | 2 set x 800 m ³ /hr x 35 mTH | | : | PORT |
| Cargo Oil Pump Steam Turbine Driven (Max RPM) | : | 8 set x 600 m ³ /hr x 125 m TH | | : | STARBOARD |
| Stripping Cargo Oil Pump Steam Driven Recipro | : | NA | | : | CT. NO1 |
| Cargo Eductor | : | NA | | : | CT. NO2 |
| N2 Gen System | : | NA | | : | CT. NO3 |
| Main cargo lines at manifolds | : | (2 and DN 350A) | | : | CT. NO4 |
| Main vapour lines at manifolds | : | (2 and DN 250A) | | : | MAX LOADING RATE C3 & C4 : 1200 MT/HR |
| Venting system type | : | Common Vent and Independent (Setting Pressure / Vacuum) | | : | |
| Manifold Arrangement Fwd to Aft | : | V - L - L - V - V - L | | : | V (IIA)-L (IIA)-L (I)-V (I)-V (II)-L (II) |
| GENERAL INFORMATION | | | | | |
| VAPOUR REDUCERS | : | 7 UNIT | | : | AFT Hydraulic Starboard Crane |
| CARGO REDUCERS | : | 18 UNIT | | : | 5 T. SWL |
| Midship hydraulic Crane | : | 10 T. SWL | | : | |
| AFT Hydraulic Port Crane | : | 5 T. SWL | | : | |

LAMPIRAN 4 ship's particular

