KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR GUNA MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. EVER CLEAR

Oleh:

UCOK MAICHEL SIRAIT
NRP. 565.22.1701

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR GUNA MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. EVER CLEAR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh:

UCOK MAICHEL SIRAIT
NRP. 565.22.1701

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	:	Ucok Maichel Sirait
NRP	:	565221701
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Optimalisasi Perawatan Sistem Bahan Bakar Guna Menunjang Kinerja Mesin Induk Di Kapal MV. Ever Clear

Jakarta, 21 Mei 2026

Penulis

Ucok Maichel Sirait

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	:	Ucok Maichel Sirait
NRP	:	565221701
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Optimalisasi Perawatan Sistem Bahan Bakar Guna Menunjang Kinerja Mesin Induk Di Kapal MV. Ever Clear

Pembimbing Utama

Pargaulan Dwikora Simanjuntak, MM
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19640906 199903 1 001

Jakarta, 04 Juni 2026
Pembimbing Pendamping

Dr. Vidya Selasdini, S.SiT., M.MTr
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19831227 20081 2 2002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	:	Ucok Maichel Sirait
NRP	:	565221701
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Optimalisasi Perawatan Sistem Bahan Bakar Guna Menunjang Kinerja Mesin Induk Di Kapal MV. Ever Clear

Ketua Penguji	Anggota Penguji 2	Anggota Penguji 3
Diah Zakiah, S.T., M.T.	Nafi Almuzani, M.M.Tr.,Mar.E	P. Dwikora Simanjuntak, MM.
NIP. 19790517 20060 4 2015	NIP. 19720901 20050 2 1001	NIP. 19640906 199903 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan kasih-Nya serta diiringi doa orang tua, keluarga, dan teman-teman tersayang sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program Diploma IV yang diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta, penulis membuat skripsi ini dengan judul :

‘’OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR GUNA MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. EVER CLEAR”

Adapun maksud dan tujuan penulisan skripsi ini guna memenuhi dan melengkapi tugas yang diberikan kepada penulis, sebagai suatu sarana pelatihan untuk menambah wawasan pengetahuan penulis akan ruang pengetahuan yang penulis dalami serta memenuhi persayaratan program pendidikan Diploma IV yang diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini didasarkan atas pengalaman yang diperoleh penulis selama menjalankan praktik kerja nyata di kapal niaga MV. EVER CLEAR dan dipandu oleh materi-materi yang diperoleh selama melaksanakan pendidikan dari beberapa buku referensi yang berhubungan dengan masalah yang dibahas dalam penulisan skripsi ini. Rasa terima kasih dari lubuk hati teruntuk ibu dan bapak atas doa serta ikhlasnya yang selalu mengiringi penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Untuk itu dengan segala kerendahan hati mengucap puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang senantiasa menjaga dan memberkati umatnya. Pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas bantuan dan bimbingan kepada :

1. Keluarga yang selalu memberi dukungan terutama kepada Orang Tua yang selalu berdoa atas keberhasilan saya dan juga kepada abang dan kakak saya yang membiayai sekolah saya.
2. Dr. Capt. Tri Cahyadi, MH., M.Mar, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
3. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si. T., M.M, selaku Ketua Jurusan TEKNIKA.

4. Bapak Denny Fitrial, S.SI., M. T, selaku Sekretaris Jurusan TEKNIKA.
5. Bapak P. Dwikora Simanjuntak, S. Si. T., MM, Selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu untuk membimbing materi skripsi ini.
6. Ibu Dr. Vidya Selasdini, S.SiT., M.M. Tr, Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu untuk membimbing materi skripsi ini.
7. Seluruh staf pengajar Jurusan TEKNIKA Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
8. Chief Engineer beserta kru mesin yang membimbing saya selama melaksanakan praktik laut di kapal MV. EVER CLEAR.
9. Terimakasih kepada Rosalia Kharisma Tessalonika yang senantiasa menemani perjuangan saya selama melaksanakan kuliah di STIP JAKARTA.
10. Teman-teman angkatan 65 seperjuangan susah dan senang bersama selama di asrama maupun di luar asrama.
11. Seluruh teman-teman jurusan TEKNIKA khususnya kelas TEKNIKA VIII D yang selalu memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini.
12. Seluruh senior-senior terbaik yang selalu memberikan motivasi.
13. Seluruh junior-junior terbaik yang selalu membantu saya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan-kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan tanggapan dan saran dari semua pihak guna menambah wawasan ilmu yang berguna nantinya bagi penulis dan juga para pembaca dimasa yang akan datang.

Jakarta 04 Juni 2026

Penulis

UCOK MAICHEL SIRAIT

565221701/T

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI iii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR SINGKATAN xii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
A. LATAR BELAKANG 1
B. IDENTIFIKASI MASALAH 5
C. BATASAN MASALAH 5
D. RUMUSAN MASALAH 5
E. TUJUAN PENELITIAN DAN MANFAAT 5
F. SISTEMATIKA PENULISAN 6
BAB II LANDASAN TEORI 8
A. TINJAUAN PUSTAKA 8
B. PENELITIAN TERDAHULU 27
C. KERANGKA PEMIKIRAN 38
BAB III METODELOGI PENELITIAN 39
A. WAKTU TEMPAT PENELITIAN 39
B. METODE PENDEKATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA 40
C. TEKNIK ANALISA DATA 44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45
A. DESKRIPSI DATA 45
B. ANALISIS DATA 46
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 50

D. EVALUASI PEMECAHAN MASALAH 52
E. PEMECAHAN MASALAH 54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 55
A. KESIMPULAN 55
B. SARAN 55
DAFTAR PUSTAKA 56
LAMPIRAN 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Suhu gas buang mesin induk tidak normal 2
Gambar 1. 2 Tekanan bahan bakar 2
Gambar 1. 3 Data *planned maintenance system delay* 3
Gambar 1. 4 Data *running hours injector* 4
Gambar 2. 1 Gambar diagram sistem bahan bakar 14
Gambar 2. 2 *Filter body assembly* 16
Gambar 2. 3 *Control box* 17
Gambar 2. 4 *Actuator pneumatic* 17
Gambar 2. 5 *Air control unit* 17
Gambar 2. 6 *Differential pressure switch* 18
Gambar 2. 7 *Backflushing valve* 18
Gambar 2. 8 Komponen *Auto filter backflush fuel oil* 18
Gambar 2. 9 Komponen *injector* 21
Gambar 2. 10 Kerangka Pemikiran 38
Gambar 4. 1 Pengabutan yang baik 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu..... 27
Tabel 3. 1 Data Umum Kapal MV. Ever Clear 40
Tabel 3. 2 Data Permesinan Kapal MV. Ever Clear..... 40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kapal MV. Ever Clear 58
Lampiran 2 Foto Kondisi Sebelum dan sesudah rekondisi penyaring bahan bakar 59
Lampiran 3 Ships's Particulars 60
Lampiran 4 Foto Mesin Kapal 61
Lampiran 5 Foto Rekondisi *Injector* dan Kalibrasi *Injector* 62
Lampiran 6 Foto Bersama Kru Mesin 63
Lampiran 7 Foto Wawancara 64
lampiran 8 *Ship Voyage Order* 65
Lampiran 9 *Engine logbook last maintenance for injector* 66
Lampiran 10 *Engine logbook after maintenance injector* 67
Lampiran 11 Wawancara bersama *First engineer* dan kru 68
Lampiran 12 Fuel oil pipe line diagram 71

DAFTAR SINGKATAN

TMA	Titik Mati Atas
RPN	*Risk Priority Number*
PMS	*Planned Maintenance System*
MV	*Motor Vessel*
MT	*Metric Ton*
MAN B&W	*Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg & Burmeister and Wain*
LO	*Lubricating Oil*
IMO	*International Maritime Organization*
HFO	*Heavy Fuel Oil*
FMEA	*Failure Mode and Effect Analysis*
FTA	*Fault Tree Analysis*
FO	*Fuel Oil*
DWT	*Deadweight Tonnage*
BHP	*Brake Horse Power*
ABK	Anak Buah Kapal
RPM	*Rotation perminutes*

ABSTRAK

Ucok Maichel Sirait. 2026.*"Optimalisasi Perawatan Sistem Bahan Bakar Guna Menunjang Kinerja Mesin Induk Di Kapal MV. Ever Clear."*

Penelitian ini membahas optimalisasi perawatan sistem bahan bakar guna menunjang kinerja mesin induk di kapal MV. Ever Clear. Sistem bahan bakar memiliki peran penting dalam menunjang proses pembakaran, sehingga gangguan pada sistem ini dapat memengaruhi kelancaran operasional mesin induk.

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka selama penulis melaksanakan praktik berlayar di kapal MV. Ever Clear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan sistem bahan bakar belum berjalan optimal akibat padatnya jadwal operasional kapal, terbatasnya waktu perawatan, dan keterbatasan suku cadang. Kondisi tersebut menyebabkan keterlambatan pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS), terutama pada *injector* dan elemen *filter backwash*. Dampaknya adalah penurunan tekanan bahan bakar, penyumbatan *filter*, pengabutan bahan bakar kurang sempurna, serta terganggunya proses pembakaran mesin induk. Upaya yang perlu dilakukan yaitu meningkatkan kedisiplinan pelaksanaan PMS, memperbaiki pengelolaan suku cadang, dan meningkatkan pemahaman kru terhadap pentingnya perawatan permesinan.

Kata kunci : perawatan;sistem bahan bakar;*injector*;PMS;mesin induk.

ABSTRACT

Ucok Maichel Sirait. 2026. *"Optimization Of fuel Oil System Maintenance To Support The Performance Of The Main Engine On MV. Ever Clear*

This research discusses the optimization of fuel oil system maintenance to support the performance of the main engine on MV. Ever Clear. The fuel oil system plays an important role in the combustion process; therefore, any disturbance in this system can affect the operational performance of the main engine.

This research uses a descriptive qualitative method. The data were collected through direct observation, interviews, documentation, and literature study during the writer's sea practice on board MV. Ever Clear.

The results show that fuel oil system maintenance was not fully optimal due to the vessel's tight operational schedule, limited maintenance time, and limited spare parts availability. These conditions caused delays in the Planned Maintenance System (PMS), especially on the injector and backwash filter element. The impacts included decreased fuel pressure, filter blockage, poor fuel atomization, and disruption of the main engine combustion process. The recommended efforts are improving PMS discipline, managing spare parts properly, and increasing crew awareness of the importance of machinery maintenance.

Keywords: *maintenance;fuel oil system;injector;PMS;main engine*.

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang memiliki peranan penting dalam mendukung kegiatan perdagangan, logistik, pariwisata, militer, dan pendidikan. Kelancaran operasional kapal sangat dipengaruhi oleh kondisi permesinan yang baik, sehingga diperlukan pelaksanaan perawatan yang terencana dan berkesinambungan untuk menjaga keandalan seluruh sistem di atas kapal (Priharanto, 2023).

Untuk menjaga keandalan mesin induk dan kelancaran operasional kapal, diperlukan pelaksanaan perawatan yang terencana dan sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS). Perawatan yang dilakukan secara rutin dapat membantu menjaga kondisi komponen sistem bahan bakar, seperti *injector, fuel oil purifier*, dan *auto backflush filter*, agar tetap bekerja sesuai spesifikasi. Dengan kondisi komponen yang baik, suplai bahan bakar menuju ruang bakar dapat berlangsung secara stabil sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Namun, pada kenyataannya pelaksanaan perawatan di atas kapal sering menghadapi berbagai kendala, seperti padatnya jadwal pelayaran, terbatasnya waktu sandar, dan tingginya tuntutan operasional kapal. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan perawatan sehingga berpotensi menurunkan performa sistem bahan bakar dan berdampak pada kinerja mesin induk.

Berdasarkan hasil observasi dan data operasional di kapal MV. Ever Clear, ditemukan adanya indikasi penurunan kinerja mesin induk MAN B&W 6S60ME-C10.5. Salah satu indikasi yang terlihat adalah tidak meratanya temperatur gas buang antar silinder. Pada kondisi normal, temperatur gas buang mesin induk berada pada kisaran 298–307°C dengan selisih antar silinder tidak lebih dari 20–30°C. Namun berdasarkan data *Exhaust Gas Temperature* pada penelitian ini ditemukan temperatur silinder mencapai sekitar 418°C hingga 521°C sehingga menunjukkan ketidakseimbangan pembakaran.

SMTECH SHIP MANAGEMENT TECHNOLOGIES

MV. EVER CLEAR | Document No: SMT-ENG-0425-04 | Date: 29 APR 2025

MAIN ENGINE EXHAUST GAS TEMPERATURE REPORT

Cylinder	EGT	Normal Range	Status
1	418°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH
2	452°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH
3	487°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH
4	521°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH
5	469°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH
6	438°C	298-307°C	ABNORMAL HIGH

Gambar 1. 1 Suhu gas buang mesin induk tidak normal

Selain itu, data *Fuel Oil Pressure Monitoring Report* menunjukkan terjadinya penurunan tekanan bahan bakar pada sistem. Tekanan normal bahan bakar setelah *filter* dan *booster line* berada pada kisaran 7,0–8,0 bar. Akan tetapi pada tanggal 29 April 2025 tekanan setelah *filter* tercatat hanya 5,4 bar dan tekanan *booster line* turun hingga 5,0 bar dengan status *abnormal low* alarm. Kondisi tersebut menyebabkan suplai bahan bakar ke *injector* menjadi tidak stabil sehingga mempengaruhi kualitas pembakaran di dalam silinder.

SMTECH SHIP MANAGEMENT TECHNOLOGIES

MV. EVER CLEAR | Document No: SMT-ENG-0425-01 | Date: 29 APR 2025

FUEL OIL PRESSURE MONITORING REPORT

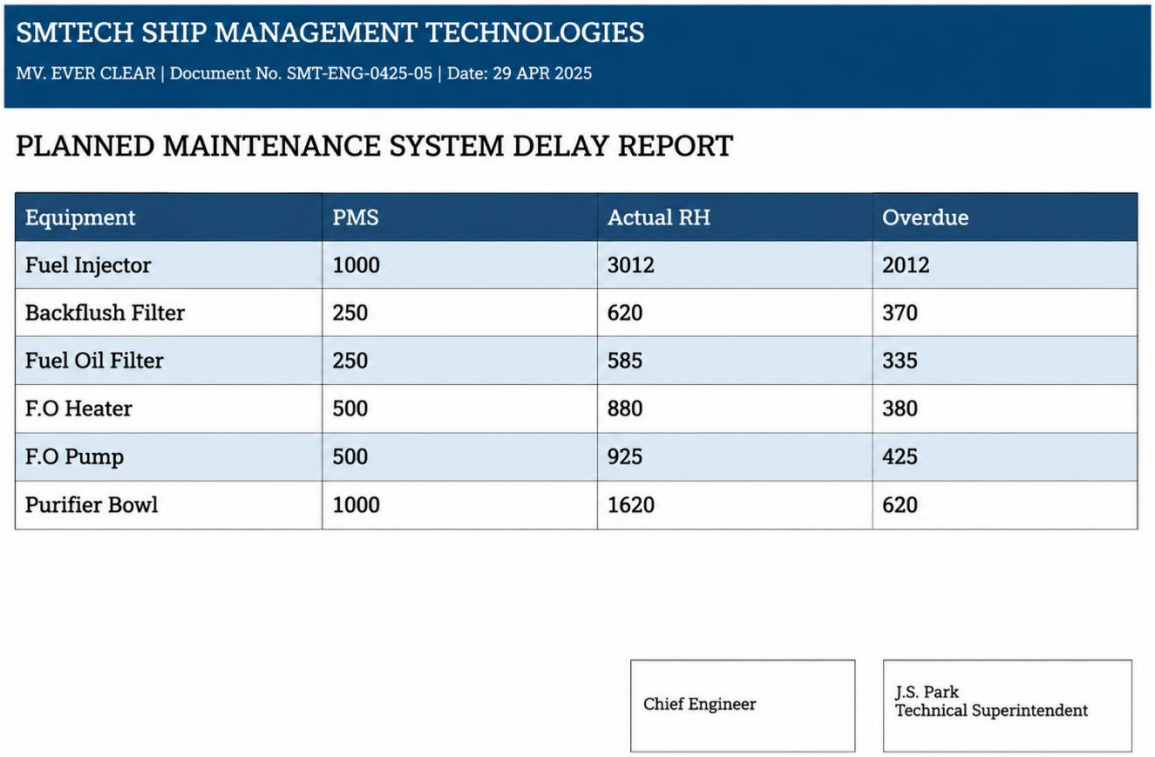
Date	Injector RH	Before Filter	After Filter	Booster Line	Status
26-Apr-25	2845	8.2 bar	7.8 bar	7.6 bar	NORMAL
27-Apr-25	2892	8.1 bar	7.4 bar	7.2 bar	NORMAL
28-Apr-25	2916	7.9 bar	6.8 bar	6.5 bar	WARNING
29-Apr-25	3012	7.2 bar	5.4 bar	5.0 bar	ABNORMAL LOW

Chief Engineer

J.S. Park
Technical Superintendent

Gambar 1. 2 Tekanan bahan bakar

Setelah dilakukan observasi lebih lanjut ditemukan data keterlambatan *pelaksanaan Planned Maintenance System* pada komponen dan sistem bahan bakar. Berdasarkan *Delay Maintenance Report* diketahui bahwa *injector* yang seharusnya dilakukan *overhaul* pada 1.000, sedangkan *backflush filter* yang seharusnya dirawat pada 250 jam. Keterlambatan ini terjadi karena padatnya jadwal pelayaran, terbatasnya waktu sandar kapal, dan prioritas operasional lainnya sehingga pekerjaan perawatan sering ditunda. Akibatnya kondisi *injector* dan *filter* terus mengalami penurunan performa yang berdampak langsung pada sistem bahan bakar.



SMTECH SHIP MANAGEMENT TECHNOLOGIES

MV. EVER CLEAR | Document No. SMT-ENG-0425-05 | Date: 29 APR 2025

PLANNED MAINTENANCE SYSTEM DELAY REPORT

Equipment	PMS	Actual RH	Overdue
Fuel Injector	1000	3012	2012
Backflush Filter	250	620	370
Fuel Oil Filter	250	585	335
F.O Heater	500	880	380
F.O Pump	500	925	425
Purifier Bowl	1000	1620	620

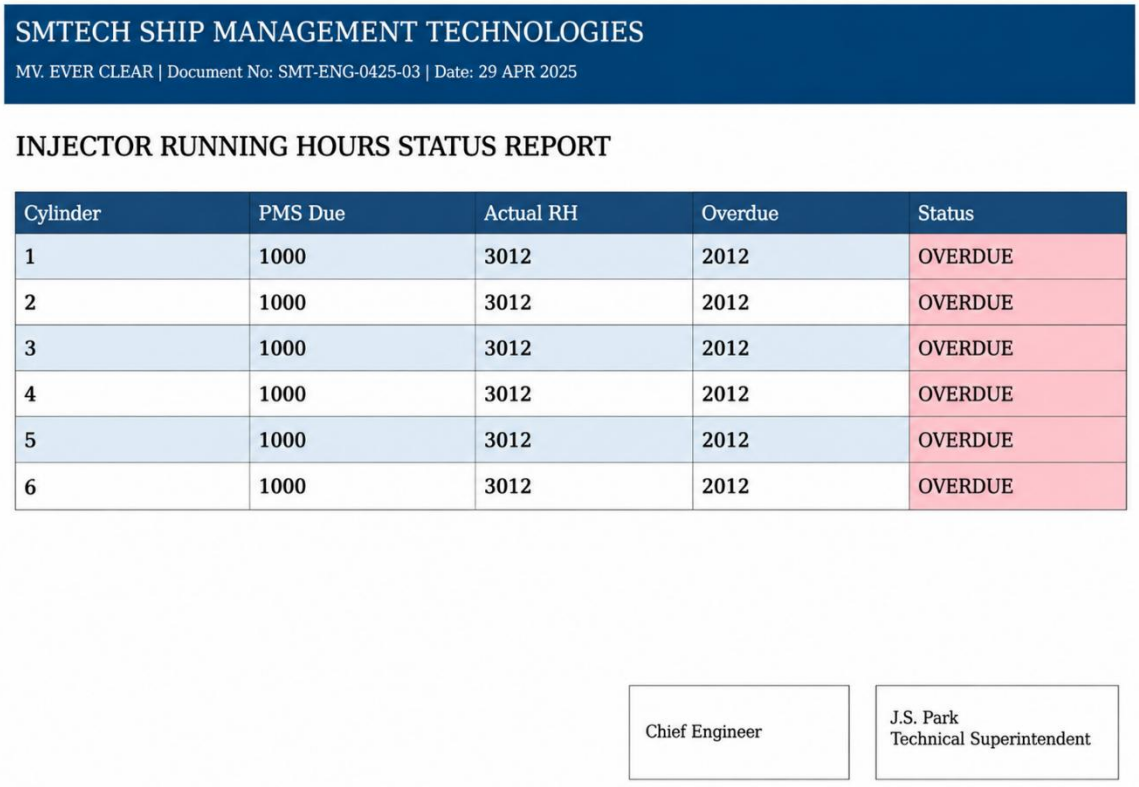
Chief Engineer

J.S. Park
Technical Superintendent

Gambar 1. 3 Data *planned maintenance system delay*

Berdasarkan data *Planned Maintenance System (PMS) Delay Report*, seluruh komponen sistem bahan bakar mengalami keterlambatan perawatan. Pada *fuel injector*, perawatan dijadwalkan pada *1.000 RH,* namun baru dilakukan pada 3.012 RH, sehingga terlambat 2.012 jam. Keterlambatan ini berpotensi menurunkan kualitas pengabutan bahan bakar dan efisiensi pembakaran. Perawatan *backflush filter* yang seharusnya dilakukan pada 250 RH baru dilaksanakan pada 620 RH, sehingga terlambat 370 jam. Pada *fuel oil filter*, perawatan dilakukan pada 585 RH dari jadwal 250 RH, sehingga terlambat 335 jam, yang dapat menurunkan kualitas penyaringan bahan bakar.

Selanjutnya, *fuel oil heater* mengalami keterlambatan 380 jam, dari jadwal 500 RH menjadi 880 RH, sehingga pemanasan bahan bakar menjadi kurang optimal. *Fuel oil pump* terlambat 425 jam, dari jadwal 500 RH menjadi 925 RH, yang dapat memengaruhi tekanan dan aliran bahan bakar. Sementara itu, *purifier bowl* terlambat 620 jam, dari jadwal 1.000 RH menjadi 1.620 RH, sehingga efektivitas pemisahan air dan kotoran pada bahan bakar dapat menurun.



SMTECH SHIP MANAGEMENT TECHNOLOGIES

MV. EVER CLEAR | Document No: SMT-ENG-0425-03 | Date: 29 APR 2025

INJECTOR RUNNING HOURS STATUS REPORT

Cylinder	PMS Due	Actual RH	Overdue	Status
1	1000	3012	2012	OVERDUE
2	1000	3012	2012	OVERDUE
3	1000	3012	2012	OVERDUE
4	1000	3012	2012	OVERDUE
5	1000	3012	2012	OVERDUE
6	1000	3012	2012	OVERDUE

Chief Engineer

J.S. Park
Technical Superintendent

Gambar 1. 4 Data *running hours injector*

Penurunan performa mesin induk mulai teridentifikasi ketika tekanan bahan bakar mengalami penurunan dari kondisi normal 7,0–8,0 bar menjadi 5,0–5,4 bar pada tanggal 29 April 2025. Pada saat yang sama, data temperatur gas buang menunjukkan adanya ketidakmerataan temperatur antar silinder dengan rentang temperatur mencapai 350°C–420°C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembakaran di dalam silinder tidak berlangsung secara optimal akibat terganggunya suplai dan pengabutan bahan bakar. Berdasarkan data tersebut, keterlambatan pelaksanaan perawatan *injector* dan *auto backflush filter* yang telah melampaui jadwal *Planned Maintenance System* (PMS) menjadi faktor utama yang menyebabkan menurunnya performa mesin induk di kapal

MV. Ever Clear. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul.

"OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR GUNA MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. EVER CLEAR"

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Permasalahan yang penulis temukan melalui hasil observasi pada mesin induk di MV. EVERCLEAR yaitu :

1. Peningkatan suhu gas buang pada silinder mesin induk.
2. Penurunan tekanan bahan bakar pada *after filter* dan *booster line*.
3. Adanya data yang mengindikasikan perawatan *delay* pada sistem bahan bakar.
4. Adanya *delay* pada penggantian *injector*.

C. BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya permasalahan yang penulis temukan di kapal MV. EVERCLEAR selama melaksanakan praktik laut, khususnya yang berkaitan dengan pengabut bahan bakar, serta mempertimbangkan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang penulis miliki, maka pada skripsi ini penulis tidak membahas seluruh permasalahan tersebut. Pembahasan dibatasi hanya pada aspek-aspek berikut:

1. Peningkatan suhu gas buang pada silinder mesin induk.
2. Penurunan tekanan bahan bakar pada *after filter* dan *booster line*.

D. RUMUSAN MASALAH

1. Mengapa terjadi peningkatan suhu gas buang pada silinder mesin induk ?
2. Mengapa terjadi penurunan tekanan bahan bakar pada *after filter* dan *booster line* ?

E. TUJUAN PENELITIAN DAN MANFAAT

1. Tujuan Penelitian
   a. Mengatahui penyebab terjadinya peningkatan temperatur gas buang pada mesin induk kapal.
   b. Mengetahui penyebab terjadinya penurunan tekanan bahan bakar pada *after filter* dan *booster line*

2. Manfaat Penelitian

a. Aspek Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang operasional kapal. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan memberikan wawasan yang bermanfaat bagi para pelaku di lingkungan maritim, terutama pada bagian mesin, agar dapat meningkatkan pemahaman mengenai kinerja pengabut bahan bakar dalam pengoperasian mesin kapal MV. EVERCLEAR.

b. Aspek Praktis

Penulisan ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pembaca dalam mengatasi serta menentukan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan pengabut bahan bakar *(injector)*.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan serta untuk memudahkan pemahaman, penulisan skripsi ini disusun secara sistematis dalam lima bab yang saling berkesinambungan dan membentuk satu kesatuan yang utuh. Adapun sistematika penulisan tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini penulis memaparkan pembahasan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab ini memuat tinjauan pustaka yang berisi uraian mengenai berbagai sumber ilmu pengetahuan dan referensi pendukung lainnya. Selain itu, bab ini juga menjelaskan teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang diteliti serta kerangka pemikiran yang memuat rumusan masalah yang muncul berdasarkan pokok permasalahan yang dibahas.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang lamanya waktu dan tempat penulis dalam mengamati dan melakukan penelitian melalui teknik pengumpulan datayang penulis pilih.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menguraikan jenis data yang diperoleh secara langsung dari lapangan berupa fakta-fakta hasil survei terkait kinerja injektor yang tidak berfungsi secara optimal. Selanjutnya, mengidentifikasi penyebab utama terjadinya permasalahan. Bab ini juga memuat evaluasi terhadap berbagai alternatif solusi yang diajukan sebagai upaya untuk memecahkan maslah tersebut.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian penutup dari skripsi yang berisi kesimpulan yang disusun berdasarkan hasil analisis dari seluruh pembahasan sebelumnya. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang ditujukan menjaga dan meningkatkan kinerja *injector*. Bab ini merangkum jawaban diatas terkait penurunan kinerja *injector* pada mesin induk kapal serta menyajikan dan rekomendasi untuk penyelesaiannya.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Mesin Induk

Menurut Ziliwu et al. (2020), mesin induk merupakan sumber tenaga penggerak utama kapal yang berfungsi mengubah energi hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros baling-baling (*propeller*). Berdasarkan siklus kerjanya, mesin diesel kapal dibedakan menjadi mesin diesel 2 langkah (*two-stroke engine*) dan mesin diesel 4 langkah (*four-stroke engine*). Mesin diesel 2 langkah umumnya digunakan sebagai mesin induk pada kapal niaga berukuran besar karena memiliki efisiensi tinggi, torsi besar, dan mampu menghasilkan daya yang tinggi pada putaran rendah. Sementara itu, mesin diesel 4 langkah lebih banyak digunakan sebagai mesin bantu (*auxiliary engine*) atau pada kapal dengan kebutuhan daya yang lebih kecil.

Kapal MV. Ever Clear menggunakan mesin induk MAN B&W 6S60ME-C10.5 yang termasuk jenis mesin diesel 2 langkah dengan jumlah 6 silinder. Dalam pengoperasiannya, mesin ini bekerja secara terus-menerus selama pelayaran sehingga menghasilkan panas yang tinggi akibat proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder. Panas yang dihasilkan akan diserap oleh komponen-komponen mesin seperti *piston, cylinder liner, cylinder head, dan exhaust valve*. Oleh karena itu, temperatur kerja mesin harus dijaga agar tetap berada dalam batas yang di tentukan oleh *maker* berdasarkan instruksi *manual book* untuk mencegah terjadinya kerusakan komponen. Faktor-Faktor Penyebab Kenaikan Suhu Gas Buang Mesin Induk.

Menurut Heywood (2018), temperatur gas buang (*Exhaust Gas Temperature/EGT*) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kualitas proses pembakaran di dalam silinder mesin diesel. Perubahan temperatur gas buang mencerminkan perubahan efisiensi pembakaran, sehingga parameter ini digunakan

sebagai indikator awal untuk mendeteksi gangguan pada sistem pembakaran maupun komponen mesin.

Berdasarkan *Instruction Manual* MAN B&W 6S60ME-C10.5, temperatur gas buang merupakan salah satu parameter utama untuk menilai kondisi proses pembakaran pada setiap silinder. Temperatur yang melebihi batas normal menunjukkan adanya ketidak normalan pada komponen pembakaran yang harus segera diperiksa agar tidak berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius. Pada mesin induk MAN B&W 6S60ME-C10.5, temperatur gas buang normal berada pada kisaran 298–307°C. Menurut Taylor (2025) dalam *jurnal The Internal Combustion Engine in Theory and Practice*, faktor yang dapat menjadi menyebabkan kenaikan suhu gas buang berdasarkan kondisi komponen mesin induk adalah sebagai berikut :

a) *Fuel Injector*

Fuel injector yang mengalami keausan *nozzle*, penyumbatan lubang *nozzle*, tekanan pembukaan (*opening pressure*) yang tidak sesuai, atau pola penyemprotan yang tidak merata akan menyebabkan atomisasi bahan bakar menjadi buruk. Kondisi tersebut mengakibatkan pembakaran berlangsung tidak sempurna sehingga temperatur gas buang meningkat.

b) *Fuel Injection Pump*

Fuel injection pump yang mengalami keausan pada plunger dan barrel *menyebabkan* tekanan injeksi menurun. Akibatnya jumlah dan waktu penyemprotan bahan bakar tidak sesuai dengan kebutuhan pembakaran sehingga temperatur gas buang meningkat.

c) *Exhaust Valve*

Exhaust valve yang bocor, terbakar (*burnt valve*), atau tidak menutup rapat menyebabkan hilangnya tekanan kompresi dan perpindahan panas yang tidak normal. Kondisi tersebut mengakibatkan temperatur gas buang pada silinder meningkat dibandingkan silinder lainnya.

d) *Piston Ring*

Piston ring yang aus atau patah menyebabkan kebocoran gas kompresi (*blow-by*) sehingga tekanan kompresi menurun. Pembakaran menjadi kurang sempurna dan menghasilkan temperatur gas buang yang lebih tinggi.

e) *Cylinder Liner*

Cylinder liner yang mengalami keausan berlebihan atau goresan menyebabkan kebocoran kompresi dan menurunkan efisiensi pembakaran. Akibatnya panas hasil pembakaran lebih banyak keluar melalui saluran gas buang sehingga temperatur exhaust meningkat.

f) *Turbocharger*

Fouling pada sisi turbin maupun kompresor turbocharger mengurangi suplai udara pembakaran ke dalam silinder. Kekurangan udara menyebabkan pembakaran tidak sempurna sehingga temperatur gas buang meningkat dan konsumsi bahan bakar bertambah.

Untuk menjaga temperatur kerja mesin tetap normal, mesin diesel 2 langkah dilengkapi dengan sistem pendingin yang berfungsi menyerap dan membuang panas berlebih dari komponen mesin. Sistem pendingin yang bekerja secara optimal untuk dapat mencegah terjadinya *overheating*, menjaga efisiensi pembakaran, memperpanjang umur pakai komponen, menhidari potensi yang bisa menyebabkan penurunan performa mesin induk, serta mendukung keandalan operasional mesin induk selama pelayaran.

Perawatan mesin induk merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan secara terencana dan berkesinambungan untuk menjaga kondisi mesin agar tetap beroperasi secara optimal, aman, dan andal selama pelayaran. Mesin induk sebagai penggerak utama kapal memiliki peranan penting dalam menunjang kelancaran operasional kapal, sehingga setiap komponen harus mendapatkan perawatan yang sesuai dengan prosedur dan jadwal yang telah ditetapkan. Tujuan utama perawatan adalah mencegah terjadinya kerusakan, mempertahankan efisiensi kerja mesin, memperpanjang umur pakai komponen, serta mengurangi risiko gangguan operasional yang dapat menghambat pelayaran (Kurniadi, 2022).

Pelaksanaan perawatan mesin induk meliputi kegiatan pemeriksaan, pembersihan, penyetelan, pelumasan, penggantian komponen yang aus, serta perbaikan terhadap komponen yang mengalami kerusakan. Dalam dunia pelayaran modern, kegiatan perawatan umumnya dilaksanakan melalui *Planned Maintenance System* (PMS) yang disusun berdasarkan rekomendasi

pabrikan dan kebijakan perusahaan guna menjaga keandalan permesinan kapal (Pratama, 2022).

Berikut berapa jenis perawatan yang dapat di lakukan pada mesin induk dan permesinan bantu diatas kapal :

1) *Preventive Maintenance System*

Preventive Maintenance System atau sistem perawatan pencegahan merupakan metode perawatan yang dilakukan secara berkala berdasarkan interval waktu atau jam kerja tertentu untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan. Sistem ini bertujuan untuk mempertahankan kondisi peralatan agar tetap berada dalam keadaan baik sehingga mampu beroperasi sesuai standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan *preventive maintenance* dilakukan sebelum terjadi kerusakan sehingga potensi gangguan operasional dapat diminimalkan (Prasetyo, Yudo, Zakki, & Muhammad, 2021).

Pada mesin induk kapal, *preventive maintenance* dilakukan melalui pemeriksaan rutin, pembersihan komponen, penggantian suku cadang yang telah mencapai batas pemakaian, serta pelaksanaan pekerjaan sesuai jadwal PMS. Contohnya adalah pembersihan elemen *filter* bahan bakar, pemeriksaan *fuel oil pump*, dan *overhaul injector* berdasarkan jam kerja yang direkomendasikan pabrikan. Dengan penerapan *planned maintenance* yang baik, keandalan sistem bahan bakar dan performa mesin induk dapat dipertahankan sehingga risiko kerusakan mendadak dapat dikurangi (Eryck & Syamsir, 2022).

2) *Predictive Maintenance System*

Predictive Maintenance System atau sistem perawatan prediktif merupakan metode perawatan yang dilakukan berdasarkan pemantauan kondisi aktual peralatan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kerusakan sebelum kerusakan tersebut benar-benar terjadi. Sistem ini memanfaatkan data hasil pengukuran parameter operasi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menentukan waktu perawatan yang paling tepat (Fijar, Hidayat, & Pratama, 2024).

Pelaksanaan *predictive maintenance* pada mesin induk dapat dilakukan dengan *memantau* berbagai parameter seperti tekanan bahan bakar, temperatur gas buang, tekanan pelumas, konsumsi bahan bakar, getaran mesin, serta hasil analisis oli pelumas. Apabila ditemukan adanya penyimpangan dari kondisi normal, maka tindakan perawatan dapat segera direncanakan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius. Dengan demikian, *predictive maintenance* mampu meningkatkan keandalan peralatan sekaligus mengurangi biaya perawatan yang tidak diperlukan (Chandra, 2025).

3) *Corrective Maintenance System*

Corrective Maintenance System atau sistem perawatan korektif merupakan *metode* perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau gangguan pada suatu peralatan. Tujuan utama *corrective maintenance* adalah mengembalikan kondisi peralatan agar dapat beroperasi kembali sesuai dengan fungsi dan kinerja yang diharapkan. Sistem ini umumnya diterapkan ketika suatu komponen mengalami kegagalan fungsi yang tidak dapat diatasi melalui perawatan rutin (Widada & Hase, 2021).

Kegiatan *corrective maintenance* meliputi perbaikan, penggantian komponen yang rusak, penyetelan ulang, maupun overhaul terhadap bagian mesin yang mengalami gangguan. Pada sistem bahan bakar mesin induk, *corrective maintenance* dapat berupa penggantian *injector* yang rusak, pembersihan atau penggantian elemen *filter* yang tersumbat, serta perbaikan *fuel oil pump* yang mengalami penurunan tekanan. Meskipun diperlukan untuk mengatasi kerusakan, *corrective maintenance* sebaiknya tidak dijadikan metode utama perawatan karena dapat meningkatkan biaya perbaikan, menambah waktu henti operasi (*downtime*), dan berpotensi mengganggu kelancaran operasional kapal. Oleh karena itu, *corrective maintenance* perlu didukung oleh penerapan *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* yang baik agar keandalan mesin induk tetap terjaga (Pratama, 2022).

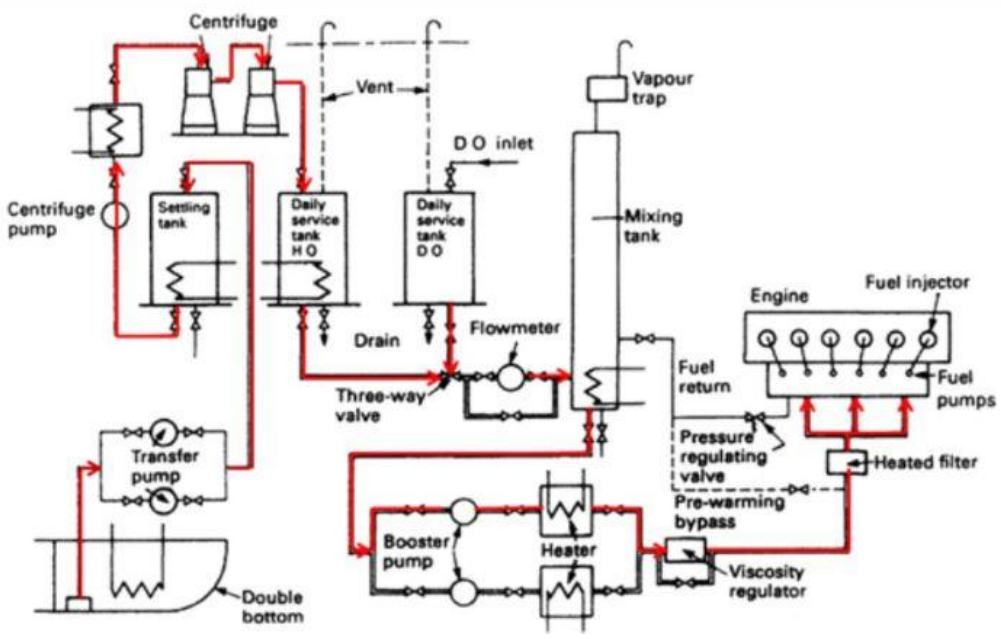
2. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar (*fuel oil system*) merupakan sistem yang berfungsi menyalurkan bahan bakar ke mesin induk dengan tekanan, temperatur, dan kualitas yang sesuai agar proses pembakaran berlangsung optimal. Sistem ini berperan penting dalam menghasilkan tenaga mesin, menjaga efisiensi konsumsi bahan bakar, serta mendukung kelancaran operasional kapal.

Berdasarkan diagram sistem bahan bakar, aliran bahan bakar dimulai dari *double bottom tank* menuju *settling tank* menggunakan *transfer pump*. Di dalam *settling tank*, bahan bakar dipanaskan hingga suhu 70–80°C dan diendapkan untuk memisahkan air serta kotoran. Selanjutnya bahan bakar dialirkan ke *purifier* (*centrifuge*) yang bekerja pada temperatur sekitar 98–100°C untuk memisahkan partikel halus dan kandungan air yang masih tersisa sebelum ditampung di *daily service tank*.

Dari *daily service tank*, bahan bakar dialirkan menuju *booster pump* melalui *flow meter*. *Booster pump* berfungsi meningkatkan tekanan bahan bakar sebelum masuk ke *heater*. Pada *heater*, temperatur mencapai sekitar 130–140°C sehingga viskositas bahan bakar berada pada kisaran 12–15 cSt sesuai kebutuhan mesin induk. Setelah dipanaskan, bahan bakar melewati *auto backflush filter* yang berfungsi menyaring sisa kotoran sebelum masuk ke sistem injeksi. Bahan bakar yang telah bersih kemudian dialirkan ke *fuel pump* untuk dinaikkan tekanannya dan selanjutnya disalurkan ke *injector* pada masing-masing silinder mesin induk.

Pada akhir langkah kompresi, *injector* menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus ke dalam ruang bakar. Bahan bakar tersebut akan terbakar secara otomatis akibat temperatur dan tekanan udara yang tinggi suhu mencapai sekitar 500–700°C sehingga menghasilkan energi untuk mendorong piston dan memutar poros engkol. Sebagian bahan bakar yang tidak digunakan akan kembali ke *mixing tank* melalui jalur *fuel return* untuk disirkulasikan kembali ke dalam sistem. Dengan demikian, seluruh komponen sistem bahan bakar harus bekerja secara optimal agar proses pembakaran berlangsung sempurna dan kinerja mesin induk tetap terjaga. seluruh rangkaian sistem bahan bakar di perlihatkan pada gambar diagram bahan bakar 2.1 dan terlampir di halaman 71.



Gambar 2. 1 Diagram sistem bahan bakar

3. Purifier

Purifier merupakan peralatan pendukung pada sistem bahan bakar kapal yang berfungsi untuk memurnikan bahan bakar dengan cara memisahkan kandungan air, lumpur, serta partikel kotoran sebelum bahan bakar digunakan oleh mesin induk. Pemisahan tersebut dilakukan menggunakan prinsip gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran *bowl* berkecepatan tinggi. Melalui proses ini, kontaminan yang memiliki massa jenis lebih besar dapat dipisahkan dari bahan bakar sehingga kualitas bahan bakar tetap terjaga dan sesuai untuk proses pembakaran.

Dalam sistem bahan bakar kapal, *purifier* dipasang di antara *settling tank* dan *service tank*. Bahan bakar yang telah diendapkan di dalam *settling tank* dialirkan menuju purifier untuk menjalani proses pemurnian. Setelah kandungan air dan kotoran dipisahkan, bahan bakar yang lebih bersih akan diteruskan ke *service tank* sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum disalurkan ke mesin induk. Keberadaan *purifier* sangat penting karena dapat membantu menjaga keandalan sistem bahan bakar serta mengurangi risiko kerusakan pada komponen mesin.

Cara kerja *purifier* dimulai saat bahan bakar masuk ke dalam *bowl* yang berputar dengan kecepatan tinggi. Akibat gaya sentrifugal, partikel kotoran dan lumpur yang memiliki massa jenis paling besar akan bergerak ke bagian terluar bowl, sedangkan air akan terpisah pada lapisan di antara bahan bakar dan kotoran.

Selanjutnya, bahan bakar yang telah bersih akan keluar melalui saluran *outlet* dan dialirkan menuju *service tank.* Untuk menjaga efektivitas pemisahan, purifier secara berkala melakukan proses pembuangan endapan (*sludge discharge*) sehingga akumulasi kotoran di dalam bowl tidak mengganggu kinerja alat.

4. Penyaring Bahan Bakar

Menurut *Finished Plan and Instruction Manual Book*, *auto filter backflush fuel oil* merupakan jenis *filter* bahan bakar dengan sistem pembilasan balik otomatis yang digunakan pada mesin induk. *Filter* ini dirancang untuk mampu menyaring bahan bakar dengan kualitas rendah.

Sistem kerja *auto filter backflush fuel oil* menggunakan kombinasi *differential pressure* dan *timer* untuk meningkatkan efektivitas proses pembilasan balik. Bahan bakar masuk ke dalam *filter* melalui saluran *inlet*, kemudian dialirkan menuju *chamber duplex filter*. Pengoperasian *filter* ini didukung oleh penggerak pneumatik yang berfungsi memutar *duplex filter* di dalam *chamber auto filter backflush*. Selanjutnya, perbedaan tekanan yang terdeteksi serta pengaturan waktu akan memicu terjadinya proses pembilasan balik secara otomatis di dalam *chamber filter* (Andrianto, 2019).

a. Prinsip Kerja *Auto Filter Backflush Fuel Oil*

Minyak dari HFO *service tank* (tangki harian) dipompa menggunakan pompa bahan bakar tersendiri dan dialirkan menuju *auto filter backflush fuel oil* melalui saluran *inlet.* Selanjutnya, bahan bakar memasuki *chamber filter* yang di dalamnya terdapat elemen *duplex filter*. *Duplex filter* dirancang untuk menyaring bahan bakar yang masih mengandung kotoran hingga partikel pengotor tersebut dapat dipisahkan secara optimal. *Filter* ini mampu menyaring partikel-partikel berukuran kecil sehingga mendukung tercapainya proses pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna pada mesin induk. Oleh karena itu, bahan bakar minyak yang digunakan harus berada dalam kondisi bersih serta bebas dari kotoran dan kandungan air.

Auto filter backflush fuel oil dikendalikan oleh sebuah *control box* yang berfungsi untuk mengatur seluruh proses pengoperasian *auto filter*, termasuk penentuan waktu terjadinya pembilasan balik guna membersihkan elemen *duplex filter* di dalam *chamber filter*. Melalui perangkat kontrol tersebut,

aktivitas kerja *auto filter backflush* dapat dipantau, seperti jumlah dan frekuensi proses pembilasan balik yang terjadi.

Auto filter backflush fuel oil memiliki dua sistem kerja pembilasan, yaitu:

1) Pembilasan Periodik, dirancang sebagai bagian dari sistem pengamanan dan pemeliharaan kinerja alat. Dalam kondisi operasi normal, proses pembilasan dilakukan secara otomatis setiap 1 jam sekali, namun interval waktu pembilasan tersebut dapat disesuaikan atau diatur sesuai dengan kebutuhan operasional.
2) Pembilasan Non-Periodik, dilakukan apabila kondisi saringan telah sangat kotor sehingga menimbulkan perbedaan tekanan antara sisi *inlet* dan *outlet.* Perbedaan tekanan tersebut akan terdeteksi oleh *differential pressure indicator*, yang selanjutnya mengirimkan sinyal ke *control box (panel box).* Berdasarkan sinyal tersebut, *control box* akan memberikan perintah kepada *air control unit* untuk mengaktifkan proses pembilasan balik secara otomatis.

b. Komponen *Auto filter backflush fuel oil*

Auto filter backflush fuel oil merupakan salah satu permesinan bantu di kapal yang tersusun atas berbagai komponen pendukung. Setiap komponen memiliki peranan penting dalam menunjang kinerja dan pengoperasian auto *filter backflush* secara keseluruhan. Adapun komponen-komponen utama pada auto *filter backflush fuel oil* adalah sebagai berikut:

1) *Filter body assembly*

Gambar 2. 2 *Filter body assembly*

2) *Control box*

Gambar 2. 3 *Control box*

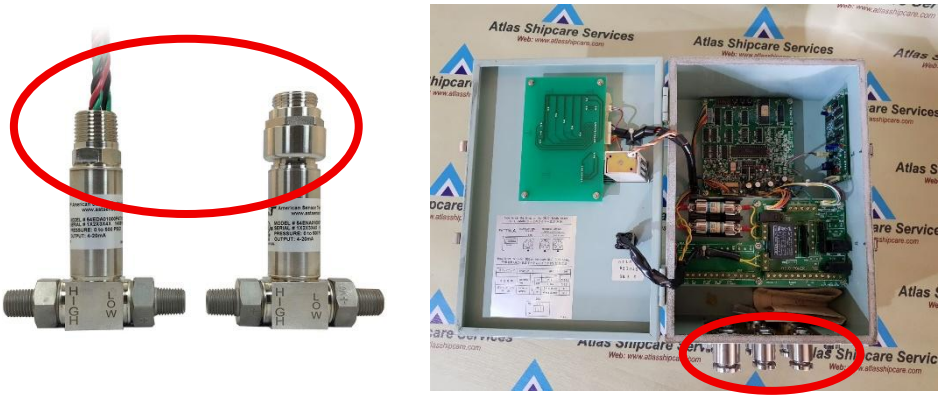
3) *Drive unit (actuator pneumatic)*

Gambar 2. 4 *Actuator pneumatic*

4) *Air control unit*

Gambar 2. 5 *Air control unit*

5) *Differential pressure switch*



Gambar 2. 6 *Differential pressure switch*

6) *Backflushing valve*

Gambar 2. 7 *Backflushing valve*

7) *Element duplex filter*

Gambar 2. 8 Komponen *Auto filter backflush fuel oil*

c. Sistem *Pneumatic*

Sistem *pneumatic* pada *auto filter backflush fuel oil* memiliki peranan yang sangat penting dalam pelaksanaan proses pembilasan balik. Sistem ini berfungsi untuk menggerakkan *duplex filter* di dalam *chamber filter* melalui mekanisme

gerak mekanik berupa *gerak torak (piston).* Selain itu, sistem pneumatik juga berfungsi untuk mengoperasikan *backflushing valve* pada saat proses pembilasan balik berlangsung, sehingga kotoran hasil penyaringan dapat dialirkan kembali menuju tangki endapan (Andrianto, 2018). Sistem pneumatik memiliki kemampuan bekerja pada kondisi lingkungan yang tidak dapat dijangkau oleh sistem elektronik, termasuk pada area yang basah atau lembap. Sistem ini diklasifikasikan berdasarkan tekanan kerjanya, yaitu: pneumatik tekanan sangat rendah (0,1–1,1 bar), pneumatik tekanan rendah (1,2–2,0 bar), pneumatik tekanan menengah atau normal (2–8 bar), dan pneumatik tekanan tinggi (>8 bar).

d. Faktor-Faktor penyebab penyumbatan *filter* bahan bakar

Penelitian Haryono et al. (2023) menunjukkan bahwa pembentukan *sludge*, partikel logam, kandungan air, dan material organik pada bahan bakar merupakan penyebab utama penyumbatan *filter* pada mesin diesel kapal.

Salah satu faktor kerusakan pada komponen yang dapat menghambat proses *backflushing*, meningkatkan *differential pressure*, menyebabkan penyumbatan elemen *filter*, dan menurunkan tekanan bahan bakar adalah :

1) *Duplex Filter Element*

Penumpukan *sludge*, karbon, dan partikel padat pada elemen *filter* meningkatkan hambatan aliran (*flow resistance*) sehingga *pressure drop* bertambah dan tekanan bahan bakar setelah filter menurun.

2) *Differential* Pressure *Switch*

Differential pressure switch yang gagal mendeteksi kenaikan beda tekanan tidak akan mengaktifkan proses *automatic backflush*. Akibatnya kotoran terus menumpuk pada elemen *filter* hingga terjadi penyumbatan.

3) *Pneumatic Actuator* (*Drive Unit*)

Kebocoran udara atau kerusakan piston *actuator* menyebabkan mekanisme pemutar *duplex filter* tidak bekerja sehingga proses pembersihan *filter* tidak berlangsung secara sempurna.

4) *Backflushing Valve*

Katup *backflush* yang macet atau bocor menghambat pembuangan endapan selama proses pembersihan sehingga kotoran tetap menempel pada permukaan elemen *filter* dan mempercepat penyumbatan.

5) *Air Control Unit*

Air control unit yang tidak mampu menyuplai udara bertekanan sesuai spesifikasi menyebabkan pneumatic *actuator* tidak dapat mengoperasikan sistem *backflush* secara optimal. Hal ini mengurangi aktivitas pembersihan *filter.*

e. Perawatan *Auto filter backflush fuel oil*

Perawatan *auto filter backflush fuel oil* memiliki peran yang sangat penting untuk mencegah kerusakan yang dapat menurunkan efisiensi operasional *filter* tersebut. Pada kapal MV. EVERCLEAR, perawatan dilakukan secara terencana sesuai dengan jadwal yang tercantum dalam *Planned Maintenance System* (PMS). PMS adalah suatu program perawatan berkala yang terjadwal sesuai jam kerja dari permesinan tersebut yang tertera pada intruksi pada buku manual dari permesinan yang terdapat di atas kapal untuk mencegah terjadinya kerusakan yang fatal. Berikut perawatan yang dilakukan pada *auto filter backflush fuel oil :*

1) Perawatan Berkala (*Planned Maintenance* / PMS)
   a) Pemeriksaan rutin sesuai jam kerja mesin atau *manual* pabrikan
   b) Penggantian komponen aus (*seal, gasket, elemen filter*)
2) Pembersihan *Elemen Filter dan Chamber*
   a) Membersihkan *duplex filter* dari endapan/kotoran
   b) Mengeluarkan lumpur atau sumbatan agar aliran minyak lancar
3) Pemeriksaan Tekanan dan Aliran
   a) Monitoring *differental pressure* indikator
   b) Memastikan backflush bekerja tepat waktu
4) Perawatan Sistem Pneumatik dan Kontrol
   a) Memeriksa aktuator, katup, pipa, dan regulator udara
   b) Pastikan tekanan udara sesuai spesifikasi pabrikan
5) Pelatihan *Crew* dan Kepatuhan Prosedur
   a) Membeirikan pelatihan penggunaan dan perawatan *filter*
   b) Memastikan awak kapal mampu menangani pembersihan dan alarm dengan benar.

5. *Injector*

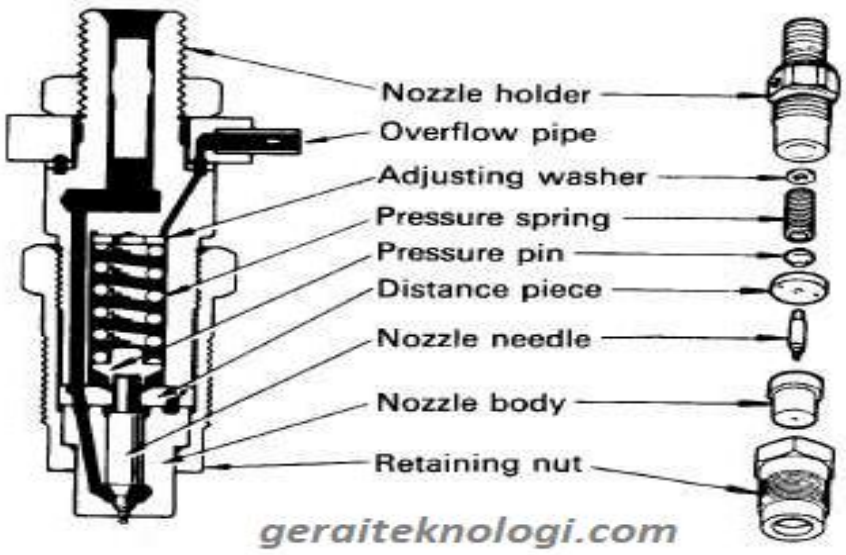
Injector bahan bakar pada mesin induk kapal berperan menyemprotkan bahan bakar bertekanan tinggi ke ruang bakar dalam bentuk partikel halus sehingga dapat

bercampur secara merata dengan udara hasil kompresi untuk menghasilkan pembakaran yang optimal.

Karakteristik semprotan (*spray*) dan penyemprotan bahan bakar sangat dipengaruhi oleh tekanan injeksi dan desain *nozzle*. Semakin tinggi tekanan injeksi dan semakin baik desain *nozzle*, semakin halus ukuran droplet yang terbentuk, sehingga pencampuran udara-bahan bakar menjadi lebih merata dan pembakaran berlangsung lebih efisien. Atomisasi yang baik tidak hanya meningkatkan performa mesin, tetapi juga membantu mengurangi emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar (Chen, Wang, Roberts, & Fang, 2016).

Selain itu, kinerja injektor juga dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dan kondisi komponen internal seperti *nozzle* dan *filter*. Ketidaksempurnaan pengabutan dapat terjadi ketika tekanan bahan bakar rendah, *nozzle* tersumbat, atau *filter* tidak terawat. Penyumbatan lubang *nozzle* akibat bahan bakar kotor dapat menurunkan efisiensi pembakaran, meningkatkan keluarnya asap hitam, dan mengurangi tenaga mesin. Oleh karena itu, perawatan rutin, pembersihan *nozzle*, dan pengujian berkala sangat penting untuk memastikan *injector* berfungsi optimal (Yanuar, Khoryanton, & Oktariza, 2021; Fijar, Harbul, & Ahmad, 2023; Temmu, Palayukan, & Ramadani, 2022).

Dengan memahami prinsip kerja, karakteristik atomisasi, serta faktor-faktor yang memengaruhi kinerja *injector*, operator kapal dapat melakukan perawatan yang tepat, sehingga proses pembakaran diesel menjadi maksimal, mesin induk



Gambar 2. 9 Komponen *injector*

lebih efisien, dan umur komponen sistem bahan bakar dapat diperpanjang**.** Injektor memiliki bagian-bagian penyusunnya, menurut (Widada & Hase, 2021) yaitu :

a. Bagian-bagian *injector* :

1) *Nozzle Holder* (Rumah *Injector*)

Nozzle holder berfungsi sebagai rumah atau tempat pemasangan seluruh komponen *injector*. Komponen ini juga menjadi penghubung antara *injector* dengan sistem bahan bakar bertekanan tinggi pada mesin.

2) *Overflow Pipe* (Pipa *Pengembali* Bahan Bakar)

Overflow pipe berfungsi menyalurkan kelebihan bahan bakar atau kebocoran kecil dari *injector* kembali ke sistem bahan bakar, sehingga tekanan dalam *injector* tetap stabil.

3) *Adjusting Washer* (*Ring* Penyetel)

Adjusting washer berfungsi sebagai komponen penyetel tekanan pembukaan *injector*. Ketebalan ring ini mempengaruhi gaya pegas yang bekerja pada jarum pengabut.

4) *Pressure Spring* (Pegas *Tekan*)

Pressure spring berfungsi memberikan gaya tekan pada jarum pengabut agar tetap menutup lubang *nozzle* saat tidak terjadi proses injeksi. Pegas ini juga menentukan besarnya tekanan pembukaan *injector*.

5) *Pressure Pin* (Pin *Penekan*)

Pressure pin berfungsi meneruskan gaya dari pegas tekan ke jarum pengabut sehingga jarum dapat membuka dan menutup sesuai tekanan bahan bakar yang masuk.

6) *Distance Piece* (*Spacer*/*Pembatas*)

Distance piece berfungsi sebagai pembatas dan penopang antar komponen di dalam *injector* agar posisi setiap komponen tetap tepat dan stabil selama pengoperasian.

7) *Nozzle Needle* (Jarum Pengabut)

Nozzle needle berfungsi mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan melalui *nozzle*. Jarum ini akan terangkat saat tekanan bahan bakar melebihi tekanan pegas dan akan menutup kembali setelah tekanan menurun.

8) *Nozzle Body* (Badan *Nozzle*)

Nozzle body berfungsi sebagai tempat dudukan jarum pengabut dan saluran bahan bakar menuju lubang penyemprotan. Komponen ini berperan penting dalam mengarahkan aliran bahan bakar ke ruang bakar.

9) *Retaining Nut* (Mur Pengikat)

Retaining nut berfungsi mengikat dan menahan *nozzle body* pada *nozzle holder* agar seluruh komponen *injector* tetap terpasang dengan kuat selama mesin beroperasi.

b. Permasalahan yang terjadi pada sistem pengabut (*Injector*)

Kinerja *injector* yang tidak optimal umumnya disebabkan oleh perawatan yang kurang memadai menyebabkan kotoran yang menyumbat *nozzle injector*, dan seiring dengan berjalannya waktu, penumpukan bahan bakar di dalam sistem *injector* dapat membentuk residu yang menyumbat jalur injeksi (Widada & Hase, 2021). Penyumbatan ini mengakibatkan proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna, sehingga pembakaran di dalam silinder mesin tidak berjalan optimal. Faktor penyebab utama dari masalah tersebut antara lain *o-ring* yang mengeras dan tersumbatnya *nozzle* pada *injector*.

Menurunnya kinerja injektor dapat menimbulkan permasalahan pada kinerja mesin induk, berikut beberapa dampak yang timbulkan :

1) Kerugian panas pada motor menjadi besar karena tidak seluruh bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor ke dalam silinder terbakar sempurna. Sebagian bahan bakar hanya terbakar sebagian atau terbuang melalui cerobong, sehingga panas yang dihasilkan berkurang dan berdampak pada menurunnya tenaga mesin.
2) Sisa-sisa hasil pembakaran dapat melekat pada saluran hisap dan buang, khususnya pada bagian antara katup dan dudukannya. Kondisi ini terutama terjadi pada katup buang dan menyebabkan katup tidak dapat menutup dengan rapat.

3) Sisa pembakaran juga dapat menempel pada dinding silinder dan kepala torak. Pada liner silinder terdapat lubang sebagai jalur keluarnya minyak pelumas. Apabila lubang tersebut tertutup oleh endapan akibat pembakaran tidak sempurna, maka sistem pelumasan akan terganggu dan mengakibatkan torak serta silinder mengalami keausan.
4) Daya yang dihasilkan mesin menjadi tidak maksimal akibat proses pembakaran yang kurang sempurna. Sebagian bahan bakar terbakar tidak optimal atau terbuang melalui cerobong, sehingga panas yang dihasilkan menurun dan tenaga mesin berkurang.
5) Perjalanan menjadi tidak tepat waktu karena mesn induk tidak dapat bekerja secara optimal. Akibatnya, kecepatan yang diinginkan tidak tercapai karena tenaga yang dihasilkan oleh mesin induk tidak maksimal.

c. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja *injector* pada mesin induk yaitu (Widada & Hase, 2021) :
1) Perawatan pada bagian injektor
a) Pemeriksaan *Injector*

Sebelum melepas *injector*, pastikan mesin dalam kondisi aman. Pastikan pula saluran masuk bahan bakar serta seluruh kran atau katup yang berhubungan dengan *injector* berada pada posisi tertutup.

b) Penutupan *Cylinder Head*

Saat *injector* akan dilepas dari kepala silinder, lubang tempat *injector* harus ditutup kain bersih. Hal ini bertujuan untuk mencegah alat atau benda asing jatuh ke dalam silinder.

c) Pemeriksaan Alat Pengetes *Injector*

Sebelum melakukan pengujian *injector*, periksa kondisi *diesel oil,* hydraulic *oil*, serta sistem kelistrikan pada alat pengetes *injector*, baik tipe manual maupun hidrolik. Selain itu, pastikan tekanan awal pembukaan *injector* dengan mengacu pada buku manual mesin.

d) Mengendorkan Mur Pengatur Tekanan

Sebelum *injector* dibongkar untuk proses *overhaul*, jepit *injector* pada alat penjepit (tanggem) di *workshop*. Kendorkan mur pengatur tekanan (*pressure setting screw*) terlebih dahulu sebelum membuka komponen

lainnya, seperti penutup pegas, *washer* pengatur, rumah *nozzle*, dan jarum *nozzle.*

e) Perendaman Komponen *Injector*

Seluruh bagian *injector* direndam dalam wadah berisi solar untuk membersihkan kotoran dan menghilangkan endapan bahan bakar berat yang menempel pada bagian dalam *injector*.

f) Pemeriksaan Pegas (Per)

Periksa panjang pegas, elastisitasnya, serta kemungkinan adanya kerusakan atau retakan. Selain itu, periksa dudukan pegas untuk memastikan tidak terjadi keausan atau kerusakan.

g) Pemeriksaan Permukaan Jarum *Nozzle*

Periksa permukaan dudukan dan jarum *nozzle*, kemudian lakukan proses *lapping* atau *skir* secara ringan. Perhatikan adanya goresan atau tanda keausan dan lakukan penghalusan hingga permukaan benar-benar halus. Apabila ukuran atau kondisi dudukan tidak memenuhi standar, maka harus diganti.

h) Pemeriksaan Gerakan Jarum

Periksa ujung jarum dan pastikan pergerakannya saat dimasukkan kedalam *nozzle* berjalan dengan lancar, tidak tersendat, dan tidak macet.

i) Pembersihan Lubang *Nozzle*

Bersihkan lubang *nozzle* dari endapan arang atau karbon sisa pembakaran menggunakan kawat berdiameter kecil yang sesuai.

j) Pengujian *Injector*

Setelah *injector* dirakit kembali, lakukan pengujian meliputi tekanan pembukaan, kualitas atomisasi, kebocoran (kencing), dan parameter lainnya sesuai standar pengujian. Selama proses pengujian, gunakan alat pelindung diri seperti kacamata dan sarung tangan. Tekanan pembukaan *injector* harus disesuaikan dengan spesifikasi pada buku manual dengan cara menambah atau mengurangi tekanan menggunakan mur pengatur yang terdapat pada bagian atas *injector*.

2) Sistem Perawatan dengan Kalibrasi

Langkah-langkah kalibarasi pada injektor menurut (Rinasa Agistya Anugrah, 2021) :

a) *Injection Test* (Uji *Penyemprotan*)

Pengaturan tekanan *injector* dilakukan secara bertahap menggunakan alat uji *injector* hingga *injector* mulai menyemprot. Tekanan pembukaan *injector* harus disesuaikan dengan spesifikasi yang tercantum dalam *manual book* yaitu sebesar 340 kg/cm².

b) *Atomization Test (Uiji Pengabutan)*

Pada saat tekanan bahan bakar mencapai nilai tertentu, katup *injector* akan terbuka dan bahan bakar harus tersemprotkan secara merata tanpa terjadi tetesan. Kualitas pengabutan dipengaruhi oleh kondisi jarum *injector, nozzle*, serta ketepatan pengaturan tekanan. Apabila terdapat penyumbatan pada lubang *nozzle* atau keausan pada jarum dan dudukannya, maka *injector* dapat mengalami pengabutan tidak sempurna atau kebocoran, sehingga perlu dilakukan penyetelan ulang atau penggantian *nozzle.*

c) *Pressure Resistance Test* (Uji Ketahanan Tekanan)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu penurunan tekanan dari nilai tertentu ke nilai yang telah ditentukan. Berdasarkan *Instruction* Manual, waktu penurunan tekanan dari 350 kg/cm² menjadi 340 kg/cm² harus berada dalam rentang 30–90 detik.

d) Tindakan Perbaikan (*Overhaul Injector*)

Apabila hasil pengujian tidak memenuhi standar yang ditetapkan, perlu dilakukan *overhaul injector* agar kinerjanya kembali optimal.

e) Pengujian Akhir *Injector*

Setelah proses perbaikan atau *overhaul*, *injector* harus diuji kembali untuk memastikan bahwa seluruh parameter kerja telah sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1.	Analisis penyebab penyumbatan injector pada mesin diesel kapal. *Zona Laut*	Khusniawati, F., & Palippui, H. (2020). *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, 1(2). https://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalaut/article/view/10832	Berdasarkan hasil analisa di atas maka dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya penyumbatan pada *injector* adalah kondisi *nozzel* mengalami perubahan posisi sehingga terjadi kerusakan/pecah dan terpuntir sehingga kabut yang dihasilkan tidak konsisten/terputus-putus. Adanya sumbatan di *nozzel* karena kemungkinan disebabkan bahan bakar yang digunakan tidak sesui dengan standar seperti viskositas yang tinggi dan adanya debu dan kotoran yang terkandung di bahan bakar, sehingga bentuk penyemprotan tidak membentuk kabut dengan sudut 40º. Tidak adanya kabut yang terbentuk karena tekanan untuk mendorong jarum nozzel terlalu rendah.
2.	Analisa perawatan berbasis keandalan sistem bahan bakar	Prasetyo, C. F., Yudo, H., Zakki, A. F., & Muhammad, A. H. (2021).	Berdasarkan studi kasus dan survei lapangan yang dilakukan di KM. Sidomulyo terdapat PID sistem bahan

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
	pada main engine di kapal KM. Kelimutu.	*Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(2). https://journal.unpar.ac.id/index.php/jrsi/article/view/4075	bakar yang ada pada dokumen mesin induk KM. Sidomulyo. Selanjutnya validasi sistem bahan bakar pada kamar mesin untuk memastikan komponen pada PID sesuai dengan yang terpasang pada mesin induk. Hasil dari validasi dan studi literatur menunjukkan bahwa pada sistem bahan bakar mesin induk KM. Sidomulyo memiliki komponen utama antara lain Tangki Bahan Bakar
3.	Optimalisasi perawatan sistem bahan bakar pada mesin induk kapal niaga.	Putra, R., dkk. (2021). *E-Journal Marine Engineering and Maritime Innovation*. https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/article/view/32	Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan sistem bahan bakar KM. Kelimutu maka dapat diambil kesimpulan sebagai jika komponen dari sistem bahan bakar yang memiliki nilai paling kritis adalah filter dengan nilai RPN sebesar 340. Level dari kekritisan komponen ini ditinjau melalui severity kegagalan komponen, lalu occurrence dan juga detection kegagalan pada tiap komponen. Hasil evaluasi tersebut dapat dilakukan melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			Hasil analisa *Fault Tree Analysis* (FTA) dari sistem bahan bakar di main engine tidak akan bekerja kembali, jika salah satu dari subsistem atau komponen gagal bersamaan, seperti contohnya adalah komponen yang berada dalam second order meliputi dua komponen separator,dua *transfer pump*, dua fo pump, dan juga dua *filter*. Pada hasil simulasi pengoperasian sistem bahan bakar selama waktu 5000 jam.
4.	Analisis perawatan injector terhadap kinerja mesin induk kapal.	Sari, N., dkk. (2022). *Jurnal Ilmiah Kemaritiman*. https://ejournal.umrah.ac.id/index.php/nautika/article/view/3258	Penyebab injector tidak optimal ialah perawatan injector yang kurang sempurna, dari hal ini bisa mengakibatkan mesin tidak mencapai kecepatan maksimal serta gas buang yang tidak teratur. Hal umum yang menyebabkan 2 kejadian tersebut adalah o-ring yang getas dan tersumbatnya *nozzle* pada *injector*. Dan upaya untuk menanggulangi masalah tersebut adalah selalu memperhatikan *runninghours,*

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			maintenenance injector setiap 500 jam, dan selalu flushing setiap pergantian bahan bakar guna menghindari tersumbat nya *nozzle*.
5.	Optimalisasi manajemen strategis prasarana pendidikan.	Sari, A. I., Syaifuddin, M., & Andriani, T. (2023). *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nasional*, 3(1). https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpm/article/view/52295	1. Pentingnya perawatan pada komponen – komponen *Safety Device*, agar komponen dapat bekerja dengan optimal pada mesin, dan mesin tidak mudah mengalami kerusakan. 2. Yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan pada *system safety device* yang bisa menyebabkan black out antara lain : *high temperature, L.O low preassure. Oil leaking, dan overspeed trip*. 3. Pentingnya keamanan sistem main engine adalah agar tidak terjadi hal yang tidak di inginkan pada main engine, contoh tekanan oli kurang pada mesin yang bisa menyebabkan black out. Upaya mengoptimalkan kerja dari *system safety* device antara lain: pengujian dan perawatan pada komponen *safety device* harus sesuai dengan *instruction manual book*, tentang

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			perawatan, dan pengecekan berkala.
6.	Analisis perawatan injector terhadap kinerja mesin induk kapal.	Sari, N., dkk. (2022). *Nautika: Jurnal Ilmiah Kemaritiman*. https://ejournal.umrah.ac.id/index.php/nautika/article/view/3258	Berdasarkan hasil penelitian dan teori yang peneliti gunakan dapat disimpulkan bahwa optimalisasi merupakan langkah dan usaha yang dilakukan untuk membuat sebuah nilai guna yang bermanfaat dalam melakukan pengelolaan strategis yang berkaitan dengan prasarana supaya membuat peserta didik nyaman dalam proses pembelajaran sesuai dengan tujuan pendidikan. Sarana merupakan perlengkapan yang secara langsung menunjang proses pembelajaran sedangkan prasarana adalah perlengkapan penunjang yang digunakan dalam proses pembelajaran. Manajemen strategis prasarana memiliki 7 proses yang dijadikan acuan supaya optimalisasi penggunaan prasarana efektif dan efisien. Dalam hal ini untuk prasarana sangat memerlukan perawatan yang baik sehingga seperti ruangan-

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			ruangan yang sudah ada akan bisa digunakan dalam jangka waktu yang Panjang. *Stakeholder* juga ikut serta untuk merawat prasarana supaya tetap awet dan terjaga serta untuk perawatannya tidak memerlukan biaya yang besar. Dengan adanya prosedur manajemen strategis maka prasarana akan terjaga dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang Panjang.
7.	Evaluasi Sistem Perawatan *Injector* Pada Mesin Induk Kmp Kirana Ii Untuk Meminimalisir Downtime	Sari, A. I., Syaifuddin, M., & Andriani, T. (2023). *Jurnal Pendidikan Mesin, 22*(1), 45–52. https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpm/article/view/52295	1. Penyebab kurang optimalnya perawatan *injector* pada mesin induk adalah perawatan aktual dengan *manual book*, penurunan kualitas bahan bakar akibat kadar air melebihi ambang batas, tekanan booster bahan bakar yang tidak stabil akibat penggunaan pompa yang tidak bergantian dan penyumbatan *filter*, serta akumulasi kotoran pada kasa turbo. 2. Dampak dari perawatan injector yang tidak efektif mencakup kerusakan ring piston, korosi pada lubang injeksi dan sambungan *nozzle*

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			injector, distribusi dan penyebaran bahan bakar di dalam ruang bakar menjadi tidak optimal, kerusakan pompa, penurunan daya mesin, *filter booster* BBM tersumbat, serta keluarnya asap hitam dari sistem pembuangan. 3. Upaya mengoptimalkan sistem perawatan *injector* dengan melakukan strategi pemeliharaan preventif dan manajemen persediaan yang terintegrasi, pengurasan rutin *settling* dan *service tank*, pengoperasian purifier secara kontinu, pengoperasian pompa booster secara bergantian, penggantian *filter* bahan bakar secara terjadwal, serta pembersihan dan inspeksi berkala pada kasa turbo.
8.	Evaluasi sistem perawatan injector pada mesin induk KMP Kirana II untuk meminimalisir *downtime* (Skripsi, Politeknik Transportasi SDP Palembang).	handra, M. A. (2025). Diploma *thesis, Politeknik Transportasi Sungai, Danau, dan Penyeberangan Palembang). Repository*	Faktor-faktor yang mempengaruhi menurunnya kinerja *auto filter backflush* fuel oil pada mesin induk di MV.KT 02 adalah: a. Tidak optimalnya sistem pneumatik saat proses pembilasan balik

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
		Poltektrans SDP Palembang. https://repository.poltektranssdp-palembang.ac.id/148/	b. Tidak dilaksanakannya prosedur perawatan berencana (*planned maintenance system*) perawatan dilakukan pada saat terjadi kerusakan. c. Kualitas dari bahan bakar 2. Dampak akibat menurunnya kerja *auto filter backflush fuel oil* pada mesin induk di MV. KT 02 adalah: a. Tidak terjadinya pembilasan secara otomatis pada *auto filter* b. Menggangu pelayaran saat kapal berlayar di laut c. Terhambatnya aliran bahan bakar ke mesin induk 3. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi menurunnya kerja *auto filter backflush fuel oil* di MV. KT 02 agar dapat bekerja normal adalah: a. Mengoptimalkan sistem pneumatik dengan melakukan pemeriksaan dan perawatan terhadap komponen b. Melakukan prosedur perawatan berencana sesuai dengan sistem perawatan berencana (*planned maintenance system*)

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			c. Meningkatkan kualitas bahan bakar dengan melakukan fuel oil treatment pada tangki double bottom satu hari sebelum bunker bahan bakar dan melakukan drain rutin pada HFO *service tank* untuk membuang lumpur, air dan endapan kotoran.
9.	*Reliability and* maintenance analysis of *marine fuel oil system*	Pratama, A., dkk. (2023). *Jurnal Rekayasa Sistem dan Manajemen UNNES.* https://ejournal.unnes.ac.id/sju/index.php/jrsm/article/view/56789	Perawatan injektor yang terencana dan sesuai prosedur sangat berpengaruh terhadap performa mesin induk kapal MV. Kali Mas. Ketidakteraturan perawatan seperti tidak membersihkan *nozzle,* tidak melakukan *pressure test*, serta penggunaan injektor hingga melebihi jam kerja tanpa perawatan sesuai PMS—menurunkan kinerja injektor dan berdampak negatif pada kelancaran mesin induk. Dengan menerapkan langkah-langkah perawatan yang optimal (pembersihan *nozzle*, pengecekan tekanan, dan penggantian komponen yang aus), kinerja injektor dapat ditingkatkan sehingga

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			mendukung operasi mesin induk yang lebih baik.
10.	Sustainability assessment and maintenance optimization in industrial systems. *Sustainability, 13*(4), 1645	Nabavi-Pelesaraei, A., et al. (2021)., *Journal Experimental Study of a New Pneumatic Actuating System Using Exhaust Recycling* https://doi.org/10.3390/su13041645	Sistem pneumatik baru dengan *exhaust recycling* yang diusulkan dalam jurnal ini terbukti lebih efisien dalam pemanfaatan energi udara bertekanan, dengan efisiensi pemulihan energi > 23 % dan karakteristik kerja sistem yang dapat dikontrol melalui parameter seperti tekanan dan volume tangki. Model matematis yang digunakan juga telah terverifikasi melalui eksperimen, sehingga memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan teknologi

a) Kesimpulan Penelitian Terdahulu

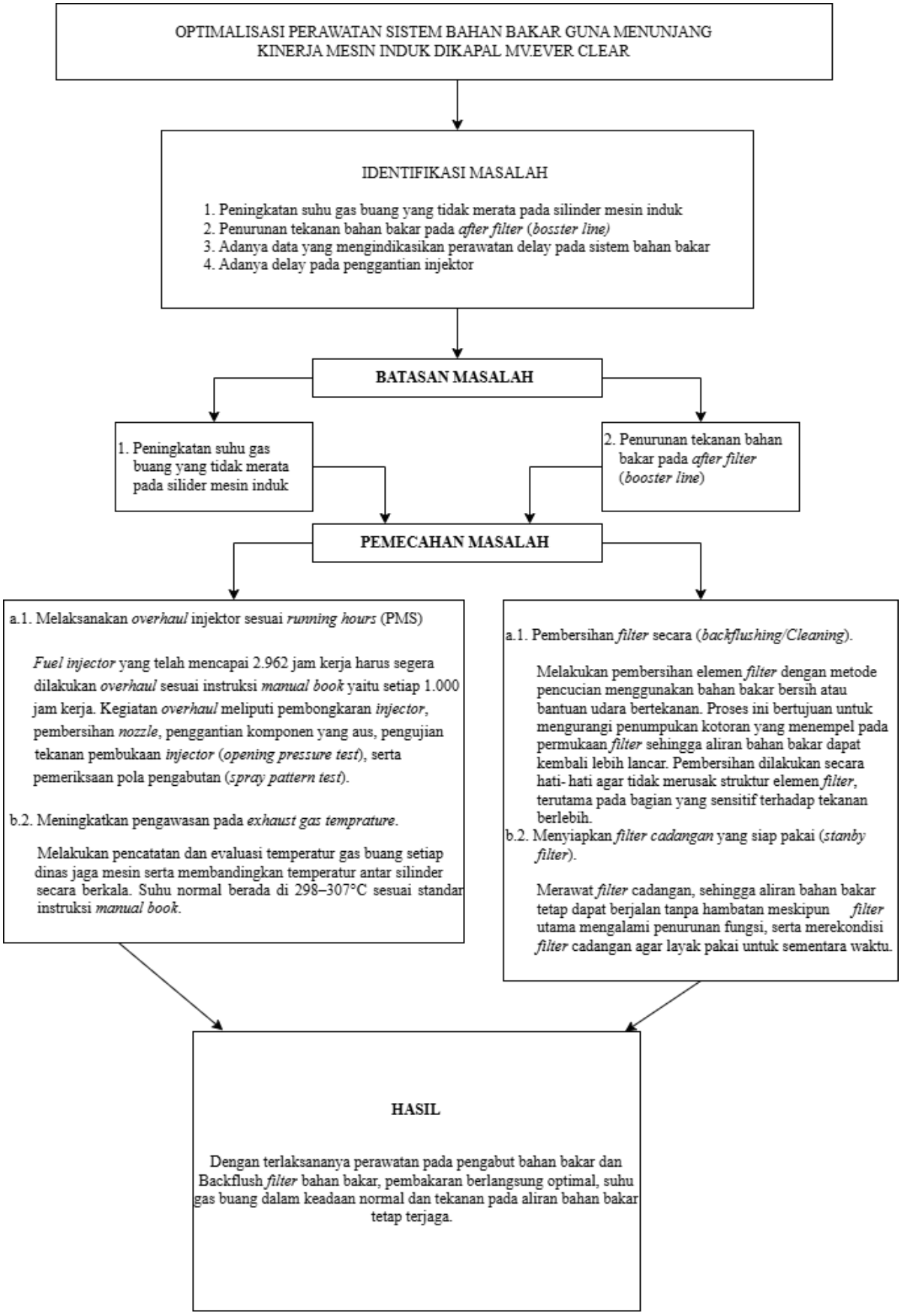
Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem bahan bakar sangat dipengaruhi oleh kondisi *injector, filter* bahan bakar, kualitas bahan bakar, serta pelaksanaan perawatan yang sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penyumbatan *nozzle injector*, kerusakan komponen *injector*, kualitas bahan bakar yang buruk, serta keterlambatan perawatan dapat menyebabkan penurunan kualitas pengabutan bahan bakar, meningkatnya temperatur gas buang, bertambahnya konsumsi bahan bakar, dan menurunnya performa mesin induk. Selain itu, penelitian mengenai *auto backflush filter* menunjukkan bahwa kegagalan sistem pneumatik, kualitas bahan bakar yang rendah, dan tidak dilaksanakannya perawatan berkala dapat menyebabkan proses backwashing tidak berjalan optimal sehingga aliran bahan bakar menuju mesin induk terganggu. Oleh karena itu, penerapan perawatan *preventif*, pengawasan kondisi

komponen secara berkala, serta pengoperasian sistem bahan bakar sesuai prosedur merupakan faktor penting untuk menjaga keandalan sistem bahan bakar dan mendukung kelancaran operasional mesin induk kapal.

b) Keterkaitan dengan Penelitian Penulis

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini memiliki keterkaitan pada aspek optimalisasi perawatan *injector* dan *auto backflush filter* dalam sistem bahan bakar mesin induk. Perbedaan penelitian ini terletak pada fokus analisis yang diarahkan pada keterlambatan pelaksanaan PMS *injector*, meningkatnya *differential pressure pada auto backflush filter* K8FE yang disebabkan karena penumpukan kandungan lumpur, air dalam bahan bakar serta dampaknya terhadap tekanan bahan bakar dan performa mesin induk di MV. Ever Clear. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai Upaya optimalisasi perawatan sistem bahan bakar guna meningkatkan keandalan operasional mesin induk.

C. KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar 2. 10 Kerangka Pemikiran

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uraian-uraian pada bab-bab yang terdahulu yang berkaitan dengan perawatan dan pengoperasian alat pengabut bahan bakar dalam menunjang pengoperasian kapal. Dari hasil analisa diketahui penyebab timbulnya masalah dan diambil simpulan, sebagai berikut :

1. Peningkatan suhu gas buang pada silinder mesin induk MV. Ever Clear disebabkan oleh menurunnya kinerja *fuel injector*, penumpukan deposit karbon dan keausan pada *nozzle injector* yang menyebabkan kualitas pengabutan bahan bakar menurun dan proses pembakaran menjadi tidak sempurna.
2. Penurunan tekanan bahan bakar pada after *filter* (*booster line*) disebabkan oleh menurunnya efektivitas sistem penyaringan bahan bakar akibat penyumbatan elemen *auto backflush filter*. Kondisi tersebut mengakibatkan tekanan bahan bakar yang normalnya berada pada kisaran 7,0–8,0 bar turun hingga mencapai 5,4 bar setelah *filter* dan 5,0 bar pada *booster line*, terjadi sumbatan sehingga suplai bahan bakar menuju *injector* dan berdampak pada penurunan performa mesin induk.

B. SARAN

1. Edukasi dan pengarahan secara rutin mengenai pentingnya melaksanakan perawatan permesinan sesuai dengan jadwal *Planned Maintenance System*. Edukasi tersebut dapat dilakukan melalui *safety meeting, toolbox meeting*, atau *briefing* sebelum pekerjaan dimulai.
2. *Inventory checklist* dilakukan secara terjadwal untuk memastikan jumlah suku cadang untuk permesinan induk dan permesinan bantu yang dikapal.
3. Pemberian bonus atau upah tambahan kepada kru kapal yang melaksanakan pekerjaan perawatan di luar jam kerja normal atau pada saat jadwal operasional kapal sangat padat.

DAFTAR PUSTAKA

Andrianto. (2018). Sistem pneumatic pada pengoperasian *duplex filter*. Jakarta: Penerbit Maritim.

Andrianto. (2019). Identifikasi menurunnya kerja *auto filter backflush fuel oil* pada mesin induk di MV. KT 02 dengan menggunakan metode *fishbone* dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Jurnal Teknologi Kelautan, 7(1), 7–24.

Anugrah, R. A. (2021). Langkah-langkah kalibrasi pada injektor mesin diesel kapal. Surabaya: Media Teknika.

Chandra, M. A. D. E. (2025). Evaluasi sistem perawatan injector pada mesin induk KMP Kirana II untuk meminimalisir *downtime*. Jurnal Riset Pelayaran, 8(1), 45-52.

Chen, X., Wang, Y., Roberts, W. L., & Fang, T. (2016). *Spray and atomization characteristics of fuel injectors. International Journal of Engine Research.*

Eryck, H., & Syamsir, S. A. (2022). Optimalisasi perawatan injektor terhadap performa mesin induk di kapal MV. Kali Mas. Jurnal Teknik Mesin Laut, 5(2), 11–16.

Farhan, A., Irwan, & Syamsir. (2021). Analisis peran alat pengabut bahan bakar pada mesin induk. Makassar: PIP Makassar.

Faulina, K. P. (2021). Analisis perawatan injector akibat penyumbatan bahan bakar pada main engine kapal. Jurnal Bahari, 2(2), 43–48.

Fijar, M., Hidayat, R., & Pratama, A. (2024). Keandalan perawatan sistem bahan bakar mesin induk pada kapal niaga. Jakarta: STIP Press.

Kurniadi. (2022). Fungsi mesin induk pada kelancaran operasional kapal. Semarang: Poltekpel Semarang.

Prasetyo, C. F., Yudo, H., Zakki, A. F., & Muhammad, A. H. (2021). Analisa perawatan berbasis keandalan sistem bahan bakar pada main engine di kapal KM. Kelimutu. Jurnal Penelitian Enjiniring, 25(2), 132-140.

Pratama, S. A. (2022). Pengoptimalan perawatan dan pengujian *system safety device* pada mesin induk Mitsubishi di TB. MBS 2000 1 PT. *Alusteel Engineering* Indonesia. Jurnal Marine Engineering, 1(2), 96–109.

Priharanto. (2023). Peran kapal sebagai alat transportasi laut dalam mendukung logistik nasional. Jakarta: Kencana.

Sadewo, B., dkk. (2025). Analisis sistem pembuangan otomatis *fuel oil purifier*. Jurnal Maritim Indonesia, 4(1).

Sari, A. I., Syaifuddin, M., & Andriani, T. (2023). Optimalisasi manajemen strategis prasarana pendidikan. Jurnal Administrasi Pendidikan, 1(4), 814–822.

Taraškus, V. (2023). *Operational impacts of fuel filtration failure in marine engines. Maritime Technical Journal.*

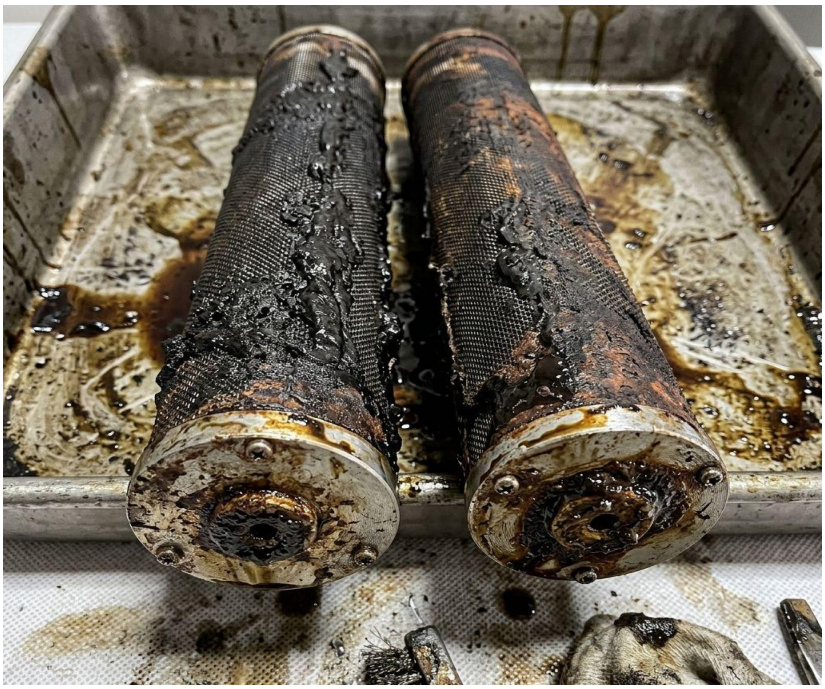
Widada, H., & Hase, M. F. A. (2021). Perawatan dan bagian-bagian injektor bahan bakar. Cilacap: Marine Press.

Ziliwu, dkk. (2020). Definisi dan fungsi mesin induk kapal. Medan: UNIMED.

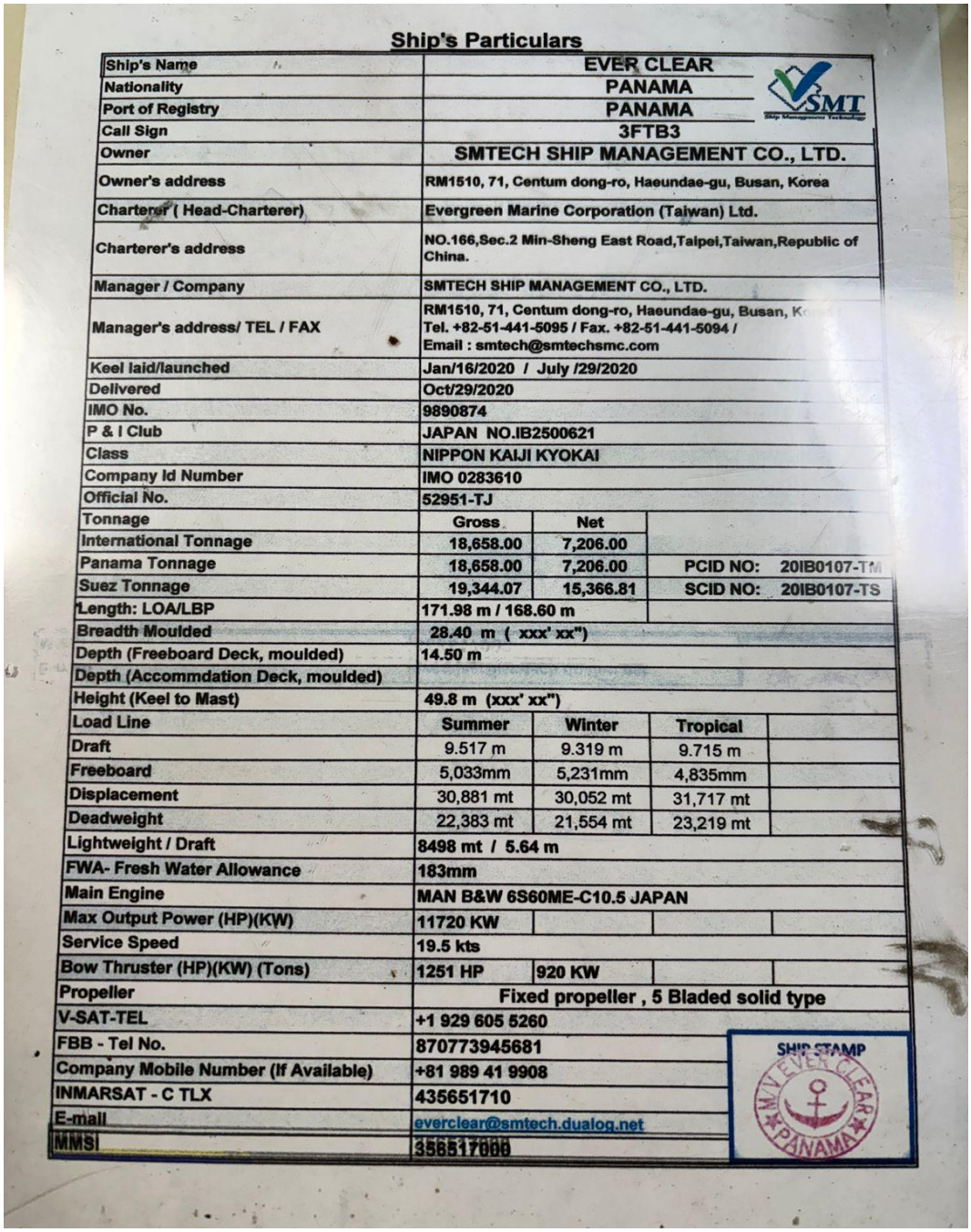
LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kapal MV. Ever Clear

Lampiran 2 Foto Kondisi Sebelum dan sesudah rekondisi penyaring bahan bakar



Lampiran 3 Ships's Particulars



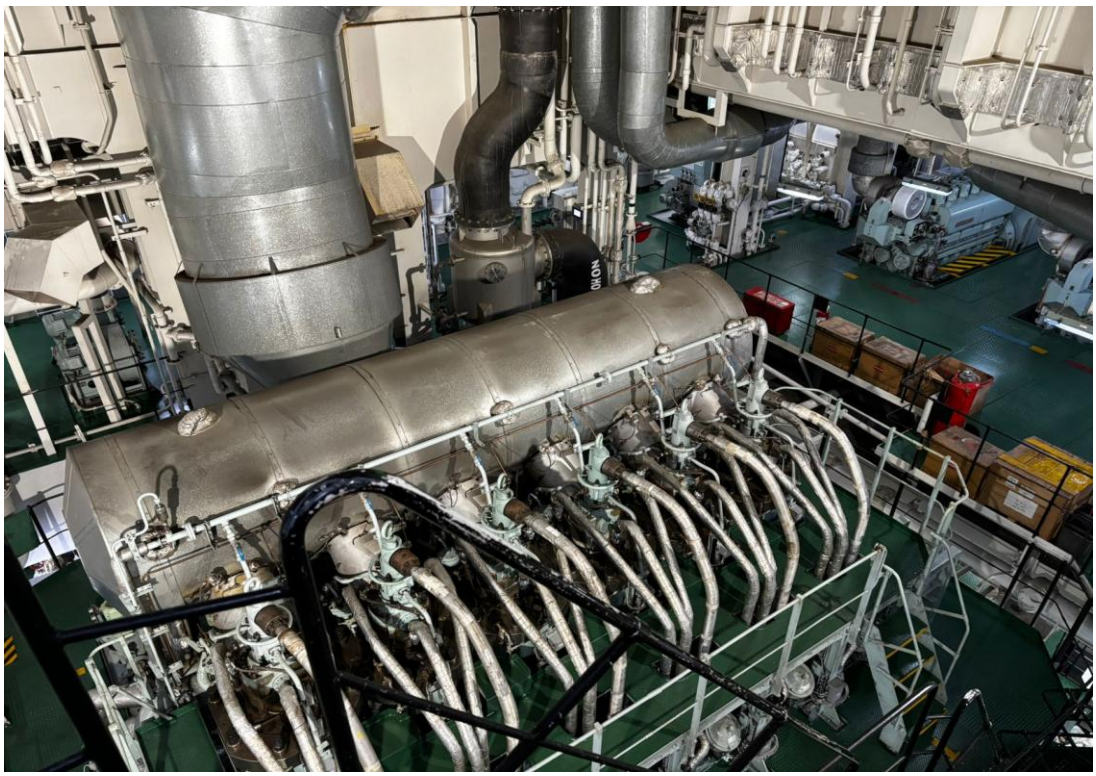
Ship's Particulars

Ship's Name	EVER CLEAR			
Nationality	PANAMA			
Port of Registry	PANAMA			
Call Sign	3FTB3			
Owner	SMTECH SHIP MANAGEMENT CO., LTD.			
Owner's address	RM1510, 71, Centum dong-ro, Haeundae-gu, Busan, Korea			
Charterer (Head-Charterer)	Evergreen Marine Corporation (Taiwan) Ltd.			
Charterer's address	NO.166,Sec.2 Min-Sheng East Road,Taipei,Taiwan,Republic of China.			
Manager / Company	SMTECH SHIP MANAGEMENT CO., LTD.			
Manager's address/ TEL / FAX	RM1510, 71, Centum dong-ro, Haeundae-gu, Busan, K Tel. +82-51-441-5095 / Fax. +82-51-441-5094 / Email : smtech@smtechsmc.com			
Keel laid/launched	Jan/16/2020 / July /29/2020			
Delivered	Oct/29/2020			
IMO No.	9890874			
P & I Club	JAPAN NO.IB2500621			
Class	NIPPON KAIJI KYOKAI			
Company Id Number	IMO 0283610			
Official No.	52951-TJ			
Tonnage	Gross	Net		
International Tonnage	18,658.00	7,206.00		
Panama Tonnage	18,658.00	7,206.00	PCID NO:	20IB0107-T
Suez Tonnage	19,344.07	15,366.81	SCID NO:	20IB0107-TS
Length: LOA/LBP	171.98 m / 168.60 m			
Breadth Moulded	28.40 m (xxx' xx")			
Depth (Freeboard Deck, moulded)	14.50 m			
Depth (Accommdation Deck, moulded)				
Height (Keel to Mast)	49.8 m (xxx' xx")			
Load Line	Summer	Winter	Tropical	
Draft	9.517 m	9.319 m	9.715 m	
Freeboard	5,033mm	5,231mm	4,835mm	
Displacement	30,881 mt	30,052 mt	31,717 mt	
Deadweight	22,383 mt	21,554 mt	23,219 mt	
Lightweight / Draft	8498 mt / 5.64 m			
FWA- Fresh Water Allowance	183mm			
Main Engine	MAN B&W 6S60ME-C10.5 JAPAN			
Max Output Power (HP)(KW)	11720 KW			
Service Speed	19.5 kts			
Bow Thruster (HP)(KW) (Tons)	1251 HP	920 KW		
Propeller	Fixed propeller , 5 Bladed solid type			
V-SAT-TEL	+1 929 605 5260			
FBB - Tel No.	870773945681			
Company Mobile Number (If Available)	+81 989 41 9908			
INMARSAT - C TLX	435651710			
E-mail	everclear@smtech.dualog.net			
MMSI	356517000			

SHIP STAMP

M.V. EVER CLEAR PANAMA

Lampiran 4 Foto Mesin Kapal



Lampiran 5 Foto Rekondisi *Injector* dan Kalibrasi *Injector*

Lampiran 6 Foto Bersama Kru Mesin

Lampiran 7 Foto Wawancara

lampiran 8 *Ship Voyage Order*

SMTECH
SHIP MANAGEMENT TECHNOLOGIES

SHIP VOYAGE ORDER
MV. EVER CLEAR

Document No.	SMTECH/SVO/MVEC/2025/041
Revision	00
Date of Issue	30 April 2025
Page	1 of 1
Prepared By	Fleet Operations Dept.

Vessel Name : MV. EVER CLEAR
IMO Number : 9890874
Vessel Type : Container Ship
Flag / Port of Registry : Panama

Company : SMTECH
Year : 2025
Voyage Period : 01 March 2025 – 03 May 2025

VOY	PORT OF CALL	COUNTRY	ETA (LT)	ETD (LT)	STAY (HRS)	REMARKS
MARCH 2025						
1	KAOHSIUNG	TAIWAN	01 Mar 06:00	01 Mar 14:00	8.0	–
2	TAICHUNG	TAIWAN	02 Mar 20:00	03 Mar 04:00	8.0	Short stay
3	SHEKOU	CHINA	04 Mar 10:00	04 Mar 15:00	5.0	–
4	QINZHOU	CHINA	05 Mar 04:00	05 Mar 09:00	5.0	–
5	NANSHA	CHINA	05 Mar 16:00	05 Mar 21:00	5.0	–
6	HONG KONG	HONG KONG	06 Mar 08:00	06 Mar 14:00	6.0	Bunker loading
7	HAIPONG	VIETNAM	07 Mar 02:00	07 Mar 14:00	12.0	–
8	DANANG	VIETNAM	08 Mar 02:00	08 Mar 14:00	12.0	–
9	HOCHIMINH	VIETNAM	10 Mar 02:00	10 Mar 18:00	16.0	–
10	LAEM CHABANG	THAILAND	12 Mar 18:00	14 Mar 18:00	48.0	–
11	KAOHSIUNG	TAIWAN	16 Mar 06:00	16 Mar 13:00	7.0	–
APRIL 2025						
12	TAICHUNG	TAIWAN	17 Apr 20:00	18 Apr 03:00	7.0	Short stay
13	SHEKOU	CHINA	19 Apr 10:00	19 Apr 15:00	5.0	–
14	QINGDAO	CHINA	20 Apr 04:00	20 Apr 10:00	6.0	–
15	NANSHA	CHINA	20 Apr 18:00	20 Apr 23:00	5.0	–
16	HONG KONG	HONG KONG	21 Apr 08:00	21 Apr 14:00	6.0	Bunker loading
17	HAIPONG	VIETNAM	22 Apr 02:00	22 Apr 14:00	12.0	–
18	DANANG	VIETNAM	23 Apr 02:00	23 Apr 14:00	12.0	–
19	LAEM CHABANG	THAILAND	27 Apr 18:00	29 Apr 06:00	36.0	–
20	HOCHIMINH	VIETNAM	25 Apr 02:00	25 Apr 18:00	16.0	–
21	FUNABASHI (TOKYO)	JAPAN	29 Apr 06:00	29 Apr 10:00	4.0	Planned
22	TOKYO (YOKOHAMA)	JAPAN	29 Apr 10:00	29 Apr 20:00	10.0	Delay for urgent maintenance
23	YOKOHAMA	JAPAN	29 Apr 23:00	30 Apr 02:30	3.5	Delay due to maintenance
24	MANILA NORTH PORT	PHILIPPINES	30 Apr 16:00	01 May 00:00	8.0	–
25	SUBIC BAY	PHILIPPINES	01 May 10:00	01 May 16:00	6.0	–
26	SHEKOU	CHINA	02 May 05:00	02 May 10:00	5.0	–
MAY 2025						
27	NANSHA	CHINA	02 May 14:00	02 May 19:00	5.0	–
28	HONG KONG	HONG KONG	03 May 08:00	03 May 14:00	6.0	Bunker loading
29	HAIPONG	VIETNAM	04 May 02:00	04 May 14:00	12.0	–
30	DANANG	VIETNAM	05 May 02:00	05 May 14:00	12.0	–
31	HOCHIMINH	VIETNAM	07 May 02:00	07 May 18:00	16.0	–
32	KAOHSIUNG	TAIWAN	09 May 06:00	09 May 13:00	7.0	–
33	TAICHUNG	TAIWAN	10 May 20:00	11 May 03:00	7.0	Short stay

NOTES:

1. The schedule above is very tight with limited time at each port.
2. Maintenance and repair work on machinery must be carried out while alongside (sea running) and during loading/discharging if possible.
3. All departments are requested to ensure sufficient stock of materials before departure from Kaohsiung (01 Mar 2025).
4. Schedule may be subject to change depending on charterer's instructions and operational conditions.

Prepared By,	Checked By,	Approved By,
Fleet Operations Dept.	Technical Superintendent	Fleet Manager
KIM MIN JAE	**JS. PARK**	**PARK GI CHOEL**
Fleet Operator	Technical Superintendent	Fleet Manager

Lampiran 9 *Engine logbook last maintenance for injector*

Berlayar di sailing in: VUNG TAU / VUNG TAU ANCHORAGE
Pada hari day: TUESDAY
Dari from:
Tanggal date: 24 DEC 2024

Waktu - Jaga watch hours	Larut - Malam Middle - watch 00.00 - 04.00	Dini - Hari Morning - watch 04.00 - 08.00	Pagi - Hari Forenoon - watch 08.00 - 12.00	Siang - Hari Afternoon - watch 12.00 - 16.00	Petang - Hari Dog - watch 16.00 - 20.00	Malam - Hari First - watch 20.00 - 24.00
Jam kerja motor induk main engine running hours				OVH = 13:30	STBY ANCHORAGE	
Putaran / menit rotation per minute				SB = 14:30		
Penunjukan putaran rotation counter						
Posisi handel bahan bakar fuel handle position						
Suhu temperature: Pendingin coolers — masuk inlet (minyak lumas / lub oil)						
Suhu temperature: Pendingin coolers — keluar outlet (minyak lumas / lub oil)						
Suhu temperature: Pendingin coolers — masuk inlet (air tawar / water)						
Suhu temperature: Pendingin coolers — keluar outlet (air tawar / water)						
Suhu temperature: Air tawar pendingin cylinder cylinder cooling water — masuk inlet						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 7 1						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 8 2						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 9 3						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 10 4						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 11 5						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 12 6						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 1 7						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 2 8						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 3 9						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 4 10						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 5 11						
Suhu temperature: Gas buang exhaust gas — cylinder No. 6 12						
Suhu temperature: Air tawar pendingin cylinder cylinder cooling water — keluar outlet						
Suhu temperature: Blok pendorong rotor block						
Suhu temperature: Air laut sea water						
Tekanan pressures kg/cm²: Air Pendingin Silinder cylinder cooling water						
Tekanan pressures kg/cm²: Minyak lumas lubricating oil						
Tekanan pressures kg/cm²: Udara bilas scavenging air						
Motor bantu/generator auxiliary engine: Jam kerja running hours	2E 50 80 440 220	1E 50 80 432 220	3E 50 80 440 220	2E 50 80 440 220	1E 50 80 440 220	3E 50 80 440 220
Motor bantu/generator auxiliary engine: Tekanan minyak lub oil preasure						
Motor bantu/generator auxiliary engine: Suhu air pendingin cooling water temp.						
Motor bantu/generator auxiliary engine: Volts						
Motor bantu/generator auxiliary engine: Amperes						
Masinis Jaga engineer on duty						

KETERANGAN LAIN-LAIN *others remarks*

- Nr. 2E running hours
- ER. CLEAR AND SAFE
- A/E FUN ALARM
- REMARK NOZZLE A/E NO. 1,2,6
- REGRINDING H/E FO. IV FOR USE
- READY SPARE
- CHANGE OUT BOTTOM BLOWDOWN
- TRANSFER FO. DIANTIK TO SEPT NO. 1
- DRAIN FO SEPT. NO 2
- MEP AND SWBT. D/R
- CONTINUE RECONDITION M/E INJECTOR
- WATER ANALYSIS
- RENEW GLAND PACKING SW. PUMP.

Pemakaian dalam 24 jam consumption in 24 hours

	Bahan Bakar FO fuel oil	Bahan Bakar DO diesel oil	Minyak Lumas lub oil	Minyak Silinder cyl. oil
Sisa kemarin previous remained: Mesin Induk main engine				
Sisa kemarin previous remained: Mesin Bantu aux. engine				
Sisa kemarin previous remained: Lain-lain others				
Sisa sekarang present remained	688.280	1%92 U-82	420	824
Diterima received	80 000			
Jumlah sekarang total received	768.280	91 082	420	824

Jumlah jam putaran motor pada jam 12.00 tengah hari
Total running hours of engines at 12.00 hours

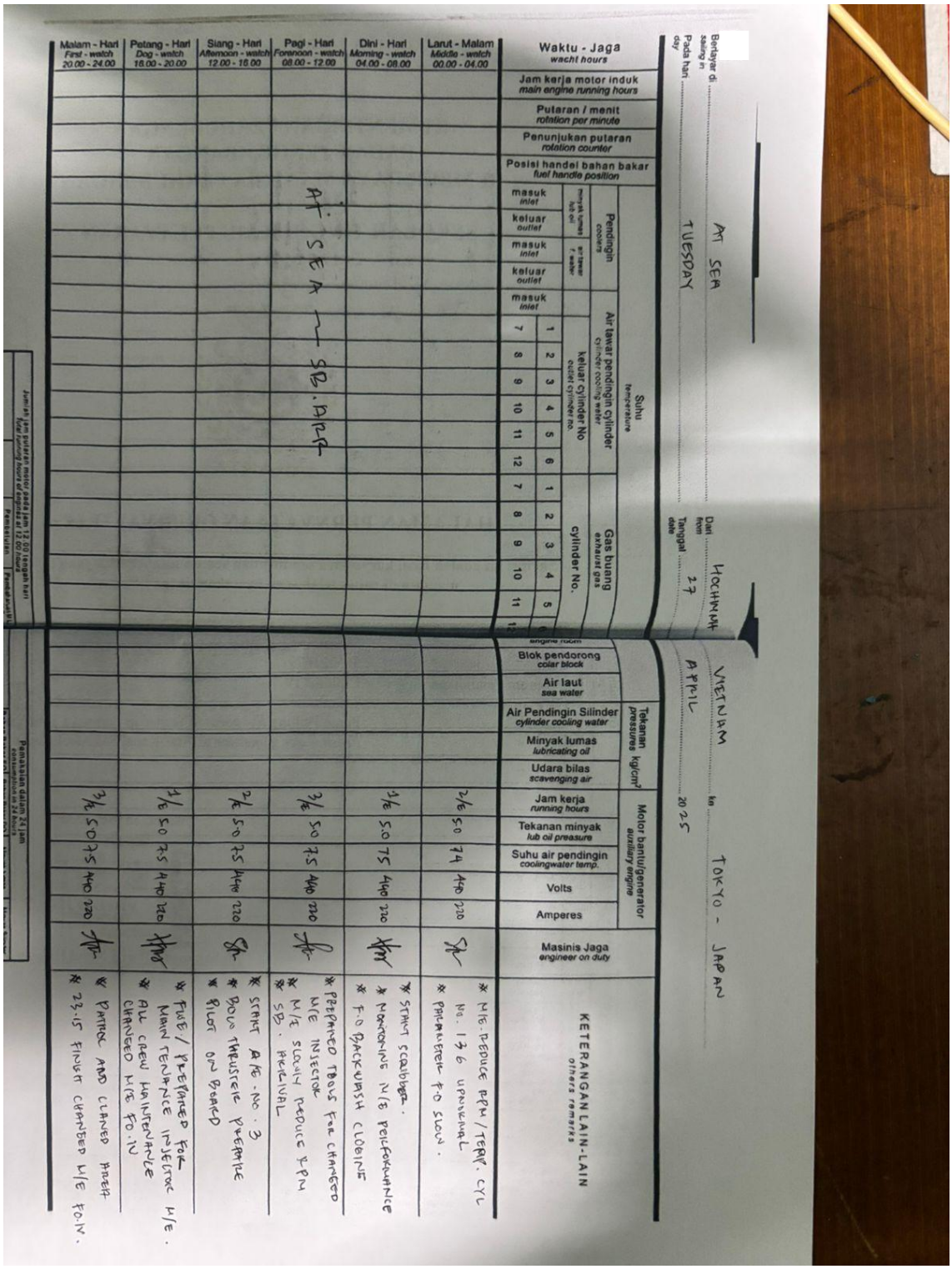
	Pemakaian hari ini Present used	Pemakaian s/d Pengisian terakhir Present used	Pengisian terakhir Last refilled
Motor induk/Main engine			
Motor bantu/Auxiliary engine			
Generator No 1 generator no 1	71 893	1442	4489
Generator No 2 generator no 2	66004	989.2	2
Kompresor Udara air compressor	72.75	1682.1	66317
Lain-lain others			

Mengetahui acknowledge
Nakhoda master
CAPT. DWI WAHYU

Ditanda - tangani oleh : Signed by
Kepala Kamar Mesin Chief Engineer
RIFAN FADLIANA

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 10 *Engine logbook after maintenance injector*



Berlayar di / sailing in: AT SEA — Dari / from: HOCHIMIH — ke: TOKYO - JAPAN
Pada hari / day: TUESDAY — Tanggal / date: 27 APRIL 2025

Waktu - Jaga (wacht hours)	Larut - Malam (Middle - watch 00.00 - 04.00)	Dini - Hari (Morning - watch 04.00 - 08.00)	Pagi - Hari (Forenoon - watch 08.00 - 12.00)	Siang - Hari (Afternoon - watch 12.00 - 16.00)	Petang - Hari (Dog - watch 16.00 - 20.00)	Malam - Hari (First - watch 20.00 - 24.00)
Jam kerja motor induk (main engine running hours)						
Putaran / menit (rotation per minute)						
Penunjukan putaran (rotation counter)						
Posisi handel bahan bakar (fuel handle position)						
Suhu (temperature) — Air tawar pendingin cylinder (cylinder cooling water) — keluar cylinder No. (outlet cylinder no.) 1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Gas buang (exhaust gas) cylinder No. 1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Pendingin (coolers) — Minyak lumas (lub oil) masuk (inlet)						
keluar (outlet)						
air tawar (f. water) masuk (inlet)						
keluar (outlet)						
masuk (inlet)						
Tekanan (pressures kg/cm²) — Udara bilas (scavenging air)						
Minyak lumas (lubricating oil)						
Air Pendingin Silinder (cylinder cooling water)						
Air laut (sea water)						
Blok pendorong (colar block)						
Motor bantu/generator (auxiliary engine) — Jam kerja (running hours)	2/E 50 74	1/E 50 75	3/E 50 75	2/E 50 75	1/E 50 75	3/E 50 75
Tekanan minyak (lub oil preasure)	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP
Suhu air pendingin (coolingwater temp.)	220	220	220	220	220	220
Volts						
Amperes						
Masinis Jaga (engineer on duty)						
KETERANGAN LAIN-LAIN (others remarks)	* M/E REDUCE RPM / TEMP. CYL NO. 1 & 6 UNNORMAL * PERFORMANCE F.O SLOW.	* START SCAVENGER. * MONITORING M/E PERFORMANCE * F.O BACKWASH CLOSING	* PREPARED TOOLS FOR CHANGED M/E INJECTOR * M/E SLOWLY REDUCE RPM * S/B. ARRIVAL	* START A/E - NO. 3 * BOW THRUSTER PREPARE * PILOT ON BOARD	* FWE / PREPARED FOR MAIN TENANCE INJECTOR M/E. * ALL CREW MAINTENANCE CHANGED M/E F.O.N	* PATROL AND CLEANED AREA * 22.15 FINISH CHANGED M/E F.O.N.

Jam efektif jam pemakaian motor induk dalam 24 jam (dengan kerja mesin) / Effective hours of engine running in 24 hours: Penerusan / Forwarded

Pemakaian dalam 24 jam / consumption in 24 hours

AT SEA ~ SB. ARR

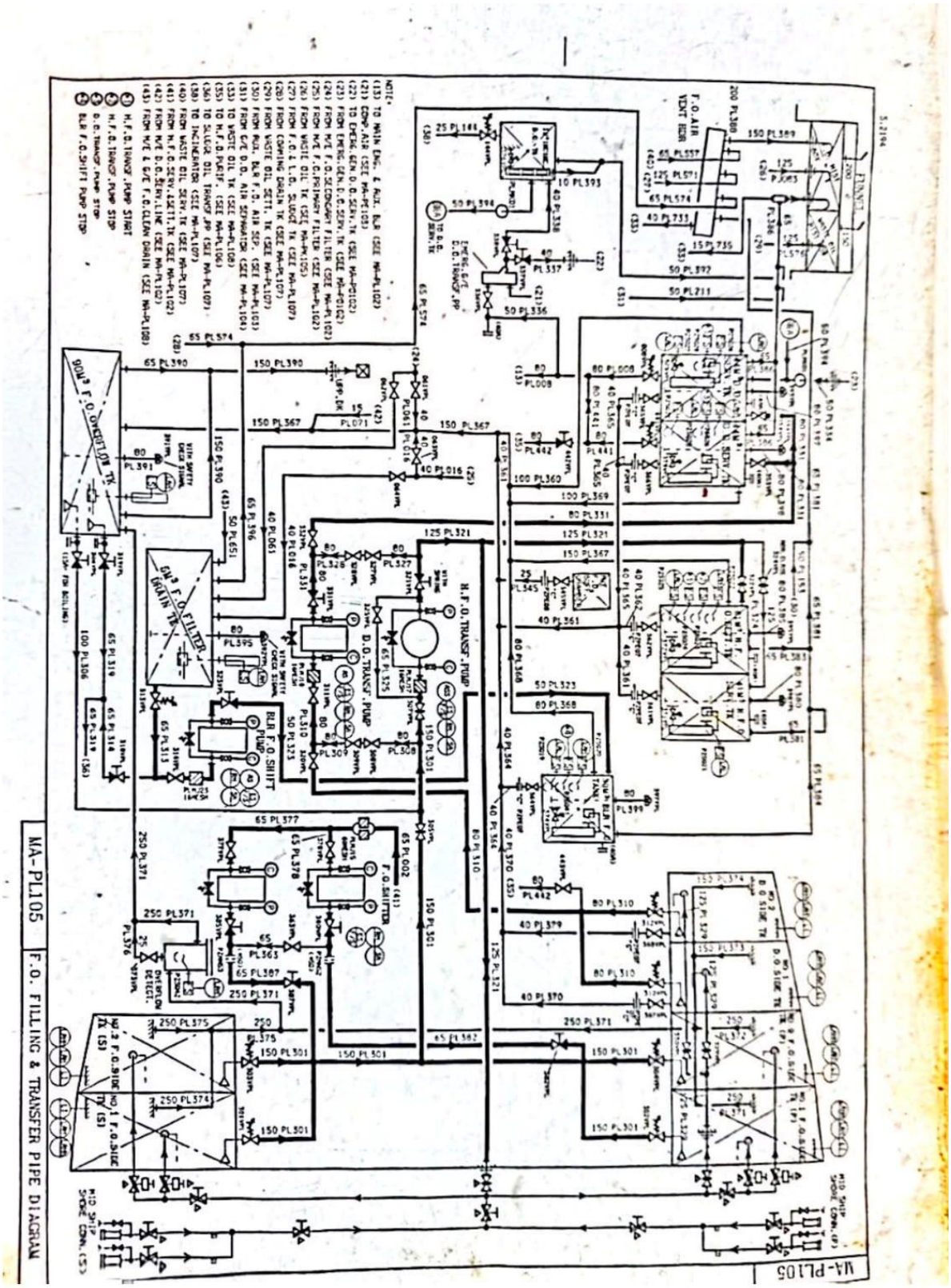
Lampiran 11 Wawancara bersama *First engineer* dan kru

NO	Pertanyaan Cadet	Jawaban First Engineer
1	Mengapa suhu gas buang mesin induk dapat meningkat pada salah satu silinder?	Peningkatan suhu gas buang umumnya disebabkan oleh kualitas pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna akibat nozzle injector tersumbat atau aus sehingga proses pembakaran menjadi tidak optimal.
2	Apa indikasi awal bahwa injector mengalami gangguan?	Indikasi awalnya adalah temperatur gas buang antar silinder tidak merata, muncul asap hitam, konsumsi bahan bakar meningkat, dan tenaga mesin menurun.
3	Mengapa injector pada penelitian ini mengalami penurunan kinerja?	Karena injector telah melewati jadwal PMS yang ditetapkan yaitu 1.000 jam kerja dan telah beroperasi hingga sekitar 2.962 jam sehingga terjadi penumpukan deposit karbon pada nozzle.
4	Bagaimana keterlambatan perawatan injector mempengaruhi temperatur gas buang?	Pemakaian injector yang melebihi running hours menghasilkan pola semprotan yang tidak merata sehingga pembakaran tidak sempurna dan menyebabkan temperatur gas

NO	Pertanyaan Cadet	Jawaban First Engineer
		buang beberapa silinder meningkat di atas normal.
5	Kendala apa yang dihadapi kru terkait suku cadang?	Terjadinya keterlambatan pengadaan dan distribusi logistik, sehingga kru terpaksa menggunakan komponen cadangan yang sudah tidak layak pakai atau melewati batas umur operasional.
6	Apa tindakan yang dilakukan untuk mengatasi penurunan tekanan bahan bakar?	Membersihkan atau mengganti elemen auto backflush filter, memeriksa differential pressure filter, dan memastikan sistem backwashing bekerja dengan baik.
7	Tindakan darurat apa yang dilakukan jika *filter* buntu namun suku cadang tidak ada?	Melakukan pembersihan *elemen filter* secara manual menggunakan bahan bakar bersih atau udara bertekanan (*backflushing*) serta menyiapkan filter bekas yang sudah direkondisi.
8	Apa tindakan yang dilakukan untuk menurunkan temperatur gas buang yang tinggi?	Melakukan overhaul injector, membersihkan nozzle, menguji tekanan pembukaan injector, dan memastikan suplai bahan bakar ke setiap silinder dalam kondisi normal.

NO	Pertanyaan Cadet	Jawaban First Engineer
9	Berapa temperatur gas buang yang menunjukkan kondisi tidak normal?	Pada kondisi normal temperatur gas buang berada pada kisaran 298–307°C, sedangkan pada saat terjadi gangguan temperatur meningkat hingga mencapai sekitar 418–521°C pada beberapa silinder.
10	Apa dampak jangka panjang jika tekanan bahan bakar rendah dan suhu gas buang tinggi dibiarkan terus-menerus?	Dapat menyebabkan penurunan performa mesin induk, peningkatan konsumsi bahan bakar, kerusakan piston dan liner, keausan exhaust valve, serta meningkatnya biaya perawatan mesin.

Lampiran 12 *Fuel oil pipe line* diagram



Dipindai dengan CamScanner