

**UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR*
TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA
MESIN INDUK DI KAPAL MV TANTO SEHAT**



Diajukan dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Permesinan Kapal

UCOK PANGIHUTAN SIHOTANG
NPM. 2202039

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI DANAU DAN
PENYEBERANGAN PALEMBANG
TAHUN 2025**

**UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR*
TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA
MESIN INDUK DI KAPAL MV TANTO SEHAT**



Diajukan dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Permesinan Kapal

UCOK PANGIHUTAN SIHOTANG
NPM. 2202039

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI DANAU DAN
PENYEBERANGAN PALEMBANG
TAHUN 2025**

HALAMAN PENGESAHAN
UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR* TERHADAP
PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK DI
KAPAL MV TANTO SEHAT

Disusun dan Diajukan Oleh :

Ucok Pangihutan Sihotang

NPM: 2202039


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KKW

Pada tanggal 19 Agustus 2025

Menyetujui

Penguji I

Penguji II



Slamet Prasetyo Sutrisno, S.T., M.Pd
NIP: 19760430 200812 1 001



R. Muhamad Firzatullah, M.Kom
NIP: 19940406 202203 1 010

Mengetahui
Ketua Program Studi
Diploma III Permesinan Kapal



Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc
NIP. 19780513 200912 1 001

PERSETUJUAN SEMINAR KERTAS KERJA WAJIB

Judul : UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR*
TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA
MESIN INDUK DI KAPAL MV TANTO SEHAT

Nama Taruna : UCOK PANGIHUTAN SIHOTANG


NPM : 2202039

Program Studi : D-III Permesinan Kapal

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan
Palembang, 19 Agustus 2025

Menyetujui

Pembimbing I

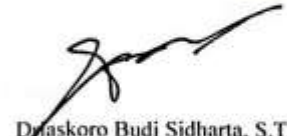

Draskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc
NIP. 19780513 200912 1 001

Pembimbing II


Ir. M. Fahmi Amrillah, S. T., M. T., IPP
NIP. 19950807 202203 1 003

Mengetahui

Ketua Program Studi
Diploma III Permesinan Kapal


Draskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc
NIP. 19780513 200912 1 001

SURAT PERALIHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ucok Pangihutan Sihotang
NPM : 2202039
Program Studi : DIII Permesinan Kapal

Adalah **pihak I** selaku penulis asli karya ilmiah yang berjudul “Upaya Mempertahankan Kinerja *Injektor* Terhadap Proses Pengabutan Bahan Bakar Pada Mesin Induk Di Kapal MV Tanto Sehat”, dengan ini menyerahkan karya ilmiah kepada :

Nama : Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang
Alamat : Jln. Sabar Jaya No. 116, Prajin, Banyuasin I, Kab. Banyuasin, Sumatra Selatan.

Adalah **pihak ke II** selaku pemegang hak cipta berupa Laporan Kertas Kerja Wajib Taruna Program Studi Diploma III Permesinan Kapal selama batas waktu yang tidak ditentukan.

Demikian surat pengalihan hak ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pemegang Hak Cipta

Poltektrans SDP Palembang

Palembang, 19 Agustus 2025
Pencipta


(Ucok Pangihutan Sihotang)

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ucok Pangihutan Sihotang

NPM : 2202039

Program Studi : DIII Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KKW yang saya tulis dengan judul :

UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR* TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV TANTO SEHAT

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KKW tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang.

Palembang, 19 Agustus 2025



Ucok Panginutan Sihotang



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM



POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI, DANAU DAN PENYEBERANGAN PALEMBANG

Jl. Sabar Jaya No. 116
Palembang 30763

Telp. : (0711) 753 7278
Fax. : (0711) 753 7263

Email : kepegawaian@politeknissdp-palembang.ac.id
Website : www.politeknissdp-palembang.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME
Nor : 138 / PD / 2025

Tim Verifikator Smiliarity Karya Tulis Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan
Penyeberangan Palembang, menerangkan bahwa identitas berikut :

Nama : UCOK PANGIHUTAN SIHOTANG
NPM : 2202039
Program Studi : D. III STUDI PERMESINAN KAPAL
Judul Karya : UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA INJEKTOR
TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR
PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV TANTO SEHAT.

Dinyatakan sudah memenuhi syarat dengan Uji Turnitin 25% sehingga memenuhi
batas maksimal Plagiasi kurang dari 25% pada naskah karya tulis yang disusun. Surat
keterangan ini digunakan sebagai prasyarat pengumpulan tugas akhir dan *Clearence*
Out Wisuda.

Palembang, 29 Agustus 2025
Verifikator

Kurniawan, S.IP
NIP. 19990422 202521 1 005

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyusun Kertas Kerja Wajib yang berjudul “Upaya Mempertahankan Kinerja *Injektor* Terhadap Proses Pengabutan Bahan Bakar Pada Mesin Induk Di Kapal MV Tanto Sehat” tepat pada waktunya. Penulis dapat menyelesaikan dengan baik dan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Ahli Madya pada Program Diploma III Permesinan kapal Politeknik Transportasi SDP Palembang

Pada kesempatan ini disampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan ,anatara lain kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko.,M.M., IPM,. M,Mar,E selaku Direktur Politeknik Transportasi Sungai, Danau Dan Penyeberangan Palembang
2. Bapak Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir. M. Fahmi Amrillah, S.T., M.T. IPP Selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc. Selaku ketua Prodi Permesinan Kapal di Politeknik Transportasi SDP Palembang
5. PT. Tanto Intim Line yang telah memberikan kesempatan kepada penulis agar bisa menjalankan praktek laut di perusahaan ini
6. Nakhoda MV. Tanto Sehat Capt. Adam Malik dan seluruh awak kapal yang telah membimbing dan berbagi ilmu selama penulis berada di atas kapal untuk melaksanakan praktek laut
7. Orangtua tersayang Bapak Natalis Sihotang dan Ibu Lindu Simbolon serta adik-adik saya yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam menjalankan pendidikan selama di Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang
8. Teman-teman seperjuangan Abhiseva Nawasena Angkatan 33 Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang
9. Amangboru/Namboru Kevin, Pak Tua/Mak Tua Michael dan Pak Tua/Mak Tua Plaju yang sudah menampung ketika IB/*Long week* dirumahnya

10. Anak-anak rumah doa terimakasih buat semua kenangan yang tak terlupakan
Demikian, Saya berharap semoga hasil karya tulis saya ini dapat bermanfaat
dan menambah wawasan yang baru bagi pihak yang nantinya akan membaca
karya tulis ini.

Palembang. agustus 2025

UCOK PANGIHUTAN SIHOTANG
NPM 2202039

**UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR* TERHADAP
PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK DI
KAPAL MV TANTO SEHAT**

Ucok Pangihutan Sihotang (2202039)

Dibimbing oleh Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc.

dan Ir. M. Fahmi Amrillah, S.T., M.T. IPP

ABSTRAK

Injektor merupakan komponen vital dalam sistem bahan bakar mesin diesel yang berfungsi mengabutkan bahan bakar untuk proses pembakaran yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab menurunnya kinerja *injektor* dan mengidentifikasi upaya pemeliharaan yang tepat untuk mempertahankan performanya pada mesin induk kapal MV Tanto Sehat.

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus, melakukan observasi langsung terhadap kondisi *injektor*, analisis kerusakan, dan implementasi tindakan perbaikan. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan dokumentasi proses perawatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kinerja *injektor* disebabkan oleh beberapa faktor utama: penyumbatan *nozzle* akibat penumpukan endapan karbon sisa pembakaran, keausan komponen internal seperti O-ring, spring, dan *nozzle* tip akibat pemakaian jangka panjang tanpa perawatan rutin yang memadai. Kondisi ini mengakibatkan proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak optimal, mengurangi efisiensi pembakaran, dan menurunkan performa mesin secara keseluruhan.

Upaya pemeliharaan yang efektif meliputi: pembersihan *nozzle* secara berkala menggunakan metode lapping dengan amplas dan solar, penyemprotan udara bertekanan untuk menghilangkan partikel sisa, penggantian komponen internal yang aus, dan penggantian *nozzle* spare ketika diperlukan. Implementasi perawatan preventif secara rutin terbukti dapat mempertahankan kinerja *injektor* dan memperpanjang umur pakai komponen.

Kata kunci: *Injektor*, Mesin Induk, Pengabutan Bahan Bakar

***EFFORTS TO MAINTAIN INJECTOR PERFORMANCE IN THE FUEL
ATOMIZATION PROCESS OF THE MAIN ENGINE IN THE MV TANTO
SEHAT***

Ucok Pangihutan Sihotang (2202039)
Supervised by Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc.
and Ir. M. Fahmi Amrillah, S.T., M.T., IPP

ABSTRACT

The injector is a vital component in a diesel engine fuel system, functioning to atomize fuel for optimal combustion. This study aims to analyze the factors contributing to the decline in injector performance and to identify appropriate maintenance measures to sustain its performance on the main engine of MV Tanto Sehat.

The research method employed is quantitative descriptive with a case study approach, involving direct observation of injector conditions, damage analysis, and the implementation of corrective actions. Data were collected through field observations and documentation of maintenance procedures.

The findings reveal that reduced injector performance is primarily caused by nozzle blockage due to carbon deposit buildup from combustion residues, as well as wear of internal components such as O-rings, springs, and nozzle tips resulting from prolonged use without adequate routine maintenance. These conditions lead to suboptimal fuel atomization, decreased combustion efficiency, and overall engine performance deterioration.

Effective maintenance efforts include periodic nozzle cleaning using the lapping method with sandpaper and diesel fuel, compressed air spraying to remove residual particles, replacement of worn internal components, and the substitution of spare nozzles when necessary. The implementation of regular preventive maintenance has proven effective in maintaining injector performance and extending component service life.

Keywords : *Injector, Main Engine, Fuel Atomization*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SEMINAR	iii
HALAMAN SURAT PERALIHAN HAK CIPTA	iv
HALAMAN SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
A. Tinjauan Pustaka	4
1. Penelitian Terdahulu	4
B. Landasan Teori	5
1. Landasan Hukum	5
2. Landasan Teori	7

BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Desain Penelitian	25
B. Teknik Pengumpulan Data	29
C. Teknik Analisis Data	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	30
A. Analisis	30
B. Pembahasan	36
BAB V PENUTUP	43
A. Kesimpulan	43
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Timeline penelitian	25
Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>Injektor</i> Main Engine Anqing Daihatsu 8DKM-28E	32
Tabel 4. 2 Performa <i>Injektor</i> Main Engine MV. Tanto Sehat	35
Tabel 4. 3 Upaya perbaikan <i>Injektor</i> Main Engine MV. Tanto Sehat	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Langkah Kerja Mesin Diesel 4 Langkah	8
Gambar 2. 2 <i>Injektor</i>	10
Gambar 2. 3 Single hole <i>nozzle</i>	12
Gambar 2. 4 Multi Hole <i>Nozzle</i>	12
Gambar 2. 5 Pintle <i>Nozzle</i>	13
Gambar 2. 6 Throttle Type	14
Gambar 2. 7 Sistem Supply Bahan Bakar	18
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 4. 1 Logo Perusahaan	30
Gambar 4. 2 MV Tanto Sehat	40
Gambar 4. 3 Ship Particular	40
Gambar 4. 4 <i>Injektor</i> main engine	33
Gambar 4. 5 RPM main engine	34
Gambar 4. 6 Temperatur suhu gas buang main engine	35
Gambar 4. 7 O-ring <i>Injektor</i> Main Engine	37
Gambar 4. 8 Spring <i>Injektor</i> Main Engine	38
Gambar 4. 9 <i>Nozzle injektor</i> kotor	39
Gambar 4. 10 <i>Nozzle</i> baru <i>injektor</i>	39
Gambar 4. 11 Grafik tekanan <i>injektor</i> main engine	40
Gambar 4. 12 Diagram penurunan kinerja <i>injektor</i> mesin induk	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Ship Particular	45
Lampiran 2 : Crew List	46
Lampiran 3 : Mesin Induk MV Tanto Sehat	47
Lampiran 4 : Manual Book Mesin Induk	48
Lampiran 5: Manual Book Mesin Induk	49
Lampiran 6: Log Book MV Tanto Sehat	50
Lampiran 7: Jurnal perawatan <i>injektor</i>	51
Lampiran 8: Running Hours Mesin Induk	52
Lampiran 9: <i>Injektor</i> Testter	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perawatan *injektor* yang tidak tepat dapat menyebabkan mesin tidak mencapai kecepatan maksimal dan gas buang yang tidak teratur. Dua peristiwa ini dapat terjadi karena o-ring yang rusak atau *nozzle* yang tersumbat pada *injektor*. (Sarifuudin, 2021). Faktor utama yang menyebabkan penurunan kinerja *injektor* adalah kualitas bahan bakar yang buruk, endapan karbon atau kotoran pada *nozzle injektor*, komponen *injektor* yang rusak, tekanan bahan bakar yang tidak stabil, dan sistem filtrasi bahan bakar yang tidak berfungsi dengan baik. (Setiawan Bagus Prayogi, 2025). Ketika lubang *nozzle* tersumbat oleh bahan bakar yang kotor atau bahan bakar yang menetes ke ujung *nozzle*, itu dapat menyebabkan gangguan dan kerusakan pada *injektor*, yang berdampak pada proses penyemprotan-pengabutan bahan bakar pada *injektor* dan sistem pembakaran pada ruang bakar motor diesel. (Yeyen Herlina, 2019). Penyebab kurang optimalnya kerja *injektor* dalam mengabutkan bahan bakar antara lain lubang pengabut tersumbat atau terlalu lebar, jarum sudah terlalu longgar, suhu gas buang mesin induk tidak normal, mesin Induk mengeluarkan asap yang lebih hitam pekat, suplai antar bahan bakar dan udara tidak seimbang dan perawatan *injektor* tidak sesuai dengan *instruction manual book*. (Alfath Dimas Pramada, 2025).

Di sisi yang lain, beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja *injektor* antara lain dilakukannya pemeriksaan dan pengetesan pada *injektor*, selalu melakukan PMS (*Planned maintenance system*) sesuai di *manual book*, dan meningkatkan kualitas bahan bakar dari adanya kandungan air dan lumpur dengan cara menjalankan *FO purifier*. (BUDIYONO, 2024). Upaya yang dilakukan untuk mengoptimalkan proses turunya tekanan *injektor* terhadap tenaga main engine ialah dengan melakukan pengambilan diagram indikator untuk mengetahui performa dari *injektor* yang berfungsi dengan normal dan melaksanakan PMS (*plan maintenance system*)

sesuai dengan buku manual untuk penggunaan pada pompa serta sesekali mengecek akan hasil lab untuk bahan bakar terlebih kepada kekentalannya agar dapat memastikan apakah bahan bakar menjadi kendala dalam kinerja pengabutan bahan bakar di mesin induk. (SYAFRUDIN, 2021). Upaya yang dilakukan untuk mencegah penurunan viskositas bahan bakar MFO pada kinerja *injektor* mesin utama, yaitu penyesuaian suhu bahan bakar yang benar, penambahan bahan kimia tambahan pada bahan bakar, pemeliharaan cleaner, dan pemeliharaan pembersih. (ALDIN, 2022)

Berdasarkan hal tersebut diatas bahwa perawatan *injektor* dapat menjaga dan mengembalikan kinerja *injektor* seperti sedia kala. Pada penelitian ini, penulis bermaksud mengamati pengaruh perawatan terhadap kinerja injector pada mesin induk pada kapal MV. Tanto Sehat dengan judul “UPAYA MEMPERTAHANKAN KINERJA *INJEKTOR* TERHADAP PROSES PENGABUTAN BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK DI MV TANTO SEHAT”.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari latar belakang di atas, mencakup berbagai masalah yang terkait dengan masalah tersebut. Perumusan masalah yang berfokus pada pokok masalah akan mencakup:

1. Apa penyebab turunnya kinerja *injektor* pada mesin induk di kapal MV. Tanto Sehat?
2. Bagaimana upaya yang harus dilakukan untuk mempertahankan kinerja *injektor* pada mesin induk di kapal MV. Tanto Sehat?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian ini, maka penulis mempunyai tujuan yaitu:

1. Mengetahui penyebab penyebab turunnya kinerja *injektor* pada mesin induk di kapal MV Tanto Sehat.
2. Mengetahui upaya yang harus dilakukan untuk mempertahankan kinerja *injektor* pada mesin induk di kapal MV. Tanto Sehat.

D. Batasan Masalah

Penulis hanya membatasi masalah tersebut pada *injektor* jenis *single hole* di mesin induk.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini:

1. Manfaat Praktisi

Memahami upaya mempertahankan kinerja injector terhadap proses pengabutan bahan bakar pada mesin induk di kapal memberikan banyak manfaat bagi praktisi, seperti meningkatkan efisiensi operasional, memperpanjang usia pakai mesin, meningkatkan keselamatan operasi, mendukung kepatuhan terhadap regulasi, dan meningkatkan pengetahuan dan keahlian. Hal ini menjadikan praktisi yang lebih profesional dan kompeten dalam bidang maritim.

2. Manfaat Bagi Akademik

Upaya untuk mempertahankan kinerja injector terhadap proses pengabutan bahan bakar pada mesin induk di kapal memiliki banyak manfaat bagi dunia akademik. Manfaat ini dapat dirasakan oleh:

a. Bagi Lembaga Pendidikan

Untuk meningkatkan pengetahuan di bidang *injektor* dan memperlengkapi sumber pengetahuan di Poltektrans SDP Palembang

b. Bagi Perusahaan Pelayaran

Penelitian ini dapat membantu perusahaan pelayaran mengembangkan kebijakan manajemen perawatan baru.

3. Manfaat Bagi Masyarakat

Upaya untuk menjaga kinerja injector pada mesin kapal memiliki manfaat yang luas bagi masyarakat, termasuk penghematan biaya, peningkatan keselamatan, pelestarian lingkungan, dan dukungan untuk ekonomi maritim.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Penelitian Terdahulu

Peneliti harus melakukan *review* penelitian sebelumnya, yang terdiri dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh orang lain yang terlibat dalam penelitian ini, dengan tujuan untuk mengetahui apa yang telah dilakukan dan membandingkannya dengan penelitian sebelumnya. Dengan melakukan *review* ini, peneliti dapat menghindari melakukan kesalahan yang sama atau membuat kesalahan yang sama.

Peneliti terdahulu (Ahmad Puji Nugroho a, 2018) melakukan penelitian mengenai Pengaruh Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk di MT. Bauhinia. Dalam penelitiannya mendapatkan hasil dalam sebuah permesinan kapal Injector merupakan alat untuk pengabutan yang berfungsi sebagai penunjang kelancaran sistem pembakaran. Apabila pada akhir penyemprotan *injektor* bahan bakar menetes atau mengalami kebocoran maka akan terjadi pengabutan kurang sempurna pada saat kapal berlayar. Dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui faktor, dampak dan upaya yang dilakukan agar pembakaran bahan menjadi sempurna. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode deskriptif kuantitatif, penulis membatasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan kerja dari sistem pengabutan. Adapun penulis merumuskan masalah yang berdasarkan hasil pengamatan yaitu, tersumbatnya lubang *nozzle* karena adanya kotoran, yang mengakibatkan sistem pengabutan tidak dapat berfungsi secara optimal, sehingga perlunya upaya perawatan yang dilakukan untuk menjaga agar pembakaran mesin induk dapat bekerja secara optimal. Hasil tersebut dapat diambil kesimpulan yang dapat dijadikan sebagai

pedoman untuk melakukan adanya perawatan yang baik, agar proses pembakaran bahan bakar dapat sempurna.

Penelitian terkait *injektor* yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya diantaranya pernah dilakukan oleh (HALIMAH, 2020) meneliti tentang Optimalisasi Perawatan *Injektor* guna Menunjang Performa Diesel Generator di MT. Serang Jaya. Metode pengumpulan data menggunakan observasi dan wawancara. Penelitian ini menganalisis faktor yang menyebabkan kurang optimalnya perawatan injektor diesel generator di MT. Serang Jaya ialah tidak adanya prosedur PMS (*Planned Maintenance System*) yang jelas di atas kapal, adanya kandungan air pada bahan bakar dan *nozzle*, serta *spring* yang sudah rusak.

B. Landasan Teori

1. Landasan Hukum

Dasar Hukum yang terkait pada penelitian ini diambil sebagai landasan teori dan berkaitan dengan ilmu atau masalah yang diambil oleh peneliti sebagai berikut:

- a. Dalam *SOLAS 1974/1978 Chapter II Part C, D, E*, dengan jelas menegaskan bahwa semua kapal dari Negara *IMO* harus melaksanakan "Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal".

Tujuan Umum Sistem Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal, yaitu:

- 1) Untuk memperoleh pengoperasian kapal yang teratur, serta meningkatkan penjagaan keselamatan awak kapal, muatan dan peralatannya.
- 2) Untuk memperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang paling mahal / penting yang menyangkut waktu operasi, sehingga system perawatan dapat dilaksanakan secara teliti dan dikembangkan dalam rangka penghematan / pengurangan biaya perawatan dan perbaikan.
- 3) Untuk menjamin kesinambungan pekerjaan perawatan

sehingga *Team Work's Engine Department* dapat mengetahui permesinan yang sudah dirawat dan yang belum mendapatkan perawatan.

- 4) Untuk mendapatkan informasi umpan-balik yang akurat bagi kantor pusat dalam meningkatkan pelayanan, perancangan kapal, dan sebagainya, sehingga fungsi kontrol manajemen dapat berjalan.

Tujuan khusus perawatan dan perbaikan mesin kapal ialah:

- 1) Untuk mencegah terjadinya suatu kerusakan yang lebih besar/berat, dengan melaksanakan sistem perawatan yang terencana,
 - 2) Untuk mempertahankan kapal selalu dalam kondisi laik laut dalam segala cuaca dan tempat.
 - 3) Untuk lebih memudahkan pemeriksaan / pengontrolan semua suku cadang yang jumlahnya ribuan item, dengan system penomoran dan pemberian label tiap item.
 - 4) Untuk memperkecil kerusakan yang akan terjadi dan meringankan beban kerja dari suatu pekerjaan diatas kapal.
 - 5) Untuk mengelola biaya yang sudah disediakan (anggaran perawatan) dan dapat dipergunakan sesuai kebutuhan yang direncanakan.
 - 6) Untuk menjaga komitmen atau perjanjian usaha perdagangan dengan pihak kedua (rekanan) dan pihak ketiga (sub rekanan).
- b. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran

Pasal-pasal yang berkaitan dengan landasan hukum penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pasal 124 ayat 2

Persyaratan Keselamatan Kapal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi, material, konstruksi, bangunan,

permesinan, kelistrikan, stabilitas, tata susunan perlengkapan, peralatan keselamatan, pemadam kebakaran, dan elektronika Kapal.

- c. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Pemeriksaan, Pengujian, dan Sertifikasi Keselamatan Kapal

Pasal- pasal dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Pemeriksaan, Pengujian, dan Sertifikasi Keselamatan Kapal dijelaskan bahwa :

- 1) Pasal 1 Ayat 7

Pemeriksaan adalah Pemeriksaan lengkap terhadap semua hal yang berkaitan dengan sertifikat keselamatan Kapal, guna memastikan pemenuhan semua persyaratan untuk operasional Kapal.

- 2) Pasal 5 Ayat (2)

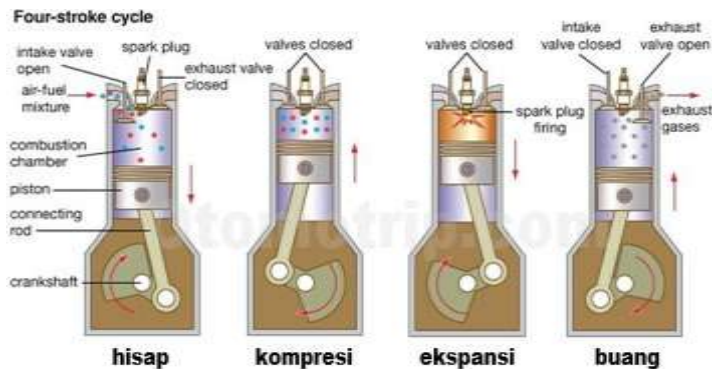
Pemeriksaan Pertama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan keselamatan dan perlengkapan memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan dan ketentuan Internasional.

2. Landasan Teori

- a. Mesin Diesel

Dikutip dari (Armstrong, 2013), mesin diesel adalah mesin pembakaran internal dimana udara dikompresi ke suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan bahan bakar yang disuntikkan ke dalam silinder, di mana pembakaran dan pemancaran menggerakkan piston yang mengubah energi kimia yang dalam bahan bakar menjadi energi mekanik, yang dapat digunakan untuk Main Engine di kapal Siklus motor 4 langkah. Motor 4 langkah merupakan motor yang satu siklus kerjanya diperlukan 4 langkah gerakan

piston atau 2 putaran engkol. Empat langkah piston tersebut sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Langkah Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

Sumber: otomotrip.com

1) Langkah Hisap

Piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah). Posisi katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Akibat gerakan piston volume didalam silinder membesar sehingga tekanan turun. Turunnya tekanan di dalam silinder menyebabkan adanya perbedaan tekanan diluar silinder dengan didalam silinder sehingga campuran bahan bakar terhisap masuk ke dalam silinder.

2) Langkah Kompresi

Piston bergerak dari TMB menuju TMA. Posisi katup hisap dan katup buang tertutup. Gerakan piston menyebabkan volume didalam silinder mengecil dan memampatkan/mengompresi campuran bahan bakar didalam silinder sehingga tekanan dan temperatur naik.

3) Langkah Usaha

Beberapa saat sebelum TMA, busi memercikkan api sehingga membakar campuran bahan bakar. Terbakarnya campuran bahan bakar menyebabkan temperatur dan tekanan

didalam silinder naik. Tekanan mendorong piston dari TMA menuju TMB, melalui batang piston gaya tekan piston digunakan untuk memutar poros engkol, pada poros engkol digunakan untuk memutar beban

4) Langkah Buang

Piston bergerak dari TMB menuju TMA. Posisi katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Gerakan piston menyebabkan piston mendorong gas buang ke luar menuju knalpot melalui katup buang. Setelah langkah buang maka motor melakukan langkah hisap, kompresi, usaha dan buang, demikian seterusnya sehingga selama ada proses pembakaran proses pembakaran maka motor berputar terus.

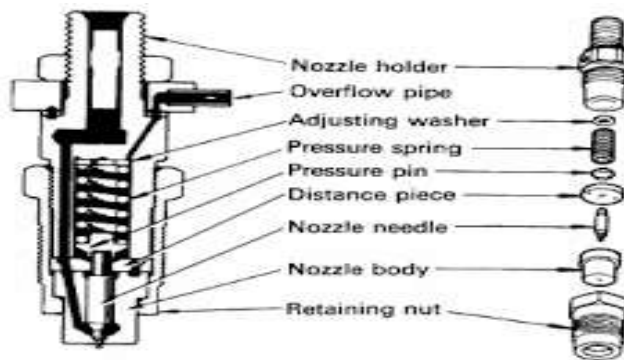
b. *Injektor*

Salah satu komponen penting sistem yang menggunakan bahan bakar diesel adalah *injektor*. Menurut (Arifin, 2010) dalam buku Sistem Bahan Bakar Motor Diesel, *nozzle* menyemburkan bahan bakar ke dalam silinder dari pompa injeksi dengan tekanan tertentu untuk mengatomisasikan bahan bakar secara merata.

Fungsinya adalah untuk mengirimkan bahan bakar diesel ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi, ketika piston, atau torak, mendekati posisi TMA (Top Mati Atas). Suhu pembakaran di dalam silinder meningkat karena kabut bertekanan yang dihasilkan oleh tekanan bahan bakar yang tinggi dari pompa injeksi. Tekanan *injektor* kapal biasanya berkisar antara 240 dan 250 kilogram per sentimeter persegi. Setelah penyemprotan dalam kapasitas tertentu, kelebihan bahan bakar yang tidak mengabut dialirkan kembali ke bagian lain atau ke tangki bahan bakar sebagai kelebihan aliran.

Keausan yang tidak normal atau pemakaian yang tidak tepat

dapat menjadi penyebab kinerja yang buruk dari *injektor* bahan bakar. Keausan yang abnormal dapat disebabkan oleh partikel yang keras di dalam bahan bakar yang ikut, yang menggores bidang yang presisi dari *injektor* dan pompa, menyebabkan keausan yang berlebihan, menutup lubang pengabut, dan mengakibatkan kebocoran bahan bakar. Kebocoran bahan bakar antara jarum dan *nozzle* pengabut dapat menyebabkan lapisan karbon tertutup di sekitarnya, yang mengubah tekanan bahan bakar pada *injektor* dan merusak otomatisasi *nozzle*. Jika ada partikel keras antara jarum dan badan *nozzle*, lubang pengabut dapat terjepit, yang mengganggu proses pencampuran bahan bakar dengan udara dan otomatisasi *nozzle*.



Gambar 2. 2 *Injektor*

sumber : Sistem bahan bakar motor diesel

Injektor terdiri dari banyak bagian terpisah yang bekerja sama. Berikut ini adalah nama bagiannya:

- 1) *Needle valve* berfungsi sebagai katup jarum untuk mengabutkan bahan bakar dengan kecepatan tinggi.
- 2) *Nozzle* berfungsi sebagai rumah katup jarum (*needle valve*).
- 3) Otomiser hoks adalah lubang-lubang yang terdapat pada *nozzle*, guna proses pengabutan bahan bakar.
- 4) Sekrup pengatur fungsinya untuk mengatur pengabutan dan banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan.

- 5) Pegas berfungsi untuk bergerak secara elastis sehingga katup jarum *nozzle* dapat bergerak membuka dan menutup lubang *nozzle*.
- 6) Mur penutup *nozzle* fungsinya untuk memegang atau menahan *nozzle* terhadap bodi *injektor*.
- 7) Rumah *injektor* fungsinya sebagai tempat duduk dari komponen-komponen *injektor* lainnya.
- 8) *Spindle* fungsinya sebagai penurus daya dorong pegas ke katup jarum.

c. Jenis – Jenis *Injektor*

Untuk menyempurnakan fungsi *injektor* ini, maka *injektor* akan kita temukan dalam beberapa jenis, tentu saja dengan karakteristik yang berbeda antara lain terdiri atas (*single hole*) dan *injektor* berlubang banyak (*multi hole*). *Injektor* model pin atau *trotle*, *injektor* ini terdapat dalam model *trotle* dan model *pintle*, untuk sifat-sifat *injector* ini antara lain adalah seperti berikut

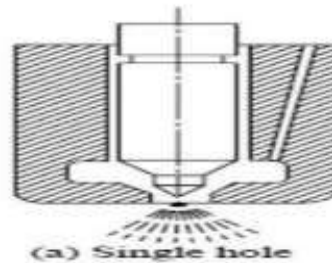
Injector berlubang satu (*single hole*) proses pengabutannya sangat baik akan tetapi memerlukan tekanan *injection pump* yang tinggi.

1) *Injektor nozzle* berlubang tunggal (*single hole*)

Injektor dengan *nozzle* berlubang tunggal memiliki satu lubang injeksi. Jenis *injektor nozzle* ini memiliki sudut injeksi antara 4 hingga 15 derajat, yang memastikan bahwa pengabutan bahan bakar yang dihasilkan tidak terlalu halus. Karena itu, *injektor nozzle* tipe satu lubang ini biasanya digunakan pada mesin diesel yang memiliki ruang bakar yang dapat menghasilkan pusaran udara untuk membuat proses percampuran udara dengan butiran bahan bakar lebih merata.

Selain itu, *nozzle* berlubang tunggal jenis ini memiliki pembukaan lubang yang luas dan besar untuk mesin, seperti

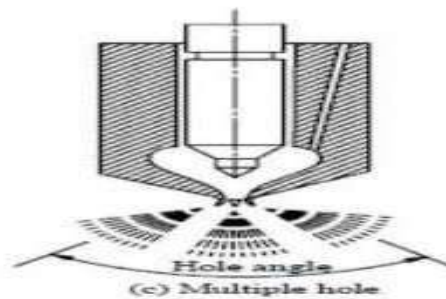
mesin putaran tinggi yang kecil. Ini akan mengurangi gangguan yang disebabkan oleh buntunya lubang *nozzle*.



Gambar 2. 3 *Single hole nozzle*

Sumber: fuel injection system and *nozzles*

2) *Injector nozzle* berlubang banyak (*multiple Hole*)



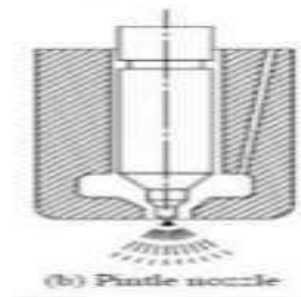
Gambar 2. 4 *Multi hole nozzle*

Sumber: fuel injection system and *nozzles*.

Banyak *injektor* yang memiliki lebih dari satu lubang injeksi pada ujung *nozzle* mereka yang biasanya disebut *injektor nozzle* berlubang. *Injektor nozzle* jenis ini paling banyak digunakan pada mesin diesel jenis injeksi langsung, yang membutuhkan penyemprotan bahan bakar ke semua bagian, bahkan ke bagian ruang bakar yang dangkal. *Injektor nozzle* jenis ini menyemprotkan bahan bakar berbentuk kabut langsung ke dalam ruang bakar. Lubang semprotan yang dibuka memiliki diameter antara 0.006 dan 0.033 inci, dan ada delapan lubang.

3) *Injektor nozzle* jenis pin (*pintle type*)

Injektor nozzle jenis pintle ini adalah injector dengan batang atau pena yang disebut "pintle" di ujung *nozzle*. Bentuknya disesuaikan dengan bentuk semprotan yang diinginkan. Pintle terpasang pada lubang *nozzle*, membentuk ruang berlingkar di mana bahan bakar mengalir. Dengan pembentukan pena yang tepat, jenis *nozzle* ini dapat menghasilkan semprotan bahan bakar yang tertinggi atau semprotan bahan bakar berbentuk konis yang berongga dengan sudut 60 derajat, dan gerakannya mencegah kerak karbon terbentuk di ujung *nozzle*. Pemasangan katup, yang terdiri dari katup *nozzle*, katup jarum, dan badan *nozzle* yang mengatur jalan bahan bakar, biasanya dibuat dari baja campuran yang dipanaskan untuk mengurangi keausan. Katup dan saluran bahan bakar harus dipasang dengan benar, sehingga pemasangan tidak dapat ditukar-tukarkan. Mesin diesel jenis *indirect injection* yang memiliki ruang antar muka, juga dikenal sebagai ruang *pre-combustion*, menggunakan *injektor nozzle* jenis ini.



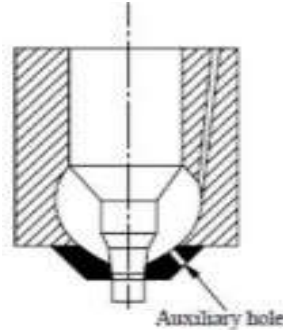
Gambar 2. 5 *Pintle Nozzle*

Sumber: <https://www.researchgate.net/publication/325111111> fuel injection system and *nozzles*.

4) *Injektor nozzle* jenis throttle (*throttle type*)

Bentuk *injektor nozzle* jenis throttle ini hampir sama dengan *injektor nozzle* jenis pin, tetapi ujungnya tidak

meruncing, tetapi melebar. Ini menghasilkan karakteristik kerja di mana jumlah bahan bakar yang diinjeksikan hanya sedikit saat awal injeksi dan kemudian meningkat saat injeksi selesai.



Gambar 2. 6 *Throttle Type*

Sumber: www.slideshare.net.

d. Cara kerja *injektor*

Menurut (Arifin, 2010), dalam buku Sistem bahan bakar motor diesel. Cara kerja injector ada 3 yaitu :

1) Sebelum penginjeksian.

Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui saluran minyak pada *nozzle holder* menuju ke *oil pool* pada bagian bawah *nozzle body*

2) Penginjeksian bahan bakar

Bila tekanan bahan bakar pada oil pool naik, maka tekanan ini akan menekan permukaan ujung *needle*. Bila tekanannya melebihi kekuatan pegas, maka *nozzle needle* akan terdorong keatas oleh tekanan bahan bakar dan *nozzle needle* terlepas dari *nozzle bodyseat*. Hal ini menyebabkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar keruang bakar.

3) Akhir penginjeksian.

Bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun, dan tekanan pegas (*pressure spring*) mengembalikan *nozzle needle* ke posisi semula. Pada

saat ini needle tertekan kuat pada *nozzle body seat* dan menutup saluran bahan bakar, Sebagian bahan bakar tersisa diantara *nozzle needle* dan *nozzle body*, antara pin dan *nozzle holder* dan lain-lain, melumasi semua komponen dan kembali ke *over flow pipe*

e. Pembongkaran dan penyetelan injector

1) Pembongkaran Injector

- a) Sebelum melakukan pelepasan injector dari silinder pastikan menggunakan alat keselamatan, seperti *wear park*, *safety shoes* dan *safety helmet*. Lepaskan pipa saluran *HSD* antara *injektor* dan pompa bertekanan tinggi menggunakan kunci pas ring.
- b) Lepaskan klem pengunci *injektor* menggunakan kunci pas.
- c) Lepaskan *injektor* dari silinder. Gunakan pengetuk untuk mempermudah. Pastikan bahwa gasket tembaga pada ujung sebar dilepas dan diganti dengan yang baru.
- d) Lepaskan *injektor* dari silinder. Gunakan pengetuk untuk mempermudah. Pastikan bahwa gasket tembaga pada ujung sebar dilepas dan diganti dengan yang baru

2) Mempersiapkan pemasang dan penyetelan injector

Jika menemukan kesulitan dalam melepas *injektor* bahan bakar minyak dari silinder, reses nozzle didalam silinder mungkin mengandung karbon. Hal ini harus dibersihkan sebelum memasang *nozzle* baru sebagai berikut:

- a) Jika perlu membersihkan reses *nozzle* dengan silinder terpasang pada mesin, pastikan bahwa katup katupnya tertutup dan tutup kepala silinder berada pada tempatnya.

- b) Gunakan sikat kawat berdiameter 1 *inchi* (24,5 mm) yang digerakan oleh bor listrik.
 - c) Berikan tekanan udara melalui lubang lepas kompresi untuk meniupkan debu melalui reses, bukan membiarkan debu jatuh ke dudukan dan masuk ke silinder.
- 3) Melakukan pemeriksaan tes kebocoran pada *injektor*
- Melakukan tes pemeriksaan kebocoran pada *injektor* dengan cara sebagai berikut :
- a) Letakkan / pasang *injektor* pada dudukan yang telah di sediakan pada *injektor* tester. Kemudian kuatkan dudukan injecor pada posisinya agar pada saat pengetesan injector tidak terlepas.
 - b) Tekan hendle *injektor* tester sampai jarum manometer menunjukkan angka pada tekanan 260 kg/cm³.
 - c) Biarkan injector selama 5 menit baru kemudian lakukan pengetesan dengan cara menempelkan *nozzle* ke tangan dan periksa kebocoran solar. Apabila tangan basah karena solar berarti ada kebocoran pada injector.
- 4) Melakukan tes tekanan penyemprotan injector
- Melakukan tes tekanan penyemprotan bertujuan untuk memastikan berapa tekanan yang di hasilkan injector. Besarnya tekanan sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan pembakaran serta bentuk penyemprotan.
- Langkah – langkah melakukan tes bentuk penyemprotan :
- a) Pasang injector pada tester tidak perlu kuat- kuat / longgarkan saja.
 - b) Kemudian lakukan pembangan udara yang ada pada saluran tester, dengan menggerakkan handle sampai solar ke luar pada sambungan pipa.

- c) Kemudian tutup kran saluran tekan ke manometer, lakukan pengetesan bentuk penyemprotan dengan menekan handle selama 15 kali tekan dan durasi tekanan selama 1 detik dengan kuat dan tepat.
- d) Kemudian lakukan tes pemeriksaan bentuk penyemprotan. Bentuk penyemprotan sangat erat sekali hubungannya dengan proses pembakaran karena bentuk penyemprotan yang baik akan menghasilkan pengabutan sempurna sedangkan bentuk pengabutan yang tidak baik akan mempengaruhi pengabutan, oleh sebab itu bentuk penyemprotan juga wajib diperhatikan.

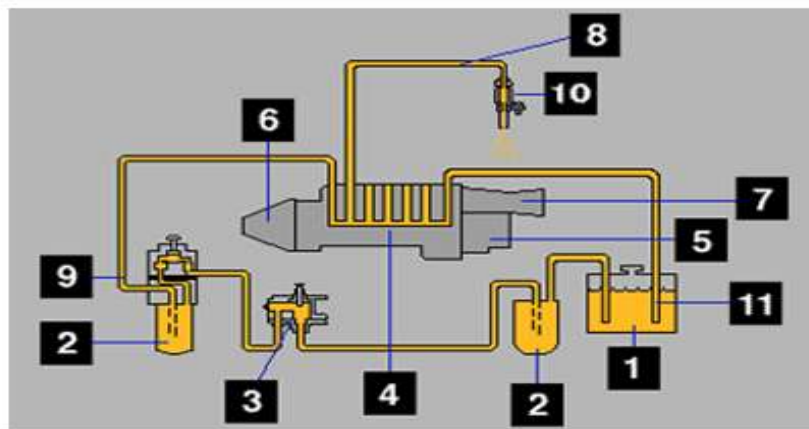
f. Pembersihan *Injektor*

Menurut David W. Smith dalam buku yang berjudul *Marine Auxiliary Machinery* 217. Untuk membersihkan *injektor* bahan bakar, tersedia seperangkat alat khusus dan berisi item-item utama berikut: sikat kawat kuningan, *scraper groove body nozzle*, *probing tool*, pembersih badan *nozzle*, pembersih rongga badan kubah *nozzle*. Pembersihan dilakukan sebagai berikut.

- 1) Tahan *injektor* di wakil dengan *nozzle* menunjuk ke atas. lepaskan tutup *nozzle* dengan kunci pas. celupkan parafin atau agen lain yang disetujui untuk melunakkan karbon. membersihkan lubang *nozzle* dengan alat probing dengan ukuran yang benar
- 2) Bila salah satu tes yang dilakukan hasilnya tidak memuaskan , lepas injector pada tester kemudian jepit injector pada ragum dengan alas penjepit alumunium dan bongkar bagian – bagian.
- 3) Kemudian bersihkan semua komponen menggunakan injector cleaner

- 4) Setelah melakukan pembersihan komponen menggunakan solar, kemudian lakukan tes luncur jarum pada *nozzle* pin dan bodinya. Jarum harus meluncur pelan –pelan dengan sendirinya.
- 5) Kemudian lakukan penyetelan tekanan penyemprotan dengan cara mengurangi ataupun menambah tebal shim. Perbedaan tebal 0.04 mm akan merubah tekanan penyemprotan 4 bar, atau menambahkan shim dengan tebal 0.1 mm akan menambah tekanan sebesar 10 kg/cm².
- 6) Setelah semua penyetelan tekanan penyemprotan selesai dan hasil tes menunjukkan tekanan penyemprotan sudah sama dengan standard manual book , kemudian pasang injector pada mesin.
- 7) Terakhir hidupkan mesin dan lakukan pembuangan angin yang masih berada pada sistem injector saat mesin mati dan saat mesin hidup.

g. Sistem Bahan Bakar



Gambar 2. 7 Sistem Supply Bahan Bakar

Sumber : <https://www.maritimeworld.web.id/2014/05/sistem-bahan-bakar-motor-diesel.html?m=1>

Pompa dan penyalur bahan bakar terdiri dari:

- 1) Tangki bahan bakar

Tanki bahan bakar adalah tempat menyimpan bahan bakar. Tangki bahan bakar tersedia dalam bermacam-macam ukuran. Tangki bahan bakar terletak pada beberapa posisi tergantung pada pemakaiannya.

2) Aliran bahan bakar

Bahan bakar mulai mengalir ketika start untuk menghidupkan *engine*. Ketika kunci diputar, maka *solenoid* digerakkan yang memungkinkan bahan bakar mengalir dari *transfer pump* ke *injection pump*

3) *Primary Fuel Filter*

Fuel Transfer Pump menghisap bahan bakar dari tangki, melalui *primary fuel filter*. *Primary fuel filter* juga menjaring kotoran kasar yang terdapat di dalam bahan bakar.

4) *Water separator*/pemisah air

Beberapa sistem bahan bakar juga mempunyai *water separator*. *Waterseparator* memungkinkan tiap pengembunan atau air yang terkurang dikeluarkan. Air di dalam bahan bakar dapat menyebabkan terjadi kerusakan berat terhadap engine.

5) *Fuel Transfer Pump*

Dari *primary fuel filter*, bahan bakar mengalir masuk ke *transfer pump*. *Transfer pump* menyedot bahan bakar melalui bagian hisap yang bertekanan rendah dari sistem bahan bakar. Kegunaan yang utama dari *fuel transfer pump* adalah untuk menjaga pasokan yang cukup bahan bakar yang bersih di dalam *injection pump*.

6) *Final fuel filter*/filter terakhir

Bahan bakar yang berada di dalam *transfer pump* dipompakan masuk ke dalam filter kedua atau terakhir. Saringan bahan bakar menjaring partikel (kotoran) yang sangat halus yang terdapat di dalam bahan bakar yang dapat

merusak *nozzle* atau menyumbat *injektor*.

Filter terakhir terletak atau terpasang di antara transfer pump dan rumah *injection pump*. Tidak seperti filter oli, maka filter bahan bakar tidak mempunyai *bypass valve*. Apabila filter menjadi buntu, maka aliran bahan bakar berhenti dan mesin akan mati. Hal ini untuk melindungi mesin dari bahan bakar yang kotor.

7) *Priming pump*

Secara umum filter bahan bakar terakhir terpasang bersamaan dengan priming pump pada basenya. Anda dapat menggunakan *priming pump* untuk memperlancar pengisian fuel apabila anda telah selesai melepas rumah pompa karena sesuatu perbaikan. Pompa ini juga digunakan untuk memperlancar pengisian bahan bakar pada sistem setelah dilakukan penggantian fuel filter.

8) Fuel Injection Pump Housing

Bahan bakar keluar dari fuel filter terakhir lalu mengalir masuk ke dalam saluran di dalam rumah *injection pump*. Pompa yang berada di dalam rumahnya menarik dan memberi tekanan terhadap bahan bakar. Rumah pompa biasanya terletak dekat bagian depan engine, karena pompa digerakkan oleh roda gigi dari camshaft. Timing advance unit, mechanical governor, dan fuel ratio control dipasang pada rumah pompa.

9) High Pressure Fuel Lines

Pada sistem yang memakai pompa dan pipa saluran bahan bakar, maka pipa baja saluran bahan bakar yang bertekanan tinggi menghubungkan *injection pump* ke *nozzle*. Bagian yang bertekanan tinggi dari sistem bahan bakar terdiri dari pipa saluran bakar yang bertekanan tinggi

dan *nozzle*.

10) *Nozzle*

Bahan bakar mengalir melalui pipa bahan bakar yang bertekanan tinggi terus ke *nozzle*. *Nozzle* terpasang di dalam kepala silinder (cylinder head). *Nozzle* mempunyai valve yang akan terbuka apabila tekanan bahan bakar menjadi cukup tinggi. Apabila valve terbuka, maka bahan bakar akan mengabut dan disemprotkan ke dalam ruang pembakaran. Pada akhir penyemprotan, terjadi penurunan tekanan yang sangat cepat yang membuat valve menutup.

11) Fuel Return Lines

Lebih banyak bahan bakar yang tersedia di dalam rumah injection pump dari pada yang dipakai engine.

Pipa saluran kembali:

- a) Mengembalikan bahan bakar yang berlebih kembali ke tangki bahan bakar.
- b) Membuang udara dari bahan bakar.
- c) Mendinginkan bahan bakar dengan membuat bahan bakar tetap bergerak.
- d) Sistem bahan bakar tidak akan bekerja dengan baik tanpa pipa saluran kembali.

h. Metode Penyemprotan Bahan Bakar

Cara penyemprotan bahan bakar dan pembentukan campuran dikenal dua sistem utama yaitu :

1) Penyemprotan Tidak Langsung

Dalam situasi ini, bahan bakar disemprotkan ke ruang pembakaran utama dan ruang pembakaran pendahuluan yang terpisah. Ruang ini menempati 25 hingga 60 persen dari volume total ruang pembakaran. Beberapa versi digunakan untuk sistem ini. Pada sistem penyemprotan pendahuluan,

bahan bakar disemprotkan ke dalam area melalui pengabut berlobang tunggal dengan tekanan penyemprotan relatif rendah (± 100 bar). Meskipun pengabutan tekanan ini kurang efektif, suhu tinggi dinding ruang sebelumnya memungkinkan bahan bakar menyala dengan cepat. Sebuah ruang pembakaran berbentuk bola di dalam kepala silinder motor dengan ruang pusaran terhubung ke ruang pembakaran utama melalui saluran tengensial. Selama proses kompresi, udara pembakaran didesak ke dalam ruang pusar berbentuk bola melalui saluran penghubung sehingga udara berputar. Selanjutnya, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang pusar melalui pengabut berlobang tunggal sehingga bercampur dengan udara yang tersedia. Udara yang berpusar di dalam ruang pusar akan bersuhu tinggi sehingga bahan bakar terbakar dengan cepat karena sebagian permukaannya tidak didinginkan.

2) Penyemprotan Langsung

Dalam ruang pembakaran yang tidak dibagi, bahan bakar dengan tekanan tinggi disemprotkan ke dalam ruang pembakaran. Ini berlaku untuk motor putaran rendah dengan bahan bakar berat hingga 1000 bar dan untuk motor putaran menengah dengan bahan bakar berat hingga 1500 bar. Untuk keperluan ini diperlukan satu hingga tiga buah pengabut berlobang banyak, tergantung pada ukuran ruang pembakaran. Sistem penyemprotan langsung digunakan pada seluruh motor putaran rendah dan putaran menengah serta sebagian besar motor putaran tinggi.

Berikut ini adalah konsekuensi dari pembakaran yang tidak sempurna:

a) Bahan bakar yang disemprotkan oleh *injektor* ke dalam

silinder tidak terbakar sepenuhnya (sebagian terbakar atau terbuang melalui cerobong). Akibatnya, panas yang dihasilkan berkurang dan tenaga yang dihasilkan berkurang.

- b) Dinding silinder dan kepala torak akan terkena sisa pembakaran. Pada liner terdapat lubang untuk keluarnya minyak lumas, jadi jika ada gejala yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna yang menutupi lubang tersebut, pelumasan akan dihentikan.
- c) Sisa pembakaran akan melekat pada lubang isap dan lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang, sehingga katup tidak dapat menutup rapat.

i. Proses Pengabutan Bahan Bakar Pada *Injektor*

Untuk memungkinkan pembakaran yang sempurna di dalam *cylinder*, proses pengabutan bahan bakar diesel melalui *injektor* diperlukan. Meskipun pembakaran dihasilkan oleh panas yang dihasilkan oleh pemampatan udara luar, proses pengabutan pada dasarnya adalah mencampur bahan bakar dengan oksigen. Oleh karena itu, tiga sistem pengabutan dapat digunakan untuk melakukan proses pengabutan untuk menghasilkan gas bahan bakar yang sempurna pada *injektor*, yaitu:

1) Pengabutan Tekan

Dalam proses pengabut tekan ini, saluran bahan bakar dan ruangan dalam rumah pengabut harus selalu terisi penuh oleh bahan bakar, sehingga jarum pengabut tertekan oleh pegas. Namun, ketika bahan bakar dari pompa injeksi bertekanan 260 kg/Cm³ mengalir ke bagian tarikan jarum pengabut, pengabut tertekan ke atas, membuka saluran. Akibatnya, bahan bakar terdesak melalui celah di antara

jarum pengabut dalam bentu. Proses pemampatan udara di dalam cylinder berusaha menghasilkan turbulensi udara untuk mencapai proses pembakaran yang sempurna.

2) Pengabutan Udara

Bahan bakar bertekanan 60–260 kg/cm³ menghasilkan tekanan pada rumah pengabut 60 kg/cm² yang selalu berhubungan dengan tabung udara. Tekanan bahan bakar dari pompa mencapai 70 kg/cm², yang akan menampung cincin pembagi pengabut pada volume tertentu. Akibatnya, udara bertekanan akan mengalir keluar dari rumah pengabut melalui jarum pengabut. Sehubungan dengan udara panas dan bertekanan tinggi, gas bahan bakar yang dihasilkan dari proses persenyawaan bahan bakar sangat mudah terbakar. Jika pompa injeksi disetel dengan poros bubungan bergerak, pengabutan hanya terjadi pada akhir kompresi.

3) Pengabutan Gas

Komponen pengabut ini terdiri dari rumah pengabut, katup, dan bak pengabut yang terletak di bagian bawah pengabut dan di dalam ruang bakar. Selama proses pengabutan, sebagian bahan bakar menetes ke bak pengabut karena katup injeksi terbuka selama langkah pengisapan torak. Dalam situasi ini, motor akan menjadi sangat panas, menyebabkan kabut bahan bakar. Saat langkah kompresi selesai, udara bertekanan akan masuk ke dalam bak pengabut melalui lubang kecilnya, menyebabkan letusan. Namun, karena tidak ada cukup oksigen, sisa bahan bakar yang tidak terbakar akan masuk ke ruang bakar dan terbakar di sana. Akibatnya, sistem pengabutan mengalami dua kali proses pembakaran.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama penulis menjalani program Praktek Laut (PRALA), terhitung sejak 20 Juni 2024 hingga 01 Juli 2025. Selama periode tersebut, penulis melakukan kegiatan observasi dan kajian terhadap berbagai permasalahan yang terjadi di atas kapal, dengan fokus utama pada sistem *injektor* main engine. Lokasi penelitian berada di kapal MV. Tanto Sehat yang dioperasikan oleh PT. Tanto Intim Line dengan rute pelayaran Indonesia Bagian Barat

Tabel 3. 1 Timeline penelitian

No	Kegiatan	Bulan											
		Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
1	Identifikasi Masalah												
2	Studi Literatur												
3	Observasi Lapangan												
4	Pengumpulan Data												
5	Perancangan Upaya Mengatasi Turunnya Kinerja <i>Injektor</i>												
6	Implementasi												
7	Analisis Hasil												
8	Kesimpulan dan Saran												
9	Hasil												

2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran dan penjelasan yang sistematis tentang perawatan *injektor* pada mesin induk (*main engine*). Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat dihasilkan pemahaman yang lebih jelas mengenai proses dan pentingnya perawatan *injektor* dalam ruang lingkup mesin induk.

3. Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis memanfaatkan berbagai peralatan untuk mengumpulkan data, antara lain:

a. Injector Tester (Pressure Tester)

Digunakan untuk mengukur tekanan dan memeriksa pola semburan bahan bakar dari injector. Alat ini membantu menentukan injector bekerja sesuai standar pabrik.

b. *Handphone* atau kamera

Digunakan untuk mendokumentasikan hasil pengamatan

4. Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan dua metode pengumpulan data yang berfungsi sebagai bahan acuan sekaligus pembandingan. Metode tersebut diterapkan untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan dengan objek penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup hasil observasi langsung di lapangan serta data pendukung lainnya yang diperoleh dari sumber terpercaya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis dan evaluasi dalam pembahasan penelitian ini. Berikut adalah beberapa sumber data yang digunakan dalam penelitian ini:

a. Data Primer

Data primer merupakan informasi yang diperoleh peneliti secara langsung dari sumber asli melalui kegiatan pengamatan di lapangan, menggunakan metode seperti observasi. Dalam proses ini, peneliti terlibat secara langsung dalam pengumpulan data. Salah satu contohnya adalah melakukan observasi atau pengamatan langsung pada saat pembongkaran dan penyetelan *injektor* pada mesin induk.

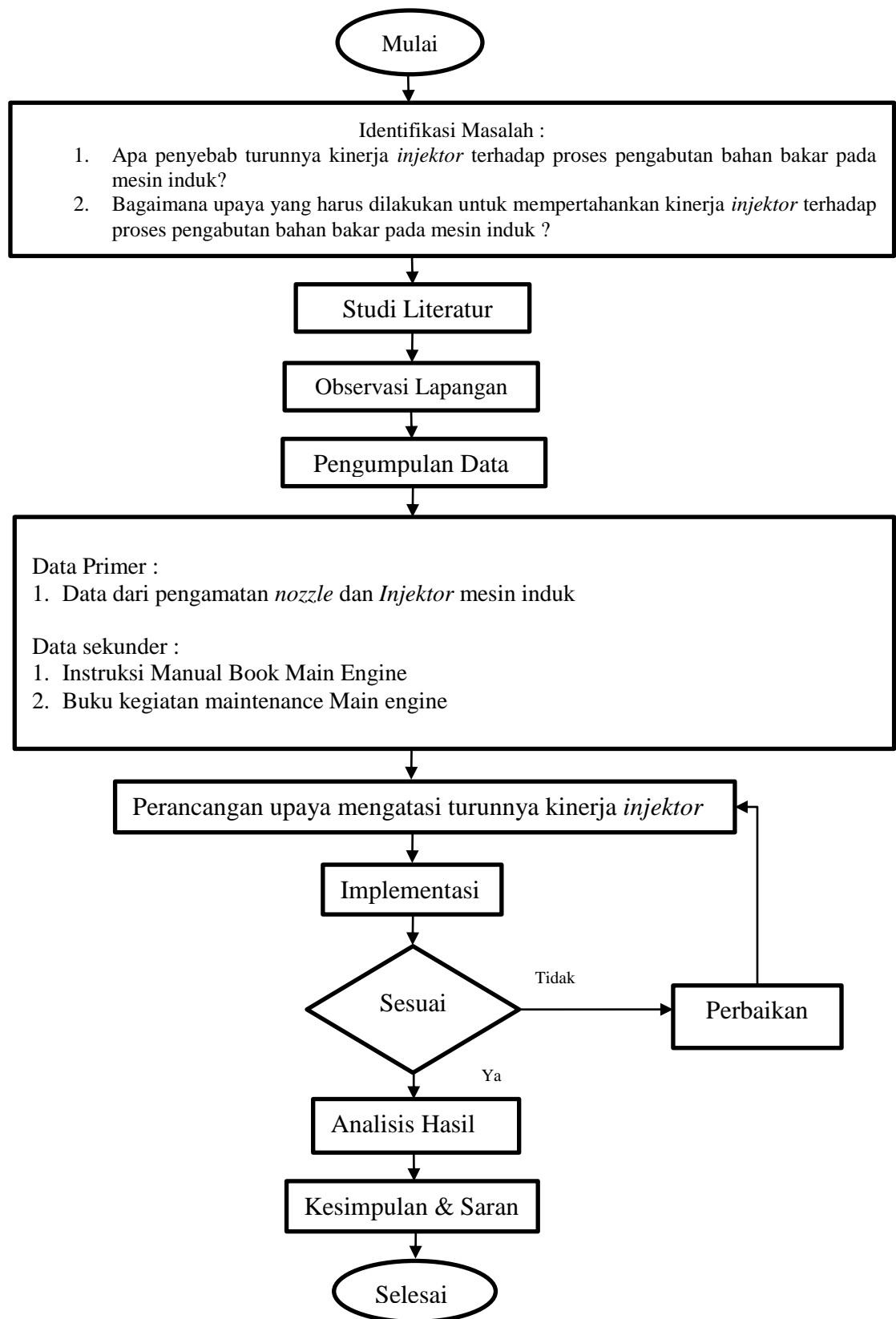
b. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang diperoleh dari instansi

atau lembaga yang memiliki keterkaitan dengan objek penelitian. Keberadaan data ini bertujuan untuk mendukung serta memperkuat temuan hasil observasi lapangan, sekaligus menjadi pelengkap data primer yang dikumpulkan melalui observasi langsung. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh melalui dua sumber utama, yaitu *manual book main engine*, *log book*, serta jurnal pemeliharaan (*maintenance*) *main engine*.

5. Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan dari data-data yang diperoleh dari masalah yang terjadi, menyebabkan suatu masalah pada kinerja mesin induk yang kurang optimal. Adapun gambaran dan langkah-langkah yang akan dilewati oleh peneliti sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data sebagai bahan acuan dan perbandingan dalam penulisan penelitian ini, beberapa teknik pendapatan digunakan, masing-masing disesuaikan dengan kondisi dan lokasi penelitian. Dari sumber-sumber ini diperoleh data sebagai berikut.

1. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui metode pengumpulan data, yaitu observasi lapangan. Pada metode observasi, penulis melakukan pengamatan langsung terhadap objek penelitian selama melaksanakan praktik laut di MV. Tanto Sehat, dengan fokus pada *injektor* Main Engine.

2. Data Sekunder

Pada penelitian ini, penulis memanfaatkan data sekunder untuk memperoleh informasi mengenai spesifikasi injector, prosedur perawatan, serta jadwal perawatan permesinan di atas kapal. Data sekunder tersebut diperoleh dari dua sumber utama, yaitu Instruction Manual Book dan buku kegiatan pemeliharaan (maintenance) Main Engine.

C. Teknik Analisis Data

Penyajian data hasil penelitian dilakukan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan gambaran deskriptif mengenai kinerja injector. Data disusun dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan, kemudian divisualisasikan untuk mempermudah analisis perubahan kinerja. Penulis juga merekap jenis perbaikan yang dilakukan, meliputi komponen yang diganti dan waktu pelaksanaannya. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui persentase penyebab kerusakan serta menentukan tindakan perbaikan yang paling efektif.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Tempat Penelitian

1. Perusahaan

Kapal ini dimiliki oleh perusahaan PT Tanto Intim Line. PT Tanto Intim Line adalah perusahaan pelayaran nasional yang didirikan pada tahun 1971 di Surabaya oleh Herman Hartanto. Perusahaan ini dikenal sebagai salah satu operator logistik laut terkemuka di Indonesia, khususnya dalam pengangkutan peti kemas (kontainer) baik domestik maupun internasional.



Gambar 4. 1 Logo Perusahaan

Sumber PT Tanto Intim Line

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan pada MV Tanto Sehat, yang merupakan jenis kapal container. Dengan rute pelayaran Indonesia Bagian Barat sesuai dengan *project* yang disepakati oleh perusahaan. Berikut disajikan data kapal tempat peneliti melakukan penelitian



Gambar 4. 2 MV Tanto Sehat

Sumber : PT Tanto Intim Line

TANTO SEHAT SHIP'S PARTICULAR									
TYPE OF VESSEL		: CONTAINER							
FLAG		: INDONESIA							
BUILT		: 2014, BODA SHIPYARD NINGBO, CHINA							
LENGTH OVER ALL (LOA)		: 119.9 M							
LENGTH BP (LBP)		: 115 M							
BREADTH		: 21.8 M							
DEPTH MOULDED		: 7.3 M							
AIR DRAFT		: 27.1M							
DRAFT		: 5.20 M (SUMMER)							
DEAD WEIGHT		: 8180 TONS (SUMMER)							
GROSS / NET TONNAGE		: 6659/3729TONS							
CALL SIGN		: J Z W C							
IMO NUMBER		: 9714197							
CLASS		: BKI							
ENGINES/CRANES/GRABS DESCRIPTION:									
MAIN ENGINE		: DAIHATSU DIESEL 8DKM-28e/2560KW							
AUX. ENGINE		: HENAN DIESEL (HND) TBD 234 V8, 273KW / 1500RPM, 50HZ 400 V X 3 SETS							
DECK CRANE		: N/A (GEARLESS)							
CRANE OUTREACH		: N/A							
LOAD LINE:									
		DRAFT (M)				DEAD WEIGHT (MT)			
SUMMER		5.200				8180.00			
TROPICAL		5.308				8416.30			
FRESH WATER		5.321				8466.01			
WINTER		5.092				7727.60			
CAPACITY:									
		CONTAINER				HATCHES SIZE (M)			
		20 FEET		40 FEET					
IN HOLDS		246		(standard) 120 plus 6 teus		18.9X17.8M & 6.3X12.4 M			
ON DECK (HATCH COVERS)		312		144 plus 24 teus		25.2X17.8 M			
TOTAL		558		264 plus 30 teus		25.2X17.8 M			
LOADABLE CARGO (HOMOGENOUS)						REEFER POINT ON DECK			
12 MT		14 MT		16 MT		20 MT		22 MT	
466		406		401		364		350	
TEUS		TEUS		TEUS		TEUS		TEUS	
						50 PLUGS (440 V)			
WATER BALLAST TANK : 4805.00 CBM									
FRESH WATER TANK : 75.00 CBM									
FUEL OIL TANK : 379.34CBM									
BUNKERS AND SPEED CONSUMPTION:									
AT SEA : ABOUT 10.5 KNOTS , MAIN ENGINE CONS = 7.40 KL/DAY MFO 180 CST									
AUX ENGINE CONS:									
1(ONE). GENERATOR RUNNING: 0.55 KL/DAY HSD (INCL:10TEUS RF LOADED)									
IF LOADED MAX RF 50 TEUS. 3 (THREE) GENERATOR RUNNING. CONS. = 1.65 KL/DAY HSD									
IN PORT IDLE : AUX ENGINE 0.5 KL/DAY HSD									
VESSEL COMMUNICATION DETAILS :					HEAD OWNER:				
MMSI: 525013035					PT. TANTO INTIM LINE				
INM-C/ Telex : 452502937					GEDUNG TANTO				
					Jalan Indrapura 29-33 Surabaya 60177 Indonesia				
					Phone/Fax: +62 31 353 3392 / +62 31 353 3396				
					Email: tantoship@tantonet.com				
"ALL DETAILS ABOUT AND WITHOUT GUARANTEE"									
"Speed and consumption is provided as guidance with no guarantee or liability on behalf of owners/vessel."									

Gambar 4. 3 Ship Particular

Sumber: MV Tanto Sehat

B. Analisis

Peneliti menemukan adanya penurunan kinerja main engine berdasarkan *rotation per minute* (RPM), temperature gas buang pada masing-masing silinder dan indicator valve masing masing silinder main engine pada MV. Tanto Sehat. Apabila RPM mengalami penurunan saat pengoperasian kapal, kemudian terjadi peningkatan temperature gas buang pada masing-masing silinder hingga melebihi 430⁰C, serta keluarnya asap hitam dari masing-masing silinder saat indikator valve dibuka, maka hal tersebut menjadi indikasi awal terjadinya abnormality performa dari main engine. Jika ditemukan abnormality pada salah satu silinder tersebut, maka dilakukan pengecekan komponen pendukung system pembakarannya dan salah satunya adalah *injektor*, karena proses pembakaran pada main engine sangat dipengaruhi oleh kualitas pengabutan bahan bakar yang dihasilkan oleh injector. Adapun spesifikasi *injektor* yang digunakan pada main engine MV Tanto Sehat seperti yang tercantum pada tabel dibawah.

Tabel 4. 1 Spesifikasi *Injektor* Main Engine Anqing Daihatsu 8DKM-28E

Parameter	Spesifikasi
Tipe/ Jenis <i>injektor</i>	<i>Mechanical direct injection</i>
Tekanan normal <i>injektor</i>	27,4 – 29,4 MPa (280-300 bar)
<i>Part number nozzle</i>	DLF140U5210
<i>Nozzle holder</i>	<i>Nozzle holder-14 (part no. E-286270140)</i>
Jenis <i>nozzle</i>	<i>Sac-hole injektor nozzle</i>
Jumlah lubang <i>nozzle</i>	8 Lubang

Sumber : Manual Book Main Engine Anqing Daihatsu 8DKM-28E





Gambar 4. 4 *Injektor* main engine

Sumber: Dokumentasi penulis 2025

Adapun tanda-tanda awal yang menunjukkan indikasi penurunan performa *injektor* dapat dikenali melalui beberapa hal berikut:

- A. RPM (*Revolutions Per Minute*) mesin yang mengalami penurunan saat pengoperasian kapal.

Penurunan RPM pada *main engine* merupakan salah satu tanda awal menurunnya kinerja *injektor*, yang menunjukkan bahwa proses pembakaran di dalam silinder tidak berjalan optimal. Masalah pada *injektor*, seperti tersumbat, aus, atau bocor pada O-ring dan *nozzle*, dapat menyebabkan bahan bakar tidak disemprotkan dengan tekanan dan jumlah yang tepat, sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna. Sebagai acuan, batas RPM normal mesin ini adalah sekitar 250 RPM saat idle, 600 RPM pada beban normal, dan maksimal 720 RPM saat full load



RPM beban normal	RPM tiba tiba turun
	

Gambar 4. 5 RPM main engine

Sumber: Dokumentasi penulis 2025

B. Peningkatan temperature suhu pada gas buang

Perbedaan suhu gas buang pada masing-masing silinder yang tidak seimbang merupakan indikasi menurunnya kinerja *injektor* pada main engine. Ketidakseimbangan ini terjadi karena *injektor* tidak menyemprotkan bahan bakar secara merata, baik dari segi jumlah, tekanan, maupun waktu penyemprotan. Akibatnya, proses pembakaran di tiap silinder menjadi tidak seragam, yang menyebabkan suhu gas buang berbeda-beda. Suhu gas buang normal per silinder berada pada kisaran $\pm 280\text{--}320^{\circ}\text{C}$ saat idle, $\pm 340\text{--}380^{\circ}\text{C}$ pada beban menengah, dan $\pm 380\text{--}400^{\circ}\text{C}$ saat beban penuh. Perbedaan suhu antar silinder tidak boleh lebih dari $\pm 20\text{--}30^{\circ}\text{C}$, karena dapat menandakan gangguan pada *injektor* atau sistem pembakaran lainnya. Jika suhu gas buang melebihi 430°C , kondisi ini sudah dianggap abnormal dan harus segera dianalisis untuk mencegah kerusakan lanjutan pada komponen mesin.

Suhu Gas Buang Normal	Suhu Gas Buang Abnormal
	

Gambar 4. 6 Temperatur suhu gas buang main engine

Sumber: Dokumentasi penulis 2025

C. Keluarnya asap hitam pada saat indikator *valve* di buka

Keluarnya asap hitam saat indikator *valve* dibuka merupakan tanda adanya penurunan kinerja *injektor* pada *main engine*. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembakaran tidak sempurna akibat penyemprotan bahan bakar yang tidak sesuai, baik dari segi jumlah, tekanan, maupun pola semprotan. *Injektor* yang tersumbat, bocor, atau aus menyebabkan bahan bakar tidak terbakar sepenuhnya, sehingga menghasilkan partikel karbon yang keluar sebagai asap hitam. Selain menandakan efisiensi pembakaran yang rendah, hal ini juga dapat menyebabkan penumpukan jelaga dan merusak komponen mesin lainnya.

Dari indikasi diatas, ditemukan beberapa kejadian yang menunjukkan terjadinya penurunan kinerja dari injector main engine MV. Tanto Sehat selama peneliti melaksanakan Praktek Laut. Berikut ini adalah beberapa kejadian penurunan kinerja injector yang tercantum pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Performa *Injektor* Main Engine MV. Tanto Sehat

No	Tanggal	Silinder No	Tekanan Ideal (bar)	Tekanan <i>Injektor</i> (bar)	Suhu Gas Buang Tiap Silinder 1-8 (°C)
1	13-Jul-24	1	280-300	250	420
2	28-Sep-24	6		260	425

No	Tanggal	Silinder No	Tekanan Ideal (bar)	Tekanan <i>Injektor</i> (bar)	Suhu Gas Buang Tiap Silinder 1-8 (°C)
3	03-Nov-24	8		255	430
4	11-Feb-25	5		310	420
5	19-Apr-25	7		305	420
6	30-Jun-25	5		255	430

Sumber: Penulis 2025

C. Pembahasan

Upaya perbaikan untuk mengembalikan performa *injektor* dapat dilakukan dengan berbagai langkah. Peneliti menemukan beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mengembalikan performa *injektor* seperti yang tercantum pada table 4.3

Tabel 4. 3 Upaya perbaikan *Injektor* Main Engine MV. Tanto Sehat

No	Tanggal	Silinder No	Tekanan Ideal (Bar)	Tekanan Injektor (Bar)		Upaya perbaikan
				Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	
1	13-Jul-24	1	280-300	250	280	Mengganti o-ring
2	28-Sep-24	6		260	290	Mengganti o-ring
3	03-Nov-24	8		255	285	Mengganti spring
4	11-Feb-25	5		310	290	Cleaning <i>nozzle</i>
5	19-Apr-25	7		315	280	Cleaning <i>nozzle</i>
6	30-Jun-25	5		255	290	Mengganti <i>nozzle</i> spare

Sumber: Penulis 2025

Upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kinerja injector yaitu:

1. Mengganti O-Ring

O-ring berperan sebagai penyegel antara *injektor* dan dudukannya di cylinder head, sehingga mampu mencegah terjadinya kebocoran bahan bakar maupun oli. Kerusakan O-ring *injektor* pada main engine biasanya disebabkan oleh usia pakai yang sudah lama dan suhu mesin yang terlalu

tinggi. Selain itu, pemasangan yang tidak tepat, tekanan sistem bahan bakar yang tidak stabil, serta penggunaan O-ring dengan kualitas material yang kurang baik (tiruan) juga dapat mempercepat kerusakan. Kerusakan O-Ring akan menyebabkan kebocoran bahan bakar yang akan keluar dari *nozzle* dan penurunan kinerja mesin.



Gambar 4. 7 O-ring *Injektor* Main Engine

Sumber: Dokumentasi Penulis

2. Mengganti Spring

Pegas atau spring pada *injektor* memiliki fungsi krusial dalam sistem kerja *needle valve*. Pegas ini menjaga *needle valve* tetap tertutup hingga tekanan bahan bakar mencapai nilai tertentu, sehingga bahan bakar baru dapat disemprotkan ke dalam ruang bakar secara optimal. Seiring dengan siklus kerja mesin yang terus menerus dan paparan panas, pegas bisa kehilangan daya elastisitas atau mengalami deformasi. Jika pegas melemah, maka *needle valve* dapat membuka terlalu awal atau terlalu lambat, menyebabkan semprotan bahan bakar tidak tepat waktu, hal ini selaras dengan penelitian (Ahmad Puji Nugroho a, 2018). Hal ini berujung pada pembakaran yang tidak efisien, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan timbulnya asap hitam dari gas buang. Penggantian pegas dilakukan untuk menjaga tekanan buka *injektor* tetap sesuai spesifikasi. Pada 3 November 2024, silinder nomor 8 menunjukkan tekanan awal 255 bar. Perbaikan dilakukan dengan penggantian spring, dan tekanan meningkat menjadi 285 bar.



Gambar 4. 8 Spring *Injektor* Main Engine

Sumber: Dokumentasi Penulis 2025

3. Cleaning *Nozzle*

Pembersihan *nozzle injektor* adalah salah satu langkah awal dalam merawat sistem injeksi bahan bakar. *Nozzle* merupakan ujung dari *injektor* yang berfungsi menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus ke dalam ruang bakar. Dalam proses pembakaran, sisa-sisa karbon, debu halus, dan partikel tidak terbakar dapat menempel dan menyumbat lubang *nozzle*. Sumbatan ini akan menyebabkan penyemprotan menjadi tidak merata atau bahkan terhambat, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi pembakaran dan output tenaga mesin. Untuk memperbaiki keadaan tersebut, peneliti melakukan pembersihan pada *nozzle* dengan cara melakukan *lapping* menggunakan amplas dan solar. Pembersihan tambahan dilakukan dengan menyemprotkan udara bertekanan dari kompresor untuk memastikan bahwa partikel yang dihasilkan dari proses pembersihan tidak tertinggal pada *nozzle*.



Gambar 4. 9 *Nozzle injektor kotor*

Sumber: Dokumentasi Penulis 2025

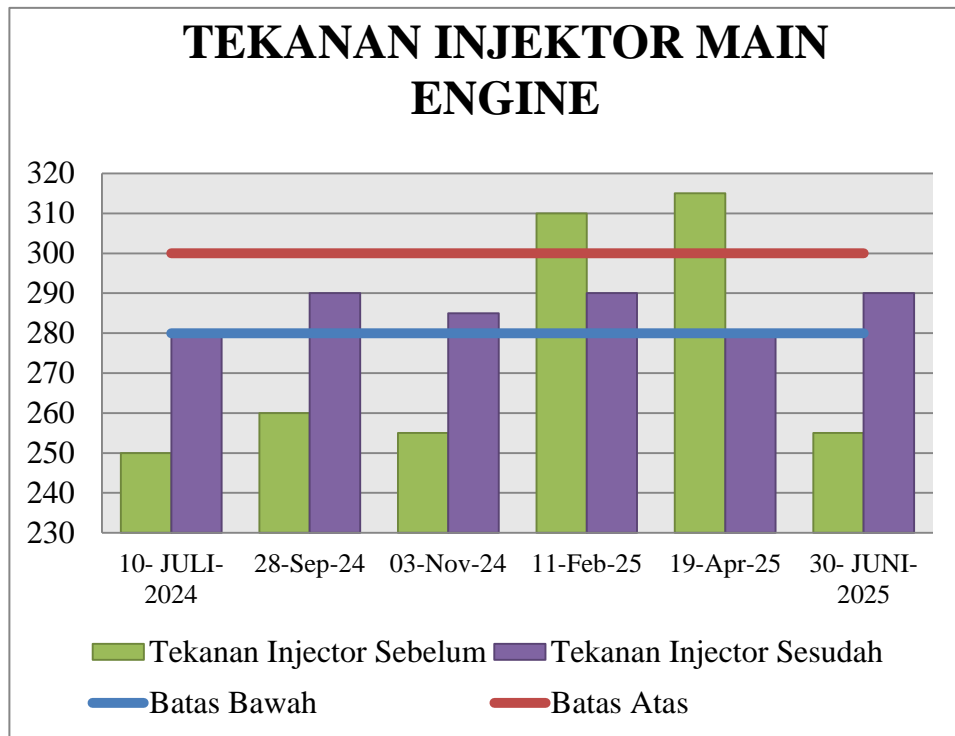
4. Mengganti *Nozzle* spare

Penggantian *nozzle* dilakukan apabila *nozzle* utama sudah tidak dapat berfungsi optimal meskipun telah dilakukan pembersihan. Tanda-tanda *nozzle* rusak antara lain semprotan tidak merata, bocor, atau tekanan injeksi yang turun drastis. *Nozzle* yang aus atau terkikis dapat menyebabkan bahan bakar tidak tersebar dengan baik dalam ruang bakar, menghasilkan pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan emisi gas buang. Penggantian dengan *nozzle spare* (cadangan) yang masih sesuai standar pabrik menjadi solusi terbaik untuk mengembalikan performa *injektor*.



Gambar 4. 10 *Nozzle baru injektor*

Sumber : Dokumentasi Penulis 2025



Gambar 4. 11 Grafik tekanan *injektor* main engine

Sumber: Penulis 2025

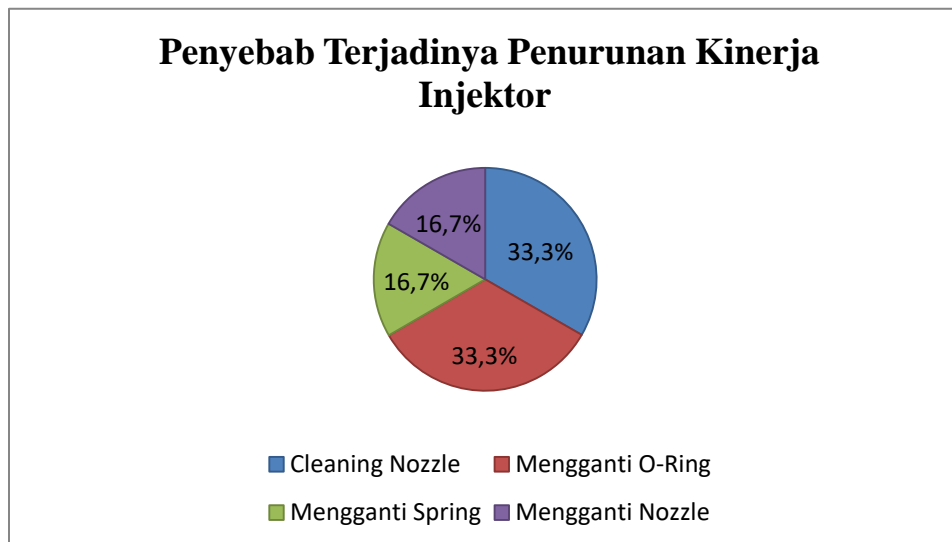
Berikut adalah penjelasan dari grafik tekanan *injektor main engine*:

1. Sumbu X (horizontal) menunjukkan tanggal pemeriksaan injektor, mulai dari 10 Juli 2024 hingga 30 Juni 2025.
2. Sumbu Y (vertikal) menunjukkan nilai tekanan injektor (dalam bar), mulai dari 230 bar sampai 320 bar.
3. Warna Hijau = Tekanan injektor sebelum perbaikan.
4. Warna Ungu = Tekanan injektor sesudah perbaikan.
5. Garis Biru = Batas bawah tekanan standar (280 bar).
6. Garis Merah = Batas atas tekanan standar (300 bar).

Analisis Per Periode:

1. 10 Juli 2024: Tekanan sebelum perbaikan jauh di bawah standar (± 250 bar), tetapi setelah perbaikan naik mendekati batas bawah (280 bar).

2. 28 Sep 2024: Tekanan sebelum perbaikan masih rendah (± 260 bar), sesudah perbaikan naik ke ± 290 bar (masih dalam batas normal).
3. 03 Nov 2024: Sebelum perbaikan rendah (± 255 bar), sesudah perbaikan naik ± 285 bar (dalam batas standar).
4. 11 Feb 2025: Sebelum perbaikan tinggi (± 305 bar, melebihi batas atas), sesudah perbaikan justru turun ke sekitar 290 bar (normal).
5. 19 Apr 2025: Tekanan sebelum perbaikan sangat tinggi (± 310 bar, melewati batas atas), sesudah perbaikan kembali normal sekitar 280 bar.
6. 30 Juni 2025: Sebelum perbaikan kembali rendah (± 255 bar), sesudah perbaikan naik ke ± 290 bar (dalam standar).



Gambar 4. 12 Diagram penurunan kinerja *injektor* mesin induk
Sumber: Penulis 2025

Diagram lingkaran tersebut menunjukkan bahwa penurunan kinerja injektor paling banyak disebabkan oleh faktor *cleaning nozzle* dan penggantian O-ring, masing-masing sebesar 33,3%. Hal ini menandakan bahwa penyumbatan pada *nozzle* akibat deposit atau kotoran serta kerusakan pada O-ring merupakan masalah yang paling sering muncul dan berpengaruh langsung terhadap performa injektor. Sementara itu, faktor lain seperti penggantian

spring dan penggantian *nozzle* hanya menyumbang 16,7% masing-masing, yang berarti frekuensi terjadinya lebih rendah dibandingkan dua faktor utama sebelumnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perawatan yang paling sering diperlukan untuk menjaga kinerja injektor adalah pembersihan *nozzle* dan penggantian O-ring, meskipun tindakan perawatan lain seperti penggantian spring dan *nozzle* tetap penting dilakukan ketika diperlukan agar kinerja injektor tetap optimal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap performa *injektor* pada main engine, serta berbagai tindakan perawatan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Faktor penyebab menurunnya kinerja *injektor* pada main engine adalah penyumbatan pada *nozzle injektor* yang diakibatkan oleh penumpukan endapan karbon sisa pembakaran, keausan pada komponen internal *injektor*, seperti O ring, *spring*, dan *nozzle*, akibat pemakaian dalam jangka waktu yang lama tanpa adanya penggantian atau perawatan rutin.
2. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kinerja injector yaitu berupa pembersihan *nozzle injektor* menghilangkan penyumbatan akibat penumpukan karbon, penggantian komponen internal *injektor* seperti O ring, *spring*, dan *nozzle* tip secara.

B. Saran

1. Untuk menjaga kinerja *injektor* pada main engine tetap optimal, disarankan melakukan perawatan *preventif* secara rutin, seperti pembersihan *nozzle* untuk mencegah penyumbatan akibat penumpukan karbon. Penggantian komponen internal seperti O ring, *spring*, dan *nozzle* tip perlu dilakukan sesuai jadwal perawatan pabrikan, disertai kalibrasi tekanan *injektor* secara berkala agar tetap sesuai dengan spesifikasi.
2. Pencatatan dan pemantauan riwayat perawatan *injektor* secara teratur juga penting untuk memastikan tindakan perbaikan atau penggantian dilakukan tepat waktu. Dengan langkah-langkah ini, umur pakai *injektor* dapat diperpanjang, kinerja pembakaran mesin induk tetap efisien, dan performa *main engine* dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Puji Nugroho A, D. D. (2018). *Pengaruh Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk Di Mt. Bauhinia* . Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Aldin. (2022). *Analisis Menurunnya Viskositas Bahan Bakar Mfo Terhadap Kinerja Injector Pada Main Engine Di Mv. Kt 02* . Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Alfath Dimas Pramada, S. A. (2025). Pengaruh Tidak Optimalnya Kinerja Sistem Pengabutan Bahan Bakar Pada Mesin Induk Kapal Sn 76. *Jurnal Maritim Malahayati (Jumma)*, 359-365.

Arifin, R. Z. (2010). Motor Diesel. *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*, 12.

Armstrong, P. D. (2013). Mesin Diesel. *Prinsip Dasar Mesin Diesel*, 105.

Budiyono, A. (2024). *Pentingnya Perawatan Fuel Inejctor Valve Guna Menunjang Kinerja Main Engine Di Kapal Mv. Meratus Medan 1*. Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Halimah, D. N. (2020). *Optimalisasi Perawatan Injektor Guna Menunjang Performa Diesel Generator Di Mt. Serang Jaya*. Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Sarifuddin, H. W. (2021). Analisis Menurunnya Kinerja *Injektor* Terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel Di Kapal. *E-Journal Marine Inside*, 41-42.


Setiawan Bagus Prayogi, M. Z. (2025). Analisis Pengaruh Menurunnya Kinerja *Injektor* Terhadapperforma Main Engine Di Mv. Oriental Ruby. *JURNAL O F ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL BUSINESS (RIGGS)*,5-6.

Syafrudin, F. A. (2021). *Pengaruh Turunnya Tekanan Injector Terhadap Tenaga Main Engine Di Mt Senipah*. Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Yeyen Herlina, G. D. (2019). Mengamati Turunnya Kinerja Injector Motor Induk Di Kapal Km. Zaisan. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim* , 9.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Ship Particular

TANTO SEHAT SHIP'S PARTICULAR					
TYPE OF VESSEL	: CONTAINER				
FLAG	: INDONESIA				
BUILT	: 2014, BODA SHIPYARD NINGBO, CHINA				
LENGTH OVER ALL (LOA)	: 119.9 M				
LENGTH BP (LBP)	: 115 M				
BREADTH	: 21.8 M				
DEPTH MOULDED	: 7.3 M				
AIR DRAFT	: 27.1M				
DRAFT	: 5.20 M (SUMMER)				
DEAD WEIGHT	: 8180 TONS (SUMMER)				
GROSS / NET TONNAGE	: 6659/3729TONS				
CALL SIGN	: I Z W C				
IMO NUMBER	: 9714197				
CLASS	: BKI				
					
ENGINES/CRANES/GRABS DESCRIPTION:					
MAIN ENGINE	: DAIHATSU DIESEL 8DKM-28e/2560KW				
AUX. ENGINE	: HENAN DIESEL (HND) TBD 234 V8, 273KW / 1500RPM , 50HZ 400 V X 3 SETS				
DECK CRANE	: N/A (GEARLESS)				
CRANE OUTREACH	: N/A				
LOAD LINE:					
	DRAFT (M)				DEAD WEIGHT (MT)
SUMMER	5.200				8180.00
TROPICAL	5.308				8416.30
FRESH WATER	5.321				8466.01
WINTER	5.092				7727.60
CAPACITY:					
	CONTAINER				HATCHES SIZE (M)
	20 FEET	40 FEET			
IN HOLDS	246	(standard) 120 plus 6 teus			18.9X17.8M & 6.3X12.4 M
ON DECK (HATCH COVERS)	312	144 plus 24 teus			25.2X17.8 M
TOTAL	558	264 plus 30 teus			25.2X17.8 M
LOADABLE CARGO (HOMOGENOUS)					REEFER POINT ON DECK
12 MT	14 MT	16 MT	18 MT	20 MT	22 MT
466	406	401	382	364	350
TEUS	TEUS	TEUS	TEUS	TEUS	TEUS
					50 PLUGS (440 V)
WATER BALLAST TANK		: 4805.00 CBM		DIESEL OIL TANK : 95.50CBM	
FRESH WATER TANK		: 75.00 CBM		LUBE OIL TANK : 8.62CBM	
FUEL OIL TANK		: 379.34CBM			
BUNKERS AND SPEED CONSUMPTION:					
AT SEA		: ABOUT 10.5 KNOTS , MAIN ENGINE CONS = 7.40 KL/DAY MFO 180 CST			
AUX ENGINE CONS:					
1(ONE). GENERATOR RUNNING: 0.55 KL/DAY HSD (INCL:10TEUS RF LOADED)					
IF LOADED MAX RF 50 TEUS. 3 (THREE) GENERATOR RUNNING. CONS. = 1.65 KL/DAY HSD					
IN PORT IDLE		: AUX ENGINE 0.5 KL/DAY HSD			
VESSEL COMMUNICATION DETAILS :				HEAD OWNER:	
MMSI: 525013035				PT. TANTO INTIM LINE	
INM-C/ Telex : 452502937				GEDUNG TANTO	
				Jalan Indrapura 29-33 Surabaya 60177 Indonesia	
				Phone/Fax: +62 31 353 3392 / +62 31 353 3396	
				Email: tantoship@tantonet.com	
"ALL DETAILS ABOUT AND WITHOUT GUARANTEE"					
"Speed and consumption is provided as guidance with no guarantee or liability on behalf of owners/vessel."					

PT. TANTO INTIM LINE

Name of Vessel / Nama Kapal	MV. TANTO SEHAT
Gross Tonnage / GT Kapal	6616 Ton
Agent in Port / Keagenan	PT. TANTO INTIM LINE
Owner's / Pemilik	PT. TANTO INTIM LINE
Date Of Arrival / Tanggal Tiba	22 JANUARI 2025
Date Of Departure / Tanggal Berangkat	24 JANUARI 2025

Last Port / Pelabuhan Sebelumnya	BATAM
Next Port / Pelabuhan Selanjutnya	PERAWANG

[illegible]

Tig. Price, 22 JANUARY 2025

46

Lampiran 3 : Mesin Induk MV Tanto Sehat



Inspection and Maintenance

Inspecting and Maintenance of Fuel Injection Valve

DK-28e

CHAPTER

5

ITEM

4.2

b) Adjusting Valve Opening Pressure

When reassembling the fuel injection valve after conducting the maintenance work by extracting the valve out of the engine, and when the nozzle is replaced with a new one, adjust the valve pressure on the following procedure.

Since the items mentioned in this section will be the parts to which engine setting value specified in NOx Technical Code shall be confirmed, do not make any change that may deviate from the setting values.

(:0-3 "Engine Conforming to NOx Technical Code")

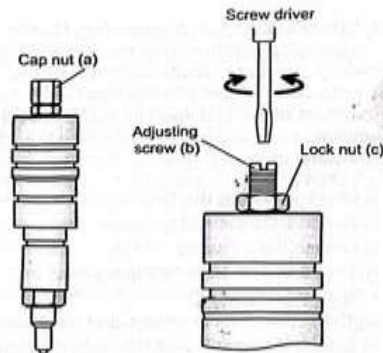
<Valve Opening Pressure Adjustment Procedure>

- Remove the cap nut (a).
- Loosen the lock nut (c) for the adjusting screw (b).
- Adjust the pressure to the specified pressure by turning the adjusting screw using a screw-driver, while conducting the injection of the fuel oil, as in the same procedure as in case of the fuel oil injection test.
 - Screwing-in adjusting screw ----- High
 - Turning-back of adjusting screw ----- Low
- Tighten the lock nut (c).

c) Inspecting Fuel Oil Injection

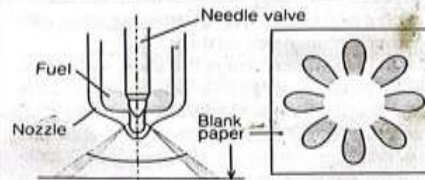
Inspect the fuel oil injecting conditions on the following procedure:

- Quickly operate the test pump lever several times (2 to 3 times every second), and inspect the fuel oil injecting conditions. (Let the fuel oil injected against a blank paper so that the conditions can be better inspected.)
 - Check if the cutting-off of injection is good or not. --- Injection sound
 - Check if injection is evenly and clearly sprayed.
 - Check if injection is not bar pattern, nor dripping down..
- Check if there is no dripping-down of fuel oil from the tip of the nozzle after the injection test.

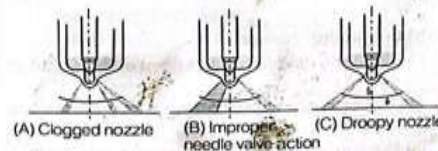


Pressure Adjusting Procedure

* Setting pressure: 34.3 MPa (350 kgf/cm²)
Be minded to set the pressure of the fuel injection valve at a rather higher level, taking into consideration the initial accustoming, in case that a new injection valve is introduced.
----- 30.4 MPa (310 kgf/cm²)



Normal Injection



Abnormal Injection

Be minded not to approach your face or hands near the fuel spray during testing.
If the high-pressure fuel has hit your face or hands, it will cause injuries.

DAIHATSU

DK-28e Z 11-06

CHAPTER	5	Inspection and Maintenance
ITEM	4.2 DK-28e	Inspecting and Maintenance of Fuel Injection Valve

- iii) Loosen the bolts (E) and (F), and remove the fuel high-pressure block (B).
- iv) Remove the inlet connector (C).
- v) Remove the tightening nut (D) using a box wrench.
- vi) Extract the fuel oil injection valve (A) using a fuel oil injection extracting implement.
- vii) Remove the circular gaske (G).

- 1) Be careful so that the circular packing (G) may not be left behind in the cylinder head.
- 2) After removing the high-pressure fuel coupling and fuel injection valve, be minded to place the cover both on the coupling part of the fuel oil injection pump and on the insertion part of the cylinder head.

(3) Injection Test

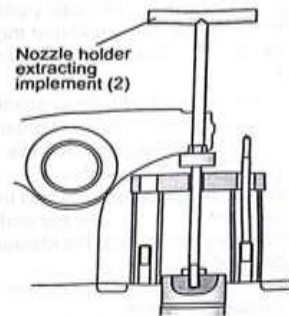
Conduct a fuel injection test of the fuel injection valve, to check if the opening pressure and the spraying conditions of the fuel injection valve is in proper and normal state.

Conduct the fuel injection test using the fuel injection test device (3) installed to the engine.

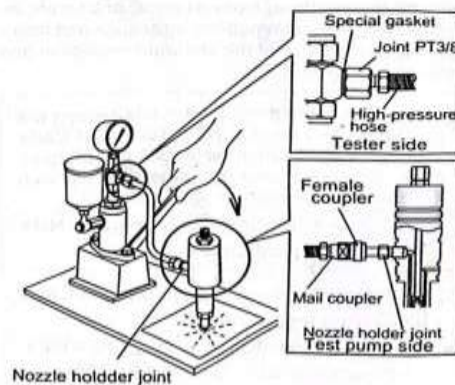
a) Inspecting Valve Opening Pressure

- i) Install the fuel injection valve on the injection test device, after removing the carbon stuck on the tip of the injection valve, and cleaning the tip.
- ii) Connect the test pump and the fuel injection valve using a high-pressure hose for testing.
- iii) Quickly operate the test pump lever several times, and drain the air until the valve starts injection of the fuel as the pressure indicating scale swings.
- iv) Slowly turn the test pump lever (once every second, or so), check the pressure reading (the pressure, that has once increased gradually, suddenly starting to decrease due to opening of the valve).

* Normal pressure: 27.4 ~ 29.4 MPa
(280 ~ 300 kgf/cm²)



Nozzle Holder Extracting Procedure



Injection Test Procedure

Lampiran 6: Log Book MV Tanto Sehat

12
Ketinggian
Pada hari
Bul
Gel
mm
Tempat
dar

PERAWANG SARAJITA
13 JULI 2024


Waktu / Jaga	Jenis kapal	Jenis mesin	Perawatan / Perbaikan	Bahan temperatur												KETERANGAN LAM/LAN			
				Pendingin				Air tawar pendingin				Gak busing							
				mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin	mesin				
04.00 - 08.00	4	60	73	28	70	61	58	41	70	67	68	67	66	110	100	100	36	700	• Ganti Filter KACA M/E • AE/ME running normal
08.00 - 12.00	4	580	130	28	67	60	63	57	60	64	64	67	68	110	100	100	36	700	• TF DO AE TF FO ME
12.00 - 16.00	4	570	130	28	68	61	61	56	60	67	68	67	68	110	100	100	36	700	• ON LAM/LAN AE AE/ME running normal
16.00 - 20.00	4	570	125	28	68	60	63	56	60	67	68	67	68	110	100	100	36	700	• TF DO AE TF FO ME
20.00 - 04.00	4	570	128	28	67	60	63	57	60	67	68	67	68	110	100	100	36	700	• Ganti bingkai AE/ME running normal
04.00 - 08.00	4	570	125	28	68	61	61	56	60	67	68	67	68	110	100	100	36	700	• AE/ME running normal

Perawatan mesin per 15.12.24			
Perawatan	mesin	Perawatan	mesin
Water intake	mesin P.1		
Water intake	mesin P.2		
Water intake	mesin P.3		
Water intake	mesin P.4		
Water intake	mesin P.5		
Water intake	mesin P.6		
Water intake	mesin P.7		
Water intake	mesin P.8		
Water intake	mesin P.9		
Water intake	mesin P.10		

Perawatan mesin per 15.12.24			
Perawatan	mesin	Perawatan	mesin
Water intake	mesin P.1		
Water intake	mesin P.2		
Water intake	mesin P.3		
Water intake	mesin P.4		
Water intake	mesin P.5		
Water intake	mesin P.6		
Water intake	mesin P.7		
Water intake	mesin P.8		
Water intake	mesin P.9		
Water intake	mesin P.10		

Mengalut
K.M. TANTO SEHAT
Kapita Kanto Sehat
Chief Engineer

Lampiran 7: Jurnal perawatan *injektor*



PT. TANTO INTIM LINE

P. Jember, Jl. Jember Kota 172

66111 Jember, Jawa Timur 66111

Telp. 0331-8222222

Widyadarmas

1. Widyadarmas 1. Widyadarmas 1. Widyadarmas

2. Widyadarmas 2. Widyadarmas 2. Widyadarmas

3. Widyadarmas 3. Widyadarmas 3. Widyadarmas

Jurnal Perawatan Injektor Main Engine

Waktu Kapal: MV Tuto Schar

Berkas asal : Perawatan Kemantukan Injektor Main Engine

Periode Perawatan: Juli 2024 – Juli 2025

Data Hasil Pengukuran Tekanan Injektor dan Hasil Perawatan

Tanggal	Silinder	Tekanan Ideal (Bar)	Tekanan Sebelum Perbaikan (Bar)	Tekanan Setelah Perbaikan (Bar)	Penyakit/Disfungsi	Upaya Perawatan
13-Jul-24	1	280-300	250	280	Tekanan rendah akibat penyumbatan nozzle oleh endapan karbon.	Dilakukan pembersihan nozzle dan penggantian kompresor angin.
28-Sep-24	6	280-300	260	290	Tekanan awal rendah karena lemahnya pegas dan spring.	Penggantian pegas, spring, dan penutupi tur ulang.
03-Nov-24	8	280-300	255	285	Penyumbatan nozzle dan lemahnya level pada needle valve.	Pembersihan nozzle dan penggantian needle valve.
11-Feb-25	3	280-300	210	290	Tekanan cukup tinggi namun tidak stabil karena kebocoran.	Penggantian O-ring dan pengecekan ulang.

					O-ring	tekanan
10-Apr-25	T	280-300	300	280	Tekanan masih standar, dilakukan perawatan preventif.	Pembersihan dan penggantian kompresor internal.
18-Jun-25	S	280-300	215	290	Tekanan rendah akibat nozzle kotor dan pegas lemah.	Pembersihan nozzle, penggantian spring, dan pressure test.

Lampiran 8: Running Hours Mesin Induk

PT TANTO INTIM LINE

KM. TANTO SEHAT

MAIN ENGINE

MONTH : 25 JULI 2024

RH TOTAL : 41.181

RH Monthly : 377

NO	PARTS NAME	MAIN ENGINE TYPE : ANQING DAIHATSU 8 DKM-28 E								
		FREQ UNIT	CYL NO 1	CYL NO 2	CYL NO 3	CYL NO 4	CYL NO 5	CYL NO 6	CYL NO 7	CYL NO 8
1	INJECTOR	1000 - 1500	327	1.116	377	377	163	377	806	327
2	CYLINDER HEAD	4000 - 6000	1.124	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.124	806
3	PISTON	6000 - 8000	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181
4	RING PISTON	8000 - 12000	1.116	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.116	1.124
5	INLET VALVE	4000 - 6000	1.116	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.116	1.124
6	EXHAUST VALVE	4000 - 6000	1.116	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.116	1.124
7	CONNECTING ROD	16000 - 24000	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181	41.181
8	CYLINDER LINER	16000 - 24000	10.574	10.574	10.574	8.452	10.574	10.574	10.574	10.574
9	CRANK SHAFT	16000 - 24000	41.181	41.181	41.181	8.452	41.181	41.181	41.181	41.181
10	UPPER & LOWER CONROD	16000 - 24000	15.249	15.497	15.538	8.452	16.910	15.044	15.592	16.332
11	STARTING AIR VALVE	4000 - 6000	1.124	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.124	806
12	SAFETY VALVE OF CYL HEAD	4000 - 6000	1.124	1.116	1.124	1.116	1.116	1.116	1.124	806
13	FUEL INJECTION PUMP	4000 - 6000	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
14	MAIN BEARING	16000 - 24000	10.574	10.574	10.574	8.452	10.574	10.574	10.574	10.574
15	CAMSHAFT	16000 - 24000	41.181	41.181	41.181	8.452	41.181	41.181	41.181	41.181
16	TIMING GEAR	8000 - 12000	4.180	LAST CHECK : 07 / 12 / 2023						
17	GOVERNOR	30.000	8.663	LAST CALIBRATION : 01 / 09 / 2021						
18	TURBO CHARGER	12.000	726	LAST CLEANING : 12 / 03 / 2024						
19	AIR COOLER	4000 - 6000	327	LAST CLEANING : 02 / 05 / 2024 (ganti dengan spare di kapal) bekas						
20	LO COOLER / G. BOX	4000 - 6000	229	LAST CLEANING : 07 / 05 / 2024						
21	FW COOLER	4000 - 6000	141	LAST CLEANING : 14 / 05 / 2024						
22	LO SUMP TK ME	10.000	1.689	LAST RENEWED : 13 / 12 / 2023						
23	LO GEAR BOX ME	10.000	1.124	LAST RENEWED : 24 / 01 / 2024						

Reported :

PURWADI

Acknowledge :

PRAPTO UTOMO

