



**ANALISIS MENURUNNYA KINERJA INJEKTOR
PADA PROSES TERJADINYA PEMBAKARAN
MESIN DIESEL GENERATOR DI
MV. PRIMA SEJAHTERA**

SKRIPSI

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran
Pada Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

Oleh
NABIL NURRUSADI
NIT. 582111238286 T

**PROGRAM STUDI TEKNIK DIPLOMA IV
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS MENURUNNYA KINERJA INJEKTOR PADA PROSES
TERJADINYA PEMBAKARAN MESIN DIESEL GENERATOR
DI MV. PRIMA SEJAHTERA**

Disusun Oleh:

NABIL NURRUSADI
NIT. 582111238286 T

Telah disetujui dan diterima, selanjutnya dapat diujikan di sepan Dewan Penguji

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

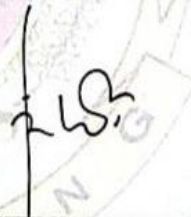
Semarang, 9 Maret 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

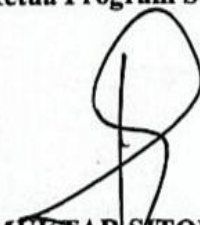


IMAM SAFI, S.Si.T., M.Si
NIP. 19771222 200502 1 001



IRMA SHINTA DEWI, S.S., M.Pd
NIP. 19730713 199803 2 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknika



Dr. Ir. ALIMUKTAR SITOMPUL, M.T., M.Mar.E.
NIP. 19730331 200604 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisis menurunnya kinerja injektor pada proses terjadinya pembakaran mesin diesel generator di MV. Prima Sejahtera” karya,

Nama : Nabil Nurrsadi

NIT : 582111238286 T

Program Studi : Teknika

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi Prodi Teknik, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang pada hari KAMIS, tanggal 12 Maret 2026

PENGUJI

Penguji I : Dr. DWI PRASETYO, M.M., Mar.E.
NIP. 19741209 199808 1 001

Penguji II : IMAM SAFFI, S.Si. T., M.Si
NIP. 19771222 200502 1 001

Penguji III : Ir. FITRI KENSIWI, M.Pd.
NIP. 19660702 199203 2 009

Mengetahui,
Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang


Dr. Ir. MAFRISAL, M.T., M.Mar.E., I.P.U.
NIP. 197302051999031002

PENYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabil Nurrusadi

NIT : 582111238286 T

Program Studi : Teknika

Skripsi dengan judul “Analisis menurunnya kinerja injektor pada proses terjadinya pembakaran mesin diesel generator di MV. Prima Sejahtera”

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya (penelitian dan tulisan) sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sangsi yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang,

Yang menyatakan pernyataan,



NABIL NURRUSADI
NIT. 582111238286 T

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. *“Inna ma‘al ‘usrī yusrā”*, saya meyakini bahwa setiap kesulitan akan disertai kemudahan atas izin Allah.(QS. Al-Insyirah ayat 6)
2. Ilmu pengetahuan berkembang melalui proses belajar yang tekun, berpikir sistematis, dan usaha yang tidak berhenti.
3. Gagal bukan akhir, tertinggal bukan berarti kalah, selama masih mau belajar, berproses dan berkembang, masa depan pasti bisa kita taklukkan.

Persembahan :

1. Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya atas doa dan dukungan yang tiada henti.
2. Almamater tercinta, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, atas ilmu dan pengalaman yang diberikan.
3. PT Soechi Lines Tbk. atas kesempatan dan pengalaman berharga yang diberikan.
4. Dosen pembimbing saya, Bapak Imam Safi'i, S.Si. T., M.Si. dan Ibu Irma Shinta Dewi, S.S., M.Pd.
5. Teman-teman Angkatan 58 dan Kekasih saya yang selalu mendukung dan jadi penyemangat di setiap proses saya.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan kesehatan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Menurunnya Kinerja Injektor Pada Proses Terjadinya Pembakaran Pada Mesin Diesel Generator Di MV. Prima Sejahtera” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran (S.Tr.Pel) pada Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyelesaiannya tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, arahan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Mafrisal, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
2. Bapak Dr. Ir. Ali Muktar Sitompul, M.T., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang,
3. Bapak Imam Safi'i, S.Si. T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Materi, yang telah dengan sabar memberikan dukungan, bimbingan, dan pengarahan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Irma Shinta Dewi, S.S., M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Metode Penulisan Skripsi, yang telah dengan sabar memberikan dukungan, bimbingan, dan pengarahan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen di Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat dalam membantu proses penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Suswono dan Ibu Astuti, dengan kasih sayang, doa, dan pengorbanan, selalu memberi semangat dalam seluruh proses hidup saya.
7. Keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan moral, motivasi, dan kepercayaan penuh atas perjuangan ini.

8. kepada PT Soechi Lines Tbk. atas kesempatan, kepercayaan, serta dukungan yang diberikan kepada penulis selama melaksanakan praktik laut sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. kepada seluruh kru MV. Prima Sejahtera atas bimbingan, arahan, serta kerja sama yang diberikan selama penulis melaksanakan praktik laut hingga tersusunnya skripsi ini. Terutama Bass Fahri Andika Adi, Bass Joni Kristianto, Bass Rudi Jatmiko, Bass Amriadi Hasan, Bass Muhammad Doni, Capten Endang, Chief Andrias, Second Aminnullah, Third Risfiyandi.
10. Kepada Rekan seperjuangan Angkatan 58, Rekan kelas, dan Rekan Galangan B2 yang selalu memberikan dukungan, pemikiran, dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Kepada tim dosen penguji skripsi, yang telah memberikan masukan, saran, dan koreksi yang konstruktif dalam penyempurnaan skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati, peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan di masa mendatang. Peneliti berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi akademik bagi civitas akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, khususnya Program Studi Teknika, serta bagi para pembaca secara umum.

Semarang,

Peneliti



NABIL NURRUSADI
NIT. 582111238286 T

ABSTRAK

NURRUSADI, NABIL 2026. NIT: 582111238286, "Analisis Menurunnya Kinerja Injektor pada Proses Terjadinya Pembakaran Mesin Diesel Generator di MV. Prima Sejahtera". Skripsi. Program Diploma IV, Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran, Pembimbing I : Imam Safi'i, S.Si. T., M.Si., Pembimbing II : Irma Shinta Dewi,S.S.,M.Pd.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab menurunnya kinerja injektor, dampak yang ditimbulkan, serta upaya mengatasi penurunan kinerja injektor pada mesin *diesel generator* di MV. Prima Sejahtera.

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Analisis data menggunakan pendekatan SHEL (*Software, Hardware, Environment, Liveware*). Keabsahan data dalam penelitian ini diuji melalui teknik triangulasi sumber dan metode, serta pengujian kredibilitas, dependabilitas, transferabilitas, dan konfirmabilitas guna memastikan data yang diperoleh valid, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor penyebab penurunan kinerja injektor meliputi: perawatan tidak sesuai *instruction manual book*, penyumbatan lubang *nozzle*, berkurangnya elastisitas spring injektor, keausan jarum pengabut, tekanan pengabutan tidak mencapai standar 300 kg/cm², bahan bakar terkontaminasi, dan keterlambatan pengadaan *spare part*. Dampak yang ditimbulkan berupa penurunan daya motor, rendahnya temperatur gas buang (220°C dari normal 300-350°C), munculnya asap hitam, dan detonasi pada mesin. Upaya penanggulangan dilakukan melalui pelaksanaan *Planned Maintenance System* sesuai manual, pembersihan *nozzle*, penggantian komponen aus, penyetelan tekanan injektor, pembersihan *filter* bahan bakar secara rutin, serta pengajuan permintaan *spare part* secara berkala.

Kata kunci : Analisis, injektor, mesin diesel, *generator*, *SHEL*

ABSTRACT

NABIL NURRUSADI, 2026. NIT: 582111238286, "Analysis of Decreased Injector Performance in the Combustion Process of Diesel Generator Engine on MV. Prima Sejahtera". Thesis. Diploma IV Program, Marine Engineering Study Program, Semarang Merchant Marine Polytechnic. Supervisor I: Imam Safi'i, S.Si.T., M.Si., Supervisor II: Irma Shinta Dewi, S.S., M.Pd.

This study aims to identify the factors causing decreased injector performance, the impacts incurred, and efforts to overcome the decline in injector performance on diesel generator engines on MV. Prima Sejahtera.

The research method used was descriptive qualitative, with data collection techniques through observation, interviews, documentation, and literature review. Data analysis used the SHEL (Software, Hardware, Environment, Liveware) approach. The validity of the data in this study was tested through source and method triangulation techniques, as well as credibility, dependability, transferability, and confirmability tests to ensure the data obtained was valid, consistent, and scientifically accountable.

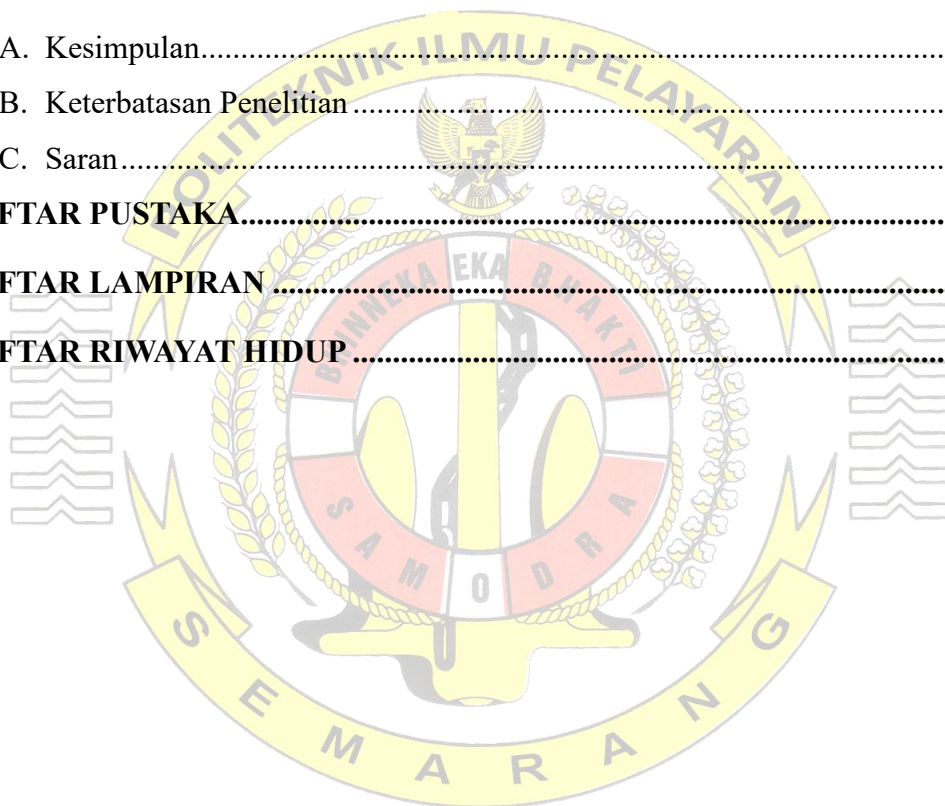
The results showed that factors causing decreased injector performance include: maintenance not following the instruction manual book, nozzle hole blockage, reduced injector spring elasticity, needle valve wear, injection pressure not reaching the standard of 300 kg/cm², contaminated fuel, and delays in spare parts procurement. The impacts include reduced engine power, low exhaust gas temperature (220°C from normal 300-350°C), black smoke emission, and engine detonation. Mitigation efforts are carried out through implementing the Planned Maintenance System according to the manual, nozzle cleaning, replacement of worn components, injector pressure adjustment, routine fuel filter cleaning, and regular submission of spare parts requests.

Keyword : Analysis, performance, injector, diesel engine, generator, SAHEL

DAFTAR ISI

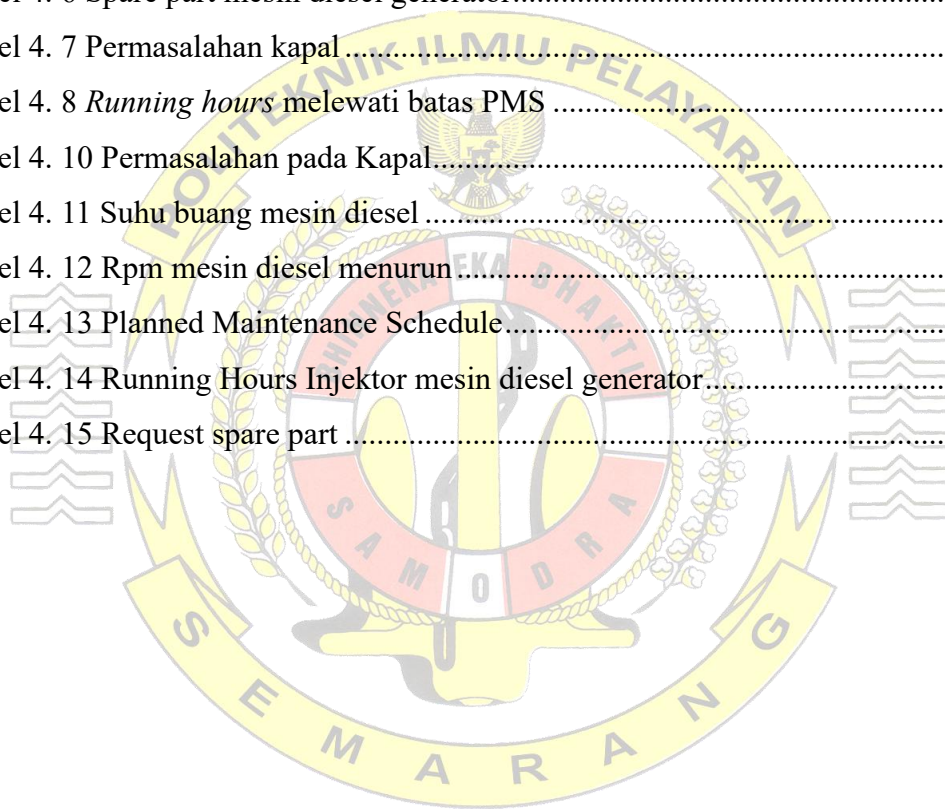
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PENYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Fokus Penelitian.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	7
A. Deskripsi Teori	7
B. Kerangka Penelitian.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
A. Metode Penelitian.....	32
B. Tempat Penelitian	32
C. Sample Sumber Data Penelitian/Informan	33
D. Teknik Pengumpulan Data	34
E. Instrument Penelitian.....	38

F. Teknik Analisis Data Kualitatif.....	40
G. Pengujian Keabsahan Data.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Gambaran Konteks Penelitian.....	44
B. Deskripsi Data.....	56
C. Temuan.....	57
D. Pembahasan Hasil Penelitian.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	112
A. Kesimpulan.....	112
B. Keterbatasan Penelitian.....	113
C. Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	116
DAFTAR LAMPIRAN.....	119
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	131



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 2 Kisi-kisi Instrumen Observasi.....	39
Tabel 4. 1 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	54
Tabel 4. 2 Planned Maintenance system	60
Tabel 4. 3 Perawatan Injektor.....	61
Tabel 4. 4 Permasalahan pada kapal	65
Tabel 4. 5 Pemasalahan pada kapal.....	69
Tabel 4. 6 Spare part mesin diesel generator.....	70
Tabel 4. 7 Permasalahan kapal	71
Tabel 4. 8 <i>Running hours</i> melewati batas PMS	71
Tabel 4. 10 Permasalahan pada Kapal.....	73
Tabel 4. 11 Suhu buang mesin diesel	75
Tabel 4. 12 Rpm mesin diesel menurun	76
Tabel 4. 13 Planned Maintenance Schedule.....	81
Tabel 4. 14 Running Hours Injektor mesin diesel generator.....	83
Tabel 4. 15 Request spare part	88



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Injektor	8
Gambar 2. 2 Injektor	12
Gambar 2. 3 jenis – jenis injektor.....	15
Gambar 2. 4 Segitiga Api.....	24
Gambar 4. 1 pengetesan injektor.....	53
Gambar 4. 2 Kapal MV. Prima Sejahtera	57
Gambar 4. 3 nozzle tersumbat.....	62
Gambar 4. 4 Pengujian spray pattern.....	63
Gambar 4. 5 Bahan Bakar Menetes.....	63
Gambar 4. 6 Kurangnya tekanan pengabutan	64
Gambar 4. 7 Spring injektor.....	67
Gambar 4. 8 Endapan lumpur pada filter bahan bakar.....	68
Gambar 4. 9 Asap hitam pasa cerobong gas buang.....	73
Gambar 4. 10 lapping Nozzle baru	80
Gambar 4. 11 Nozzle dan jarum baru	84
Gambar 4. 12 Proses pembersihan nozzle injektor.....	85
Gambar 4. 13 Pembersihan Filter bahan bakar	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Wawancara 1	119
Lampiran 2 Wawancara 2	123
Lampiran 3 <i>Ship Particular</i> MV. Prima Sjahtera	127
Lampiran 4 <i>IMO Crew List</i> MV. Prima Sejahtera	128
Lampiran 5 Spesifikasi <i>Engine Diesel Generator</i> MV. Prima Sjahtera	129
Lampiran 6 Foto pekerjaan Penanganan Injektor <i>Diesel Generator</i>	130



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri pelayaran global merupakan tulang punggung perdagangan internasional yang berperan penting dalam menghubungkan perekonomian dunia melalui transportasi maritim. Oleh karena itu, keandalan sistem propulsi dan kelistrikan kapal menjadi faktor yang sangat krusial dalam menjamin kelancaran operasional yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Kapal merupakan sarana transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut barang dan penumpang melalui jalur perairan. Salah satu jenis kapal yang banyak digunakan dalam kegiatan perdagangan dan industri adalah kapal niaga yang beroperasi secara komersial. Dalam industri pelayaran, terdapat berbagai jenis kapal yang diklasifikasikan berdasarkan jenis muatan yang diangkut. Salah satunya adalah kapal *bulk carrier* yang dirancang khusus untuk mengangkut muatan curah kering, seperti batu bara, bijih besi, gandum, dan bahan tambang lainnya.

Selama beroperasi, kapal niaga sangat bergantung pada sistem penggerak dan sistem kelistrikan yang bekerja secara berkesinambungan untuk menunjang kelancaran pelayaran. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di atas kapal, digunakan mesin *generator* yang digerakkan oleh mesin diesel. *Generator diesel* merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kelistrikan di berbagai sektor, khususnya dalam industri pelayaran sebagai

sumber energi listrik utama, serta dalam kegiatan manufaktur (Mafrizal et al., 2022).

Sistem *generator diesel* pada kapal memiliki peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik operasional guna menunjang kelancaran aktivitas pelayaran. Mesin *diesel generator* merupakan mesin bantu yang berfungsi sebagai sumber penyedia energi listrik bagi sistem *onboard* kapal, yang meliputi kebutuhan pencahayaan, navigasi, komunikasi, bantuan propulsi, peralatan kargo, sistem HVAC, serta berbagai sistem pendukung lainnya (Sariffudin et al., 2021). Keandalan sistem pembangkitan listrik di kapal sangat ditentukan oleh performa optimal setiap komponen mesin *diesel generator*, khususnya komponen yang berperan dalam proses pembakaran.

Mesin diesel dikenal sebagai mesin penyalaan kompresi karena proses penyalaan bahan bakar terjadi melalui penyemprotan bahan bakar ke dalam udara yang telah mencapai suhu dan tekanan tinggi akibat proses kompresi. Di antara berbagai komponen mesin diesel, seperti piston, kepala silinder, *rocker arm*, *crankshaft*, *camshaft*, dan injektor, komponen injektor memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan kualitas proses pembakaran (Kristianto et al., 2023).

Injektor merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem pembakaran mesin *diesel generator* yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut halus guna mendukung proses pembakaran yang optimal (Khaeril et al., 2024). Fungsi utama injektor diesel adalah mengabutkan bahan bakar menjadi partikel-

partikel halus pada suhu tinggi guna menunjang proses pembakaran yang efisien (Khusniawati & Palippui, 2021). Proses pengabutan (atomisasi) merupakan faktor kunci dalam keberhasilan pembakaran yang efisien dan optimal, karena ketepatan waktu penyemprotan, tekanan, serta kualitas semprotan bahan bakar sangat menentukan kinerja mesin secara keseluruhan.

Namun, dalam praktik operasional, kinerja injektor sering mengalami penurunan yang berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan dalam pengoperasian mesin. *Generator set* pada pembangkit listrik tenaga diesel mengalami variasi energi yang dihasilkan yang berbanding lurus dengan besarnya beban yang diterima (Hayatullah et al., 2021). Dengan demikian, gangguan pada sistem injektor dapat berdampak signifikan terhadap stabilitas pembangkitan tenaga listrik.

MV. Prima Sejahtera sebagai salah satu kapal komersial yang beroperasi secara intensif mengalami permasalahan berupa penurunan kinerja injektor pada sistem *diesel generator*. Hasil pengamatan awal menunjukkan adanya indikasi penurunan kinerja mesin yang diduga berkaitan dengan gangguan pada sistem injektor, sehingga berdampak langsung terhadap efisiensi operasional kapal. Permasalahan tersebut memerlukan analisis yang mendalam mengingat pentingnya peranan sistem injektor dalam menjamin kontinuitas operasional kapal serta keselamatan pelayaran.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penulis tertarik untuk menganalisis permasalahan tersebut dengan mengangkat judul “Analisis

Menurunnya Kinerja Injektor pada Proses Terjadinya Pembakaran Mesin *Diesel Generator* di MV. PRIMA SEJAHTERA”.

B. Fokus Penelitian

Menurut Sugiyono (2021) fokus penelitian merupakan batasan masalah yang menjadi pusat perhatian peneliti dalam melakukan suatu penelitian. Fokus penelitian berfungsi untuk membatasi penelitian agar tidak meluas dan terlalu umum. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, fokus penelitian ini adalah mengenai sistem pembakaran pada mesin *diesel generator* MV Prima Sejahtera, khususnya pada bagian injektor yang kurang optimal pada saat pengabutan bahan bakar terhadap pembakaran bahan bakar pada silinder mesin *diesel generator* seperti halnya penelitian yang dilakukan selama peneliti menjalankan praktek laut.

C. Rumusan Masalah

Menurut Nazir (2021) rumusan masalah merupakan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang ingin dijawab melalui kegiatan penelitian. Rumusan masalah yang baik akan memandu peneliti untuk melakukan penelitian secara sistematis dan terukur. Sesuai dengan fokus penelitian yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah antara lain:

1. Apa faktor penyebab menurunnya kinerja injektor pada mesin diesel penggerak *generator* di MV. Prima Sejahtera?
2. Apa saja dampak yang timbul akibat faktor penyebab menurunnya kinerja injektor pada mesin diesel penggerak *generator* di MV. Prima Sejahtera?
3. Bagaimana upaya yang diambil untuk mengatasi menurunnya kinerja

injektor di MV. Prima Sejahtera?

D. Tujuan Penelitian

Menurut Sangadji & Sopiah (2023) tujuan penelitian adalah pernyataan mengenai apa yang ingin dicapai atau diperoleh melalui suatu kegiatan penelitian. Tujuan penelitian yang baik akan memberikan gambaran yang komprehensif mengenai apa yang ingin dicapai melalui penelitian tersebut. Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengidentifikasi faktor penyebab menurunnya kinerja injektor pada mesin diesel penggerak *generator* di MV. Prima Sejahtera.
2. Untuk mengetahui dampak yang timbul akibat menurunnya kinerja injektor pada mesin diesel penggerak *generator* di MV. Prima Sejahtera.
3. Untuk menganalisis upaya yang diambil untuk mengatasi menurunnya kinerja injektor di MV. Prima Sejahtera

E. Manfaat Penelitian

Menurut Narbuko & Achmadi (2019) manfaat penelitian merupakan kontribusi atau nilai tambah yang diharapkan dapat diperoleh dari suatu kegiatan penelitian. Manfaat penelitian dapat bersifat teoritis maupun praktis.

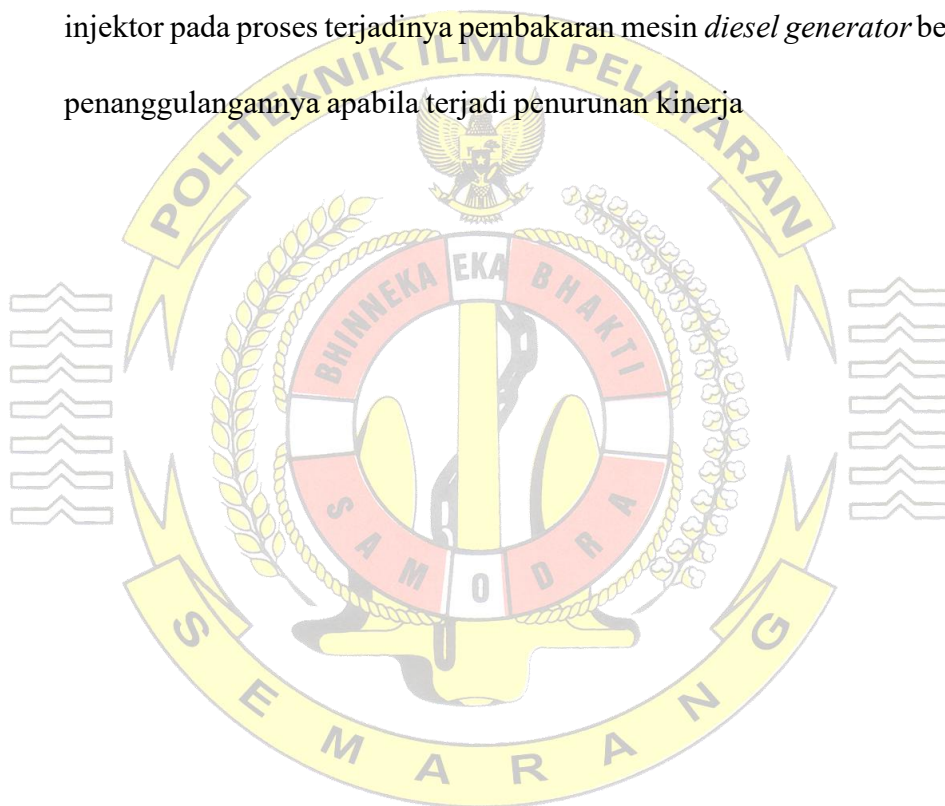
1. Manfaat Teoritis

Sebagai bentuk kontribusi dalam peningkatan dan pengembangan ilmu pengetahuan bagi taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, khususnya yang berkaitan dengan bidang permesinan kapal, penelitian ini membahas mengenai penurunan kinerja injektor pada proses pembakaran

mesin *diesel generator* di MV. Prima Sejahtera, sehingga diharapkan dapat menambah wawasan, pemahaman, serta menjadi referensi pembelajaran bagi taruna dalam memahami permasalahan yang terjadi pada sistem pembakaran mesin diesel di kapal..

2. Manfaat Praktis

Sebagai bahan pertimbangan bagi masinin guna menjaga kinerja injektor pada proses terjadinya pembakaran mesin *diesel generator* beserta penanggulangannya apabila terjadi penurunan kinerja



BAB II

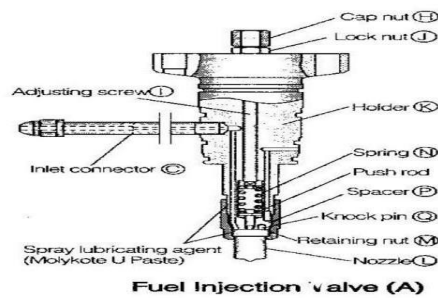
KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Injektor

Injektor adalah komponen krusial dalam sistem bahan bakar mesin diesel yang berfungsi untuk menyemprotkan atau mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran dengan tekanan tinggi dan pola semprot yang optimal (Agus, Irwan, et al., 2023). Fungsi utama injektor adalah mengubah partikel bahan bakar menjadi kabut halus sehingga dapat bercampur secara merata dengan udara panas yang terkompresi di dalam ruang bakar, yang kemudian akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dan efisien. Injektor bertanggung jawab untuk menyalurkan bahan bakar dari pompa injeksi ke silinder pada akhir setiap langkah kompresi ketika piston mendekati Titik Mati Atas (TMA).

Injektor diesel bekerja dengan prinsip memberikan bahan bakar bertekanan tinggi dari *injection pump* ke dalam ruang bakar. Proses pengabutan bahan bakar yang sempurna sangat penting karena akan mempengaruhi kualitas pembakaran di dalam ruang bakar. Jika pengabutan injektor tidak optimal, maka bahan bakar tidak terbakar secara sempurna, mengakibatkan pemborosan bahan bakar, penurunan tenaga mesin, peningkatan emisi gas buang, dan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin lainnya.



Gambar 2. 1 Injektor

Sumber : *manual book diesel generator* (2007)

a. Komponen Utama Injektor

Komponen utama injektor meliputi injektor *body*, *nozzle* dengan lubang-lubang pengabutan, *needle valve* yang membuka dan menutup aliran bahan bakar, pegas pengatur tekanan, dan pada mesin diesel modern dilengkapi dengan aktuator elektronik untuk kontrol yang lebih presisi. *Nozzle* injektor memiliki lubang-lubang pengabutan yang sangat kecil dengan diameter tertentu sesuai spesifikasi mesin, yang berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar menjadi partikel partikel halus. Adapun bagian-bagian dari injektor beserta fungsinya yang diambil dari *Manual book Diesel Generator* adalah berikut ini:

1) *Nozzle*

Injektor berfungsi sebagai alat pengabut bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin diesel. Komponen utama di dalam injektor adalah *nozzle needle* yang berperan sebagai jarum pengatur aliran bahan bakar. *Nozzle needle* membuka dan menutup saluran bahan bakar berdasarkan tekanan yang dihasilkan oleh pompa injeksi. Mekanisme ini mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan serta menentukan pola dan kualitas pengabutan.

Pengabutan yang baik menghasilkan butiran bahan bakar berukuran halus dan tersebar merata di dalam ruang bakar. Kondisi tersebut mempercepat proses pencampuran bahan bakar dengan udara sehingga pembakaran berlangsung lebih sempurna. Dengan demikian, fungsi *nozzle needle* secara langsung memengaruhi efisiensi pembakaran, kestabilan putaran mesin, dan tingkat emisi gas buang.

2) *Nozzle Cap*

Komponen ini berfungsi menghubungkan *nozzle* dengan injektor *body* agar posisi *nozzle* tetap stabil dan presisi komponen tersebut menahan *nozzle* pada kedudukan yang telah ditentukan.

3) *Spring*

Spring berfungsi mengontrol elastisitas injektor pada saat proses penginjeksian bahan bakar. Komponen ini mengembalikan alat penekan jarum ke posisi semula setelah proses penyemprotan berlangsung. *Spring* juga berperan dalam menentukan gaya tekan terhadap *needle valve*. Gaya tekan tersebut mengatur tekanan buka injektor sesuai spesifikasi. Pengaturan tekanan buka memengaruhi jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Dengan demikian, *spring* berperan penting dalam penyetelan kekuatan injeksi bahan bakar dan kestabilan proses pembakaran.

4) *Adjusting Srew*

Adjusting screw berfungsi mengatur tekanan bahan bakar yang dikabutkan ke dalam silinder. Komponen ini mengubah gaya tekan pegas pada *needle valve*. Perubahan gaya tekan tersebut menentukan tekanan buka injektor. Tekanan buka yang tepat menghasilkan pola pengabutan sesuai spesifikasi. Pola pengabutan yang sesuai meningkatkan kualitas pencampuran bahan bakar dan udara. Dengan demikian, *adjusting screw* berperan langsung dalam pengendalian tekanan injeksi dan kestabilan proses pembakaran.

5) *Nozzle Holder*

Nozzle holder berfungsi untuk memegang *nozzle* dan menentukan posisi serta arah dari pada *nozzle*. *Nozzle holder* ini merupakan tempat bertemunya antara bahan bakar dan mengatur tekanan dimulainya penginjeksian (*valve* terbuka) pada *nozzle*. Jarum pengabut ditekan oleh *spring* melalui *push rod*. Tekanan awal penginjeksian bahan bakar diatur oleh besarnya ketegangan dari *nozzle spring*. Besarnya ketegangan dari *nozzle spring* dapat diatur dengan menggunakan sekrup penyetel (*adjusting screw*).

6) *Spacer*

Spacer berfungsi menyalurkan bahan bakar menuju *nozzle* injektor. Komponen ini mengarahkan aliran bahan bakar dari saluran masuk ke ruang pengabutan. Aliran bahan bakar yang teratur menjaga kestabilan ekanan injeksi. Tekanan yang stabil

mendukung terbentuknya pola semprotan yang seragam. Pola semprotan yang seragam meningkatkan kualitas pencampuran bahan bakar dengan udara. Dengan demikian, *spacer* berperan penting dalam menjaga kontinuitas aliran bahan bakar dan kinerja sistem injeksi.

7) *Nut*

Nut berfungsi menahan saluran bahan bakar, komponen ini menjaga sambungan saluran bahan bakar tetap rapat dan stabil. Kerapatan sambungan mencegah terjadinya kebocoran selama proses injeksi. Sambungan yang stabil mempertahankan tekanan bahan bakar sesuai kebutuhan sistem. Tekanan yang terjaga mendukung kinerja injektor secara optimal. Dengan demikian, *nut* berperan penting dalam menjamin keandalan saluran bahan bakar pada sistem injeksi.

8) *Cap nut*

Cap nut berfungsi menahan *adjusting screw* padaudukannya agar tidak berubah posisi. Komponen ini mengunci posisi *adjusting screw* setelah proses penyetelan tekanan injektor dilakukan. Penguncian tersebut mencegah terjadinya pergeseran akibat getaran mesin selama operasi. Posisi *adjusting screw* yang tetap menjaga tekanan buka injektor sesuai nilai yang telah ditetapkan. Tekanan buka yang stabil menghasilkan pola pengabutan bahan bakar yang seragam. Dengan demikian, *cap nut*

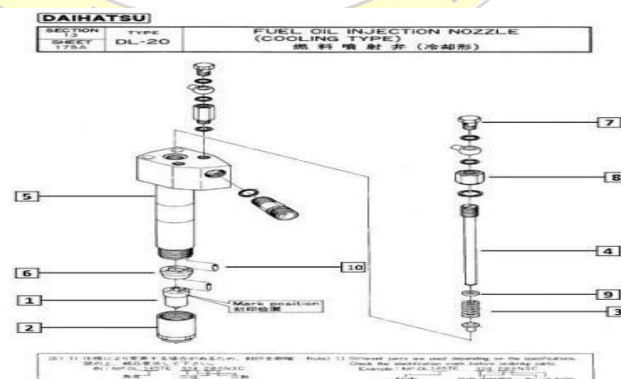
berperan penting dalam mempertahankan hasil penyeteran sistem injeksi dan kestabilan proses pembakaran.

9) *Spring Seat*

Spring seat berfungsi menahan *spring* agar tetap berada pada posisi yang telah ditentukan. Komponen ini menjaga *spring* tidak bergeser selama proses kerja injektor berlangsung. Posisi *spring* yang stabil mempertahankan gaya tekan terhadap *needle valve*. Gaya tekan yang konstan menjaga tekanan buka injektor sesuai spesifikasi. Tekanan buka yang tepat mendukung kestabilan proses pengabutan bahan bakar. Dengan demikian, *spring seat* berperan penting dalam menjaga kinerja sistem injeksi tetap andal.

10) *Pin*

Pin berfungsi mengunci *part nozzle* pada posisinya. Komponen ini menahan *nozzle* agar tidak bergeser selama proses injeksi berlangsung. Penguncian tersebut menjaga keselarasan antara *nozzle* dan injektor *body*.



Gambar 2. 2 Injektor

Sumber : *manual book diesel generator* (2007)

b. Fungsi Injektor

Menurut (Behzad et al, 2020), Dalam sistem *diesel generator*, komponen yang berperan sebagai penyuplai bahan bakar adalah injektor. Injektor berfungsi mengalirkan dan mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar hingga mencapai ukuran partikel halus. Proses pengabutan ini bertujuan meningkatkan luas permukaan kontak antara bahan bakar dan udara sehingga pembakaran dapat berlangsung secara efektif. Pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar menghasilkan tekanan dan energi yang digunakan untuk menggerakkan mesin. Berdasarkan hal tersebut, injektor memiliki peran penting dalam menentukan kualitas pembakaran dan kinerja *diesel generator*.

Secara lebih lanjutnya menurut Daryanto dan Ismanto (2018:26), fungsi injektor *diesel generator* yaitu:

- 1) Bahan bakar harus disemprotkan pada saat yang tepat dan bisa juga disemprotkan pada waktu yang diinginkan.
- 2) Secara cepat dapat menambah tekanan bahan bakar sampai pada capaian tekanan tinggi tanpa ada kebocoran yang ditimbulkan.
- 3) Penekanan bahan bakar dengan jumlah tepat menuju pengabut, jumlah tersebut harus ada pengaturan kontinu dari 0 sampai maksimal.

Standar kinerja injektor mesin diesel ditentukan oleh beberapa parameter kritis yang harus dipenuhi agar mesin dapat beroperasi dengan optimal. Parameter utama meliputi tekanan injeksi untuk kondisi yang baik dan stabil 27.4 – 29.4 mpa, pola semprot (*spray pattern*),

sudut semprot (*spray angle*), *volume* bahan bakar yang disemprotkan per siklus, timing injeksi, dan kualitas pengabutan bahan bakar (Jefrianto et al., 2024). Tekanan injektor yang sesuai dengan *instruction manual book* sangat penting karena tekanan yang terlalu rendah akan membuat pengabutan bahan bakar tidak sempurna dalam silinder, sedangkan tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen injektor dan ruang bakar.

Injektor yang berkinerja baik harus mampu menghasilkan pengabutan bahan bakar yang halus dan merata dengan ukuran droplet yang konsisten untuk memastikan pembakaran yang efisien ((Agus, Irwan, et al., 2023). Pola semprot injektor harus berbentuk kerucut yang merata ke seluruh ruang bakar agar bahan bakar dapat bercampur dengan udara secara optimal. Sudut semprot yang tepat memastikan bahan bakar dapat menjangkau seluruh area ruang bakar tanpa mengenai dinding silinder yang dapat menyebabkan dilusi minyak pelumas. *Timing* injeksi yang akurat, yaitu saat injektor mulai menyemprotkan bahan bakar relatif terhadap posisi piston, sangat mempengaruhi efisiensi pembakaran, tenaga yang dihasilkan, dan tingkat emisi gas buang (Heywood, J. B. 2018).

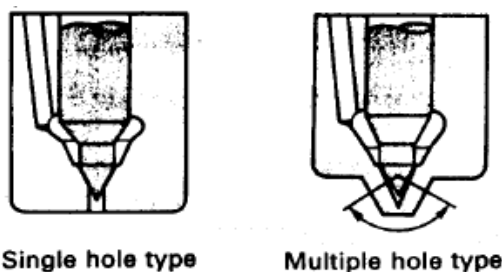
Standar kinerja injektor juga mencakup aspek keandalan dan ketahanan operasional. Injektor harus mampu beroperasi secara konsisten dalam jangka waktu yang panjang sesuai dengan *running hours* yang ditentukan dalam *manual book* tanpa mengalami degradasi performa yang signifikan (Agus, Irwan, et al., 2023). Pemeriksaan dan

perawatan injektor harus dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal *maintenance* yang direkomendasikan, meliputi pembersihan *nozzle*, pengecekan tekanan injeksi menggunakan *test pump*, inspeksi kondisi *spring* dan *needle valve*, serta penggantian komponen yang aus. Kegagalan dalam memenuhi standar kinerja injektor dapat menyebabkan berbagai masalah seperti mesin tidak bertenaga, konsumsi bahan bakar boros, mesin bekerja tidak normal, temperatur mesin meningkat, dan asap knalpot berlebihan.

c. Jenis-Jenis Injektor

Setiap jenis injektor memiliki perbedaan karakteristik serta pola pengabutan yang memengaruhi prinsip dan efektivitas penggunaannya. Perbedaan tersebut berkaitan erat dengan proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin. Penentuan proses pembakaran ini disesuaikan dengan konfigurasi ruang bakar yang digunakan. Oleh karena itu, injektor dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik kinerja dan model konstruksinya.

- 1) Injektor *Single Hole* (berlubang satu)
- 2) Injektor *Multi Hole* (berlubang banyak)



Gambar 2. 3 jenis – jenis injektor

Sumber : Gerai Teknologi (2022)

Injektor tipe *single hole* (berlubang tunggal) memiliki

kemampuan pengabutan bahan bakar yang sangat baik, namun pengoperasiannya memerlukan tekanan tinggi dari *injection pump*. Sementara itu, injektor tipe *multi hole* (berlubang banyak) juga menunjukkan kualitas pengabutan yang sangat optimal, sehingga sangat sesuai untuk digunakan pada sistem injeksi langsung.

d. Perawatan Injektor

Perawatan injektor pada mesin diesel generator tidak selalu dilakukan secara langsung pada komponen injektor itu sendiri. Dalam praktik operasional di atas kapal, terdapat beberapa tindakan perawatan yang dilakukan pada sistem pendukung yang secara tidak langsung mempengaruhi kinerja injektor. Perawatan tersebut bertujuan menjaga kualitas bahan bakar dan kestabilan sistem bahan bakar sehingga proses pengabutan oleh injektor tetap optimal. Beberapa bentuk perawatan tidak langsung terhadap injektor antara lain:

1) Perawatan sistem filtrasi bahan bakar

Pembersihan dan penggantian *filter* bahan bakar secara berkala sangat penting untuk mencegah masuknya kotoran, lumpur, maupun partikel asing ke dalam sistem injeksi. Jika *filter* bahan bakar tidak dirawat dengan baik, partikel kotoran dapat menyumbat lubang *nozzle* injektor sehingga proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna.

2) Perawatan tangki bahan bakar (*fuel oil tank*)

Pembuangan endapan air dan kotoran yang terdapat di dasar tangki bahan bakar dilakukan secara berkala melalui proses *drain*. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas bahan bakar yang masuk ke sistem injeksi agar tidak terkontaminasi.

3) Perawatan *fuel oil purifier*

Purifier berfungsi memisahkan kotoran dan air dari bahan bakar sebelum masuk ke sistem pembakaran. Pengoperasian dan pembersihan *purifier* secara rutin membantu menjaga kebersihan bahan bakar sehingga mencegah kerusakan atau penyumbatan pada injektor.

4) Perawatan pompa injeksi dan saluran bahan bakar

Pemeriksaan kondisi pompa injeksi dan saluran bahan bakar juga berpengaruh terhadap kinerja injektor. Tekanan bahan bakar yang stabil dari pompa injeksi akan menghasilkan proses penyemprotan yang sesuai dengan spesifikasi mesin.

2. Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel

Sistem bahan bakar mesin diesel adalah sistem yang dirancang untuk menyimpan, memfilter, dan mengalirkan bahan bakar dengan presisi tinggi ke dalam ruang bakar pada waktu dan jumlah yang tepat sesuai kebutuhan mesin (Yanto, 2020). Sistem bahan bakar mesin diesel terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi, meliputi tangki bahan bakar, pompa bahan bakar, *filter* bahan bakar, pompa injeksi tekanan tinggi,

fuel rail atau *delivery pipe*, injektor, dan saluran-saluran bahan bakar yang menghubungkan komponen-komponen tersebut. Sistem ini dibagi menjadi dua bagian utama yaitu sisi tekanan rendah (*low-pressure side*) yang berfungsi menyuplai bahan bakar dari tangki ke pompa injeksi, dan sisi tekanan tinggi (*high-pressure side*) yang menghasilkan tekanan ekstrem untuk proses atomisasi bahan bakar.

Tangki bahan bakar berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan bakar dan dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung seperti *fuel level indicator*, ventilasi tangki, dan *drain valve* untuk membuang air dan kotoran yang mengendap di dasar tangki (Daryanto & Setyabudi, 2012 dalam Agus et al., 2023). Desain tangki harus mempertimbangkan aspek keamanan, kemudahan perawatan, dan pencegahan kontaminasi bahan bakar. Pada kapal, tangki bahan bakar umumnya terbuat dari material yang tahan korosi dan dilengkapi dengan sistem deteksi kebocoran. Bahan bakar yang tersimpan dalam tangki harus dijaga kualitasnya dari kontaminasi air, kotoran, dan mikroorganisme yang dapat merusak komponen sistem injeksi.

Sistem filterisasi bahan bakar merupakan komponen yang sangat penting untuk mencegah kotoran dan partikel asing memasuki sistem injeksi yang memiliki toleransi sangat ketat (Jefrianto et al., 2024). Sistem filtrasi umumnya terdiri dari beberapa tahap yaitu *strainer* atau *filter* kasar di saluran keluar tangki untuk menyaring partikel besar, *filter* primer atau *pre-filter* yang menyaring partikel hingga ukuran 30 mikron, dan *filter* sekunder atau *fine filter* yang menyaring partikel hingga 10 mikron atau lebih kecil.

Filter bahan bakar juga berfungsi untuk memisahkan air yang terkandung dalam bahan bakar karena air dapat menyebabkan korosi pada komponen sistem injeksi dan mengganggu proses pembakaran. Perawatan *filter* bahan bakar yang tidak memadai menjadi salah satu penyebab utama terjadinya gangguan pada injektor mesin diesel.

Pompa injeksi bahan bakar merupakan komponen yang berfungsi menghasilkan tekanan tinggi yang diperlukan untuk mengatomisasi bahan bakar (Agus, Irwan, et al., 2023). Jenis pompa injeksi bervariasi tergantung pada desain mesin, mulai dari pompa injeksi mekanik konvensional seperti *in-line injection pump* dan *distributor pump*, hingga sistem *common rail* yang menggunakan pompa tekanan tinggi dengan kontrol elektronik. Pada sistem *common rail*, pompa tekanan tinggi menyuplai bahan bakar ke *fuel rail* yang berfungsi sebagai akumulator tekanan, dan injektor dikontrol secara elektronik oleh *Engine Control Unit* (ECU) untuk mengatur *timing* dan durasi injeksi dengan sangat presisi. Sistem ini memungkinkan strategi *multi-injection* yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi. Kualitas bahan bakar sangat mempengaruhi kinerja sistem bahan bakar mesin diesel secara keseluruhan. Bahan bakar diesel yang digunakan harus memenuhi spesifikasi tertentu termasuk nilai *cetane number* yang menunjukkan karakteristik pembakaran, kandungan sulfur yang harus rendah untuk mengurangi emisi, viskositas yang sesuai untuk memastikan atomisasi yang baik, dan *flash point* yang aman untuk penyimpanan (Yanto, 2020).

Viskositas bahan bakar *HFO* (*Heavy Fuel Oil*) merupakan salah satu parameter penting dalam sistem pembakaran mesin diesel. Berdasarkan standar *ISO 8217*, viskositas *HFO* diklasifikasikan ke dalam beberapa grade, yaitu *IFO 180* dengan viskositas sekitar 180 cSt, *IFO 380* sebesar 380 cSt, dan *IFO 500* sebesar 500 cSt pada suhu 50°C. Nilai viskositas tersebut menunjukkan tingkat kekentalan bahan bakar, di mana semakin besar angka centistoke (cSt), maka bahan bakar akan semakin kental.

Dalam pengoperasian mesin diesel, khususnya pada sistem injeksi, viskositas bahan bakar harus disesuaikan agar proses pengabutan dapat berlangsung dengan optimal. Viskositas bahan bakar yang ideal saat masuk ke injektor berada pada 10 - 15 cSt. Apabila viskositas terlalu tinggi (terlalu kental), maka proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna sehingga dapat menimbulkan asap hitam dan pembakaran yang tidak efisien. Sebaliknya, jika viskositas terlalu rendah (terlalu encer), dapat menyebabkan kebocoran pada sistem injeksi serta pembakaran yang tidak stabil.

Untuk mencapai viskositas yang sesuai, bahan bakar *HFO* harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan. Proses pemanasan ini umumnya dilakukan pada suhu sekitar 110°C hingga 150°C dengan menggunakan *fuel oil heater* yang dilengkapi dengan *viscosity controller* dan sistem pemanas uap (*steam heating system*). Pemanasan bertujuan untuk menurunkan tingkat kekentalan bahan bakar hingga mencapai nilai viskositas yang sesuai dengan kebutuhan mesin yaitu 14 cSt.

3. Pembakaran Bahan Bakar

a. Pengertian Pembakaran Bahan Bakar

Menurut (Daryanto 2020), Sistem pembakaran bahan bakar merupakan subsistem utama yang menentukan kinerja mesin diesel sebagai penggerak *generator*. Sistem ini berperan sentral dalam proses konversi energi sehingga sering dipandang sebagai bagian inti dari mesin diesel. Oleh karena itu, perancangan dan konstruksi sistem pembakaran menggunakan material dengan mutu tinggi serta memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi agar proses pembakaran berlangsung secara efisien dan andal.

Menurut (Martin & Boateng, 2020), Sistem pembakaran pada mesin diesel konvensional dicirikan oleh terbentuknya campuran bahan bakar dan udara yang bersifat heterogen serta berlangsungnya proses pembakaran yang tidak homogen. Pada mesin diesel generasi modern, bahan bakar diinjeksikan secara langsung ke dalam udara bertekanan tinggi di ruang bakar ketika piston berada di sekitar posisi titik mati atas. Bahan bakar cair yang masuk ke ruang bakar mengalami proses atomisasi menjadi partikel-partikel berukuran kecil, kemudian menguap dan bercampur dengan udara sehingga membentuk campuran bahan bakar-udara yang tidak seragam. Kondisi suhu dan tekanan yang tinggi menyebabkan terjadinya penyalaan secara otomatis, sehingga mesin diesel juga dikenal sebagai mesin penyalaan kompresi. Pengaturan beban mesin dilakukan melalui pengendalian jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sedangkan awal terjadinya pembakaran ditentukan oleh waktu injeksi. Mesin diesel umumnya dioperasikan pada kondisi kerja

yang relatif stabil, di mana proses injeksi langsung membentuk zona-zona di dalam ruang bakar dengan variasi komposisi campuran bahan bakar dan udara.

Berdasarkan penelitian (Isermann 2018), Proses pembakaran pada mesin diesel memiliki karakteristik yang berbeda secara mendasar dibandingkan dengan mesin penyalaan bunga api. Pada mesin diesel konvensional, pembakaran terjadi melalui tahapan injeksi bahan bakar cair ke dalam ruang bakar pada saat piston mendekati titik mati atas, diikuti oleh proses penguapan bahan bakar, difusi uap bahan bakar dengan udara di dalam silinder, serta terjadinya penyalaan secara spontan tanpa bantuan sistem pengapian. Keberlangsungan proses tersebut menuntut bahan bakar memiliki sifat penguapan dan kemampuan penyalaan otomatis yang sesuai. Kinerja dan optimasi mesin diesel sangat dipengaruhi oleh mutu bahan bakar, khususnya parameter angka setana yang menentukan kecepatan dan stabilitas awal pembakaran.

Menurut (Yuanda, 2021) Pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses kimia di mana unsur oksigen bergabung dengan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar (reaksi oksidasi) yang dapat terjadi dengan cepat atau lambat pada suhu dan tekanan tertentu. Dalam reaksi oksidasi yang cepat, dihasilkan energi elektromagnetik (cahaya), energi panas dan energi mekanik (suara). Pada semua jenis pembakaran,

kondisi campuran udara dan bahan bakar merupakan faktor utama yang harus diperhatikan untuk mencapai campuran yang sempurna.

b. Segitiga Api

Untuk terjadinya pembakaran terdapat tiga unsur utama yang dibutuhkan, yaitu panas, bahan bakar dan api. Namun keberadaan ketiganya saja belum cukup untuk langsung menimbulkan kebakaran (Jordan Syah Gustav et al., 2024). Dalam kondisi tersebut, yang mungkin muncul hanyalah pijar atau sinyal awal pembakaran, bukan api yang menyala sepenuhnya. (Ambar Winarti et al., 2022) menyatakan bahwa api tidak muncul secara begitu saja, melainkan terjadi melalui suatu proses kimia antara uap bahan bakar, panas, dan oksigen, yang dikenal dengan konsep segitiga api:

1) Bahan Bakar

Bahan bakar bisa berupa zat padat, cair, maupun gas. Agar bisa terbakar, bahan bakar tersebut harus bercampur dengan oksigen dari udara dalam bentuk uap yang mudah menyala.

2) Oksigen

Oksigen adalah unsur penting yang dibutuhkan tidak hanya oleh makhluk hidup, tetapi juga oleh kendaraan dan industri. Oksigen berasal dari udara, dan agar proses pembakaran bisa terjadi, kandungan oksigen minimal harus sekitar 15% dari volume udara.

3) Sumber Panas

Panas dibutuhkan untuk mencapai suhu penyalaan agar api bisa muncul dan terus berlangsung. Sumber panas bisa berasal dari

berbagai hal seperti sinar matahari, permukaan yang panas, api terbuka, gesekan, reaksi kimia eksotermik, energi listrik, atau percikan api. Api bisa muncul secara alami ketika ketiga elemen tersebut digabungkan dalam proporsi yang sesuai. Berikut ini jenis – jenis pembakaran menurut (Teuku Zulfadli, Muhammad Yusuf, 2020) :

a) Pembakaran Sempurna

Pembakaran sempurna berlangsung ketika proses oksidasi didukung oleh ketersediaan oksigen yang memadai serta bahan bakar yang memiliki angka oktana tinggi. Pembakaran jenis ini menghasilkan asap dalam jumlah sedikit jika dibandingkan dengan pembakaran tidak sempurna. Jika suatu senyawa hidrokarbon dibakar dalam kondisi oksigen yang mencukupi atau berlebih, maka seluruh karbon dan hidrogen dalam bahan bakar bereaksi sempurna dan menghasilkan karbon dioksida dan air.



Gambar 2. 4 Segitiga Api
Sumber : Crowl dan Louvar (2011).

b) Pembakaran Tidak Sempurna

Pembakaran tidak sempurna menghasilkan gas beracun dan memicu terbentuknya karbon monoksida (CO^2). Kondisi ini terjadi ketika jumlah oksigen selama oksidasi tidak cukup. Secara sederhana, reaksi ini dijelaskan dengan fakta bahwa hidrogen dalam senyawa hidrokarbon lebih dulu bereaksi dengan oksigen, sementara karbon hanya bereaksi dengan sisa oksigen yang tersedia. Karbon monoksida terbentuk sebagai gas beracun yang tidak memiliki warna.

4. Mesin Diesel

a. Pengertian Mesin Diesel

Mesin diesel merupakan motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar (Kristianto et al., 2023). Berbeda dengan mesin bensin yang menggunakan busi untuk proses pembakaran, mesin diesel memanfaatkan kompresi tinggi agar bahan bakar dapat menyala dengan sendirinya. Proses kerja mesin diesel dimulai dengan pengompresian udara di dalam silinder hingga mencapai tekanan dan temperatur yang sangat tinggi, kemudian bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar yang mengakibatkan terjadinya pembakaran secara spontan.

Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi (Tazani et al., 2025).

Temperatur ruang bakar mesin diesel pada langkah kompresi bisa mencapai suhu hingga 550°C , yang cukup untuk menyalakan bahan bakar diesel tanpa memerlukan percikan api dari busi. Mesin diesel kecepatan rendah pada mesin kapal dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50%, menjadikannya pilihan utama untuk aplikasi maritim dan industry (Prasetya & Kismantoro, 2020).

b. Sirkulus Mesin Diesel

Prinsip operasi mesin diesel didasarkan pada pemanfaatan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang tertutup. Gas hasil pembakaran yang memiliki tekanan tinggi dimanfaatkan sebagai sumber gaya dorong untuk menggerakkan piston, yang selanjutnya meneruskan gerak tersebut ke poros engkol sebagai sumber tenaga mekanik. Dengan demikian, energi panas hasil pembakaran dikonversi menjadi energi mekanik yang berguna bagi pengoperasian mesin. Berdasarkan siklus kerjanya, mesin diesel diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu mesin dua langkah dan mesin empat langkah. Mesin diesel dua langkah termasuk dalam kategori mesin pembakaran dalam yang menyelesaikan satu siklus kerja hanya dalam dua gerakan piston, sehingga memungkinkan proses kerja mesin berlangsung secara kontinu.

1) Siklus Mesin Diesel 4 Tak

Mesin diesel yang digunakan pada kapal penelitian ini termasuk dalam kategori mesin empat langkah. Oleh karena itu, pembahasan difokuskan pada karakteristik dan mekanisme kerja siklus motor empat langkah. Siklus diesel merupakan model teoritis

yang menggambarkan proses kerja mesin diesel atau mesin penyalan kompresi. Operasi mesin diesel empat langkah berlangsung melalui serangkaian tahapan kerja yang bertujuan menghasilkan energi mekanik untuk menggerakkan sistem mesin. Satu siklus kerja pada motor diesel empat langkah memerlukan empat gerakan piston atau setara dengan dua putaran poros engkol. Perbedaan utama antara siklus diesel dan siklus Otto terletak pada cara pemasukan kalor, di mana pada siklus diesel penambahan panas berlangsung pada tekanan konstan. Atas dasar tersebut, siklus diesel sering disebut sebagai siklus bertekanan tetap. Uraian berikut menyajikan tahapan kerja motor diesel empat langkah yang meliputi langkah hisap, langkah kompresi langkah usaha, dan langkah buang, proses langkah kerja motor 4 langkah tersebut sebagai berikut:

a) Langkah Hisap

Proses langkah hisap merupakan suatu fase di mana campuran gas (udara dan bahan bakar dengan komposisi tertentu) dimasukkan ke dalam suatu ruang tertutup yang disebut ruang bakar. Dalam fase ini, piston bergerak secara translasi dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB). Konfigurasi katup pada kondisi ini adalah katup buang dalam keadaan tertutup, sedangkan katup hisap terbuka. Gerakan piston yang menjauhi TMA menyebabkan peningkatan volume ruang silinder sehingga tekanan di dalam ruang tersebut mengalami penurunan. Penurunan tekanan di dalam silinder tersebut

menciptakan gradien tekanan antara bagian dalam silinder dan lingkungan luar. Adanya perbedaan tekanan ini mengakibatkan terjadinya aliran udara bersih yang dihisap melalui katup hisap menuju ruang silinder dengan kecepatan yang tinggi.

b) Langkah Kompresi

Fase kompresi terjadi ketika piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan kedua katup dalam kondisi tertutup. Gerakan ini memperkecil volume udara di dalam silinder sehingga tekanan dan temperatur meningkat secara adiabatik. Akibatnya, udara di dalam silinder mencapai kondisi panas yang sangat tinggi. Menjelang akhir kompresi, beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA, injektor menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dalam bentuk kabut halus. Udara panas bertekanan tinggi kemudian bercampur dengan bahan bakar tersebut dan membentuk campuran yang seragam. Campuran ini memungkinkan terjadinya proses pembakaran yang efektif di dalam ruang bakar.

c) Langkah Usaha/Kerja

Fase kerja atau langkah ekspansi didefinisikan sebagai tahap pembangkitan tenaga utama, ditandai dengan terjadinya proses pembakaran. Kondisi awal tahap ini diawali dengan piston pada posisi di akhir kompresi, di mana fluida kerja di dalam ruang bakar telah dikompresi hingga mencapai tekanan dan densitas yang maksimal. Beberapa derajat sebelum TMA,

injeksi bahan bakar teratomisasi dilakukan. Kompresi adiabatik sebelumnya telah menaikkan temperatur udara di atas titik *auto-ignition*. Pembakaran yang terjadi menyebabkan pelepasan energi termal secara eksotermis, yang kemudian dikonversi menjadi peningkatan energi tekanan di dalam ruang tertutup *silinder*. Tekanan tinggi ini mendorong piston untuk bergerak secara linear dari TMA ke TMB. Gaya *linear* tersebut ditransmisikan melalui batang piston untuk memutar poros engkol, mengubah energi gerak translasi menjadi energi gerak rotasi. Putaran poros engkol inilah yang menjadi sumber energi penggerak untuk peralatan *generator* Listrik.

d) Langkah Buang

Pada fase ekspulsi atau langkah buang, piston bergerak secara translasi dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA). Konfigurasi katup pada kondisi ini adalah katup buang dalam keadaan terbuka, sedangkan katup hisap tertutup. Gerakan piston ke arah TMA menyebabkan volume ruang silinder berkurang, sehingga menciptakan tekanan yang mendorong gas sisa pembakaran (gas buang) untuk mengalir keluar melalui katup buang menuju saluran pembuangan dan akhirnya dilepaskan ke atmosfer melalui cerobong. Setelah proses pembuangan selesai, siklus kerja mesin berlanjut secara berurutan ke fase hisap, kompresi, usaha (*ekspansi*), dan kembali ke fase buang. Siklus empat langkah (*four-stroke cycle*) ini

berulang secara kontinu seiring dengan berlangsungnya proses pembakaran. Repetisi siklikal inilah yang menghasilkan torsi dan putaran berkelanjutan pada poros engkol, sehingga menjamin operasi mesin yang terus-menerus.

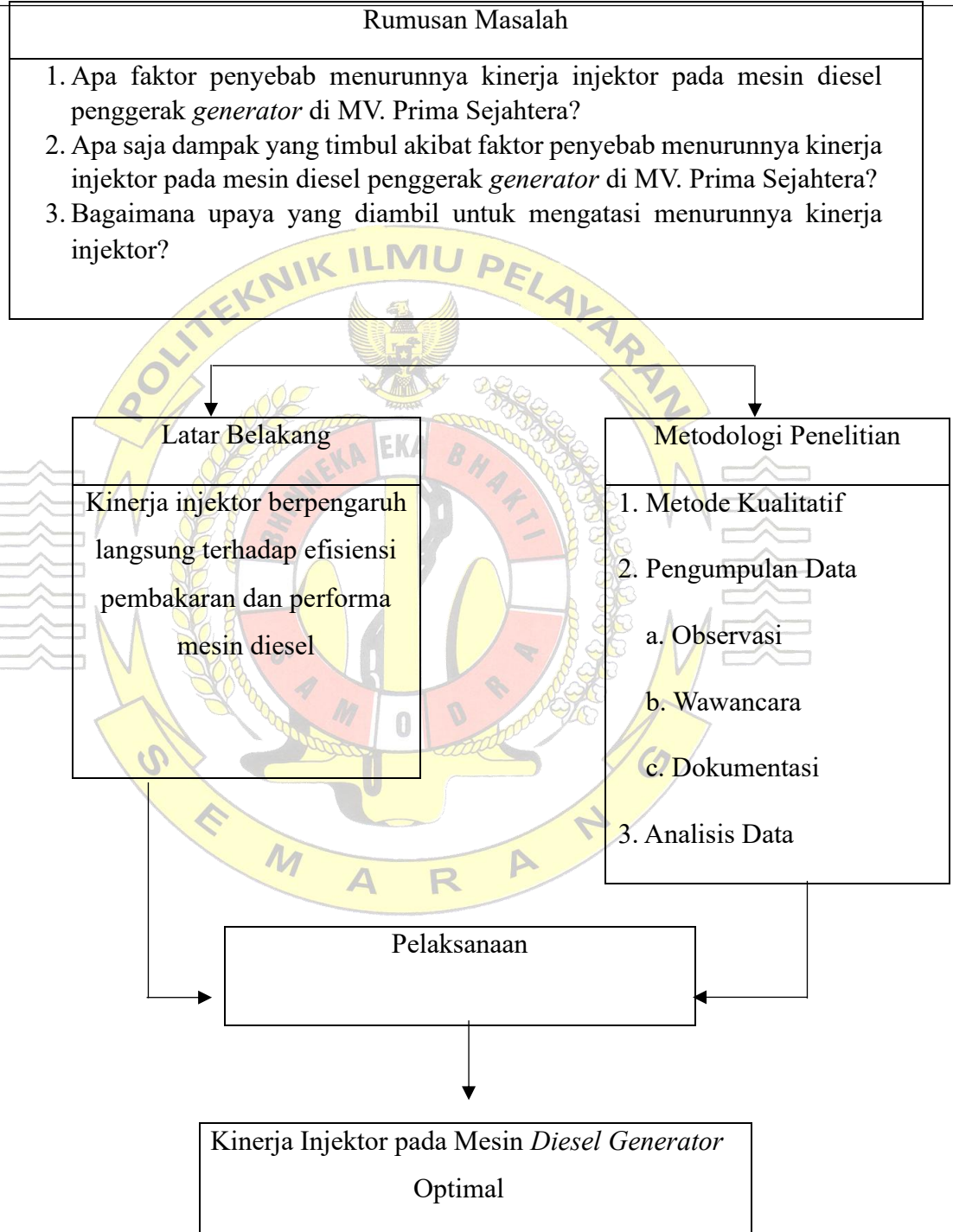
5. *Diesel Generator*

Diesel generator adalah mesin pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama untuk memutar alternator yang menghasilkan energi listrik (Kristianto et al., 2023). Komponen utama *diesel generator* meliputi mesin diesel sebagai *prime mover*, alternator atau *generator* yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, sistem bahan bakar, sistem pendinginan, sistem pelumasan, sistem kontrol, dan sistem pembuangan gas buang. Mesin diesel dalam *generator* set dirancang untuk beroperasi pada putaran konstan sesuai dengan frekuensi listrik yang dihasilkan, yaitu 1500 RPM untuk menghasilkan listrik 50 Hz atau 1800 RPM untuk menghasilkan listrik 60 Hz.

Diesel generator merupakan permesinan bantu yang berperan vital dalam penyediaan daya listrik di kapal (Achmat et al., 2024). Sistem ini terdiri atas *generator* utama yang dioperasikan secara bergantian serta *emergency diesel generator* yang bekerja otomatis saat *generator* utama mengalami kegagalan. Kerusakan pada komponen *diesel generator* dapat menghentikan operasional kapal dan mengganggu kinerja mesin utama maupun mesin bantu kapal.

B. Kerangka Penelitian

ANALISIS MENURUNNYA KINERJA INJEKTOR PADA PROSES TERJADINYA PEMBAKARAN MESIN DIESEL GENERATOR DI MV. PRIMA SEJAHTERA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya yang saling berkaitan secara konseptual dan analitis, peneliti menyusun beberapa kesimpulan terkait penurunan kinerja injektor pada mesin *diesel generator* di MV. Perima Sejahtera. Kesimpulan ini disusun dengan mengacu pada rumusan masalah yang telah ditetapkan dalam penelitian. Peneliti berharap hasil kesimpulan tersebut dapat memberikan pemahaman serta menjadi rujukan dalam menangani permasalahan serupa bagi pembaca atau pihak yang berkepentingan. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penurunan kinerja injektor pada mesin *diesel generator* dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis dan operasional, seperti perawatan yang tidak sesuai *instruction manual book*, *nozzle* tersumbat, berkurangnya elastisitas *spring* injektor, keausan jarum pengabut, tekanan pengabutan yang tidak mencapai standar, serta bahan bakar yang tercemar kotoran. Kondisi tersebut menyebabkan kerusakan komponen akibat pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) yang tidak sesuai prosedur dan jam kerja komponen yang telah melampaui batas. Dampaknya, proses pengabutan tidak optimal sehingga pembakaran tidak sempurna dan mengakibatkan penurunan daya motor, rendahnya temperatur gas buang, serta munculnya asap hitam. Selain itu, bahan bakar kotor dapat menyumbat *nozzle* dan menimbulkan endapan pada *filter*, sementara keterlambatan pengadaan

spare part menyebabkan penggunaan komponen bekas yang kualitasnya telah menurun.

2. Dampak penurunan kinerja injektor pada mesin *diesel generator* meliputi kerusakan komponen dan penurunan performa mesin. Kondisi ini terjadi karena pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) tidak sesuai *instruction manual book* serta jam kerja komponen yang telah melampaui batas. Akibatnya, pengabutan bahan bakar tidak optimal sehingga pembakaran tidak sempurna dan menimbulkan penurunan daya motor, rendahnya temperatur gas buang, serta asap hitam. Selain itu, bahan bakar kotor menyebabkan penyumbatan *nozzle* dan endapan pada *filter*, sedangkan keterlambatan pengadaan *spare part* mendorong penggunaan komponen bekas yang kualitasnya telah menurun.
3. Upaya mengatasi penurunan kinerja injektor pada mesin *diesel generator* dilakukan melalui perawatan dan perbaikan terencana dengan menerapkan *Planned Maintenance System* (PMS) sesuai *instruction manual book* dan batas jam kerja komponen. Tindakan yang dilakukan meliputi pembersihan *nozzle*, penggantian komponen yang rusak, penyetelan tekanan pengabutan, serta menjaga kualitas bahan bakar melalui pembersihan *filter* dan *cleaning* tangki HFO *service*. Selain itu, ketersediaan komponen dijamin dengan pengajuan permintaan *spare part* secara berkala.

B. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup pengamatan yang hanya difokuskan pada sistem injektor mesin *diesel generator*. Variabel lain

yang juga memengaruhi kinerja pembakaran, seperti sistem udara masuk, sistem pendinginan, dan sistem pelumasan, belum dianalisis secara mendalam. Selain itu, penelitian dilakukan pada satu jenis mesin dan satu kondisi operasional kapal sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh tipe *diesel generator* di kapal dengan karakteristik yang berbeda

C. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, peneliti menyusun beberapa saran yang dapat digunakan sebagai upaya pencegahan terhadap permasalahan pada injektor mesin *diesel generator* serta memberikan manfaat bagi pembaca. Saran yang diajukan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Perawatan injektor sebaiknya dilakukan secara berkala sesuai *instruction manual book* dan batas jam kerja komponen. Kegiatan perawatan meliputi pembersihan *nozzle*, pemeriksaan kondisi *nozzle* dan *spring* injektor, serta pengujian komponen untuk memastikan seluruh bagian bekerja sesuai standar operasional.
2. Perawatan komponen pendukung proses pembakaran sebaiknya dilakukan secara teratur, meliputi pemeriksaan dan perawatan *bosch pump*, pipa pendingin injektor, serta pengoperasian kembali *purifier* agar proses penyaringan bahan bakar berlangsung optimal. Upaya ini bertujuan menjaga kualitas bahan bakar yang masuk ke sistem injeksi sehingga pembakaran pada mesin *diesel generator* tetap berjalan dengan baik.

3. Sebaiknya membangun komunikasi yang efektif antara pihak kapal dan perusahaan sangat penting dalam mendukung kelancaran operasional. Komunikasi yang terjalin dengan baik akan mempercepat proses penyampaian permintaan *spare part*, sehingga pihak *owner* dapat memberikan respon dengan lebih cepat dan tepat.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Irwan, & Syamsyir. (2023). Optimalisasi Pengabutan Injector Guna Menunjang Operasional Mesin Induk di KM. Fajar Bahari III. *Jurnal Cakrawala Bahari*, 6(2), 81–87. <http://jurnal.poltekpelsumbar.id/index.php/jcb>
- Ambar Winarti, Romadhani Tri Purnomo, Esri Rusminingsih, Marwanti, Marwanti, Cori Elsera, Supardi, Ratna Agustiningrum, PuputRisti Kusumaningrum, Fitriana Noor Khayati, & Nur Wulan Agustina. (2022). Simulasi Penanggulangan Kebakaran Dengan Alat Sederhana Pada Siswa Siswi Mi Muhammadiyah Kalikotes Klaten. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 3661–3666. <https://doi.org/10.53625/jabdi.v2i1.2260>
- Ash-Shiddiqi, H., Sinaga, R. W., & Audina, N. C. (2025). Kajian Teoritis: Analisis Data Kualitatif. *JURNAL EDUKATIF*, 3(2), 333–343. <https://ejournal.edutechjaya.com/index.php/edukatif>
- Hayatullah, W., Pratama, S. P., Yakut, F. M., & Umam, M. F. (2021). Analisa Performa Gegerator Set Diesel PLTD Terhadap Perubahan Beban di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 11(1), 15–27. <https://doi.org/10.37525/sp/2021-1/271>
- Jordan Syah Gustav, Muhammad Alfian Alfian, Resantya Adista Maharani, Dwi Irma Amalia Husna, Rillia Rully Adisty, Renata Amara Ginesti, Aisyah Rani Sholichah, Shinta Nur Fitri, Ribby Nafian Akbar, Arsheila Sarah, Cheren Nabila Honesty Kusuma, Fahreza Wisnu Mahendra, & Muhamad Efendi Kurniawan. (2024). Analisis Efektivitas Penyuluhan, Pelatihan Penggunaan Alat Pemadam, dan Simulasi Kebakaran pada UMKM Keripik Tempe di Jatiyoso, Karanganyar. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 8(2), 32–44. <https://doi.org/10.57214/jusika.v8i2.620>
- Kasseris, E., Heywood, J. B., Seitz, S., & Kolakaluri, R. (2018). Real world performance of an onboard gasoline/ethanol separation system to enable knock suppression using an octane-on-demand fuel system (No. 2018-01-0879). SAE Technical Paper.
- Khaeril, M. F., Made Alet, I., Bakar, A., Sukur, & Syumsu. (2024). Optimalisasi Perawatan Injector Guna Menunjang Performa Mesin Induk Di Kapal TB. MDM Banjar. *LOGIC* :

Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan, 3(1), 154–158.

<https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>

Khusniawati, F., & Palippui, H. (2021). Analisis Perawatan Injektor Akibat Penyumbatan Bahan Bakar Pada Main Engine Kapal. *JURNAL INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI KELAUTAN*, 2(2), 43–49. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalaut>

Krisdiono, E., & Nugroho, A. (2022). OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE AND REPLACEMENT INTERVAL OF CRITICAL COMPONENTS IN THE CUMMINS KTA 38D DIESEL GENERATOR. *International Journal of ASRO*, 13(4), 74–87.

Kristianto, L., Wibowo, W., Astriawati, N., & Kristiawan, N. (2023). Perawatan Mesin Diesel Generator Pada Kapal KN.SAR SADEWA 231. *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY*, 3(2), 45–50. <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>

Mafrizal, Rukmini, & Sibung, O. A. (2022). Analisa Menurunnya Kinerja Injektor Terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel di Kapal MV. GOLDEN ROSE. *Jurnal Karya Ilmiah Dosen Venus*, 10(1), 82–95.

Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *JURNAL SUMBERDAYA AKUATIK INDOPASIFIK*, 4(2), 101. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.vol.4.no.2.76>

PRIAMBUDI, R. (2022). ANALISIS MENURUNNYA KINERJA INJECTOR PADA MESIN DIESEL PENGGERAK GENERATOR DI MV. DK 03 (Doctoral dissertation, POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG).
 Ramadhan, D. I., Darwis, M., & Pribadi, T. (2023). ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA STARTING AIR VALVE PADA AWAL START MESIN INDUK DI KM. TANTO BERKAT. : : *Prosiding Seminar Marine Technical Engineering*, 1(1), 109–116.

Sakti, B. P. (2022). PEMILIHAN JUDUL, IDENTIFIKASI DAN RUMUSAN MASALAH. In A. H. Prasetyo (Ed.), *PENELITIAN TINDAKAN KELAS TEORI DAN PENERAPANNYA* (1st ed., 1). Penerbit Adab. <https://doi.org/10.31219/osf.io/nr9zb>

- Sariffudin, Widada, H., & A. Hase, M. F. (2021). Analisis Menurunnya Kinerja Injektor terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel di Kapal. *Journal Marine Inside*, 3(2), 31–42. <https://doi.org/10.56943/ejmi.v3i2.32>
- Sofwatillah, Risnita, Jailani, S., & Arestya Saksitha, D. (2024). TEHNIK ANALISIS DATA KUANTITATIF DAN KUALITATIF DALAM PENELITIAN ILMIAH. *Journal Genta Mulia*, 15(2), 1–13. <https://ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/gm>
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D* (3rd ed.). Alfabeta.
- Syahputra, D. W., & Wahyuningsih, S. (2023). Analisis Gangguan dan Perawatan pada Mesin Diesel generator di KM. Egon. *Journal of Business Technology and Economics*, 1(1), 1–7. <https://journal.pipuswina.com/index.php/jbte/about>
- Teuku Zulfadli, Muhammad Yusuf. (2020). Kaji Efisiensi Pemanfaatan Energi Bahan Bakar Untuk Kasus Perebusan Air. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 1(1), 25–35. <https://doi.org/10.55616/jitu.v1i1.153>
- Yuanda, R. S. E. (2021). *SERTIFIKASI AHLI K3 MUDA BNSP (DASAR-DASAR PENCEGAHAN & PEMADAMAN KEBAKARAN)*.
- Zega, T., Abu, R., & Azman, A. (2024). Analisis Penyebab Kerusakan Mesin Diesel pada Generator Set untuk Tindakan Perawatan di Kapal Tanker MT. Sea Serenity. *SURYA TEKNIKA*, 11(1), 467–471. <https://doi.org/https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7862>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Transkrip Wawancara 1

Hasil wawancara yang dilakukan peneliti pada saat melakukan praktek laut di kapal MV. PRIMA SEJAHTERA dengan narasumber Chief Engineer mengenai penyebab menurunnya kinerja injektor pada prosen terjadinya pembakaran mesin diesel *generator*.

Nama : Fardi Andika Adi

Jabatan : Chief Engineer

Tempat : Engine Control Room

Transkrip wawancara :

Cadet : “Selamat siang Bas”

KKM : “Siang Det”

Cadet : “Izin, Bas, saya ingin bertanya mengenai injektor mesin diesel *generator* yang kemarin sempat kita ganti dan periksa.”

KKM : “Oh, yang kemarin itu ya. Apa yang ingin kamu tanyakan?”

Cadet : “Menurut pengamatan bas, apa saja faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kinerja injektor pada mesin diesel *generator*?”

KKM : “Kalau dilihat dari pengalaman selama ini, ada beberapa faktor ya det. Pertama, perawatan yang belum optimal. Memang pengoperasian mesin diesel sudah sesuai instruction manual book, tapi untuk perawatannya kadang masih kurang. Saya akui, perawatan injektor lebih sering dilakukan setelah muncul masalah atau kerusakan, bukan berdasarkan

jadwal rutin. Akibatnya, jadwal perawatan yang tidak terlaksana dengan baik ini membuat kinerja mesin diesel, khususnya injektor, jadi menurun.”

Cadet : “Apakah ada faktor lain dari segi komponen fisiknya bas?”

KKM : “Oh, pasti ada. Dari hasil pemeriksaan yang pernah kita lakukan, penyumbatan lubang nozzle itu sering terjadi. Biasanya karena penumpukan kotoran dan endapan karbon sisa pembakaran. Akibatnya, pengabutan bahan bakar jadi tidak optimal. Selain itu, kondisi pegas atau spring injektor yang sudah menurun elastisitasnya juga berpengaruh. Pegas yang melemah menyebabkan jarum pengabut tidak bisa menutup lubang nozzle dengan sempurna. Belum lagi keausan pada jarum pengabut itu sendiri, jadi bahan bakar tidak terinjeksikan secara tepat dan cenderung menetes. Kalau tekanan pengabutannya kurang, pasti muncul asap hitam di cerobong.”

Cadet : “Lalu bagaimana dengan faktor bahan bakar bas?”

KKM : “Nah ini juga penting. Bahan bakar yang kotor jelas jadi masalah besar. Di sini, purifier sempat tidak berfungsi normal karena keterbatasan suku cadang, jadi proses penyaringan bahan bakar tidak optimal. Akibatnya, kotoran ikut masuk ke sistem injeksi dan menyumbat nozzle. Makanya, bahan bakar perlu disaring secara berkala agar kualitasnya lebih bersih.”

Cadet : “Terkait spare part, bagaimana ketersediaannya di kapal?”

KKM : “Sejujurnya det, ketersediaan spare part di kapal ini kadang kurang mencukupi. Perusahaan dinilai kurang siap dalam merespon pengadaan spare part baru. Padahal, ketersediaan spare part sangat penting sebagai pengganti saat terjadi kerusakan. Kekurangan stok bisa menghambat perbaikan dan mengganggu operasional kapal. Akibatnya, kita kadang terpaksa menggunakan spare part bekas yang kualitasnya sudah menurun.”

Cadet : “Apa saja dampak yang ditimbulkan dari penurunan kinerja injektor ini bas?”

KKM : “Dampaknya jelas terasa det. Pengabutan bahan bakar tidak sempurna, itu pasti. Gejalanya, daya motor menurun, suhu gas buang jadi rendah, terjadi detonasi atau suara letupan pada mesin, dan yang paling kelihatan ya asap hitam dari cerobong. Kalau dilihat dari catatan, pelaksanaan perawatan yang tidak mengacu pada instruction manual book itu bikin jam kerja komponen melampaui batas, jadinya keandalan komponen menurun dan umur pakainya berkurang.”

Cadet : “Lalu, apa saja upaya yang sudah dilakukan untuk mengatasi masalah ini bas?”

KKM : “Upaya utamanya ya kita harus kembali ke prosedur yang benar. Melaksanakan Planned Maintenance Schedule atau PMS sesuai pedoman instruction manual book itu wajib. Contohnya, kalau injektor sudah mencapai batas operasi, harus segera dilakukan perawatan: cek tekanan, periksa kondisi nozzle, bersihkan nozzle, supaya kinerjanya tetap optimal.”

Cadet : “Jadi untuk masalah bahan bakar kotor, bagaimana penanganannya bas?”

KKM : “Karena purifier sedang bermasalah, kita intensifkan pembersihan filter bahan bakar secara rutin. Pembersihan filter ini penting agar kemampuan menyaring bahan bakar tetap optimal. Kita lakukan perendaman pakai solar dan disemprot angin bertekanan. Selain itu, kita juga berusaha memastikan ketersediaan filter cadangan.”

Cadet : “Bagaimana pengadaan spare part bas?”

KKM : “Untuk spare part, kita sudah lebih rutin mengirimkan permintaan atau request spare part baru yang ke perusahaan. Pengajuan ini harus sesuai prosedur, dengan persetujuan KKM, mencantumkan sisa stok, spesifikasi

yang tepat dari manual book, jumlah yang dibutuhkan, dan prioritas jika kondisi darurat.”

Cadet : “Baik bas terima kasih banyak atas waktu dan penjelasannya.”

KKM : “Sama-sama det, semoga lancar penelitiannya dan hasilnya bisa berguna untuk kita semua.”

Cadet : “Siap bass”



LAMPIRAN 2

Transkrip Wawancara 2

Hasil wawancara yang dilakukan peneliti pada saat melakukan praktek laut di kapal MV. PRIMA SEJAHTERA dengan narasumber masinis tiga mengenai penyebab menurunnya kinerja injektor pada prosen terjadinya pembakaran mesin diesel *generator*.

Nama : Fardi Andika Adi

Jabatan : Masinis 3

Tempat : Engine Control Room

Transkrip wawancara :

Cadet : “Selamat sore Bass.”

Masinis III : “Sore Det.”

Cadet : “Saya mau nannya bas, langsung ke topik ya bass. Menurut pengalaman Bass selama bertugas, apa faktor utama yang menyebabkan kinerja injektor pada mesin diesel *generator* menurun?”

Masinis III : “Dari pengalaman saya, faktor utamanya itu karena perawatan yang belum optimal det. Memang secara teknis pengoperasiannya sudah sesuai buku panduan, tapi perawatannya kadang baru dilakukan kalau sudah terjadi masalah atau kerusakan. Jadwal perawatan yang seharusnya rutin jadi tidak berjalan baik, dan itu langsung berdampak pada kinerja injektor.”

Cadet : “Secara teknis, kondisi komponen apa saja yang sering ditemukan saat injektor bermasalah, Bass?”

Masinis III : “Paling sering itu nozzle tersumbat. Itu karena kotoran dan kerak karbon sisa pembakaran numpuk di lubang nozzle. Akibatnya, pengabutan bahan bakar jadi berantakan. Terus, spring injektor juga sering bermasalah, elastisitasnya berkurang karena terus-terusan bekerja di tekanan dan suhu tinggi. Kalau spring sudah lemah, jarum nozzle tidak bisa nutup rapat. Belum lagi kalau jarum pengabutnya sudah aus, pasti bahan bakarnya netes, tidak tersemprot sempurna. Ujung-ujungnya, tekanan pengabutan jadi di bawah standar, kurang dari 300 kg/cm², dan itu bikin asap hitam keluar dari cerobong.”

Cadet : “Apakah faktor bahan bakar juga berpengaruh, Bass?”

Masinis III : “Sangat berpengaruh, Det. Bahan bakar yang kotor itu biang kerok utama. Di sini purifier kita tidak bisa operasi normal karena kurang spare part, jadi bahan bakar yang dipakai tidak melalui pemurnian yang semestinya. Akibatnya, banyak kotoran dan air ikut terikut. Kotoran ini akhirnya menyumbat nozzle, bikin pengabutan terganggu. Makanya, kita harus rajin-rajin bersihin filter bahan bakar.”

Cadet : “Lalu, bagaimana dengan ketersediaan spare part di kapal, Bass?”

Masinis III : “Nah, ini juga masalah, Det. Ketersediaan spare part di kapal sering tidak cukup. Bahkan, kalau pun ada spare part baru yang datang, kadang kualitasnya kurang baik. Kita jadi kesulitan, mau tidak mau kadang harus pakai spare part bekas hasil rekondisi, seperti nozzle yang di-lapping, padahal kualitasnya sudah tidak bisa menyamai yang baru. Ini jelas mempengaruhi kinerja mesin.”

Cadet : “Apa dampak langsung yang dirasakan dari penurunan kinerja injektor ini, Bass?”

Masinis III : ”Dampaknya langsung terasa saat mesin dioperasikan. Pembakaran jadi tidak sempurna. Gejalanya, daya mesin turun, RPM jadi tidak stabil meskipun beban listrik sama. Suhu gas buang juga rendah, kita sempat catat 220°C padahal normalnya 300-350°C. Kadang terdengar suara detonasi atau letupan dari mesin. Yang paling kelihatan ya asap hitam tebal dari exhaust.”

Cadet : ”Dan upaya apa saja yang sudah Bass lakukan untuk mengatasi masalah-masalah tadi?”

Masinis III : “Upaya utamanya ya kita harus kembali ke prosedur perawatan yang benar, Det. Menerapkan PMS sesuai instruction manual book itu wajib. Contohnya untuk injektor, setelah mencapai 1000-1500 jam operasi atau sekitar 3 bulan, harus dirawat. Dicek tekanan, dibersihkan nozzle-nya, diperiksa kondisi spring dan jarumnya. Kalau ada komponen yang aus, ya harus diganti baru.”

Cadet : “Untuk masalah penyumbatan nozzle dan spring yang aus, tindakan spesifiknya apa, Bass?”

Masinis III : “Kalau nozzle tersumbat, kita bongkar semua komponen, rendam pakai solar bersih, lalu bersihkan pakai sikat halus. Pokoknya harus dipastikan lubang nozzle bersih dari kerak. Kalau spring sudah lemah, tidak ada cara lain selain ganti dengan spring baru. Soalnya kalau dipaksakan, jarum tidak akan nutup rapat. Untuk nozzle dan jarum yang aus, idealnya diganti satu set baru. Proses lapping pada jarum itu sebenarnya tidak direkomendasikan karena bisa mengubah presisi dan menurunkan tekanan injeksi. Tapi ya itu tadi, kalau spare part baru tidak ada, terpaksa dilakukan lapping pada permukaan nozzle piece dan distance piece saja untuk sementara.”

Cadet : “Untuk mengatasi bahan bakar kotor, langkahnya bagaimana, Bass?”

Masinis III : “Kita rutin bersihkan filter bahan bakar. Filter direndam solar, lalu disemprot angin bertekanan sampai bersih dari lumpur. Kita juga pastikan ada filter cadangan yang siap pakai. Idealnya sih purifier harus segera diperbaiki supaya proses pemurnian bahan bakar bisa optimal lagi.”

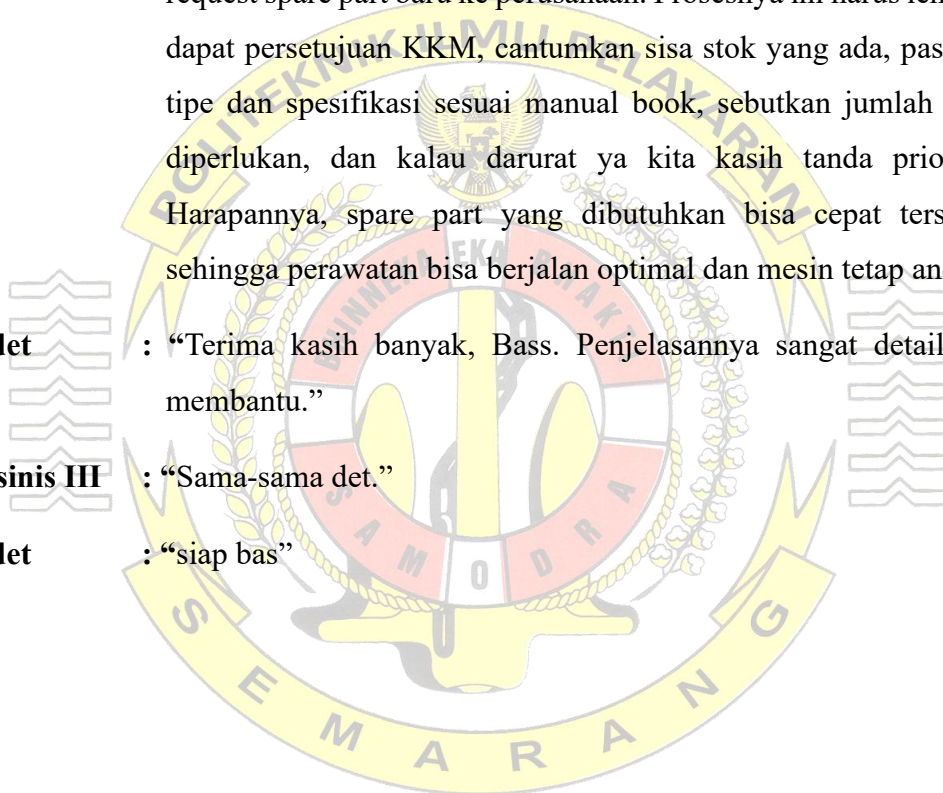
Cadet : “Terkait spare part, bagaimana strategi ke depannya, Bass?”

Masinis III : “Kita sudah lebih disiplin, Det. Sekarang kita rutin mengirimkan request spare part baru ke perusahaan. Prosesnya ini harus lengkap dapat persetujuan KKM, cantumkan sisa stok yang ada, pastikan tipe dan spesifikasi sesuai manual book, sebutkan jumlah yang diperlukan, dan kalau darurat ya kita kasih tanda prioritas. Harapannya, spare part yang dibutuhkan bisa cepat tersedia, sehingga perawatan bisa berjalan optimal dan mesin tetap andal.”

Cadet : “Terima kasih banyak, Bass. Penjelasannya sangat detail dan membantu.”

Masinis III : “Sama-sama det.”

Cadet : “siap bas”



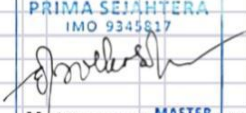
LAMPIRAN 3

Ship Particular MV. Prima Sjahtera

SHIP'S PARTICULARS																																																																																																																																			
NAME		Mv. PRIMA SJAHTERA		KEEL LAID		Desember 23, 2004		SATELLITE COMMUNICATION																																																																																																																											
CALL SIGN		Y D A K 3		LAUNCHED		Agustus 15, 2006		FBB / VSAT		INMARSAT-C																																																																																																																									
FLAG		INDONESIA		DELIVERED		Mei 29, 2007		E-MAIL		Primasejahtera@psjsignature.net																																																																																																																									
PORT OF REGISTRY		JAKARTA		SHIPYARD		DAYANG SHIP BUILDING INDUSTRY CO.LTD.		PHONE		08128874066																																																																																																																									
OFFICIAL NUMBER				LAST NAME				FAX		-																																																																																																																									
IMO/LOYS NUMBER		9345817		LAST NAME				TELEX		-																																																																																																																									
CLASS SOCIETY		DINA CLASSIFICATION SOCIETY		CLASS NUMBER				MMSI		525121047																																																																																																																									
CLASS NOTATION		CCS		CLASS NUMBER				EX. NAMES		OCEAN CROSS																																																																																																																									
P & I CLUB				CLASS NUMBER				CS / FLAG		MONROVIA, LIBERIA																																																																																																																									
OWNERS		PT. PRIMA MARITIM BAHARI, Gedung Sahid Sudirman Center Lt. 51, Jl. Jenderal Sudirman Kav 86, Jakarta Pusat 10220, INDONESIA																																																																																																																																	
OPERATORS		PT. SUKSES INKOR MARITIM, Plaza Marini Lt. 21 Jl. Jenderal Sudirman Kav 76-78 Jakarta Selatan 12210, INDONESIA																																																																																																																																	
PRINCIPAL DIMENSIONS																																																																																																																																			
LOA	189.99 MTRS																																																																																																																																		
LBP	182.00 MTRS																																																																																																																																		
BREADTH (Extreme)	32.26 MTRS																																																																																																																																		
DEPTH (molded)	17.20 MTRS																																																																																																																																		
HEIGHT (maximum)	47.56 MTRS																																																																																																																																		
BRIDGE FRONT - BOW	160.60 MTRS																																																																																																																																		
BRIDGE FRONT - STERN	29.40 MTRS																																																																																																																																		
BRIDGE FRONT - MFOLD	N/A																																																																																																																																		
TONNAGE			REGD	SUEZ																																																																																																																															
NET			18.291	28.736																																																																																																																															
GROSS			31.261	32.343																																																																																																																															
GROSS Reduced (Rtn 13495)																																																																																																																																			
LOAD LINE INFORMATION			FREEBOARD	DRAFT	DWT																																																																																																																														
TROPICAL			4.471 M	12.75 M	55,085.23 MTS																																																																																																																														
SUMMER			4.731 M	12.49 M	53,616.93 MTS																																																																																																																														
WINTER			4.991 M	12.23 M	52,153.53 MTS																																																																																																																														
LIGHTSHIP			10,085.80 MT																																																																																																																																
IMO BALLAST COND																																																																																																																																			
LIGHT BALLAST COND																																																																																																																																			
DWT WITH SBT ONLY																																																																																																																																			
FWA			282 mm/ 12.49 MTRS																																																																																																																																
TPC @ Summer draft			56.4 / 12.49 MTRS																																																																																																																																
MACHINERY / PROPELLER / RUDDER			<table border="1"> <tr> <td>MAIN ENGINE</td> <td colspan="9">MAN, YICHANG MAN BAW 66 50 MC-C 9480 KW, 127 RPM</td> </tr> <tr> <td>M.C.R.</td> <td colspan="9">9480 KW/127 RPM</td> </tr> <tr> <td>N.C.R.</td> <td colspan="9">8532 KW/122.6 RPM</td> </tr> <tr> <td>MAX CRITICAL RANGE</td> <td colspan="9">9480 KW/127RPM</td> </tr> <tr> <td>AUX. BOILER (1 sets)</td> <td colspan="9">AALBORG INDUSTRIES TYPE 1 X AQ-18 1500/1000 KGM</td> </tr> <tr> <td>GEN</td> <td colspan="9">3 SET KW EACH 600 / MAKER DAHATSU</td> </tr> <tr> <td>EMER D.G. (1)</td> <td colspan="9">NORDHVN GAS 7.066 99 KW, 100 RPM</td> </tr> <tr> <td>PROPELLER</td> <td colspan="9">5.76 M TYPE 4 BLADES RIGHT HAND</td> </tr> <tr> <td>RUDDER</td> <td colspan="9">MAN, YANGZHOU DAYANG SHIPBUILDING CO.LTD</td> </tr> <tr> <td>STEERING GEAR</td> <td colspan="9">FRYDENBO TYPE RV 850 NO. 8181 YEAR 2006</td> </tr> <tr> <td>FW GENERATOR CAP</td> <td colspan="9">ALFA LAVAL JWP-26-C100</td> </tr> </table>								MAIN ENGINE	MAN, YICHANG MAN BAW 66 50 MC-C 9480 KW, 127 RPM									M.C.R.	9480 KW/127 RPM									N.C.R.	8532 KW/122.6 RPM									MAX CRITICAL RANGE	9480 KW/127RPM									AUX. BOILER (1 sets)	AALBORG INDUSTRIES TYPE 1 X AQ-18 1500/1000 KGM									GEN	3 SET KW EACH 600 / MAKER DAHATSU									EMER D.G. (1)	NORDHVN GAS 7.066 99 KW, 100 RPM									PROPELLER	5.76 M TYPE 4 BLADES RIGHT HAND									RUDDER	MAN, YANGZHOU DAYANG SHIPBUILDING CO.LTD									STEERING GEAR	FRYDENBO TYPE RV 850 NO. 8181 YEAR 2006									FW GENERATOR CAP	ALFA LAVAL JWP-26-C100																			
MAIN ENGINE	MAN, YICHANG MAN BAW 66 50 MC-C 9480 KW, 127 RPM																																																																																																																																		
M.C.R.	9480 KW/127 RPM																																																																																																																																		
N.C.R.	8532 KW/122.6 RPM																																																																																																																																		
MAX CRITICAL RANGE	9480 KW/127RPM																																																																																																																																		
AUX. BOILER (1 sets)	AALBORG INDUSTRIES TYPE 1 X AQ-18 1500/1000 KGM																																																																																																																																		
GEN	3 SET KW EACH 600 / MAKER DAHATSU																																																																																																																																		
EMER D.G. (1)	NORDHVN GAS 7.066 99 KW, 100 RPM																																																																																																																																		
PROPELLER	5.76 M TYPE 4 BLADES RIGHT HAND																																																																																																																																		
RUDDER	MAN, YANGZHOU DAYANG SHIPBUILDING CO.LTD																																																																																																																																		
STEERING GEAR	FRYDENBO TYPE RV 850 NO. 8181 YEAR 2006																																																																																																																																		
FW GENERATOR CAP	ALFA LAVAL JWP-26-C100																																																																																																																																		
BUNKER TANKS (T)			<table border="1"> <tr> <td>HFO 1</td> <td>2X356.85</td> </tr> <tr> <td>HFO 2</td> <td>2X376.68</td> </tr> <tr> <td>HFO 3 P</td> <td>185.29</td> </tr> <tr> <td>HFO 3 S</td> <td>269.95</td> </tr> <tr> <td>HFO SET</td> <td>33.59</td> </tr> <tr> <td>HFO SER</td> <td>33.59</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>1989.48</td> </tr> <tr> <td>DOT</td> <td>47.83</td> </tr> <tr> <td>DO STO</td> <td>57.87</td> </tr> <tr> <td>DO Srv</td> <td>19.42</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>125.12</td> </tr> </table>								HFO 1	2X356.85	HFO 2	2X376.68	HFO 3 P	185.29	HFO 3 S	269.95	HFO SET	33.59	HFO SER	33.59	TOTAL	1989.48	DOT	47.83	DO STO	57.87	DO Srv	19.42	TOTAL	125.12																																																																																																			
HFO 1	2X356.85																																																																																																																																		
HFO 2	2X376.68																																																																																																																																		
HFO 3 P	185.29																																																																																																																																		
HFO 3 S	269.95																																																																																																																																		
HFO SET	33.59																																																																																																																																		
HFO SER	33.59																																																																																																																																		
TOTAL	1989.48																																																																																																																																		
DOT	47.83																																																																																																																																		
DO STO	57.87																																																																																																																																		
DO Srv	19.42																																																																																																																																		
TOTAL	125.12																																																																																																																																		
WINCHES / WINDLASS / ROPES / EMERGENCY TOWING			<table border="1"> <tr> <td></td> <td>FWD</td> <td>AFT</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>WINCHES</td> <td>1</td> <td>1</td> <td colspan="6">KAWASAKI & WUHAN MACHINERY</td> </tr> <tr> <td>MRG ROPES</td> <td>4</td> <td>4</td> <td colspan="6">EACH AT FORECASTLE AND STERN</td> </tr> <tr> <td>Winch BHC</td> <td>4</td> <td>4</td> <td colspan="6">EACH AT FORECASTLE AND STERN</td> </tr> <tr> <td>WINDLASS</td> <td>1</td> <td>-</td> <td colspan="6">KAWASAKI PRECISION MACHINERY MFG NO. 81551PU30</td> </tr> <tr> <td>FIRE WIRE</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6">N/A</td> </tr> <tr> <td>EMG. TOWING</td> <td>1</td> <td>-</td> <td colspan="6">AT FORECASTLE</td> </tr> </table>									FWD	AFT							WINCHES	1	1	KAWASAKI & WUHAN MACHINERY						MRG ROPES	4	4	EACH AT FORECASTLE AND STERN						Winch BHC	4	4	EACH AT FORECASTLE AND STERN						WINDLASS	1	-	KAWASAKI PRECISION MACHINERY MFG NO. 81551PU30						FIRE WIRE	N/A	N/A	N/A						EMG. TOWING	1	-	AT FORECASTLE																																																															
	FWD	AFT																																																																																																																																	
WINCHES	1	1	KAWASAKI & WUHAN MACHINERY																																																																																																																																
MRG ROPES	4	4	EACH AT FORECASTLE AND STERN																																																																																																																																
Winch BHC	4	4	EACH AT FORECASTLE AND STERN																																																																																																																																
WINDLASS	1	-	KAWASAKI PRECISION MACHINERY MFG NO. 81551PU30																																																																																																																																
FIRE WIRE	N/A	N/A	N/A																																																																																																																																
EMG. TOWING	1	-	AT FORECASTLE																																																																																																																																
CARGO AND BALLAST PUMPING SYSTEM			<table border="1"> <tr> <td>MAIN PUMPS</td> <td>NO.</td> <td>CAPACITY</td> <td>HEAD</td> <td>RPM</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>CARGO OIL PIP's</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>STRIPPING PUMP</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>CARGO EDUCTOR</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>BALLAST PIP's</td> <td>1</td> <td>800 M3/H</td> <td>-</td> <td>1750</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>BALLAST EDTR</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>TANK CLNG PUMP</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td colspan="6"></td> </tr> </table>								MAIN PUMPS	NO.	CAPACITY	HEAD	RPM							CARGO OIL PIP's	N/A	N/A	N/A	N/A							STRIPPING PUMP	N/A	N/A	N/A	N/A							CARGO EDUCTOR	N/A	N/A	N/A	N/A							BALLAST PIP's	1	800 M3/H	-	1750							BALLAST EDTR	N/A	N/A	N/A	N/A							TANK CLNG PUMP	N/A	N/A	N/A	N/A																																																		
MAIN PUMPS	NO.	CAPACITY	HEAD	RPM																																																																																																																															
CARGO OIL PIP's	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																															
STRIPPING PUMP	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																															
CARGO EDUCTOR	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																															
BALLAST PIP's	1	800 M3/H	-	1750																																																																																																																															
BALLAST EDTR	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																															
TANK CLNG PUMP	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																															
CARGO CRABS CAPACITY & MAKER			<table border="1"> <tr> <td colspan="11">NO. 4 GRABS CAP. 8-12 M3 & RUN SEA (NAN-TONG SHIP MECHANICA)</td> </tr> </table>								NO. 4 GRABS CAP. 8-12 M3 & RUN SEA (NAN-TONG SHIP MECHANICA)																																																																																																																								
NO. 4 GRABS CAP. 8-12 M3 & RUN SEA (NAN-TONG SHIP MECHANICA)																																																																																																																																			
LIFE BOATS			<table border="1"> <tr> <td colspan="11">2 X 30 PERSONS</td> </tr> <tr> <td colspan="11">fully closed boat</td> </tr> <tr> <td colspan="11">Davit arm by gravity</td> </tr> </table>								2 X 30 PERSONS											fully closed boat											Davit arm by gravity																																																																																																		
2 X 30 PERSONS																																																																																																																																			
fully closed boat																																																																																																																																			
Davit arm by gravity																																																																																																																																			
LIFE RAFTS			<table border="1"> <tr> <td colspan="11">2X6 P & 2X25 P</td> </tr> </table>								2X6 P & 2X25 P																																																																																																																								
2X6 P & 2X25 P																																																																																																																																			
PROV. CRANE (1nos)			<table border="1"> <tr> <td colspan="11">N/A</td> </tr> </table>								N/A																																																																																																																								
N/A																																																																																																																																			
SHIP'S CARGO HOLDS/CRANES ARRANGEMENT			<table border="1"> <tr> <td>CRANE OUTREACH FR SHIP'S SIDE</td> <td>12 MTRS</td> <td>CRANE SLEW SPEED</td> <td>0.45 RPM</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>CRANES NR & CAPACITY, MAKER</td> <td colspan="10">4 NOS & 35 T X 28 M</td> </tr> <tr> <td>HATCH COVERS STRENGTH</td> <td colspan="10">NO.1 = 6 MT/M2, 2/3/4/5 = 3.5 MT/M2</td> </tr> <tr> <td>TANK TOP STRENGTH STRENGTH</td> <td colspan="10">NO. 1,3,5 = 24 MT/M2, NO. 2,4 = 20 MT/M2</td> </tr> <tr> <td>DIMENSION NO. 1 HATCH COAMING</td> <td colspan="10">L = 18.86 M, B = 18.26 M</td> </tr> <tr> <td>DIMENSION NO. 2/3/4/5 HATCH COAMING</td> <td colspan="10">L = 21.32 M, B = 18.26 M</td> </tr> <tr> <td>WHAT HOLD CAN HOLD BALLAST</td> <td colspan="10">NO. 3 C.H.</td> </tr> <tr> <td>CARGO HOLDS MECCANICAL VENT.</td> <td colspan="10">N/A</td> </tr> <tr> <td>WATER LINE TO H/COVER NO. 1</td> <td colspan="10">LOAD = 9.40 M, BALLAST = 16.88 M</td> </tr> <tr> <td>WATER LINE TO H/COVER NO. 2/3/4/5</td> <td colspan="10">LOAD = 8.10 M, BALLAST = 15.58 M</td> </tr> <tr> <td>CEMENT HOLE NR & DIAMETER</td> <td colspan="10">2 IN EACH COVER & 600 MM</td> </tr> </table>								CRANE OUTREACH FR SHIP'S SIDE	12 MTRS	CRANE SLEW SPEED	0.45 RPM								CRANES NR & CAPACITY, MAKER	4 NOS & 35 T X 28 M										HATCH COVERS STRENGTH	NO.1 = 6 MT/M2, 2/3/4/5 = 3.5 MT/M2										TANK TOP STRENGTH STRENGTH	NO. 1,3,5 = 24 MT/M2, NO. 2,4 = 20 MT/M2										DIMENSION NO. 1 HATCH COAMING	L = 18.86 M, B = 18.26 M										DIMENSION NO. 2/3/4/5 HATCH COAMING	L = 21.32 M, B = 18.26 M										WHAT HOLD CAN HOLD BALLAST	NO. 3 C.H.										CARGO HOLDS MECCANICAL VENT.	N/A										WATER LINE TO H/COVER NO. 1	LOAD = 9.40 M, BALLAST = 16.88 M										WATER LINE TO H/COVER NO. 2/3/4/5	LOAD = 8.10 M, BALLAST = 15.58 M										CEMENT HOLE NR & DIAMETER	2 IN EACH COVER & 600 MM									
CRANE OUTREACH FR SHIP'S SIDE	12 MTRS	CRANE SLEW SPEED	0.45 RPM																																																																																																																																
CRANES NR & CAPACITY, MAKER	4 NOS & 35 T X 28 M																																																																																																																																		
HATCH COVERS STRENGTH	NO.1 = 6 MT/M2, 2/3/4/5 = 3.5 MT/M2																																																																																																																																		
TANK TOP STRENGTH STRENGTH	NO. 1,3,5 = 24 MT/M2, NO. 2,4 = 20 MT/M2																																																																																																																																		
DIMENSION NO. 1 HATCH COAMING	L = 18.86 M, B = 18.26 M																																																																																																																																		
DIMENSION NO. 2/3/4/5 HATCH COAMING	L = 21.32 M, B = 18.26 M																																																																																																																																		
WHAT HOLD CAN HOLD BALLAST	NO. 3 C.H.																																																																																																																																		
CARGO HOLDS MECCANICAL VENT.	N/A																																																																																																																																		
WATER LINE TO H/COVER NO. 1	LOAD = 9.40 M, BALLAST = 16.88 M																																																																																																																																		
WATER LINE TO H/COVER NO. 2/3/4/5	LOAD = 8.10 M, BALLAST = 15.58 M																																																																																																																																		
CEMENT HOLE NR & DIAMETER	2 IN EACH COVER & 600 MM																																																																																																																																		
IG / VAPOR EMISSION / VENTING			<table border="1"> <tr> <td>IG BLOWER CAPACITY (2 nos)</td> <td colspan="10">N/A</td> </tr> <tr> <td>P/V VALVE PR/ VAC. SETTING</td> <td colspan="10">N/A</td> </tr> <tr> <td>P/V BREAKER PR/ VAC. SETTING</td> <td colspan="10">N/A</td> </tr> </table>								IG BLOWER CAPACITY (2 nos)	N/A										P/V VALVE PR/ VAC. SETTING	N/A										P/V BREAKER PR/ VAC. SETTING	N/A																																																																																																	
IG BLOWER CAPACITY (2 nos)	N/A																																																																																																																																		
P/V VALVE PR/ VAC. SETTING	N/A																																																																																																																																		
P/V BREAKER PR/ VAC. SETTING	N/A																																																																																																																																		
FIRE FIGHTING SYSTEM			<table border="1"> <tr> <td>E/RM</td> <td colspan="10">FIXED CO2 SYSTEM</td> </tr> <tr> <td>PUMP ROOM</td> <td colspan="10">N/A</td> </tr> <tr> <td>CARGO/DK AREA</td> <td colspan="10">WATER SPRAY SYSTEM</td> </tr> </table>								E/RM	FIXED CO2 SYSTEM										PUMP ROOM	N/A										CARGO/DK AREA	WATER SPRAY SYSTEM																																																																																																	
E/RM	FIXED CO2 SYSTEM																																																																																																																																		
PUMP ROOM	N/A																																																																																																																																		
CARGO/DK AREA	WATER SPRAY SYSTEM																																																																																																																																		
(Capt. Wundy Susanto Master																																																																																																																																			

LAMPIRAN 4

IMO Crew List MV. Prima Sjahtera

SIM		Issued by: DMR		Approved by: Marine Director		SQC FORM F-003	
						September 5, 2022	
						Rev/Issue: 02/01	
						Page 1 of 1	
SQC MANAGEMENT SYSTEM FORM							
Quality - Reliability - Sustainability							
IMO CREWLIST							
						Page No.	1 of 1
		Arrival	Departure				
1. Name of ship		PRIMA SEJAHTERA		2. Port of arrival	Lampung	3. Date of arrival	14-Dec-2024
4. Nationality of ship		INDONESIA		5. Port arrived from		Lampung	14. Lifeboat Capacity : 30 Persons
7. No	8. Family name, given names	9. Sex	10. Rank/rating	11. Nationality	12. Date and place of birth	13. Nature and No. of identity document: Seaman Book	15. Date and place of signed on
1	Endang Sukarso	Male	Master	INDONESIA	14-Jun-1964 Kuningan	H 001115	27-Okt-2024 Meulaboh
2	Andrias Purwo Wilia Hones	Male	Chief Officer	INDONESIA	29-Sep-1984 Tegal	F 305007	27-Mar-2024 Meulaboh
3	Aminullah	Male	2nd Officer	INDONESIA	11-Jul-1995 Bekasi	H 031570	15-Agu-2024 Tarahan
4	Risfiyandi Harahap	Male	Jr 3rd Officer	INDONESIA	14-Apr-1999 Batam	F 315387	30-Jun-2024 Salira
5	Fardi Andika Adi	Male	Ch. Engineer	INDONESIA	30-Sep-1977 Temanggung	J 053789	12-Sep-2024 Padang
6	Joni Kristianto	Male	2nd Engineer	INDONESIA	5-Jun-1991 Lampung	I 042663	29-Agu-2024 Padang
7	Rudi Jatmiko	Male	3rd Engineer	INDONESIA	9-Sep-1995 Temanggung	G 106896	8-Mei-2024 Padang
8	Amriadi Hasan	Male	4th Engineer	INDONESIA	21-Sep-1996 Kariango	J 061909	12-Jul-2024 Tarahan
9	Muhammad Doni	Male	Tr.Jr 4th Eng	INDONESIA	8-Mei-1999 Tegal	G 094486	27-Okt-2024 Meulaboh
10	I Ketut Pande Wijana	Male	Technician	INDONESIA	5-Jan-1996 Bandung	I 05944	30-Jun-2024 Salira
11	Ahmadi	Male	Boatswain	INDONESIA	1-Apr-1978 Demak	I 090646	12-Jul-2024 Tarahan
12	Asep	Male	A/B 1	INDONESIA	12-Jul-1976 Jakarta	F 207275	14-Dec-2023 Bojonegara
13	Stanley	Male	A/B 2	INDONESIA	15-Jan-1984 Jakarta	I 074933	14-Feb-2024 Meulaboh
14	Dhavita Fatwa Kusuma	Male	A/B 3	INDONESIA	5-Jun-1996 Semarang	G 126544	28-Mei-2024 Suralaya
15	Mohammad Adiburrohmah	Male	O/S	INDONESIA	19-Mei-2000 Bangkalan	H 003282	27-Okt-2024 Meulaboh
16	Abdul Halik Lukman	Male	Fitter	INDONESIA	4-Feb-1983 Lura	J 039410	17-Agu-2024 Tarahan
17	Wawan Darmawan	Male	Oiler 1	INDONESIA	3-Jun-1982 Makassar	X3082080	23-Mei-2024 Tarahan
18	Nu'man Abi	Male	Oiler 2	INDONESIA	29-Sep-2001 Kendal	F 333167	14-Feb-2024 Meulaboh
19	Wahyu Nugrahadhi Utomo	Male	Oiler 3	INDONESIA	18-Agu-1995 Bangkalan	C7104158	23-Mei-2024 Tarahan
20	Saep Ali Nurdin	Male	Cook	INDONESIA	21-Jun-1974 Tasikmalaya	G 074890	28-Mei-2024 Suralaya
21	Ryan Budiarysyah	Male	Messman	INDONESIA	2-Feb-1991 Cianjur	H 029686	2-Agu-2024 Tarahan
22	Puspito Budi Yuwono	Male	Deck Cadet	INDONESIA	28-Okt-2002 Pati	I 023117	5-Mar-2024 Tarahan
23	Nabil Nurrisadi	Male	Engine Cadet	INDONESIA	29-Agu-2002 Pematang	I 031075	14-Feb-2024 Meulaboh
12. Date and signature by master, authorized agent or officer				Karimata	14-Dec-2024		
				 PRIMA SEJAHTERA IMO 9345817 MASTER Master Capt. Endang Sukarso			

LAMPIRAN 5

Spesifikasi *Engine Diesel Generator* MV. Prima Sjahtera

CHAPTER	1	General
ITEM	1, 2 DK-20e	Engine Specifications and Auxiliary Equipment

1-1 Engine Specifications

Model		5DK-20e	6DK-20e	8DK-20e
Type		Vertical water-cooling direct injection type 4-cycle diesel engine		
Number of cylinder		5	6	8
Cylinder bore	mm	200		
Piston stroke	mm	300		
Engine speed	min ⁻¹	※		
Output	kW	※		
	{PS}	※		
Ignition sequence	Constant speed	1 - 3 - 5 - 4 - 2	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4	1-3-2-5-8-6-7-4
	Variable speed	—————	1 - 2 - 4 - 6 - 5 - 3	1-3-2-5-8-6-7-4
Rotating direction		Clockwise when seen from the flywheel		
Turbocharging method		Turbocharged by exhaust gas turbine equipped with air cooler		
Starting method, Compressed air		Air motor	Direct (Starting valve)	
Cooling method	Jacket	Fresh water		
	Cooler	Fresh water or Sea water		

Note : (1) Both the ignition sequence and the rotation direction show the data in the case of normal rotation respectively.

(2) Since the engine speed and the output, which are marked with ※, differ depending upon each specifications, be minded to enter the data after referring to the "Engine Specifications" and "Test Run Record".

1-2 Auxiliary Equipment

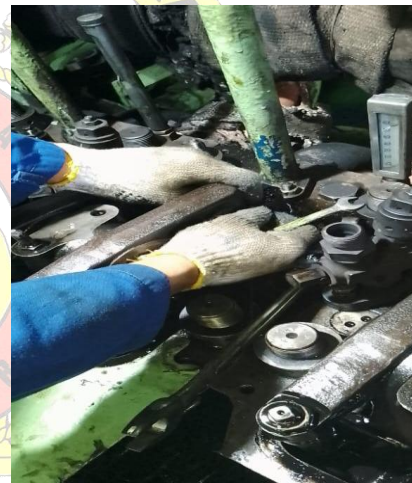
Auxiliary / equipment	Type	Remarks
Turbocharger	Radial turbine type	
Air cooler	Multi-tubular type	
Governor	Hydraulic type	
Fuel injection pump	Bosch type	
Fuel oil valve	Bosch type	
Fuel oil feed pump	Gear type	
Fuel oil filter	Notch-wire, duplex type	
Lubricating oil pump	Gear type	
Lubricating oil cooler	Multi-tubular type	
Lubricating oil filter	Auto back-wash type	
Lubricating oil tank	Installed on the common base plate, or on a separate base type	
Cooling water pump	Centrifugal type	
Fresh water cooler	Multi-tubular type	

Note : The data given in the above table show those in the case of the standard specifications.

Therefore, the data of your engine may differ from those shown in this table, and in such a case be minded to refer to the "Engine Specifications".

LAMPIRAN 6

Foto pekerjaan Penanganan Injektor *Diesel Generator*



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Nama : Nabil Nurrusadi
2. NIT : 582111238286 T
3. Tempat/Tanggal Lahir : Pemalang, 29 Agustus 2002
4. Agama : Islam
5. Alamat : Ds. panjunan, Kec. Petarukan, Kab.Pemalang
6. Nama Orang Tua
 - a. Ayah : Suswono
 - b. Ibu : Astuti
7. Riwayat Pendidikan
 - a. SD M 03 Panjunan : 2009 -2015
 - b. SMP M 7 Ampelgadig : 2015 - 2018
 - c. SMA N 2 Pemalang : 2018 – 2021
 - d. D-IV PIP Semarang : 2021 - 2026
8. Pengalaman Prala
 - a. Nama Kapal : MV. Prima Sejahtera
 - b. Perusahaan : Soechi Lines
 - c. Jenis Kapal : *Bulk Carrier*
 - d. Rute Pelayaran : Dalam Negeri