

**ANALISA MENURUNNYA KINERJA INJECTOR
DISEBABKAN BOSCH PUMP TIDAK BEKERJA DENGAN
BAIK PADA MAIN ENGINE MV. SINAR BAJO**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

**AHDIAT
NIS. 25.05.102.004
AHLI TEKNIKA TINGKAT I**

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : AHDIAT

Nomor Induk Perwira Siswa : 25.05.102.004

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul: **Analisa Menurunnya Kinerja Injector Disebabkan Bosch Pump Tidak Bekerja Dengan Baik Pada Main Engine MV. Sinar Bajo**. Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 23 Juli 2025



Ahdiat
NIS 25.05.102.004

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : ANALISA MENURUNNYA KINERJA
INJECTOR DISEBABKAN BOSCH PUMP
TIDAK BEKERJA DENGAN BAIK PADA
MAIN ENGINE MV. SINAR BAJO

Nama : AHDIAT

Nomor Induk Perwira Siswa : 25.05.102.004

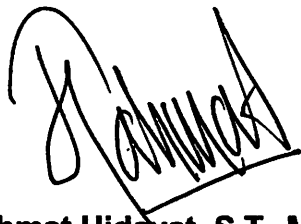
Program Diklat : AHLI TEKNIKA TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan

Makassar,

Menyetujui:

Pembimbing I



Rahmat Hidayat, S.T., M.Mar.E
NIP. 198605172010121006

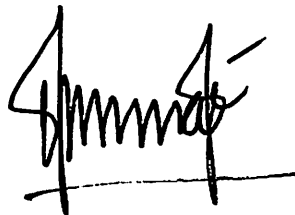
Pembimbing II



Jamaluddin, S.H., M.H., M.Mar.E
NIP. 197207012007121001

Mengetahui:

Manajer Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E.
NIP. 196805082002121002

**ANALISA MENURUNNYA KINERJA INJECTOR
DISEBABKAN BOSCH PUMP TIDAK BEKERJA DENGAN
BAIK PADA MAIN ENGINE MV. SINAR BAJO**

Disusun dan Diajukan oleh :

AHDIAT

25.05.102.004

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal, 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Rahmat Hidayat, S.T., M.Mar.E
NIP. 198605172010121006



Jamaluddin, S.H., M.H., M.Mar.E
NIP. 197207012007121001

Mengetahui:

a. n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I



Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar.
NIP. 19750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah terapan ini yang berjudul "Analisa Menurunnya Kinerja Injector Disebabkan Bosch Pump Tidak Bekerja Dengan Baik Pada Main Engine MV. Sinar Bajo". Meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi Teknik Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknik Tingkat I (ATT – I) di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, terutama dalam keterbatasan teori dan tata bahasa yang benar. Dengan demikian, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
3. Bapak Rahmat Hidayat, S.T., M.Mar.E., selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan teliti.
4. Bapak Jamaluddin, S.H., M.H., M.Mar.E. selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan cinta, dukungan, serta doa. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh dosen, staf, serta rekan-rekan pasis di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan motivasi dan dorongan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Tak lupa, penghargaan juga diberikan kepada pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran.

Makassar, 23 Juli 2025



NIS 25.05.102.004

ABSTRAK

Ahdiat, 2025. *“Analisa Menurunnya Kinerja Injector Disebabkan Bosch Pump Tidak Bekerja Dengan Baik Pada Main Engine Mv. Sinar Bajo”*. dibimbing oleh Rahmat Hidayat, S.T., M.Mar.E., dan Jamaluddin, S.H., M.H., M.Mar.E

Mesin induk merupakan komponen utama dalam sistem penggerak kapal yang berperan penting dalam menunjang kelancaran operasional pelayaran. Gangguan pada sistem bahan bakar, khususnya pada komponen Bosch pump dan injector, dapat menyebabkan penurunan performa mesin yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kerusakan Bosch pump terhadap kinerja injector pada mesin induk kapal MV. Sinar Bajo. Dalam beberapa bulan terakhir, mesin induk kapal mengalami gejala penurunan kinerja, seperti meningkatnya suhu gas buang, menurunnya daya mesin, serta timbulnya getaran tidak normal. Berdasarkan hasil pemeriksaan, ditemukan bahwa tekanan bahan bakar yang dihasilkan oleh Bosch pump tidak stabil, sehingga proses pengabutan oleh injector terganggu dan menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tekanan bahan bakar menurun dari standar 1000 bar menjadi 850–900 bar akibat keausan komponen internal Bosch pump. Hal ini berdampak pada pola semprotan injector dan efisiensi pembakaran. Tindakan darurat seperti dekopel silinder dan penurunan RPM dilakukan untuk menstabilkan mesin. Penelitian ini merekomendasikan perawatan preventif, penyediaan suku cadang penting, serta peningkatan kompetensi teknis awak kapal sebagai solusi menjaga performa mesin.

Kata Kunci: *Bosch Pump*, Mesin Induk MV. Sinar Bajo, Perawatan Preventif, Sistem Bahan Bakar.

ABSTRACT

Ahdiat, 2025. "Analysis of Decreased Injector Performance Caused by a Bosch Pump Failure on the Main Engine of the MV. Sinar Bajo." Supervised by Rahmat Hidayat, S.T., M.Mar.E., and Jamaluddin, S.H., M.H., M.Mar.E

The main engine is a key component in a ship's propulsion system, playing a crucial role in supporting smooth shipping operations. Disruptions to the fuel system, particularly the Bosch pump and injector components, can cause a significant decrease in engine performance. This study aims to analyze the effect of Bosch pump damage on injector performance in the main engine of the MV. Sinar Bajo. In recent months, the ship's main engine has been experiencing symptoms of decreased performance, such as increased exhaust gas temperature, decreased engine power, and abnormal vibrations. The inspection revealed unstable fuel pressure generated by the Bosch pump, disrupting the injector's atomization process and leading to incomplete combustion.

The analysis showed that fuel pressure decreased from the standard 1,000 bar to 850–900 bar due to wear on the internal components of the Bosch pump. This impacted the injector spray pattern and combustion efficiency. Emergency measures such as cylinder decoupling and reducing the RPM were taken to stabilize the engine. This study recommends preventive maintenance, the provision of essential spare parts, and improving the technical competence of the ship's crew as solutions to maintain engine performance.

Keywords: Bosch Pump, MV Sinar Bajo Main Engine, Preventive Maintenance, Fuel System.

DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penulisan	4
E. Manfaat Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Definisi Mesin Diesel	6
B. Sistem Instalasi	7
C. Bosch Pump	8
D. Bagian – Bagian Bosch Pump	9
E. Perawatan Bosch Pump	11
F. Pengertian Injector	13
G. Bagian-Bagian Injector Mesin Induk	14
H. Cara Pengabutan Bahan Bakar	17
I. Kerangka Pikir Penelitian	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Objek Penelitian	21
B. Waktu dan Tempat Penelitian	21

C. Metode Penelitian	21
D. Teknik Pengumpulan Data	21
E. Teknik Analisis Data	22
F. Alat dan Instrumen	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Kronologi Kejadian	24
B. Diagnosa Awal dan Tindakan Darurat	25
C. Analisis Teknis	26
D. Rencana Perbaikan	26
E. Dampak dan Pelajaran	27
BAB V PENUTUP	28
A. Kesimpulan	28
B. Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	30

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
4.1 Kondisi Gas Buang Pada Main Engine Pukul 03.00	26
4.2 Kondisi Gas Buang Pada Main Engine Pukul 14.00	27

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 Gambar Sistem Aliran Bahan Bakar	7
2.2 Gambar Bosch Pump	8
2.3 Gambar Injector Pada Kapal MV. Sinar Bajo	14
2.4 Gambar Nozzle Needle	14
2.5 Gambar Nozzle	15
2.6 Gambar Adjusting Screw	15
2.7 Gambar Nozzle Holder	15
2.8 Gambar Pressure Spring	16
2.9 Gambar Pressure Spindle	16
2.10 Gambar Distance Piece	17
2.11 Gambar Retaining Nut	17
2.12 Gambar Bentuk Hasil Pengabutan Bahan Bakar Dari Injector	19

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1 Lampiran Data Bosch Pump	33
2 Lampiran Foto Komponen Hydraulic Cylinder dan Main Shaft	41
3 Lampiran Dokumentasi Inspeksi Pada Main Engine	42

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal MV. Sinar Bajo merupakan salah satu kapal niaga berbendera Singapore yang beroperasi di rute pelayaran internasional. Sebagai tulang punggung operasional, mesin induk kapal ini memegang peranan krusial dalam menjamin kelancaran pelayaran. Mesin induk tersebut menggunakan sistem injeksi bahan bakar berteknologi tinggi, di mana *Bosch pump* dan *injector* menjadi komponen utama yang menentukan efisiensi pembakaran. *Bosch pump* berfungsi untuk menekan bahan bakar ke *injector* dengan tekanan mencapai 320–350 kg/cm², sementara *injector* bertugas mengabutkan bahan bakar tersebut ke dalam ruang bakar. Jika salah satu dari kedua komponen ini mengalami gangguan, maka performa mesin induk secara keseluruhan akan menurun drastis.

Dalam beberapa bulan terakhir, mesin kapal MV. Sinar Bajo dilaporkan penurunan performa mesin induk yang ditandai oleh meningkatnya suhu gas buang (*exhaust gas temperature*), turunnya daya mesin, serta timbulnya getaran yang tidak normal saat mesin beroperasi. Setelah dilakukan pemeriksaan menyeluruh oleh bagian permesinan, diketahui bahwa permasalahan utama bersumber dari unit *Bosch fuel injection pump* yang tidak bekerja secara optimal. Pompa ini bertanggung jawab untuk menyuplai bahan bakar bertekanan tinggi ke sistem injector dengan tekanan yang stabil dan sesuai kebutuhan. Ketidakefektifan kinerja *Bosch pump* mengakibatkan tekanan bahan bakar yang dikirimkan ke injector menjadi tidak stabil. Akibatnya, proses pengabutan bahan bakar oleh injector tidak berlangsung sempurna. Bukannya menghasilkan kabut bahan bakar halus yang ideal untuk proses pembakaran, injector justru menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk tetesan (*droplet*). Hal ini berdampak langsung pada proses pembakaran di dalam ruang silinder, di mana campuran udara dan

bahan bakar menjadi tidak homogen, menyebabkan pembakaran tidak merata, tidak sempurna, dan kurang efisien.

Proses pembakaran yang tidak sempurna berdampak serius pada efisiensi termal mesin, di mana konsumsi bahan bakar menjadi lebih tinggi dari kondisi normal untuk menghasilkan daya yang sama. Selain itu, kondisi ini juga memicu peningkatan emisi gas buang, termasuk karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan partikel karbon (PM) yang berbahaya. Peningkatan emisi tersebut tidak hanya berisiko terhadap lingkungan, namun juga dapat menyebabkan pelanggaran terhadap regulasi internasional, seperti ketentuan MARPOL Annex VI yang mengatur batas emisi dari kapal.

Lebih lanjut, pembakaran tidak sempurna berpotensi mempercepat kerusakan pada komponen-komponen vital mesin seperti piston, ring piston, dan liner silinder. Akumulasi residu karbon yang tidak terbakar dapat menimbulkan keausan yang lebih cepat serta meningkatkan kemungkinan kerusakan mekanis yang lebih parah apabila tidak segera ditangani. Hal ini tentu saja berdampak pada peningkatan biaya perawatan dan pemeliharaan mesin, serta menimbulkan potensi kerugian akibat waktu henti kapal (*off-hire time*) yang tidak direncanakan. Dengan mempertimbangkan seluruh permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu kajian teknis yang mendalam untuk menganalisis keterkaitan antara kinerja *Bosch pump*, kestabilan tekanan bahan bakar, serta kualitas pengabutan oleh injector dalam proses pembakaran mesin induk kapal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi secara komprehensif penyebab gangguan pada sistem bahan bakar, menganalisis dampaknya terhadap efisiensi mesin dan emisi gas buang, serta merumuskan langkah-langkah perbaikan yang tepat. Solusi yang dirumuskan diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya pemeliharaan dan pengoperasian mesin yang lebih efektif, guna mengembalikan performa mesin induk ke kondisi optimal serta mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius di masa mendatang.

Sesuai latar belakang tersebut maka penulis tertarik mengangkat menjadi judul KIT yaitu ” **Analisa Menurunnya Kinerja Injector Disebabkan Bosch Pump Tidak Bekerja Dengan Baik Pada Main Engine MV. Sinar Bajo**”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh kerusakan *Bosch pump* terhadap kinerja *injector* pada mesin induk MV. Sinar Bajo?
 - a. Apa saja indikator yang menunjukkan bahwa *Bosch pump* tidak bekerja dengan baik?
 - b. Bagaimana mekanisme penurunan tekanan injeksi memengaruhi pola semprotan *injector*?
2. Langkah apa yang dapat dilakukan untuk memulihkan kinerja *injector* akibat *Bosch pump* yang tidak bekerja optimal?
 - a. Apakah perbaikan *Bosch pump* dapat mengembalikan tekanan injeksi ke level normal?
 - b. Bagaimana prosedur perawatan preventif untuk mencegah terulangnya masalah serupa di masa depan?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan mendalam, maka ruang lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Analisis Teknis *Bosch Pump* dan *Injector*:

Penelitian hanya membahas komponen *Bosch pump* dan *injector* pada mesin induk kapal MV. Sinar Bajo, tanpa memasukkan sistem bahan bakar lainnya seperti *fuel filter* atau *purifier*.

2. Parameter yang Dianalisis:

- a. Tekanan injeksi bahan bakar.

- b. Pola semprotan *injector* (atomisasi vs. tetesan).
 - c. Suhu gas buang dan daya mesin.
3. Solusi Perbaikan:
- Fokus pada perbaikan *Bosch pump* dan kalibrasi *injector*, tanpa membahas modifikasi desain mesin.

D. Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi Penyebab Kerusakan *Bosch Pump*:
Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan penurunan tekanan injeksi, seperti kebocoran internal, keausan komponen, atau kontaminasi bahan bakar.
2. Menilai Dampak pada Kinerja *Injector*:
Menjelaskan bagaimana tekanan injeksi yang tidak stabil memengaruhi pola semprotan bahan bakar dan efisiensi pembakaran.
3. Memberikan Rekomendasi Perbaikan:
Menyusun langkah-langkah perbaikan teknis untuk memulihkan kinerja *Bosch pump* dan *injector*.
4. Menyusun Strategi Perawatan Preventif:
Merancang jadwal perawatan berkala untuk mencegah kerusakan serupa di masa depan.

E. Manfaat Penulisan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis:

Bagi Dunia Pendidikan: Menambah referensi akademis tentang sistem injeksi bahan bakar mesin diesel kapal, khususnya hubungan antara *Bosch pump* dan *injector*.

Bagi Peneliti Lain: Memberikan dasar untuk penelitian lanjutan terkait optimisasi sistem injeksi.

2. Manfaat Praktis:

- a. Bagi Perwira Mesin Kapal: Memberikan panduan deteksi dini kerusakan *Bosch pump* dan langkah perbaikan yang efektif.
- b. Bagi Perusahaan Pelayaran: Mengurangi biaya operasional akibat kerusakan mesin dan meningkatkan efisiensi bahan bakar.
- c. Bagi Lingkungan: Mengurangi emisi gas buang berbahaya melalui pembakaran yang lebih sempurna

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Mesin *Diesel*

Menurut (Grochowalska et al., 2022) Mesin *Diesel* adalah sumber energi mekanik yang umum digunakan di kapal. Biasanya terdapat mesin *Diesel* dua tak berkecepatan rendah dan empat tak berkecepatan menengah. Sumber energi dalam mesin-mesin tersebut adalah proses pembakaran minyak *Diesel* atau minyak bakar berat. Karena dimensi besar dari mesin-mesin kelautan dan periode operasi yang panjang (beroperasi terus menerus selama beberapa minggu), polusi udara dapat menjadi signifikan. Organisasi Maritim Internasional telah mendirikan Komite Perlindungan Lingkungan Maritim, yang telah menetapkan batasan terhadap jumlah sulfur dalam bahan bakar yang dapat diterima untuk daerah kontrol emisi sulfur (SECA). Batasan-batasan ini terlalu rendah untuk memungkinkan penggunaan bahan bakar berat di SECA ini. Oleh karena itu, minyak *Diesel* kelautan digunakan. Perlu dicatat bahwa sebuah mesin kelautan dengan daya nominal 10MW mengkonsumsi 48 ton bahan bakar per hari (dengan asumsi konsumsi bahan bakar spesifik adalah 200 g/kWh). Karena polusi udara yang signifikan dan biaya operasi yang tinggi dari mesin-mesin kelautan akibat konsumsi bahan bakar, insinyur dan ilmuwan harus meningkatkan proses dalam silinder sehingga pembakaran lebih bersih dan efisien.

Mesin *Diesel* merupakan salah satu solusi untuk memperlambat penipisan bahan bakar fosil karena efisiensinya yang tinggi. Namun, emisi polutan yang tinggi membatasi penggunaannya dalam banyak bidang

B. Sistem Instalasi

Gambar 2.1 Sistem Aliran Bahan Bakar

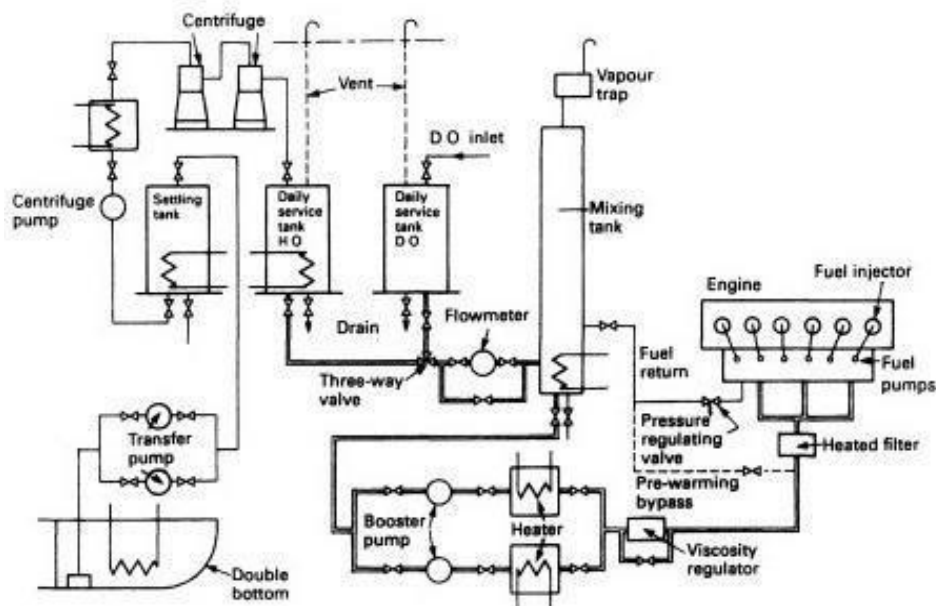


Figure 2.11 Fuel oil supply system

Sumber: <https://maritimeworld.web.id/fuel-oil-system-sistembahan-bakar-in.html>.diakses tanggal 22 Juli 2025.

Berikut adalah penjelasan mengenai sistem instalasi *injector* bahan bakar *Diesel* :

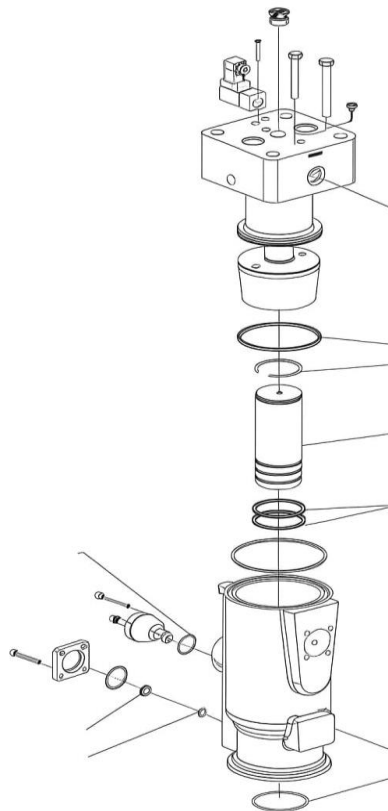
1. Tangki penyimpanan bahan bakar: merupakan tempat penyimpanan bahan bakar yang akan digunakan oleh mesin *Diesel*.
2. Pompa bahan bakar: bertugas untuk memompa bahan bakar dari tangki ke dalam sistem injeksi.
3. Filter bahan bakar: berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel yang terdapat pada bahan bakar sebelum masuk ke sistem injeksi agar tidak merusak komponen lain pada sistem injeksi.
4. Saluran bahan bakar: merupakan jalur yang menghubungkan pompa bahan bakar dengan *injector* dan menyediakan bahan bakar yang akan disemprotkan ke ruang bakar.
5. *Injector*: bertugas untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan tekanan yang tinggi dan presisi yang tepat.

6. Regulator tekanan bahan bakar: berfungsi untuk mengontrol tekanan bahan bakar yang masuk ke dalam *injector* agar sesuai dengan kebutuhan mesin.
7. *Settling tank*: tanki pengendapan bahan bakar sebelum di pompa ke *purifier*
8. *Service tank*: tanki bahan bakar yang sudah siap di gunakan
9. *Fuel oil heater*: pemanasan bahan bakar di dalam system baik di *settling tank* dan *service tank* .
10. *Purifier*: suatu pesawat bantu untuk memisahkan minyak, air dan kotoran.

C. **Bosch Pump**

Bosch pump, atau pompa injeksi, adalah komponen penting dalam mesin diesel yang bertugas memompa bahan bakar dari tangki menuju injektor dengan tekanan tinggi. Tekanan ini diperlukan agar bahan bakar dapat diinjeksikan (disemprotkan) ke ruang bakar dalam bentuk kabut, sehingga pembakaran bisa terjadi secara optimal.

Gambar 2.2 *Bosch Pump*



Proses atomisasi ini membantu mempercepat pembakaran, mengurangi emisi, serta meningkatkan efisiensi dan tenaga mesin. Pompa injeksi buatan Bosch tersedia dalam berbagai tipe, seperti inline pump, rotary (VE) pump, dan high-pressure pump untuk sistem common rail, yang masing-masing memiliki mekanisme kerja dan aplikasi berbeda tergantung pada jenis dan kebutuhan mesin. Selain memberikan tekanan, pompa ini juga bertanggung jawab mengatur jumlah bahan bakar yang dikirimkan serta waktu penyemprotan (*injection timing*), yang semuanya sangat memengaruhi performa mesin. Kerusakan pada Bosch pump dapat menyebabkan gejala seperti asap berlebih, suara mesin kasar, tenaga mesin menurun, hingga pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu, perawatan dan penyetelan berkala sangat diperlukan untuk menjaga pompa ini bekerja secara optimal.

D. Bagian – Bagian *Bosch Pump*

Secara umum *Bosch Pump* terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Bagian Atas (*Top Assembly*)

Terdapat blok utama yang dilengkapi berbagai sambungan seperti *valve* dan *pressure switch*. Bagian ini berfungsi sebagai pengatur aliran dan pengendali tekanan bahan bakar. Komponen-komponen seperti penutup atas, baut pengikat, dan katup non-balik juga terpasang di area ini untuk memastikan aliran hanya satu arah serta menjaga tekanan stabil.

Komponen-komponen penting di bagian ini meliputi:

- a. Penutup atas (*top cover*), yang melindungi mekanisme internal dari debu dan kelembapan.
- b. Baut pengikat dan *bracket*, untuk menjaga kesatuan struktur dan menghindari getaran selama operasi.
- c. Katup non-balik (*check valve*) atau *one-way valve*, yang memastikan bahan bakar hanya mengalir ke satu arah dan mencegah aliran balik yang dapat mengganggu proses injeksi.
- d. Saluran relief, yang berfungsi membuang tekanan berlebih demi menjaga keselamatan dan umur pakai pompa.

2. Bagian Tengah (*Plunger* dan *Seal*)

Bagian ini menampilkan *hydraulic plunger* yang menjadi inti dari mekanisme pemompaan. *Plunger* bekerja naik-turun untuk menyalurkan bahan bakar dengan tekanan tertentu. Pada bagian ini juga terdapat beberapa *sealing ring* yang berfungsi mencegah kebocoran cairan dan memastikan tekanan tetap terjaga selama operasi.

Komponen-komponen penting di bagian ini meliputi:

- a. *Plunger dan barrel*, sebagai pasangan komponen utama dalam menghasilkan tekanan. *Plunger* bergerak dalam barrel dengan toleransi tinggi untuk mencegah kebocoran.
- b. *Seal dan o-ring*, yang berfungsi menjaga kebocoran fluida serta mempertahankan tekanan selama siklus kerja pompa.
- c. *Return spring*, yang mengembalikan posisi plunger ke keadaan semula setelah proses pemompaan.
- d. *Sleeve* atau *control rack*, tergantung tipe pompa, untuk mengatur volume bahan bakar yang disalurkan berdasarkan kebutuhan beban mesin.

3. Bagian Bawah (*Housing* dan Dudukan)

Bagian bawah merupakan *housing* utama atau badan pompa yang menampung seluruh komponen internal. Di dalamnya terdapat *cover*, *retaining ring*, serta *inspection port* yang memungkinkan pemeriksaan kondisi internal tanpa membongkar keseluruhan unit. *Housing* ini menjadi fondasi bagi komponen lain sekaligus pelindung terhadap kerusakan mekanis dari luar.

Pump base/housing, yaitu badan utama pompa yang menyatukan seluruh bagian dari atas hingga bawah.

Komponen-komponen penting di bagian ini meliputi:

- a. *Retaining ring* dan *locking mechanism*, berfungsi menjaga plunger dan komponen lainnya tetap berada di posisinya selama pompa bekerja.

- b. *Inspection port* atau *cover*, yang memungkinkan teknisi melakukan pemeriksaan kondisi internal pompa tanpa membongkar seluruh unit, mempermudah pemeliharaan dan diagnosa.
- c. *Mounting bracket* atau *base support*, untuk menyatukan pompa dengan mesin dan meredam getaran yang mungkin timbul saat beroperasi.

E. Perawatan Bosch Pump

Perawatan *Bosch pump*, atau pompa injeksi bahan bakar *Bosch*, merupakan langkah penting untuk menjaga performa mesin diesel agar tetap optimal, efisien, dan tahan lama. Karena pompa ini bekerja pada tekanan tinggi dan sangat bergantung pada presisi mekanis, maka perawatan rutin dan tepat sangat diperlukan. Adapun perawatan Bosch pump meliputi aspek pemeriksaan visual, pembersihan, pelumasan, penggantian komponen aus, hingga kalibrasi teknis.

1. Pemeriksaan Rutin dan Diagnostik

Langkah awal perawatan dimulai dengan pemeriksaan visual dan diagnostik secara rutin, baik menggunakan alat bantu manual maupun digital (diagnostic scanner atau test bench). Tanda-tanda kerusakan seperti kebocoran bahan bakar, karat, aus pada seal, atau getaran abnormal harus segera diidentifikasi. Pemeriksaan juga dilakukan pada bagian sambungan, konektor, serta selang bahan bakar untuk memastikan tidak ada kebocoran atau longgar yang dapat memengaruhi tekanan dan aliran.

2. Pembersihan Komponen Pompa

Pompa injeksi harus selalu bersih dari endapan kotoran, lumpur, atau kontaminan lainnya. Kotoran yang masuk ke dalam pompa dapat merusak plunger, valve, atau nozzle, serta menyebabkan penyumbatan atau abrasi. Oleh karena itu, pembersihan komponen luar dan dalam pompa secara berkala sangat penting, terutama pada bagian saringan bahan bakar (fuel filter) dan saluran masuk (inlet

port). Pembersihan internal sebaiknya dilakukan oleh teknisi berpengalaman menggunakan alat pembersih ultrasonik atau metode flushing khusus.

3. Penggantian Komponen yang Aus

Komponen seperti seal, o-ring, spring, dan bahkan plunger barrel bisa mengalami keausan akibat tekanan tinggi dan gesekan terus-menerus. Oleh karena itu, komponen-komponen tersebut perlu diperiksa berdasarkan jam kerja mesin atau rekomendasi pabrik. Jika ditemukan aus, retak, atau deformasi, segera lakukan penggantian untuk mencegah kerusakan sistem secara keseluruhan.

4. Pelumasan

Beberapa tipe Bosch pump, terutama yang masih menggunakan sistem mekanis konvensional, memiliki bagian-bagian internal yang membutuhkan pelumasan. Pastikan bahwa oli pelumas yang digunakan sesuai dengan spesifikasi dan volumenya mencukupi. Kekurangan pelumasan dapat menyebabkan gesekan tinggi, keausan cepat, dan bahkan kegagalan pompa secara tiba-tiba.

5. Kalibrasi dan Penyetelan

Pompa injeksi Bosch memerlukan kalibrasi secara berkala untuk mengatur volume bahan bakar, timing penyemprotan, serta tekanan kerja sesuai dengan spesifikasi mesin. Kalibrasi biasanya dilakukan di bengkel khusus menggunakan fuel injection pump test bench, yang mampu mensimulasikan beban dan kecepatan mesin. Proses ini penting untuk memastikan bahwa pengiriman bahan bakar tetap presisi, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan mesin.

6. Pemeriksaan Sistem Bahan Bakar Secara Keseluruhan

Perawatan Bosch pump juga harus diikuti dengan perawatan sistem bahan bakar lainnya, seperti tank bahan bakar, fuel line, filter bahan bakar, dan injector. Pastikan bahan bakar yang digunakan bersih dan tidak mengandung air, sulfur berlebihan, atau kontaminan lainnya.

Gunakan additive diesel jika diperlukan, untuk membantu membersihkan sistem bahan bakar dari dalam.

7. Frekuensi Perawatan

Frekuensi perawatan Bosch pump tergantung pada jenis mesin, lingkungan kerja, dan jam operasional. Namun, secara umum, perawatan ringan seperti pemeriksaan dan pembersihan dapat dilakukan setiap 250–500 jam kerja, sedangkan perawatan menyeluruh termasuk kalibrasi dilakukan setiap 1000–2000 jam kerja, atau sesuai petunjuk dari manual pabrikan

F. Pengertian *Injector*

Injector adalah alat yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran dengan cara mengubahnya menjadi kabut pada tekanan tinggi mencapai 320 kg/cm^2 . Proses pengabutan ini dilakukan oleh pompa bahan bakar, yang sering disebut *Bosch pump*, yang dioperasikan oleh *camshaft*. Pompa tersebut menekan bahan bakar hingga mencapai tekanan yang diperlukan, tergantung pada jenis atau merek mesin, sehingga bahan bakar dapat mendorong pegas *Injector*. Setelah itu, bahan bakar masuk ke *Injector*, mengangkat *spindle* atau jarum *nozzle*, dan menyebar ke dalam silinder dalam bentuk partikel halus untuk memastikan pembakaran yang efisien. (Suharno 2022).

Kesempurnaan proses pembakaran di dalam silinder, dari sudut pandang *Injector*, bergantung pada:

1. Temperatur yang cukup Tinggi diperlukan Untuk menjamin pembakaran yang sempurna dari campuran bahan bahan bakar dan Udara.
2. Percampuran antara partikel bahan bakar, panas dan udara berlangsung dengan cepat.

G. Bagian-Bagian *Injector* Mesin Induk

Gambar 2.3 *Injector* Pada Kapal MV. Sinar Bajo



Sumber: Dokumentasi MV. Sinar Bajo (2025)

Komponen-Komponen *Injector*:

1. *Nozzle Needle*

Berfungsi membuka dan menutup saluran bahan bakar berdasarkan tekanan yang diterima. Ketika tekanan bahan bakar meningkat, jarum ini terdorong ke atas, memungkinkan bahan bakar keluar dalam bentuk kabut

Gambar 2.4 *Nozzle Needle*



2. *Nozzle*

Nozzle berfungsi mengatur aliran bahan bakar berdasarkan tekanan yang diterima. Ketika tekanan meningkat, *nozzle* membuka dan menyemburkan bahan bakar sesuai kebutuhan mesin. Proses buka-tutup jarum *nozzle* dapat dipantau dengan pin inspeksi.

Gambar 2.5 Nozzle



Sumber: Ikhvan, R. N. A. (2022)

3. *Adjusting Screw*

Adjusting screw berfungsi untuk menyetel tekanan bahan bakar yang disemprotkan oleh *Injector*. Dengan mengubah posisi screw ini, operator dapat meningkatkan atau mengurangi tekanan injeksi, yang berpengaruh pada jumlah dan kecepatan penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar

Gambar 2.6 *Adjusting Screw*

Sumber: Ikhvan, R. N. A. (2022)

4. *Nozzle Holder*

Nozzle holder berfungsi sebagai tempat bertemunya bahan bakar dan mengatur tekanan saat penginjeksian dimulai. Ketegangan dari pegas *nozzle* (*nozzle spring*) yang terpasang di dalamnya dapat disesuaikan untuk mengatur awal penginjeksian

Gambar 2.7 *Nozzle Holder*

Sumber: Ikhvan, R. N. A. (2022)

5. *Pressure Spring*

Pressure spring berfungsi untuk menahan jarum *Injector* (*nozzle needle*) pada posisi tertutup sampai tekanan bahan bakar mencapai level tertentu. Ketika tekanan bahan bakar dari pompa injeksi melebihi kekuatan pegas, jarum akan terangkat, memungkinkan bahan bakar untuk disemprotkan ke dalam ruang bakar

Gambar 2.8 *Pressure Spring*



Sumber: Ikhvan, R. N. A. (2022)

6. *Pressure Spindle*

Pressure Spindle adalah komponen kunci dalam sistem injeksi yang memastikan bahwa proses penyemprotan bahan bakar berlangsung dengan efisien dan sesuai dengan spesifikasi mesin, berkontribusi pada performa dan efisiensi pembakaran yang optimal

Gambar 2.9 *Pressure Spindle*



Sumber: Yaqin, R. I., Dkk. (2020).

7. *Distance Piece*

Sebagai saluran dan penghubung antara *nozzle* dan *nozzle holder*, memastikan aliran bahan bakar bertekanan menuju *body nozzle*.

Gambar 2.10 *Distance Piece*

Sumber: Yaqin, R. I., Dkk. (2020).

8. *Retaining Nut*

Sebagai rumah bagi berbagai komponen *nozzle Injector*, melindunginya dari kerusakan. *Nut* ini terhubung ke *nozzle holder* melalui ulir, membentuk pelindung yang kokoh.

Gambar 2.11 *Retaining Nut*

Sumber: Ikhvan, R. N. A. (2022)

H. Cara Pengabutan Bahan Bakar

Proses pengabutan bahan bakar mesin Diesel modern memanfaatkan pompa mekanis bertekanan tinggi untuk menyemprotkan bahan bakar secara langsung tanpa memerlukan udara bertekanan. Sementara itu, mesin utama pada Kapal MV. Sinar Bajo menggunakan sistem pompa injeksi bahan bakar konvensional yang berfungsi sebagai distributor rotari.

1. Sebelum Penyemprotan Bahan Bakar dalam bentuk kabut

Bahan bakar bertekanan tinggi mengalir dari pompa melalui saluran minyak menuju kolam minyak di dasar bodi *nozzle*.

2. Saat Pengabutan Bahan Bakar

Saat tekanan di dalam penampungan bahan bakar meningkat, tekanan tersebut mendorong jarum *nozzle* untuk bergerak ke atas melawan gaya pegas, sehingga menyebabkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar.

3. Akhir Injeksi bahan bakar

Pada saat *Bosh Pump* berhenti menyuplai bahan bakar, tekanan menurun, dan pegas mendorong jarum *nozzle* kembali ke posisi semula. Sisa bahan bakar melumasi komponen dan kembali ke jalur pembuangan. Berdasarkan cara penggunaan dan penempatannya, *Injector* dapat dikategorikan menjadi dua jenis: *Injector* tidak langsung (*precombustion chamber*) dan *Injector* langsung (*direct injection*). Masing-masing jenis ini memiliki kelebihan dan kekurangan yang membuatnya sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Berikut perbedaan antara keduanya:

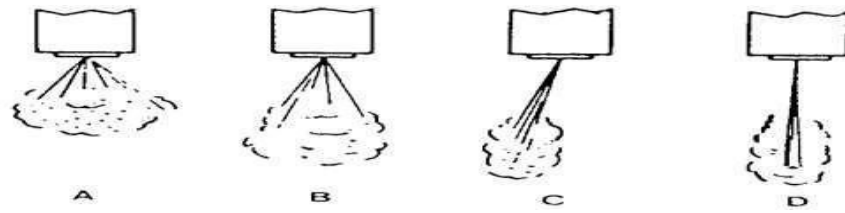
a. *Injector* Tidak Langsung (*Precombustion Chamber*)

Dalam sistem ini, bahan bakar tidak disemprotkan langsung ke dalam ruang bakar utama (silinder). Sebaliknya, bahan bakar terlebih dahulu melewati ruang awal yang disebut *precombustion chamber* (PC). Proses pembakaran dimulai di ruang ini sebelum menyebar ke ruang bakar utama

b. *Injector* Langsung (*Direct Injection*)

Pada sistem *Injector* langsung, *nozzle* mengeluarkan bahan bakar sebagai kabut halus menuju silinder mesin. Pembakaran berlangsung simultan di dalam silinder tersebut untuk mencapai efisiensi maksimal. Bahan bakar perlu diatomisasi sehingga dapat campur rata dengan udara sebelum proses pembakaran. Sementara itu, panas yang diperlukan diproduksi melalui tekanan udara, serta adanya oksigen adalah kunci bagi reaksi kimia pembakaran. Konsep utama pembakaran di silinder didasarkan pada prinsip "segitiga api": udara, bahan bakar, dan sumber panas.

Gambar 2.12 Bentuk Hasil Pengabutan Bahan Bakar Dari Injector



Sumber: *Erfian, N. I. P. (2023)*

Dalam Pemeriksaan tekanan *Injector* sangat Penting untuk memastikan proses pembakaran berlangsung optimal, karena hal ini berkaitan erat dengan kesesuaian campuran bahan bakar dan udara. Proses ini mencakup *overhoul Injector*, dan penyetelan menggunakan alat uji, serta pemasangan *Injector* pada ragum dengan pelindung aluminium sebelum membongkar komponen *Injector*. (Sumber: *Dona, S. (2021)*)

I. Kerangka Pikir Penelitian

