

**ANALISA PERAWATAN *EXHAUST VALVE* MESIN INDUK  
UNTUK MENUNJANG PENGOPERASIAN DI ATAS KAPAL  
CNC SULAWESI**



**MUHAMMAD AIDUL FITRA**

**NIT. 21.42.038**

**TEKNIKA**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
2025**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Aidul Fitra

Nomor Induk Taruna : 21.42.038

Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**Analisa Perawatan *Exhaust valve* Mesin Induk Untuk Menunjang  
Pengoperasian Di Atas Kapal Cnc Sulawesi**

Penulis menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya asli, dan semua ide yang dicantumkan sebagai kutipan adalah hasil pemikiran penulis sendiri.

Penulis bersedia menanggung konsekuensi berupa sanksi dari Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar apabila pernyataan ini tidak benar.

Makassar, 10 Oktober 2025



MUHAMMAD AIDUL FITRA

NIT: 21.42.038

**ANALISA PERAWATAN *EXHAUST VALVE* MESIN INDUK  
UNTUK MENUNJANG PENGOPERASIAN DI ATAS KAPAL  
CNC SULAWESI**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan  
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan Oleh

MUHAMMAD AIDUL FITRA  
NIT: 21.42.038

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV POLITEKNIK ILMU  
PELAYARAN MAKASSAR  
TAHUN 2025**

## SKRIPSI

# ANALISA PERAWATAN *EXHAUST VALVE* MESIN INDUK UNTUK MENUNJANG PENGOPERASIAN DI ATAS KAPAL CNC SULAWESI

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUHAMMAD AIDUL FITRA

NIT. 21.42.038

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada Tanggal, 10 Oktober 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Abdul Basir, M.T., M.Mar.E.  
NIP. 19681231 199808 1 001



Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E.  
NIP. 19800303 202321 1 019

Mengetahui:

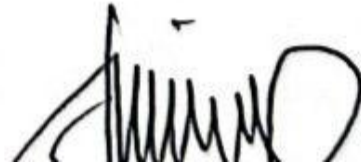
a. n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar  
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika



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



Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P.  
NIP. 19760409 200604 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penulisan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir dalam bentuk tulisan yang berjudul “Analisa Perawatan *Exhaust valve* Mesin Induk Untuk Menunjang Pengoperasian Di Atas Kapal CNC SULAWESI”.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat akademik bagi seluruh Taruna/I Prodi Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dalam meraih gelar Sarjana Terapan Pelayaran (S.Tr.Pel).

Mengingat adanya batasan waktu dan kompetensi, penulis mengakui bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Namun demikian, penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyajikan laporan ini sesuai dengan kemampuan yang dimiliki. Dengan demikian, penulis sangat mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang membangun guna menyempurnakan laporan ini.

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan doa selama penyusunan laporan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar. selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P. selaku Ketua Program Studi Teknika.
4. Bapak Ir. Abdul Basir, M.T., M.Mar.E. selaku Dosen Pembimbing I

5. Bapak Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E. selaku Dosen Pembimbing II
6. Bapak dan Ibu dosen Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah mendidik dan membimbing kami.
7. Kedua orang tua Ayah dan Ibu penulis yang tersayang Bahri dan Sukriani yang telah memberikan motivasi dan bantuan biaya kepada penulis sehingga penulis dapat bersemangat menyelesaikan laporan tugas akhir.
8. Terima kasih kepada perempuan baik hati yang selalu memberikan dukungan dan selalu setia menemani penulis sampai menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu yang mendo'akan, mendukung, membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulisan ini disusun guna mengetahui seberapa dalam pengetahuan Taruna/I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar terutama prodi Teknik tentang bagaimana proses Perawatan *Exhaust valve* Mesin Induk Untuk Menunjang Pengoperasian di Atas Kapal Cnc Sulawesi sedikit banyak mengetahui pengetahuan mengenai hal tersebut.

Demikian yang dapat penulis sampaikan di awal tugas akhir ini. Apabila ada kata-kata yang kurang berkenan dari penulisan tugas akhir ini, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis juga mengharapkan adanya saran serta masukan yang bersifat membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Makassar, 10 Oktober 2025



Muhammad Aidul Fitra  
21.42.038

## ABSTRAK

MUHAMMAD AIDUL FITRA, Analisa Perawatan *Exhaust valve* Mesin Induk Untuk Menunjang Pengoperasian Di Atas Kapal CNC SULAWESI (dibimbing oleh Ir. Abdul Basir, M.T., M.Mar.E. dan Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan spindle valve dan strategi perawatan exhaust valve pada mesin induk kapal CNC Sulawesi milik CMA CGM Asia Shipping Pte Ltd. Exhaust valve dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki peran vital dalam menjaga kinerja mesin induk. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, dokumentasi perawatan, serta kuesioner yang dianalisis menggunakan aplikasi JASP 0.19.3.0 dengan uji normalitas (Shapiro-Wilk), reliabilitas (Cronbach's Alpha), dan Structural Equation Modeling (SEM). Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan seluruh indikator kuesioner valid ( $p\text{-value} < 0.05$ ), sementara nilai Cronbach's Alpha ( $\alpha = 0.403$ ) mengindikasikan tingkat reliabilitas tinggi. Analisis SEM menunjukkan bahwa penumpukan karbon deposit berpengaruh signifikan terhadap keausan spindle valve ( $z\text{-value} < 0.05$ ; path diagram  $< 1.96$ ) dan perawatan exhaust valve ( $z\text{-value} < 0.05$ ; path diagram  $< 1.96$ ). Kondisi ini mempercepat keausan komponen dan mendorong dilakukannya perawatan lebih awal dari jadwal operasional yang ditetapkan. Sebagai solusi, penelitian merekomendasikan penggunaan bahan bakar rendah sulfur, pemeliharaan sistem pembakaran melalui pengecekan injektor secara rutin, serta penerapan strategi perawatan berbasis kondisi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi manajemen operasional kapal dalam meningkatkan keandalan mesin induk serta efisiensi perawatan pada armada kontainer modern.

Kata kunci: exhaust valve, karbon deposit, keausan spindle, perawatan mesin induk, CNC Sulawesi, JASP

## **ABSTRACT**

MUHAMMAD AIDUL FITRA – Analysis of Main Engine Exhaust valve Maintenance to Support Operations on Board CNC SULAWESI (supervised by Ir. Abdul Basir, M.T., M.Mar.E. and Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E).

This study aims to analyze the effect of carbon deposit accumulation on spindle valve wear and exhaust valve maintenance strategies in the main engine of the CNC Sulawesi vessel, owned by CMA CGM Asia Shipping Pte Ltd. The exhaust valve was selected as the research object due to its vital role in maintaining engine performance. Data were collected through direct observation, maintenance documentation, and questionnaires, which were analyzed using JASP 0.19.3.0 with normality testing (Shapiro-Wilk), reliability testing (Cronbach's Alpha), and Structural Equation Modeling (SEM). The Shapiro-Wilk test results indicated that all questionnaire indicators were valid ( $p\text{-value} < 0.05$ ), while the Cronbach's Alpha value ( $\alpha = 0.403$ ) indicated a high level of reliability. SEM analysis revealed that carbon deposit accumulation significantly affects spindle valve wear ( $z\text{-value} < 0.05$ ; path diagram  $< 1.96$ ) and exhaust valve maintenance ( $z\text{-value} < 0.05$ ; path diagram  $< 1.96$ ). These conditions accelerate component wear and require earlier maintenance than the scheduled operational intervals. As a solution, the study recommends the use of low-sulfur fuel, proper combustion system maintenance through regular injector inspections, and the application of condition-based maintenance strategies. The findings are expected to serve as a reference for ship management in enhancing main engine reliability and improving maintenance efficiency in modern container fleets.

Keywords: exhaust valve, carbon deposit, spindle wear, main engine maintenance, CNC Sulawesi, JASP

## DAFTAR ISI

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| HALAMAN PERNYATAAN                   | ii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN                  | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN                   | iv   |
| KATA PENGANTAR                       | v    |
| ABSTRAK                              | vii  |
| ABSTRACT                             | viii |
| DAFTAR ISI                           | ix   |
| DAFTAR TABEL                         | xi   |
| DAFTAR GAMBAR                        | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN                    | 1    |
| A. Latar Belakang                    | 1    |
| B. Rumusan Masalah                   | 2    |
| C. Batasan Masalah                   | 2    |
| D. Tujuan Penelitian                 | 3    |
| E. Manfaat Penelitian                | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA              | 4    |
| A. Pengertian Mesin 2 Tak            | 4    |
| B. Pengertian Exhaust valve          | 6    |
| C. Prinsip Kerja Exhaust valve       | 7    |
| D. Komponen Exhaust valve            | 9    |
| E. Tujuan Perawatan Exhaust valve    | 13   |
| F. Frekuensi Perawatan Exhaust Valve | 14   |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| G. Dampak Perawatan Exhaust Valve Terhadap Mesin induk | 15        |
| H. Kerangka Konseptual Penelitian                      | 17        |
| I. Kerangka Pikir Penelitian                           | 19        |
| J. Tabel Review Jurnal Untuk Melihat Hasil Novelty     | 20        |
| K. Hipotesis                                           | 22        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                       | <b>23</b> |
| A. Jenis Penelitian                                    | 23        |
| B. Devinisi Operasional Variabel                       | 23        |
| C. Populasi dan Sampel Penelitian                      | 23        |
| D. Teknik Pengumpulan Data                             | 24        |
| E. Jadwal Penelitian                                   | 25        |
| F. Rancangan Penelitian Kuesioner                      | 26        |
| G. Flow Chart Penelitian                               | 29        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                     | <b>30</b> |
| A. Data Penelitian                                     | 30        |
| B. Analisa Data Penelitian Menggunakan Aplikasi JASP   | 34        |
| C. Hasil Analisa Data Menggunakan Aplikasi JASP        | 39        |
| D. Pembahasan                                          | 44        |
| <b>BAB V PENUTUP</b>                                   | <b>48</b> |
| A. Kesimpulan                                          | 48        |
| B. Saran                                               | 48        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                  | <b>49</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                                        | <b>50</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b>                           | <b>63</b> |

## DAFTAR TABEL

| Nomor                                                | Halaman |
|------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1. Contoh Pengaruh Antar Variabel            | 18      |
| Tabel 2.2. Review Jurnal Untuk Melihat Hasil Novelty | 20      |
| Tabel 3.1. Jadwal Penelitian                         | 25      |
| Tabel 4.1. Spesifikasi Mesin Induk Cnc Sulawesi      | 32      |
| Tabel 4.2. Hasil Pengamatan Langsung                 | 33      |
| Tabel 4.3. Hasil Uji Normalitas Dan Validitas        | 39      |
| Tabel 4.4. Hasil Uji Reliabilitas                    | 40      |
| Tabel 4.5. Hasil Uji T                               | 41      |
| Tabel 4.6. Hasil Uji SEM                             | 42      |

## DAFTAR GAMBAR

| Nomor                                                  | Halaman |
|--------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1. Mesin Dua Tak                              | 6       |
| Gambar 2.2. Exhaust valve, Upper Part                  | 11      |
| Gambar 2.3. Item Designation Exhaust valve, Upper Part | 11      |
| Gambar 2.4. Exhaust valve, Lower Part                  | 12      |
| Gambar 2.5. Item Designation Exhaust valve, Lower Part | 12      |
| Gambar 4.1. Path Diagram                               | 43      |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi, terutama di sektor transportasi laut, berbagai inovasi terus bermunculan hampir setiap waktu. Bidang perkapalan menjadi salah satu yang paling merasakan dampaknya, di mana sistem operasional yang sebelumnya bersifat manual kini mulai beralih ke sistem berbasis digital.

Perkembangan ini memiliki peran yang sangat penting, mengingat transportasi laut hingga saat ini masih menjadi pilihan utama bagi para pengguna jasa angkutan. Hal tersebut dapat terjadi karena moda transportasi laut dinilai lebih ekonomis, efisien, serta mampu mengangkut muatan dalam jumlah besar secara optimal.

Kapal *CNC Sulawesi* merupakan salah satu armada kontainer milik *CMA CGM Asia Shipping Pte Ltd* yang dilengkapi dengan mesin induk tipe MAN B&W 6S60ME-C10.5 Tier II. Salah satu komponen vital dalam sistem mesin diesel ini adalah *exhaust valve*, yang berfungsi untuk membuang gas hasil pembakaran dari ruang silinder. Efisiensi kerja mesin sangat bergantung pada performa *exhaust valve*, sehingga diperlukan sistem perawatan yang terstruktur dan tepat waktu.

Namun demikian, dalam praktik di lapangan, ditemukan permasalahan seperti keausan tidak merata, kebocoran gas buang, hingga penurunan tekanan kompresi, yang semuanya berkaitan erat dengan kualitas dan jadwal perawatan *exhaust valve* dikarenakan adanya penumpukan karbon deposit pada *spindle valve*. Jika dibiarkan, kondisi ini dapat mengarah pada kerusakan mesin induk yang serius serta gangguan terhadap operasi pelayaran.

Berdasarkan pengalaman penulis di atas kapal CNC Sulawesi, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve* dan perawatan *exhaust valve*, serta kontribusinya dalam pengoperasian mesin induk secara optimal dan berkelanjutan. Melalui pendekatan *Jeffreys's Amazing Statistics Program* (JASP). Dengan studi kasus pada Kapal CNC Sulawesi, penelitian ini diupayakan dapat menghasilkan kontribusi nyata bagi industri maritim nasional dalam merumuskan strategi pemeliharaan mesin yang lebih efisien dan berkelanjutan.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve*?
2. Bagaimana pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap perawatan *exhaust valve*?

#### **C. Batasan Masalah**

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

1. Objek Penelitian dibatasi hanya pada perawatan *exhaust valve* mesin induk kapal kontainer CNC Sulawesi.
2. Jenis Mesin Induk yang menjadi fokus adalah MAN B&W 6S60ME-C10.5, yaitu mesin diesel 2 langkah berkecepatan rendah yang digunakan sebagai penggerak utama kapal.
3. Penelitian ini hanya membahas aspek penumpukan karbon deposit, yang berpengaruh terhadap keausan *spindle valve* dan perawatan *exhaust valve* berdasarkan observasi di atas kapal, dokumentasi perawatan, serta kuesioner berbasis skala *Likert* yang disebarakan

kepada kru kapal, dan perwira siswa di kampus PIP Makassar sebagai data tambahan.

4. Penelitian membatasi variabel yang dianalisis menjadi tiga, yaitu:

- a. Penumpukan karbon deposit sebagai variabel independen(Y).
- b. Keausan *spindle valve* sebagai variabel dependen(X1)
- c. Perawatan *exhaust valve* sebagai variabel dependen(X2)

5. Teknik analisa data yang digunakan dibatasi pada pemanfaatan aplikasi JASP (*Jeffreys's Amazing Statistics Program*), dengan uji yang mencakup:

- a. Uji normalitas dan validitas menggunakan *Shapiro-Wilk Test*
- b. Uji reliabilitas dengan *Cronbach's Alpha*
- c. Uji signifikansi pengaruh antar variabel (*z-value* dan *Path diagram*)

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1. Untuk mengetahui pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve*.
- 2. Untuk mengetahui pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap perawatan *exhaust valve*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian tersebut disemogakan dapat menghasilkan kegunaan antara lain sebagai berikut:

- 1. Mengetahui hasil analisa pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve*.
- 2. Mengetahui hasil analisa pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap perawatan *exhaust valve*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian Mesin 2 Tak**

Menurut ptcwmoescap(2024). “Mesin 2 tak adalah salah satu jenis mesin pembakaran *internal* yang digunakan di banyak kendaraan, termasuk kapal laut. Di dunia maritim, mesin ini digunakan pada kapal kecil hingga menengah karena desainnya yang sederhana dan daya yang cukup tinggi. Mesin 2 tak menyelesaikan siklus pembakaran dalam dua langkah piston, yaitu langkah kompresi dan langkah pembakaran. Proses ini lebih cepat dibandingkan mesin 4 tak yang memerlukan empat langkah, yaitu hisap, kompresi, pembakaran, dan buang.”

Mesin diesel dua tak merupakan jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menyelesaikan satu siklus kerjanya hanya dalam dua langkah untuk menjaga kontinuitas operasi mesin. Cara kerja mesin ini didasarkan pada dua langkah utama, di mana setiap langkah terjadi selama setengah putaran poros engkol. Dengan demikian, mesin diesel dua tak mampu menghasilkan satu siklus kerja penuh hanya dalam satu kali putaran poros engkol.

Adapun prinsip kerja mesin 2 tak adalah sebagai berikut :

##### **1. Langkah hisap dan kompresi**

Keadaan ini terjadi saat *piston* bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA). Pada posisi tertentu, piston beserta cincin *piston* (*ring piston*) akan melewati lubang pembuangan sekaligus jalur masuk gas.

## 2. Langkah usaha dan buang

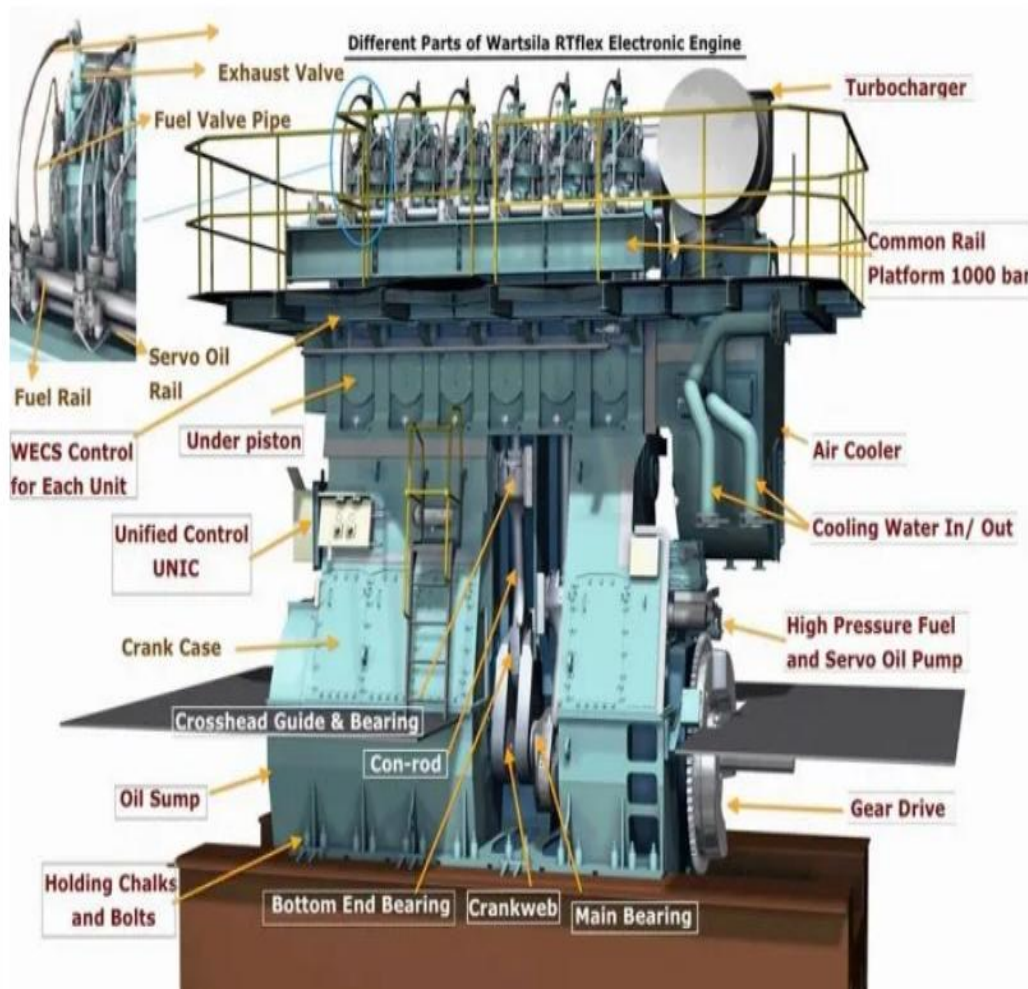
Terjadi ketika *piston* bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), pembakaran terjadi akibat *nozzle* menyemburkan bahan bakar, campuran udara.

Akibatnya, udara yang telah mengisi ruang bakar tidak lagi memiliki jalan keluar. Sementara itu, gerakan piston dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA) menyebabkan volume ruang bakar semakin berkurang. Penyusutan volume tersebut menimbulkan peningkatan tekanan udara di dalam ruang bakar. Ketika piston mencapai posisi TMA, ruang bakar menjadi sangat sempit sehingga suhu dan tekanan udara di dalamnya meningkat secara signifikan.

Pada tahap ini, injektor mulai menyemburkan bahan bakar ke dalam ruang bakar yang telah berisi udara bertekanan dan bersuhu tinggi. Akibatnya, bahan bakar langsung terbakar karena temperatur udara di dalam ruang bakar sudah melampaui titik nyala bahan bakar tersebut. Proses pembakaran ini menghasilkan tekanan ekspansi yang mendorong *piston* bergerak ke arah Titik Mati Bawah (TMB). Saat *piston* bergerak turun, katup buang (*exhaust valve*) terbuka sehingga gas sisa pembakaran dapat keluar melalui *exhaust manifold*. Sementara itu, ketika *piston* mendekati posisi TMB, saluran masuk (*intake manifold*) mulai terbuka untuk memulai siklus berikutnya.

Aliran udara bersih dari saluran masuk akan membantu mendorong sisa gas hasil pembakaran keluar dengan lebih cepat. Setelah itu, *piston* kembali bergerak menuju Titik Mati Atas (TMA) dan proses pembakaran pun terjadi kembali. Demikianlah siklus kerja mesin diesel dua tak berlangsung secara berulang. Dalam satu putaran poros engkol, mesin ini menghasilkan satu kali pembakaran,

sehingga putaran mesin (RPM) cenderung lebih stabil, meskipun konsumsi bahan bakarnya relatif lebih tinggi.



**Gambar 2.1. Mesin Dua Tak**

Sumber: <https://www.karyamanunggal.com/2022/08/jenis-dan-cara-kerja-mesin-kapal-laut.html>

## **B. Pengertian *Exhaust valve***

Menurut Muarif, R.N. “*Exhaust valve* merupakan komponen dari mesin induk yang berfungsi sebagai jalur keluarnya gas atau karbon yang didorong oleh torak dari dalam ruang bakar.”

Jika *valve* tidak berfungsi dengan baik, gas buang yang tertahan dapat menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan dalam ruang bakar, yang dapat menurunkan efisiensi mesin dan meningkatkan emisi *Nox*.

Pada mesin diesel dua tak, *exhaust valve* dikendalikan oleh aktuator hidraulik yang dioperasikan oleh sistem kontrol elektronik. Hal ini memastikan bahwa *valve* bekerja sesuai dengan *timing* yang tepat berdasarkan instruksi dari ECU (*Electronic control unit*), menjaga kinerja mesin agar tetap optimal.

*Exhaust valve*, atau yang dikenal sebagai katup buang, merupakan komponen pada mesin diesel baik dua langkah maupun empat langkah yang berfungsi untuk menyalurkan gas hasil pembakaran keluar dari silinder serta memastikan proses pembuangan berlangsung secara optimal. Katup ini dirancang dengan sistem kerja mekanis yang kokoh, sehingga mampu menahan suhu gas buang yang sangat tinggi serta benturan antar komponen logam selama mesin beroperasi.

Mesin diesel dua tak yang digunakan untuk menggerakkan baling-baling umumnya memiliki satu katup buang yang terpasang di bagian tengah kepala silinder. Pada mesin-mesin modern, katup buang dioperasikan secara hidraulik, di mana gaya pegas digantikan oleh sistem pneumatik, bukan lagi menggunakan pegas mekanis seperti pada desain konvensional.

### **C. Prinsip kerja *Exhaust valve***

Menurut Putu, T. (2022). "Katup buang mesin diesel 2 tak menggunakan aksi hidrolis oli serta tekanan udara pneumatik untuk operasinya. Fungsi oli adalah untuk membuka katup dan memanfaatkan oli dari sistem pelumasan mesin yang dipompa melalui pompa hidrolis yang dioperasikan dengan bantuan *camshaft*."

Udara berfungsi membantu proses penutupan katup sekaligus memberikan efek seperti bantalan pegas. Selain itu, udara dicampur dengan sedikit minyak pelumas untuk mendukung proses pelumasan, serta digunakan untuk menjaga suhu pemandu katup agar tetap dingin selama mesin beroperasi.

Katup buang beroperasi melalui sistem hidrolik, di mana pembukaannya dikendalikan oleh tekanan oli, sedangkan penutupannya menggunakan tekanan udara (*air spring*). Sistem hidrolik ini terdiri atas *piston pump* yang terpasang pada *roller guide housing*, pipa bertekanan tinggi, serta silinder kerja pada katup buang. *Piston pump* digerakkan oleh cam yang berada pada poros *camshaft*. Sementara itu, suplai udara untuk sistem penutupan katup diperoleh dari tangki penyimpanan udara bertekanan.

Poros *camshaft* pada katup buang dihubungkan dengan poros engkol melalui sistem rantai atau roda gigi. Ketika tonjolan cam mulai menekan profilnya, pompa oli hidrolik akan bekerja melawan gaya pegas dan mengalirkan oli bertekanan tinggi menuju katup buang. Tekanan oli hidrolik yang digunakan untuk menggerakkan katup buang dapat mencapai hingga 220 bar. Saat tekanan oli tersebut mendorong *piston* penggerak yang terhubung dengan poros katup, katup akan bergerak ke bawah dan membuka jalur bagi gas buang di dalam silinder untuk keluar menuju sistem pembuangan mesin.

Energi kinetik dari gas buang menyebabkan katup berputar melalui mekanisme rotator bersayap. Putaran ini membantu menjaga suhu katup tetap merata serta mengurangi kemungkinan terbentuknya endapan pada permukaan dudukan katup. Setelah *roller* pada pompa oli hidrolik keluar dari profil cam dan kembali ke bagian lingkaran cam, tekanan pegas akan menutup aliran oli hidrolik menuju katup.

Selanjutnya, suplai udara di bawah *piston* pegas udara akan menekan *valve* hingga tertutup rapat kemudian menempel pada dudukannya, sehingga aliran gas buang dari silinder dapat terhenti sepenuhnya. Tekanan udara yang dipakai agar menutup *valve* umumnya mencapai sekitar 7 bar. Sisa oli di ruang hidrolis akan terdorong keluar dari sistem saat katup menutup akibat tekanan udara tersebut. Selain itu, mekanisme peredam di bagian atas *piston* katup buang berfungsi untuk mencegah benturan keras antara katup dan dudukannya. Pada sebagian besar mesin modern, penutupan katup dilakukan menggunakan tekanan udara, sedangkan pada mesin generasi lama, fungsi ini masih mengandalkan pegas mekanis sebagai penggantinya.

#### **D. Komponen *Exhaust valve***

Pada *engine intruction book* diterangkan bahwasanya *valve* pembuangan hasil pembakaran dari mesin mempunyai unsur-unsur penyusun yang memiliki sejumlah rangkain pokok, antara lain:

##### **1. *Valve Housing***

*Valve housing* atau tempat *valve* berfungsi sebagai tempat duduk untuk *seating valve*. Tak hanya itu, komponen ini juga mempunyai tempat pada *spindle valve* yang dilengkapi dengan *spindle guide* sebagai penuntunnya. Pendinginan pada rumah katup dilakukan menggunakan air tawar. Aliran air pendingin yang berasal dari *cylinder cover* dialirkan ke rumah katup melalui saluran transisi air, kemudian dikeluarkan kembali melalui bagian atas rumah katup.

##### **2. *Seating Valve***

*Seating valve* berfungsi sebagai duduk bagi kepala katup, terbuat dari bahan baja, dan memiliki bentuk menyerupai kerucut pada posisinya yang terpasang di kepala silinder.

### 3. *Spindle valve*

*Spindle valve* pada kapal tempat penulis melaksanakan praktik laut (prala) terbuat dari logam jenis nimonik. Material tersebut memberikan tingkat kekerasan yang optimal pada areaudukan *spindle valve*. Pada bagian bawah *spindle valve* terpasang roda berbentuk baling-baling yang berfungsi agar katup dapat berputar saat mesin beroperasi. *Exhaust valve* bekerja secara normal ketika mesin dijalankan, di mana batang pengangkat (*lifting rod*) dipasang di atas silinder hidrolik pada sistem katup buang.

### 4. *Air Cylinder*

*Air cylinder* atau silinder udara dipasang di bagian atas rumah katup. Di dalam silinder ini, udara dialirkan dari bawah *piston* melalui katup satu arah (*non-return valve*) untuk membantu proses penutupan katup buang. Pada bagian bawah rumah silinder udara terdapat dua cincin penyegel yang berfungsi menjaga kerapatan sistem. Celah pembuangan di antara kedua cincin tersebut berperan sebagai katup pengaman apabila sistem penyegelan tidak bekerja dengan sempurna.

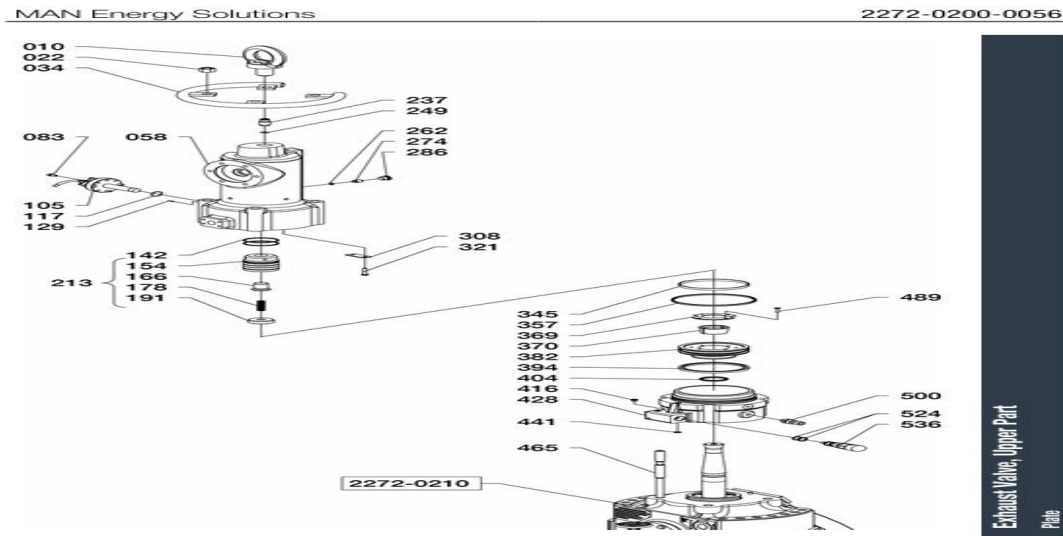
### 5. *Hydraulic cylinder*

*Hydraulic cylinder* atau silinder hidrolik dipasang pada bagian atas rumah katup buang dengan menggunakan baut dan mur sebagai pengikatnya. Pembukaan katup buang terjadi ketika poros katup ditekan oleh *piston* hidrolik yang berada di dalam silinder hidrolik tersebut.

### 6. *Sealing air*

*Sealing air* atau udara penyegelan dipasang di sekitar poros *spindle valve* pada bagian bawah silinder udara. Udara penyegelan ini dialirkan dari silinder udara melalui sebuah katup, kemudian disalurkan ke area di bawah cincin penyegel. Fungsi utama udara penyegelan

adalah mencegah gas buang dan partikel-partikel halus naik ke bagian atas, yang dapat menyebabkan keausan pada permukaan serta mencemari sistem pneumatik pada mekanisme katup.



**Gambar 2.2. Exhaust valve, Upper Part**

Sumber: *Engine Manual Book CNC SULAWESI*

2272-0200-0056 MAN Energy Solutions

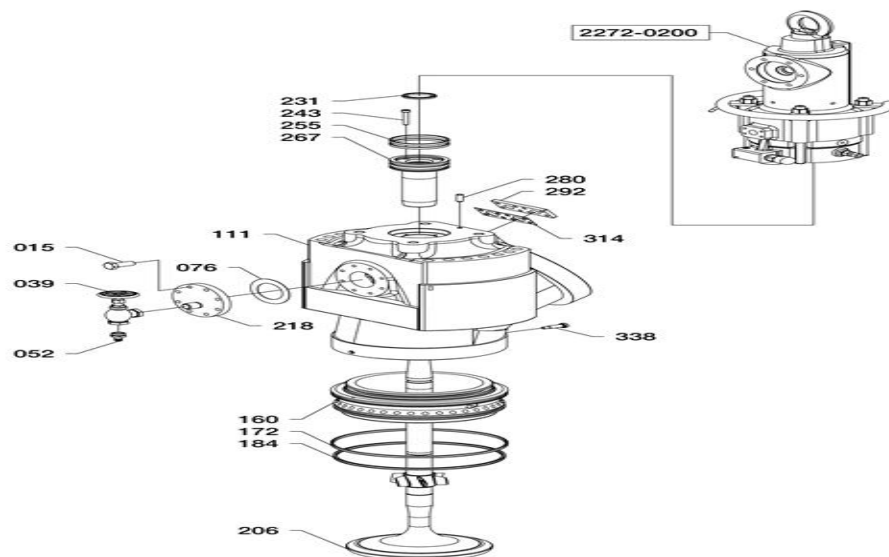
| Item No. | Qty | Item Designation                   |
|----------|-----|------------------------------------|
| 010      | -   | Eye bolt                           |
| 022      | -   | Nut                                |
| 034      | -   | Safety handrail                    |
| 058      | -   | Oil cylinder                       |
| 083      | -   | Screw                              |
| 105      | -   | Inductive sensor <sup>1)</sup>     |
| 117      | -   | Sealing ring                       |
| 129      | -   | Guide pin                          |
| 142      | -   | Piston ring                        |
| 154      | -   | Piston actuator                    |
| 166      | -   | Piston                             |
| 178      | -   | Spring, compr. right-hand          |
| 191      | -   | Piston actuator disc <sup>2)</sup> |
| 213      | -   | Piston actuator                    |
| 237      | -   | Throttle valve                     |
| 249      | -   | Disc                               |
| 262      | -   | Disc                               |
| 274      | -   | Orifice plug                       |
| 286      | -   | Plug screw                         |
| 308      | -   | Disc-edged                         |
| 321      | -   | Screw                              |
| 345      | -   | Guide ring for piston              |
| 357      | -   | Sealing ring                       |
| 369      | -   | Flange                             |
| 370      | -   | Cone                               |
| 382      | -   | Piston, air cylinder               |
| 394      | -   | Sealing ring                       |
| 404      | -   | Sealing ring                       |
| 416      | -   | Plug screw                         |
| 428      | -   | Air cylinder, complete             |
| 441      | -   | Sealing ring                       |
| 465      | -   | Stud, with long/short thread       |
| 489      | -   | Screw                              |
| 500      | -   | Non-return valve                   |
| 524      | -   | Repair kit                         |
| 536      | -   | Pressure relief valve, cartridge   |

Note <sup>1)</sup> Specify maker and type no. <sup>2)</sup> Specify thickness

Exhaust Valve, Upper Part Plate

**Gambar 2.3. Item Designation Exhaust valve, Upper Part**

Sumber: *Engine Manual Book CNC SULAWESI*



Exhaust Valve, Lower Part

Plate  
2272-0210-0051**Gambar 2.4. Exhaust valve, Lower Part**Sumber: *Engine Manual Book CNC SULAWESI*

Exhaust Valve, Lower Part

Plate

2272-0210-0051

| Item No. | Qty | Item Designation                |
|----------|-----|---------------------------------|
| 015      | -   | Screw                           |
| 039      | -   | Angle valve                     |
| 052      | -   | Quick coupling, male            |
| 076      | -   | Packing                         |
| 111      | -   | Exhaust valve housing           |
| 160      | -   | Bottom piece                    |
| 172      | -   | O-ring                          |
| 184      | -   | Sealing ring                    |
| 206      | -   | Exhaust valve spindle, complete |
| 218      | -   | Cover                           |
| 231      | -   | Sealing ring                    |
| 243      | -   | Screw                           |
| 255      | -   | Sealing ring                    |
| 267      | -   | Spindle guide, lower            |
| 280      | -   | Guide pin                       |
| 292      | -   | Flange                          |
| 314      | -   | Packing                         |
| 338      | -   | Pointed screw                   |

**Gambar 2.5. Item Designation Exhaust valve, Lower Part**Sumber: *Engine Manual Book CNC SULAWESI*

## E. Tujuan Perawatan *Exhaust valve*

Menurut Lanuryadi, A. (2023). “Tujuan perawatan pada umumnya untuk menghasilkan suatu alat pengelola yang lebih baik dalam meningkatkan keselamatan para awak kapal dan peralatanya.”

Khususnya pada mesin diesel kapal. Fungsinya adalah untuk membuka dan menutup saluran buang, sehingga gas sisa hasil pembakaran dapat dikeluarkan dari ruang bakar. Perawatan *exhaust valve* secara berkala dan sistematis memiliki beberapa tujuan penting, antara lain:

### 1. Menjaga Efisiensi Kinerja Mesin

Perawatan *exhaust valve* bertujuan untuk memastikan pembukaan dan penutupan katup berjalan optimal. Katup yang aus, bocor, atau tersumbat oleh deposit karbon dapat menyebabkan kebocoran gas buang kembali ke ruang bakar (*backflow*), sehingga menurunkan efisiensi termal mesin.

### 2. Meningkatkan Umur Pakai Komponen

Dengan melakukan inspeksi dan perawatan secara berkala (seperti *grinding*, *lapping*, atau penggantian *valve seat*), keausan bisa dikendalikan dan risiko kerusakan berat bisa dicegah. Ini memperpanjang usia pakai *exhaust valve* dan menghindari kerusakan sekunder seperti keretakan silinder *head*.

### 3. Mencegah Kerusakan Mesin yang Lebih Parah

Katup buang yang tidak terawat dapat mengalami keausan ekstrem, pecah, atau terbakar (*valve burning*). Hal ini dapat menyebabkan kerusakan kepala silinder dan *piston*, yang berdampak pada penghentian operasional kapal dan biaya perbaikan besar.

#### 4. Menurunkan Emisi Gas Buang

Katup buang yang tidak berfungsi optimal dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sehingga meningkatkan emisi gas *NOx* dan partikel. Oleh karena itu, perawatan *exhaust valve* berkontribusi terhadap pemenuhan regulasi emisi IMO MARPOL Annex VI.

#### 5. Menjaga Keselamatan Operasional Kapal

Kegagalan sistem *exhaust valve* di tengah pelayaran bisa membahayakan keselamatan pelayaran, terutama jika terjadi pada mesin induk kapal. Oleh karena itu, *maintenance preventif* diperlukan untuk menjamin keandalan mesin kapal.

### F. Frekuensi Perawatan *Exhaust valve*

Menurut Firmansyah, M. F., & Widiasih, W. (2023). “Menentukan frekuensi perawatan yang ideal adalah salah satu dari beberapa pendekatan untuk melestarikan bahkan meningkatkan nilai kehandalan mesin. Melalui metode pemeliharaan yang tepat, preventive maintenance dapat membantu mempertahankan keandalan alat berat.”

*Exhaust valve* merupakan komponen vital dalam sistem pembakaran *internal* yang berfungsi untuk mengeluarkan gas sisa hasil pembakaran dari ruang silinder menuju sistem pembuangan. Karena posisinya yang langsung berhubungan dengan gas panas bertekanan tinggi, *exhaust valve* sangat rentan terhadap keausan, korosi, penumpukan karbon, dan deformasi akibat suhu ekstrem. Frekuensi perawatan biasanya ditentukan berdasarkan beberapa faktor utama, yaitu:

#### 1. Jam Operasi Mesin

Sebagian besar produsen mesin memberikan panduan jumlah jam operasi setelah yang dianjurkan untuk melakukan perawatan. Misalnya, setiap 24.000 jam operasi mesin.

## 2. Jumlah Siklus Kerja

Dalam beberapa kasus, terutama pada mesin yang bekerja tidak kontinu, jumlah siklus buka-tutup *valve* menjadi acuan dalam menentukan frekuensi perawatan.

## 3. Kondisi Operasional

Pengoperasian dalam kondisi berat seperti beban tinggi, suhu ekstrem, atau bahan bakar berkualitas rendah akan mempercepat degradasi komponen dan memerlukan frekuensi perawatan yang lebih tinggi.

## 4. Jenis Bahan *Exhaust valve*

Material katup juga mempengaruhi ketahanan terhadap suhu dan keausan, yang berdampak pada interval perawatan.

Dalam praktiknya, pemilihan metode dan frekuensi perawatan dipengaruhi oleh strategi manajemen pemeliharaan, ketersediaan data historis, serta kemampuan teknis tim perawatan kapal. Untuk menekankan bahwa pendekatan *predictive maintenance* berbasis data dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan dan mengurangi biaya jangka panjang. Sementara itu, menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi perawatan secara signifikan menurunkan tingkat kerusakan katup dan meningkatkan efisiensi mesin serta mengurangi emisi gas buang. Dengan demikian, pemahaman yang baik mengenai frekuensi perawatan *exhaust valve* dan penerapan strategi yang tepat akan sangat berkontribusi terhadap keandalan operasional mesin kapal, keselamatan pelayaran, dan efisiensi ekonomi.

## **G. Dampak Perawatan *Exhaust valve* Terhadap Mesin Induk**

Perawatan *exhaust valve* (katup buang) sangat berpengaruh terhadap kinerja, efisiensi, keandalan, dan umur pakai mesin induk kapal. Mesin induk kapal, yang biasanya berupa mesin diesel dua langkah atau

empat langkah berukuran besar, sangat bergantung pada kinerja sistem katup untuk memastikan pembakaran sempurna dan siklus kerja yang optimal. Pengaruh perawatan *exhaust valve* terhadap mesin induk dapat dijelaskan dalam beberapa aspek utama:

1. Menjaga Kompresi dan Kinerja Pembakaran

Katup buang yang tidak menutup rapat dapat menyebabkan kebocoran tekanan (*compression leakage*) dalam ruang bakar. Hal ini menurunkan tekanan puncak (*peak cylinder pressure*) saat pembakaran, sehingga menyebabkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin induk menurun secara signifikan.

2. Menurunkan Konsumsi Bahan Bakar

Dengan perawatan yang baik, *sealing* permukaan katup tetap optimal, mencegah kebocoran dan memastikan pembakaran sempurna. Ini berkontribusi terhadap efisiensi bahan bakar, yang sangat penting untuk operasional kapal komersial.

3. Menjaga Stabilitas Operasional dan Keandalan Mesin

Perawatan yang baik terhadap katup buang mengurangi risiko *shutdown* mendadak (*emergency stop*) mesin induk. Ini penting terutama dalam pelayaran jauh atau di perairan padat, di mana kerusakan mesin dapat menimbulkan bahaya navigasi.

4. Menurunkan Biaya Operasional dan Perbaikan

Komponen mesin induk seperti *exhaust valve* memiliki harga yang mahal dan proses penggantianannya memerlukan waktu lama. Dengan perawatan terjadwal seperti *regrinding*, pembersihan karbon, dan penggantian *seal*, biaya perbaikan besar dan *downtime* dapat diminimalkan.

## H. Kerangka Konseptual Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk mengetahui pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve* dan perawatan *exhaust valve*, khususnya dalam konteks operasional Kapal CNC Sulawesi. Terdapat tiga variabel utama yang dianalisis: penumpukan karbon deposit, keausan *spindle valve*, dan perawatan *exhaust valve*, dengan satu variabel independen (prediktor) yaitu penumpukan karbon deposit. Kerangka ini bertujuan menjelaskan bagaimana pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve* dan perawatan *exhaust valve*.

Model konseptual ini dikembangkan berdasarkan pendekatan *Jeffreys's Amazing Statistics Program* (JASP) menggunakan *T-Test* dan *Structural Equation Modeling*. Pendekatan metode ini dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengolah model yang kompleks meskipun dengan jumlah sampel yang relatif terbatas serta dalam menjelaskan pengaruh antar variabel.

### 1. Penumpukan karbon deposit

Karbon deposit adalah lapisan kerak atau jelaga yang terbentuk akibat proses titik nyala bahan bakar yang tidak sempurna pada ruang bakar mesin diesel.

### 2. Keausan *Spindle valve*

Sebagai variabel dependen, *spindle valve* adalah komponen utama dari *exhaust valve* yang berfungsi membuka dan menutup jalur gas buang dari silinder mesin.

### 3. Perawatan *Exhaust Valve*

Merupakan variabel dependen. Perawatan *exhaust valve* adalah serangkaian kegiatan pemeriksaan, pembersihan, perbaikan, dan penggantian komponen pada *exhaust valve* mesin diesel dua tak pada

kapal dengan tujuan untuk menjaga agar katup tetap bekerja optimal dalam membuka dan menutup saluran gas buang dari ruang bakar.

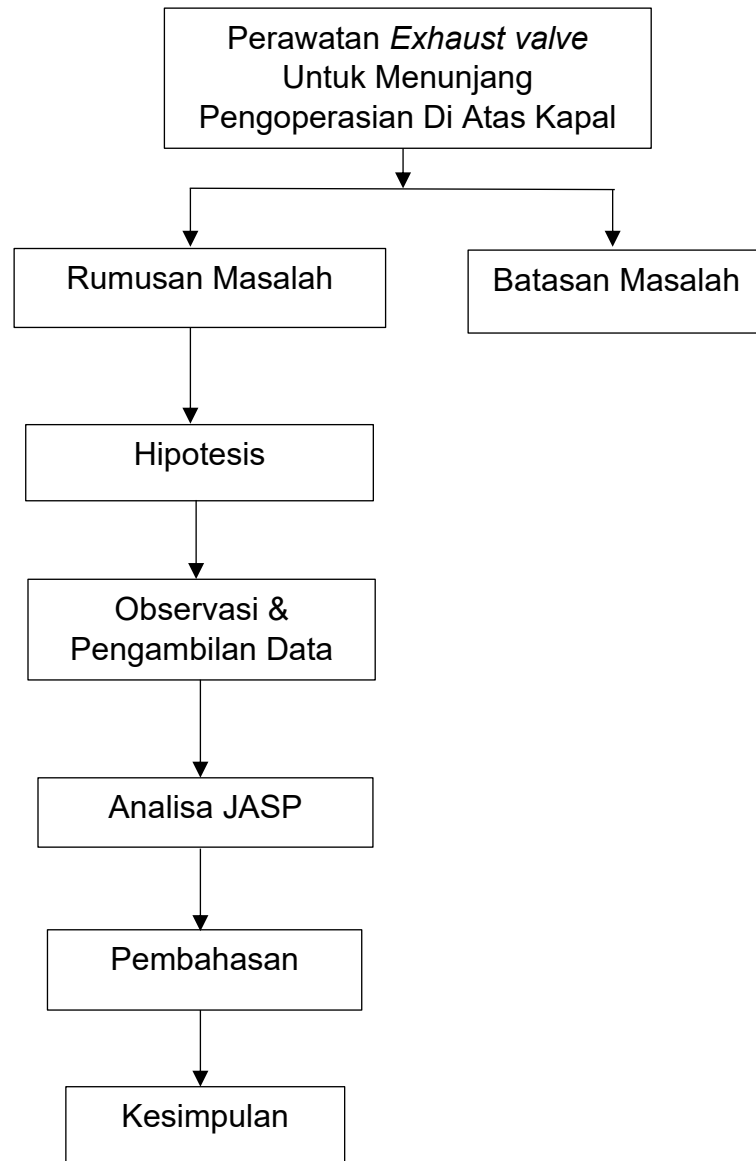
Contoh Model Konseptual Penelitian yang menjelaskan pengaruh antar variabel:

**Tabel 2.1. Contoh Pengaruh Antar Variabel**

| <b><i>Independent Samples T-Test</i></b> | <b>t</b> | <b>df</b> | <b>p</b> |
|------------------------------------------|----------|-----------|----------|
| X1                                       | -        | -         | -        |
| X2                                       | -        | -         | -        |
| <i>Note. Student's t-test.</i>           |          |           |          |

Sumber: Aplikasi JASP

## I. Kerangka Pikir Penelitian



## J. Tabel Review Jurnal Untuk Melihat Hasil *Novelty*/Kebaharuan

**Tabel 2.2. Review Jurnal Untuk Melihat Hasil *Novelty*/Kebaharuan**

| N<br>o | Judul Jurnal                                                                                                | Penulis                     | Tahun | Tujuan Penelitian                                                                                   | Metode Penelitian                                                        | Temuan Utama                                                                   | Relevansi                                                                                          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Analisa Perawatan <i>Exhaust valve</i> Mesin Induk Untuk Menunjang Pengoperasian Di Atas Kapal CNC Sulawesi | Muhammad Aidul Fitra        | 2025  | Menganalisis pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan dan perawatan <i>exhaust valve</i> | Kuantitatif, Aplikasi JASP                                               | Penumpukan karbon deposit berpengaruh terhadap pengoperasian mesin induk       | Ini adalah objek utama penelitian dan menjadi pusat pembahasan dari model konseptual yang dibangun |
| 2      | Analisa Kerusakan <i>Exhaust valve</i> Mesin <i>Diesel</i> Penggerak Utama di MT. Pancaran Prosperity       | M. Agung, A. Seno, E. Wirza | 2023  | Mengetahui kerusakan pada <i>exhaust valve</i> mesin diesel penggerak utama                         | Deskriptif kualitatif                                                    | Kerusakan disebabkan oleh keausan dan pembakaran tidak sempurna                | Relevan sebagai pembandingan dari sisi kerusakan aktual                                            |
| 3      | Analisis Kerusakan <i>Exhaust valve Main Engine</i> Kapal OMS BROMO                                         | T. Santiko, I. Mujiarto     | 2024  | Menganalisis pembakaran dan kerusakan pada katup buang <i>main engine</i> Hyundai Himsen 8H21/32P   | Kualitatif, Model SHEL ( <i>Software-Hardware-Environment-Liveware</i> ) | Kerusakan akibat kegagalan pelumasan dan kondisi lingkungan kerja yang ekstrem | Memberikan pendekatan faktor sistemik (SHEL) dalam analisis kerusakan                              |

| N<br>o | Judul Jurnal                                                                                                    | Penulis               | Tahun | Tujuan Penelitian                                                                                     | Metode Penelitian                                    | Temuan Utama                                                                                                      | Relevansi                                                                                  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4      | Analisa Kebocoran Katup Gas Buang Pada Mesin Induk di KM. Tonasa Lines XV                                       | M.B. Aditya           | 2023  | Mengetahui penyebab kebocoran katup gas buang                                                         | Deskriptif kualitatif, wawancara                     | Kebocoran disebabkan oleh ausnya dudukan katup dan penyetelan celah yang tidak sesuai                             | Memberikan perspektif praktis dalam perawatan dan diagnosa kebocoran                       |
| 5      | Analisa Penyebab Kerusakan <i>Exhaust valve</i> Pada <i>Main Engine</i> MV. Meratus Makassar                    | F. Fatahillahinudin   | 2019  | Mengetahui penyebab kerusakan <i>exhaust valve</i> pada kapal MV. Meratus Makassar                    | SHEL dan USG ( <i>Urgency, Seriousness, Growth</i> ) | Faktor penyebab utama kerusakan adalah penyetelan clearance yang tidak sesuai dan karbonisasi                     | Memberikan pendekatan manajemen risiko dan teknis terhadap kerusakan                       |
| 6      | Analisis Kerusakan <i>Exhaust valve</i> yang Berpengaruh terhadap Temperatur Gas Buang Mesin Induk di MT. Kakap | Firman Yulian Arnanda | 2020  | Mengetahui faktor penyebab kerusakan <i>exhaust valve</i> dan dampaknya terhadap temperatur gas buang | Kualitatif, <i>Fishbone Analysis</i>                 | Kerusakan <i>exhaust valve</i> meningkatkan temperatur gas buang; disebabkan oleh perawatan yang tidak sesuai PMS | Memberikan pemahaman tentang dampak kerusakan <i>exhaust valve</i> terhadap performa mesin |

## **K. Hipotesis**

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, hipotesis yang diajukan dalam penulisan skripsi ini berikut keterangannya dapat dilihat antara lain:

1. Hasil analisa meunjukkan adanya pengaruh yang kuat antara penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve*.
2. Hasil analisa meunjukkan adanya pengaruh yang kuat antara penumpukan karbon deposit terhadap perawatan *exhaust valve*.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Kajian ini menerapkan cara kuantitatif dengan melakukan pengumpulan data melalui kuesioner yang dianalisis menggunakan *Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP)* melalui *Structural Equation Modeling*. Fokus pokok dari riset ini adalah untuk menganalisa pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap keausan *spindle valve* dan pengaruh penumpukan karbon deposit terhadap perawatan *exhaust valve*.

#### **B. Definisi Operasional Variabel**

Pada riset ini, memiliki tiga variabel pokok yaitu:

1. Penumpukan karbon deposit(Y) sebagai variabel independen yang mempengaruhi dua variabel dependen yaitu X1 dan X2.
2. Keausan *spindle valve*(X1) sebagai variabel dependen yang dipengaruhi oleh variabel independen yaitu Y.
3. Perawatan *exhaust valve*(X2) sebagai variabel dependen yang dipengaruhi oleh variabel independen yaitu Y.

#### **C. Populasi Dan Sampel**

##### **1. Populasi**

Kelompok yang menjadi fokus dalam riset ini meliputi seluruh personel atau kru mesin (operator) serta perwira siswa ATT I dan II PIP Makassar yang memiliki pengalaman dalam pengoperasian dan pemeliharaan katup buang pada mesin utama kapal. Populasi ini dipilih karena memiliki pengalaman langsung dalam pelaksanaan kegiatan perawatan *exhaust valve* mesin induk dan memahami dampaknya terhadap kinerja mesin induk.

Populasi yang diteliti bersifat terbatas dan spesifik, sesuai menggunakan strategi kajian masalah yang terfokus pada satu objek pengamatan, yaitu kapal CNC Sulawesi.

## 2. Sampel

Pengambilan spesimen di observasi ilmiah ini dilaksanakan menggunakan cara *purposive sampling*, yaitu cara pemilihan sampel yang didasarkan pada kriteria atau pertimbangan tertentu yang sudah ditentukan oleh penulis. Kriteria pemilihan spesimen yaitu, terlibat secara langsung dalam kegiatan perawatan *exhaust valve* mesin induk.

Berdasarkan kriteria tersebut, jumlah sampel dalam penelitian ini ditetapkan dan responden, sesuai dengan karakteristik kecil dan analisis JASP, yang memungkinkan digunakan pada jumlah sampel 40 responden.

Teknik *sampling* ini dipilih karena dianggap paling sesuai untuk mengolah data yang valid dan berkaitan pada observasi ilmiah.

## D. Teknik Pengumpulan Data

Sebagai cara penyusunan dalam mengumpulkan data di atas kapal selama praktek laut dilakukan antara lain:

1. Observasi (Pengamatan) : Melalui tahapan pengamatan di lapangan dilakukan secara langsung di atas kapal CNC Sulawesi, tempat penulis melaksanakan kegiatan praktik laut.
2. Komunikasi langsung: Mengumpulkan data dengan mengadakan komunikasi secara langsung antara perwira dan kru mesin pada saat melaksanakan praktek diatas kapal.
3. Studi Dokumentasi: Menganalisis catatan perawatan *exhaust valve* mesin induk.

## E. Jadwal Penelitian

**Tabel 3.1. Jadwal Penelitian**

| No         | Kegiatan                                    | Tahun 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|------------|---------------------------------------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|            |                                             | Bulan      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|            |                                             | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1          | Pengumpulan Data Buku Referensi             |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.         | Pemilihan judul                             |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3.         | Penyusunan proposal dan bimbingan           |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 4.         | Seminar proposal                            |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 5.         | Perbaikan seminar proposal                  |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6.         | Pengumpulan data                            |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Tahun 2024 |                                             |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 7.         | Pengumpulan data                            |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Tahun 2025 |                                             |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 8.         | Pengolahan Data dan bimbingan hasil skripsi |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 9.         | Seminar Hasil penelitian dan perbaikan      |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 10.        | Revisi skripsi dan Bimbingan Tutup          |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 11.        | Ujian Tutup                                 |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

## F. Rancangan Penelitian Kuesioner

| NO | Indikator | Indikator | Indikator |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 1  | x         | x         | x         |
| 2  | x         | x         | x         |
| 3  | x         | x         | x         |
| 4  | x         | x         | x         |
| 5  | x         | x         | x         |
| 6  | x         | x         | x         |
| 7  | x         | x         | x         |
| 8  | x         | x         | x         |
| 9  | x         | x         | x         |
| 10 | x         | x         | x         |
| 11 | x         | x         | x         |
| 12 | x         | x         | x         |
| 13 | x         | x         | x         |
| 14 | x         | x         | x         |
| 15 | x         | x         | x         |
| 16 | x         | x         | x         |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 17 | x | x | x |
| 18 | x | x | x |
| 19 | x | x | x |
| 20 | x | x | x |
| 21 | x | x | x |
| 22 | x | x | x |
| 23 | x | x | x |
| 24 | x | x | x |
| 25 | x | x | x |
| 26 | x | x | x |
| 27 | x | x | x |
| 28 | x | x | x |
| 29 | x | x | x |
| 30 | x | x | x |
| 31 | x | x | x |
| 32 | x | x | x |
| 33 | x | x | x |
| 34 | x | x | x |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 35 | x | x | x |
| 36 | x | x | x |
| 37 | x | x | x |
| 38 | x | x | x |
| 39 | x | x | x |
| 40 | x | x | x |

Keterangan:

#### 1. Tujuan Kuesioner

Kuesioner disusun untuk mengukur persepsi responden terhadap setiap indikator dalam model penelitian:

|    |                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|
| Y  | Apakah Penumpukan Karbon Deposit Berpengaruh terhadap pengoperasian mesin induk? |
| X1 | Apakah Keausan Spindle Valve Berpengaruh terhadap pengoperasian mesin induk?     |
| X2 | Apakah Perawatan Exhaust Valve Berpengaruh terhadap pengoperasian mesin induk?   |

#### 2. Skala Pengukuran

Digunakan skala *Likert* 5 poin, dengan kategori:

1 = Sangat Tidak Berpengaruh

2 = Tidak Berpengaruh

3 = Netral

4 = Berpengaruh

5 = Sangat Berpengaruh

## G. Flow Chart Penelitian

