

**STUDI *CRANKSHAFT DEFLECTION AUXILIARY ENGINE*
GENERATOR DI ATAS KAPAL AHTS ETZOMER 505**



ANDI ALFATHIR ABIDIN

NIT. 21.42.052

TEKNIKA

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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : ANDI ALFATHIR ABIDIN
NIT : 21.42.052
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI CRANKSHAFT DEFLECTION AUXILIARY ENGINE GENERATOR DI ATAS KAPAL AHTS ETZOMER 505

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 24 Oktober 2025



ANDI ALFATHIR ABIDIN
NIT. 21.42.052

**STUDI *CRANKSHAFT DEFLECTION AUXILIARY ENGINE*
GENERATOR DI ATAS KAPAL AHTS ETZOMER 505**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oleh

ANDI ALFATHIR ABIDIN

NIT. 21.42.052

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

SKRIPSI

STUDI CRANKSHAFT DEFLECTION AUXILIARY ENGINE GENERATOR DI ATAS KAPAL AHTS ETZOMER 505

Disusun dan
Diajukan
oleh:

ANDI ALFATHIR ABIDIN

NIT. 21.42.052


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada tanggal, 24 Oktober 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II



H. Agus Salim, M.Si., M.Mar. E
NIP: 19630817 199808 1 001




Ir. Laode Musa, M.T
NIP: 19601231 199003 1 021

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika



Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar
NIP. 19750729 199903 1 002



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

PRAKATA

Alhamdulillah, saya bersyukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul "*STUDI CRANKSHAFT DEFLECTION AUXILIARY ENGINE GENERATOR DI ATAS KAPAL AHTS ETZOMER 505*". Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV Perkapalan di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Selama proses penulisan Skripsi ini, saya menghadapi berbagai kendala, namun berkat bimbingan, arahan, dan kerjasama dari berbagai pihak, baik secara moral maupun materi, saya berhasil menyelesaikan Skripsi ini. Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan kasih sayang, cinta, doa, perhatian, serta dukungan moral dan materi selama ini. Saya berharap dapat menjadi anak yang dapat membanggakan mereka dan meningkatkan derajat keluarga kami.

1. Terima kasih kepada Bapak Capt. Rudy Susanto, M. Pd yang menjabat sebagai Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Juga kepada Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P yang menjadi Ketua Jurusan Teknika di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Terima kasih kepada Bapak H. Agus Salim, M.Si., M.Mar. E yang telah menjadi Pembimbing 1 untuk hasil dan penutup skripsi.
4. Begitu juga kepada Bapak Ir. Laode Musa, M.T yang telah menjadi Pembimbing 2 untuk hasil dan penutup skripsi.
5. Serta kepada seluruh anggota akademik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Juga kepada Chief *Engineer*, Kaptan, Masinis II, III, IV, dan seluruh kru kapal AHTS Etzomer 505.

Harapannya adalah agar semua kritik dan saran yang membangun akan saya terima dengan baik, sehingga pengetahuan saya di bidang Permesinan Kapal dapat terus meningkat. Semoga tulisan dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat, wawasan, serta inspirasi bagi para Taruna-Taruni Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dan pembaca pada umumnya.

Makassar, 24 Oktober 2025



ANDI ALFATHIR ABIDIN

NIT. 21.42.052

ABSTRAK

ANDI ALFATHIR ABIDIN 2025, Studi *Crankshaft Deflection Auxiliary Engine Generator* di Atas Kapal AHTS Etzomer 505 (dibimbing oleh H. Agus Salim dan Ir. Laode Musa)

Kerusakan pada crankshaft akibat defleksi pada auxiliary engine generator kapal sering menyebabkan gangguan operasional dan risiko kerusakan mekanis serius. Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterlambatan penggantian oli dan beban kerja mesin yang melebihi kapasitas, yang memicu penurunan kualitas pelumasan dan kerusakan bantalan utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab, dampak, dan cara pengukuran defleksi crankshaft sebagai langkah preventif.

Metode penelitian yang digunakan adalah observasi langsung kondisi mesin, pengukuran defleksi crankshaft dengan deflection gauge pada beberapa titik angular (T, B1, B2, C, dan E), serta pengumpulan data tekanan oli dan catatan operasional mesin. Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara keterlambatan penggantian oli, beban kerja mesin, dan besarnya defleksi crankshaft.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa defleksi crankshaft mencapai nilai maksimum 0,90 mm, melebihi batas toleransi pabrikan. Penyebab utama adalah penggantian oli yang terlambat lebih dari 600 jam dari jadwal 1500 jam serta operasi mesin pada beban berlebih. Kondisi ini menyebabkan getaran abnormal, suara ketukan mesin, dan penurunan tekanan oli hingga 2,6 bar, yang berisiko menimbulkan kerusakan bantalan utama dan kegagalan sistem mekanis jika tidak segera ditangani. Pengukuran defleksi sesuai manual book secara berkala sangat direkomendasikan untuk mendeteksi deformasi lebih awal.

Kata Kunci: auxiliary engine generator, beban berlebih, defleksi crankshaft, penggantian oli, tekanan oli

ABSTRACT

ANDI ALFATHIR ABIDIN 2025, Study of Crankshaft Deflection on the Auxiliary Engine Generator aboard the AHTS Etzomer 505 (supervised by H. Agus Salim and Ir. Laode Musa)

Damage to the crankshaft caused by deflection in the auxiliary engine generator on ships often leads to operational disturbances and risks of serious mechanical failure. The main issues faced are delayed oil changes and engine loads exceeding capacity, which trigger a decline in lubrication quality and damage to the main bearings. This study aims to analyze the causes, impacts, and measurement methods of crankshaft deflection as preventive measures.

The research methods employed include direct observation of engine conditions, measurement of crankshaft deflection using a deflection gauge at several angular points (T, B1, B2, C, and E), as well as collecting oil pressure data and engine operational records. Data analysis was conducted to identify the relationship between delayed oil changes, engine load, and the magnitude of crankshaft deflection.

The results indicate that crankshaft deflection reached a maximum value of 0.90 mm, exceeding the manufacturer's tolerance limit. The primary causes were oil changes delayed by more than 600 hours beyond the scheduled 1500 hours and engine operation under excessive load. These conditions resulted in abnormal vibrations, knocking sounds, and a drop in oil pressure down to 2.6 bar, which risk causing main bearing damage and mechanical system failure if not promptly addressed. Regular deflection measurements according to the manual are highly recommended to detect deformation early.

Keywords: auxiliary engine generator, crankshaft deflection, delayed oil change, engine overload, oil pressure

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Mesin Diesel <i>Generator</i> Kapal	5
B. <i>Crankshaft</i> Mesin Diesel	8
C. Defleksi pada <i>Crankshaft</i>	18
D. Pengukuran Defleksi pada <i>Crankshaft</i>	21
E. Kerangka Pikir	26
F. Hipotesis	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Jenis Penelitian	28
B. Definisi Operasional Variabel	28
C. Teknik Pengumpulan Data	29
D. Teknik Analisis Data	30

E. Jadwal Penelitian	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Penelitian	33
B. Pembahasan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. Kesimpulan	58
B. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN-A	62
LAMPIRAN B	65
LAMPIRAN C	70
RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 <i>Engine Crankshaft</i>	8
Gambar 2. 2 <i>Crankshaft Constriction</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Crank Pin</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Main Journal</i>	12
Gambar 2. 5 <i>Web (Lengan Engkol)</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Oil Passage</i>	13
Gambar 2. 7 <i>Flens Flywheel</i>	13
Gambar 2. 8 <i>Counterweight</i>	14
Gambar 2. 9 <i>Jenis Konstruksi Crankshaft</i>	15
Gambar 2. 10 <i>Lapisan Oli Pelumas</i>	16
Gambar 2. 11 <i>Jalur Oli Pelumas Crankshaft</i>	17
Gambar 2. 12 <i>Crankshaft Deflection Measurement</i>	22
Gambar 2. 13 <i>Pembacaan Crankshaft Deflection</i>	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 langkah-langkah analisis perencanaan	31
Tabel 4. 1 Ship Particular	34
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Auxiliary engine</i>	35
Tabel 4. 3 Detail Data <i>Alternator</i>	36
Tabel 4. 4 Temperature normal <i>auxiliary engine</i>	38
Tabel 4. 5 Operasional <i>Auxiliary engine</i> No.2(Normal)	40
Tabel 4. 6 Operasional <i>Auxiliary engine</i> No.2 (Abnormal)	40
Tabel 4. 7 History Pemeliharaan Minyak Lumas <i>Auxiliary engine</i>	42
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran <i>Crankshaft Deflection</i> dalam satuan (mm)	43
Tabel 4. 9 Type Deflection Gauge yang digunakan	51
Tabel 4. 10 Kondisi Operasional Setelah Perbaikan	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Surat Sing On Perusahaan	63
Lampiran A. 2 Surat Sing Off Perusahaan	64
Lampiran B. 1 Gambar Kapal AHTS Etzomer 505	66
Lampiran B. 2 Ship Particular	67
Lampiran B. 3 Crew List	68
Lampiran B. 4 Keterangan Masa Layar	69
Lampiran C. 1 Pengukuran Crankshaft Deflection	71
Lampiran C. 2 Dokumen Hasil Pengukuran Crankshaft Deflection	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mesin diesel merupakan salah satu komponen utama dalam sistem penggerak maupun pembangkit tenaga pada kapal. Kinerja dan keandalan mesin diesel sangat mempengaruhi keseluruhan operasi kapal, baik dari segi efisiensi bahan bakar, daya yang dihasilkan, hingga keselamatan pelayaran Berwick, D. (2020). Salah satu bagian penting dari mesin diesel adalah poros engkol atau *crankshaft*, yang berfungsi mengubah gerakan bolak-balik *piston* menjadi gerakan putar untuk menghasilkan tenaga mekanik.

Crankshaft bekerja dalam kondisi beban tinggi dan putaran yang konstan, sehingga dalam jangka waktu tertentu dapat mengalami keausan, kelenturan, bahkan penyimpangan atau defleksi Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020). *Crankshaft deflection* adalah penyimpangan atau pembengkokan poros engkol dari sumbu lurus nya akibat beban yang tidak merata, pelumasan yang tidak optimal, atau kegagalan komponen bantalan (*bearing*). Jika defleksi ini tidak dikontrol, dapat menimbulkan keausan tidak merata pada komponen mesin, kerusakan bantalan, bahkan kegagalan total pada mesin.

Untuk mencegah kerusakan yang lebih parah, pemeriksaan defleksi *crankshaft* secara berkala menjadi salah satu prosedur penting dalam perawatan mesin, khususnya pada *auxiliary engine generator* yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik utama di atas kapal. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual poros engkol dan memastikan bahwa nilai defleksi masih dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh pabrikan. Metode yang digunakan biasanya berupa pengukuran dengan *deflection gauge* pada titik-titik tumpuan poros.

Dalam praktiknya, tidak semua defleksi *crankshaft* terjadi secara mendadak. Beberapa kasus menunjukkan bahwa defleksi berkembang

secara bertahap akibat kelalaian dalam prosedur perawatan atau beban berlebih yang berulang. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mendalam terhadap faktor-faktor penyebab *crankshaft deflection* serta langkah-langkah preventif dan korektif yang tepat. Studi kasus yang dilakukan langsung di atas kapal menjadi pendekatan yang efektif untuk mengkaji fenomena ini secara nyata.

Selama pelaksanaan praktek laut di atas kapal AHTS Etzomer 505, dalam kegiatan pemeliharaan dan inspeksi pada *auxiliary engine generator*. Pada periode tersebut, ditemukan adanya indikasi getaran tidak normal dan suara berisik saat mesin beroperasi pada putaran tertentu. Setelah dilakukan pemeriksaan lebih lanjut oleh *engineer* kapal, dicurigai adanya masalah pada sistem poros engkol.

Tim teknika kapal kemudian melakukan pengukuran defleksi *crankshaft* menggunakan *deflection gauge* untuk memastikan kondisi poros engkol pada *auxiliary engine*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai defleksi melebihi batas toleransi yang direkomendasikan oleh pabrikan. Hal ini mengindikasikan adanya kelainan pada kelurusan poros yang dapat memicu kerusakan lanjutan jika tidak segera ditangani.

Atas dasar temuan tersebut, kasus ini sebagai objek penelitian dalam penyusunan skripsi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai penyebab, dampak, dan langkah penanggulangan *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator*, serta menjadi bahan evaluasi dalam program perawatan preventif di atas kapal.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka penulis skripsi mengangkat judul “Studi *Crankshaft Deflection Auxiliary engine generator* di Atas Kapal AHTS ETZOMER 505”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa yang menyebabkan terjadinya *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505?
2. Bagaimana dampak jika terjadi *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505?
3. Bagaimana langkah-langkah pengukuran *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505?

C. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan agar lebih terarah dan mendalam, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada salah satu *auxiliary engine generator* yang mengalami *crankshaft deflection* di atas kapal AHTS Etzomer 505.
2. Faktor yang dianalisis sebagai penyebab utama adalah keterlambatan dalam penggantian oli mesin dan kondisi *overload* (beban berlebih) selama pengoperasian mesin.
3. Data yang digunakan adalah hasil pengukuran defleksi *crankshaft* yang dilakukan selama masa praktik laut, serta catatan perawatan dan pengoperasian mesin yang tersedia di kapal.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui penyebab utama terjadinya *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di kapal AHTS Etzomer 505.
2. Mengetahui bagaimana dampak jika terjadi *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505.
3. Mengetahui bagaimana langkah-langkah pengukuran *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505.

E. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, diharapkan akan mencapai beberapa manfaat, yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya mengenai fenomena *crankshaft deflection* dan kaitannya dengan sistem pelumasan serta beban kerja mesin. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi ilmiah bagi pengembangan studi sejenis di bidang teknik permesinan laut.

2. Manfaat Praktis

Bagi praktisi di atas kapal, hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan evaluasi dan acuan dalam pelaksanaan perawatan rutin mesin, terutama dalam menjaga ketepatan waktu penggantian oli dan pengendalian beban kerja mesin. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu mencegah kerusakan yang lebih parah dan meningkatkan keandalan *auxiliary engine generator* sebagai sumber daya listrik utama kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mesin Diesel *Generator* Kapal

Mesin diesel *generator* kapal, yang secara umum disebut sebagai *auxiliary engine* (AE), adalah salah satu komponen vital dalam sistem kelistrikan kapal. Mesin ini berfungsi untuk menghasilkan energi listrik yang diperlukan dalam mengoperasikan berbagai sistem penunjang di atas kapal, baik saat kapal berlayar maupun bersandar. Tanpa keberadaan AE, berbagai sistem penting seperti pencahayaan, navigasi, komunikasi, sistem pendingin, serta sistem kontrol dan otomatisasi tidak dapat berfungsi secara optimal Berwick, D. (2020).

AE umumnya ditempatkan di ruang mesin (*engine room*) dan dirancang agar mampu beroperasi secara berkesinambungan, terutama pada kapal-kapal niaga, kapal penumpang, dan kapal angkut barang yang membutuhkan stabilitas pasokan listrik selama pelayaran. Mesin ini dirancang dengan efisiensi tinggi, keandalan maksimal, serta kemudahan dalam perawatan (*maintenance friendly*), mengingat pentingnya peran sistem kelistrikan dalam keselamatan dan operasional kapal.

1. Prinsip Kerja Mesin Diesel *Generator*

Mesin diesel *generator* bekerja berdasarkan prinsip termodinamika dari pembakaran *Internal*, yaitu mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui *alternator* McGeorge, H. D. (2020). Proses kerja ini melibatkan dua komponen utama:

a. Mesin Diesel (*Prime Mover*)

Merupakan penggerak utama yang mengubah energi kimia dari bahan bakar (biasanya solar atau *marine diesel oil*) menjadi energi mekanik. Proses ini melibatkan serangkaian langkah kerja *piston* di dalam silinder mesin.

b. *Alternator (Generator)*

Komponen ini bertugas mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik, sebagaimana dijelaskan oleh hukum Faraday.

Secara lebih rinci, proses kerja AE dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Udara dihisap dan dikompresi dalam ruang silinder sehingga suhunya meningkat secara drastis.
- b. Solar disuntikkan ke dalam silinder pada akhir langkah kompresi, menyebabkan pembakaran spontan (auto ignition).
- c. Energi hasil pembakaran mendorong *piston* ke bawah, menghasilkan gaya yang kemudian diteruskan ke *crankshaft*.
- d. *Crankshaft* yang berputar menggerakkan rotor dari *alternator* sehingga menghasilkan arus listrik.

2. Klasifikasi Mesin Diesel *Generator Kapal*

Mesin AE dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa parameter teknis:

a. Jumlah Langkah Kerja

- 1) 4-Tak: Umumnya digunakan pada AE karena konsumsi bahan bakar yang lebih efisien dan kemudahan dalam pengaturan beban listrik.
- 2) 2-Tak: Lebih banyak digunakan pada *main engine* karena torsi besar dan efisiensi volume silinder terhadap tenaga yang dihasilkan.

b. Kecepatan Putaran (RPM)

- 1) High Speed (≥ 1.000 RPM): Cocok untuk sistem darurat atau kapal kecil dengan kebutuhan listrik rendah.
- 2) Medium Speed (500–1.000 RPM): Umum digunakan pada AE kapal besar karena keseimbangan antara efisiensi dan umur pakai mesin.

3) Low Speed (<500 RPM): Biasanya digunakan untuk mesin induk karena dimensinya besar dan tidak cocok untuk aplikasi AE.

c. Kapasitas dan Jumlah Silinder, AE tersedia dalam berbagai konfigurasi, mulai dari 4 hingga 12 silinder, tergantung dari beban listrik yang harus disuplai. Pemilihan kapasitas mesin harus mempertimbangkan *diversity factor*, kebutuhan daya puncak, serta sistem cadangan (redundansi).

3. Komponen Utama Mesin Diesel *Generator*

Beberapa komponen penting dalam mesin AE antara lain:

- a. *Crankshaft*, Poros utama yang mengubah gerakan linier *piston* menjadi gerakan rotasi.
- b. *Connecting rod*, Menghubungkan *piston* dengan *crankshaft* dan mentransfer gaya dorong hasil pembakaran.
- c. *Cylinder Liner & Piston*, Tempat terjadinya pembakaran dan pergerakan mekanik *piston*.
- d. *Fuel system*, Terdiri dari pompa injeksi, injektor, dan saluran bahan bakar yang memastikan pembakaran optimal.
- e. *Lubrication system*, Melindungi komponen bergerak dari gesekan dan panas berlebih.
- f. *Cooling system*, Umumnya menggunakan air laut yang disirkulasikan melalui heat exchanger untuk menjaga suhu kerja mesin.
- g. *Control Panel*, Mengatur pengoperasian AE secara otomatis dan menyediakan fitur proteksi dari kondisi abnormal (tegangan lebih, *overload*, *overtemperature*, dll).

4. Fungsi Penting AE *Generator* di Atas Kapal

Mesin AE berperan sebagai pusat distribusi daya listrik untuk berbagai sistem penting Lamb, S. (2019), antara lain:

- a. Sistem navigasi dan komunikasi (radar, GPS, radio komunikasi).
- b. Sistem pemompaan (ballast, bilge, bahan bakar, pendingin).

- c. Sistem pencahayaan dan kebutuhan domestik awak kapal (lampu, AC, pemanas air, dll).
- d. Sistem keselamatan seperti alarm kebakaran, pompa darurat, dan sistem penerangan darurat (*emergency lighting*).
- e. Menyokong pengoperasian sistem *automation* dan kontrol (*engine control system, monitoring system*).

Karena fungsi yang sangat kritikal ini, AE *generator* wajib menjalani prosedur inspeksi dan perawatan rutin, termasuk pengecekan *crankshaft deflection*, pelumasan, pembersihan *filter*, serta pengujian sistem kontrol Witherbys (2021). Gangguan pada AE dapat menyebabkan kegagalan sistem kelistrikan secara keseluruhan, yang berdampak langsung pada keselamatan dan efisiensi operasional kapal.

B. Crankshaft Mesin Diesel

Crankshaft atau poros engkol adalah komponen mekanis yang sangat penting dalam mesin *reciprocating*, seperti mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), pompa, dan kompresor. Fungsinya adalah mengubah gerakan naik-turun (*reciprocating*) dari *piston* menjadi gerakan putar (*rotary*), atau sebaliknya tergantung aplikasinya.

Gambar 2. 1 *Engine Crankshaft*



Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

Dalam mesin diesel atau bensin, *crankshaft* menerima gaya dari *piston* melalui batang penghubung (*connecting rod*), lalu mengubahnya menjadi gerakan rotasi yang digunakan untuk memutar *flywheel* atau komponen lainnya seperti *alternator* atau baling-baling (*propeller*) pada

kapal. *Crankshaft* adalah komponen bergerak terbesar dalam mesin pembakaran dalam dan dipasang pada blok mesin dengan menggunakan bantalan utama (*main bearing*).

Crankshaft, atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai poros engkol, merupakan salah satu komponen mekanis yang sangat vital dalam mesin diesel. Fungsi utamanya adalah mengubah gerak naik-turun (*reciprocating motion*) dari *piston* menjadi gerak putar (*rotational motion*) yang kemudian digunakan untuk menjalankan sistem *output* tenaga, baik itu untuk menggerakkan *alternator* pada *auxiliary engine* (AE) atau baling-baling (*propeller*) pada mesin induk kapal (*main engine*). Karena letaknya sebagai pusat transmisi tenaga, *crankshaft* harus memiliki ketahanan tinggi terhadap gaya-gaya mekanis yang kompleks dan berlangsung terus-menerus.

1. Fungsi *Crankshaft* dalam Mesin Diesel

Crankshaft memiliki peran yang sangat krusial dalam sistem kerja mesin, terutama pada mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Fungsinya tidak hanya sekadar mengubah gerakan, namun juga menjadi pusat distribusi tenaga dan kestabilan mesin. Berikut ini penjabaran lengkap dari fungsi *crankshaft*:

a. Mengubah Gerak *Reciprocating* Menjadi Rotasi

Pada mesin pembakaran dalam, *piston* bergerak naik-turun secara bolak-balik (gerak *reciprocating*) akibat tekanan dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Namun, kendaraan dan sebagian besar mesin membutuhkan tenaga dalam bentuk gerakan rotasi. Di sinilah *crankshaft* berperan penting: dengan bantuan *connecting rod* (batang penghubung), *crankshaft* mengubah gerakan naik-turun *piston* menjadi gerakan rotasi yang kontinu dan terarah. Prinsip ini juga berlaku sebaliknya pada pompa *reciprocating*, di mana *crankshaft* mengubah gerak rotasi motor menjadi gerak bolak-balik *piston*.

b. Mentransmisikan Tenaga dari *Piston* ke *Flywheel* atau *Alternator*

Tenaga hasil pembakaran yang didorongkan *piston* akan diteruskan melalui *connecting rod* ke *crankshaft*, dan dari *crankshaft* kemudian diteruskan ke *flywheel*. *Flywheel* berfungsi sebagai penyimpan energi rotasi sementara yang menjaga agar mesin tetap berputar secara stabil. Selain itu, *crankshaft* juga dapat menyalurkan tenaga ke komponen tambahan lain seperti *alternator* (untuk pengisian daya listrik) dan pompa-pompa tambahan lainnya.

c. Menyeimbangkan Gaya Rotasi dengan *Counterweight*

Karena *piston* dan *connecting rod* bergerak naik-turun dengan kecepatan tinggi, mereka menghasilkan gaya sentrifugal dan getaran yang bisa membuat mesin tidak seimbang. *Crankshaft* dirancang dengan *counterweight* (penyeimbang massa) untuk menetralkan gaya-gaya tersebut. *Counterweight* membantu menjaga keseimbangan dinamis *crankshaft*, mengurangi getaran berlebih, serta memperpanjang umur komponen mesin dan memberikan kenyamanan dalam pengoperasian.

d. Memungkinkan Kerja Kontinu Mesin Melalui Energi *Flywheel*

Saat langkah tenaga (power stroke), *piston* mendorong *crankshaft* untuk berputar. Energi rotasi yang dihasilkan akan disimpan sementara oleh *flywheel*. Pada langkah-langkah lain (seperti hisap, kompresi, dan buang) yang tidak menghasilkan tenaga, energi dari *flywheel* digunakan untuk menjaga *crankshaft* tetap berputar. Dengan kata lain, *crankshaft* bersama *flywheel* memastikan kelangsungan rotasi mesin secara kontinu, meskipun hanya satu langkah saja yang menghasilkan daya.

e. Mengoperasikan Komponen Tambahan Mesin

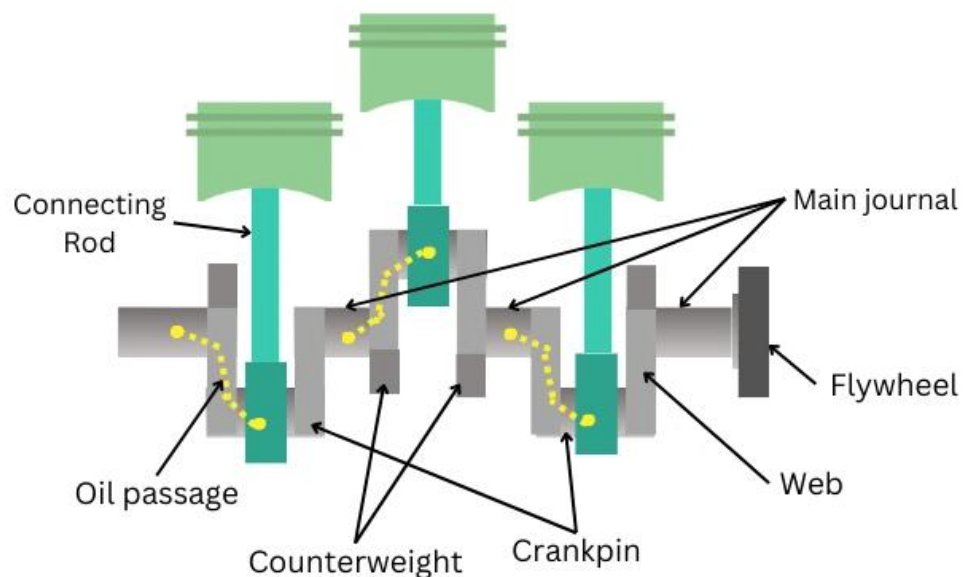
Crankshaft tidak hanya bekerja dengan *piston* dan *flywheel*, tetapi juga menjadi pusat penggerak berbagai komponen mesin lain seperti:

- 1) Pompa oli, untuk sirkulasi pelumas ke seluruh mesin.
- 2) *Camshaft* (poros bubungan), untuk membuka dan menutup katup sesuai siklus mesin, sering kali digerakkan melalui timing gear atau chain dari *crankshaft*.
- 3) Pompa bahan bakar, pompa air, dan kompresor AC, tergantung pada jenis mesin dan aplikasinya.

2. Konstruksi *Crankshaft*

Crankshaft terdiri atas beberapa bagian utama yang bekerja secara sinergis. Bagian-bagian ini dibuat dari material berkekuatan tinggi yang sudah melalui proses *heat treatment* atau *surface hardening* agar tahan terhadap tegangan siklik (*fatigue*) dan abrasi.

Gambar 2. 2 *Crankshaft Constriction*



Sumber: Suharto, (2023)

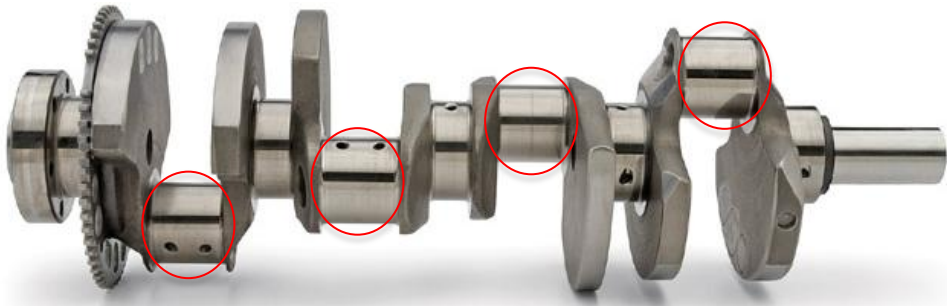
Crankshaft terdiri dari beberapa bagian utama yang saling terhubung:

a. *Crank Pin (Crank Journal)*

Merupakan bagian tempat batang penghubung *piston* terpasang. *Crankpin* menerima beban langsung dari *piston*,

sehingga harus cukup kuat untuk menahan gaya kejut dan tekanan tinggi dari hasil pembakaran.

Gambar 2. 3 *Crank Pin*

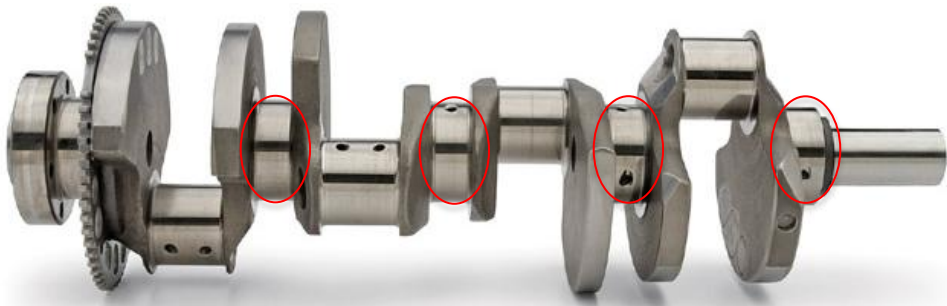


Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

b. *Main Journal*

Ini adalah bagian dari *crankshaft* yang bertumpu pada *main bearing* di dalam blok mesin. *Main Journal* harus sangat halus dan keras, karena menjadi titik tumpu rotasi utama *crankshaft*.

Gambar 2. 4 *Main Journal*



Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

c. *Web* (Lengan Engkol)

Bagian ini menghubungkan *crankpin* dengan *Main Journal*. *Web* juga dilalui oleh saluran oli (*oil passage*) untuk pelumasan *Internal*.

Gambar 2. 5 *Web* (Lengan Engkol)

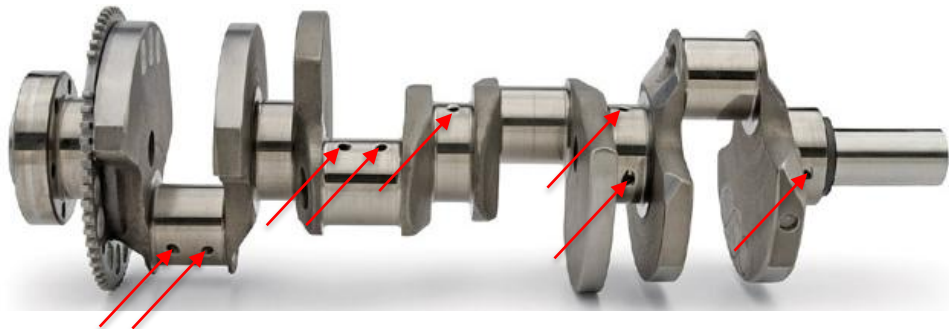


Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

d. *Oil Passage*

Saluran kecil di dalam *crankshaft* yang membawa oli pelumas dari *Main Journal* ke *crankpin*. Dibuat dengan teknik pengeboran presisi.

Gambar 2. 6 *Oil Passage*



Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

e. *Flens Flywheel (Flywheel Mounting Flange)*

Tempat di ujung *crankshaft* untuk memasang *flywheel*. *Flywheel* berfungsi menyimpan energi rotasi dan menstabilkan putaran mesin.

Gambar 2. 7 *Flens Flywheel*

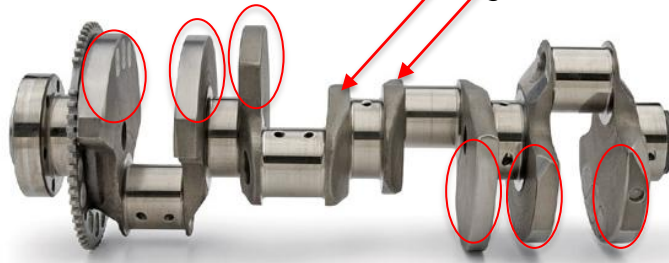


Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

f. *Counterweight* (Penyeimbang)

Dipasang pada sisi berlawanan dari *crankpin* untuk menyeimbangkan gaya sentrifugal dan momen lentur dari *piston* dan batang penghubung. Pada *crankshaft* besar, counterweight bisa dibuat terpisah dan dipasang kemudian.

Gambar 2. 8 *Counterweight*



Sumber: Kim, H. J., & Lee, C. Y. (2020)

3. Proses Pembuatan *Crankshaft*

Crankshaft dapat dibuat melalui beberapa metode EI-Wakil, M. M. (2021):

a. *Forging* (Tempa)

Proses ini menggunakan billet logam yang dipanaskan lalu ditempa dalam cetakan. Hasilnya adalah *crankshaft* dengan kekuatan tinggi, struktur butiran logam yang seragam, dan ketahanan terhadap beban dinamis.

b. *Casting* (Pengecoran)

Logam cair dituangkan ke dalam cetakan untuk membentuk *crankshaft*. Setelah membeku, komponen ini diproses lanjut dengan mesin bubut. Casting cocok untuk *crankshaft* ringan atau aplikasi dengan beban rendah.

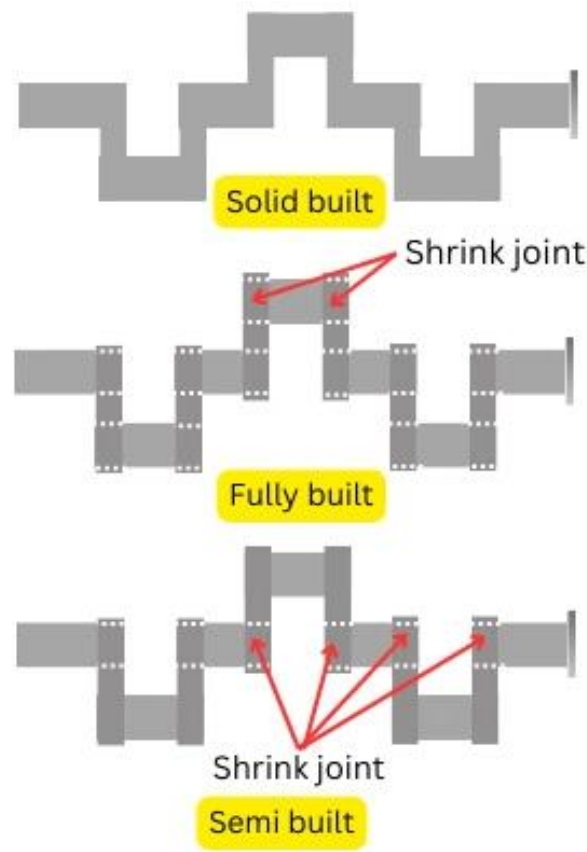
c. *Welding* (Las)

Digunakan untuk *crankshaft* besar, di mana bagian-bagian seperti *crankpin*, *web*, dan *journal* dibuat terpisah lalu disatukan dengan pengelasan.

d. *Machining* (Pemesinan)

Crankshaft juga bisa dibuat dengan memotong billet besar hingga bentuk akhir tercapai. Proses ini mahal tapi sangat presisi.

Gambar 2. 9 Jenis Konstruksi *Crankshaft*



Sumber: Mishra, R., & Kumar, A. (2022)

Jenis *crankshaft* berdasarkan konstruksinya:

- a. *Solid Built*: Dibuat utuh sebagai satu bagian, umumnya digunakan untuk mesin kecil.
- b. *Fully Built*: Komponen seperti pin, *journal*, dan web dibuat terpisah, lalu dirakit dengan teknik shrink fitting.
- c. *Semi Built*: Bagian crank throw dibuat sebagai satu unit, lalu digabung dengan *journal*.

4. Beban dan Tegangan yang Diterima *Crankshaft*

Selama siklus kerja mesin, *crankshaft* menerima berbagai bentuk beban yang kompleks:

a. Beban tekan dan tarik

Terjadi akibat dorongan *piston* yang bersifat dinamis dan berubah-ubah dalam setiap siklus pembakaran.

b. Beban torsi (puntir)

Akibat gaya rotasi yang dihasilkan dari konversi gerak linier *piston*.

c. Beban lentur

Terjadi saat *crankshaft* mengalami gaya dari berbagai arah, terutama jika terdapat ketidakseimbangan beban atau *misalignment*.

d. Getaran dan resonansi

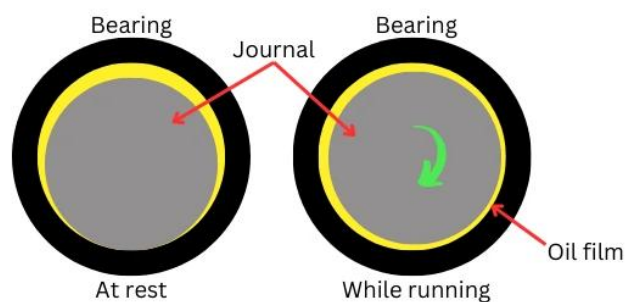
Mesin yang berputar cepat menghasilkan gelombang getaran yang dapat menyebabkan resonansi pada *crankshaft* jika tidak dirancang dengan frekuensi alami yang sesuai.

Kegagalan *crankshaft* seringkali bersifat progresif, dimulai dari keretakan mikro (*microcracks*) akibat kelelahan material, yang jika tidak ditangani dapat berkembang menjadi kerusakan struktural permanen seperti patah atau deformasi.

5. Pelumasan *Crankshaft*

Crankshaft adalah komponen yang berputar dalam kecepatan tinggi dan menerima beban yang sangat besar dari tekanan pembakaran. Oleh karena itu, sistem pelumasan sangat penting untuk menjaga kelangsungan kerja dan umur panjang *crankshaft*.

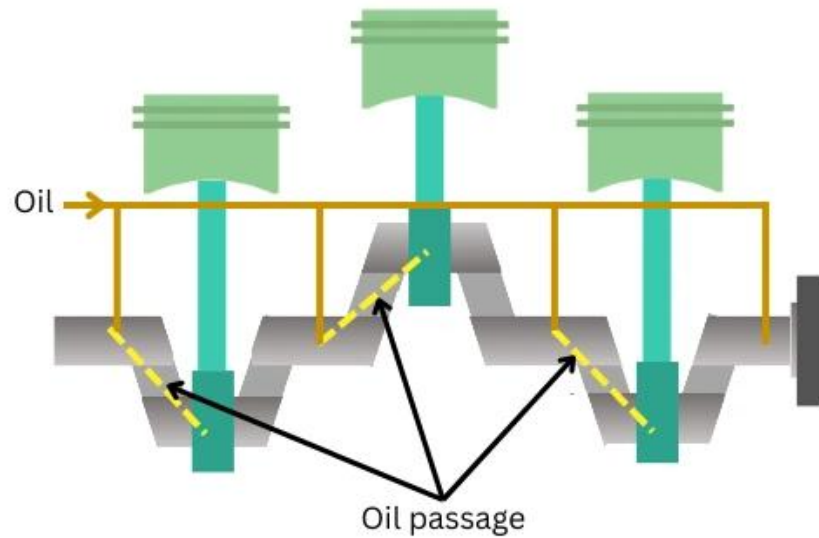
Gambar 2. 10 Lapisan Oli Pelumas



Sumber: Zhang, X., Li, D., & Sun, W. (2023)

Pelumasan *crankshaft* dilakukan melalui sistem pelumasan tekan (*forced lubrication system*). Oli dipompa dari bak oli (*oil sump*) ke galeri oli (*oil gallery*), kemudian disalurkan melalui lubang-lubang kecil ke bantalan utama (*main bearing*) dan *crankpin bearing*.

Gambar 2. 11 Jalur Oli Pelumas *Crankshaft*



Sumber: Zhao, (2024)

Bagian dalam *crankshaft* memiliki saluran oli (*oil passage*) yang dibor secara presisi, memungkinkan oli mengalir dari *Main Journal* ke *crankpin* dengan efisien. Fungsi pelumasan *crankshaft* ada beberapa yaitu:

a. Membentuk Lapisan Tipis Oli

Lapisan tipis oli (*oil film*) terbentuk antara permukaan *crankshaft* dengan permukaan *bearing*. Lapisan ini mencegah terjadinya kontak langsung antara logam *crankshaft* dengan logam *bearing*, yang bisa menyebabkan keausan sangat cepat dan kegagalan mesin.

b. Mengurangi Gesekan dan Keausan

Dengan adanya pelumasan yang baik, gaya gesekan antara permukaan yang bergesekan menjadi sangat kecil. Ini mengurangi panas yang timbul akibat gesekan dan memperpanjang umur komponen, terutama *crankshaft* dan *bearing*.

c. Mendinginkan Permukaan yang Bergesekan

Gesekan menghasilkan panas, dan pelumas berperan penting sebagai media pendingin. Oli menyerap panas dari permukaan *crankshaft* dan membawanya kembali ke bak oli untuk didinginkan.

d. Membersihkan Partikel Abrasif

Selama mesin beroperasi, partikel logam kecil, debu, atau karbon bisa masuk ke dalam sistem pelumasan. Oli yang bersirkulasi dapat membawa partikel ini menjauh dari permukaan kerja dan menyaringnya melalui *filter* oli, sehingga mencegah kerusakan pada *crankshaft* dan *bearing*.

C. Defleksi pada *Crankshaft*

Defleksi *crankshaft* adalah kondisi di mana poros engkol (*crankshaft*) mengalami penyimpangan atau pembengkokan dari sumbu lurus idealnya akibat tekanan atau gaya yang tidak seimbang. Meskipun secara kasat mata *crankshaft* tampak kokoh dan kaku, namun dalam praktiknya *crankshaft* dapat mengalami pembengkokan mikro yang, apabila tidak terdeteksi sejak dini, dapat mengakibatkan kerusakan serius pada mesin diesel Mohamed, A. (2023).

1. Pengertian dan Prinsip Terjadinya Defleksi

Secara teknis, defleksi pada *crankshaft* terjadi ketika salah satu bagian poros menerima gaya yang lebih besar dari yang lain, sehingga menimbulkan kelengkungan. Defleksi ini dapat terjadi secara bertahap seiring waktu akibat keausan dan getaran mesin, atau secara tiba-tiba karena kejutan beban berlebih.

Crankshaft idealnya berputar dengan sumbu putar yang lurus dan sejajar dengan *main bearing*. Jika terjadi defleksi, maka poros berputar dengan sumbu yang bergeser, menghasilkan gaya sentrifugal tambahan, getaran, dan keausan yang tidak merata.

2. Penyebab Defleksi *Crankshaft*

Beberapa faktor utama yang menyebabkan defleksi *crankshaft* pada *auxiliary engine*, antara lain:

a. Lambatnya Penggantian Minyak Lumas

Minyak pelumas yang sudah terkontaminasi dan aus kehilangan viskositas serta kemampuan melindungi permukaan logam. Hal ini menyebabkan peningkatan gesekan antara *crankshaft* dan *bearing*, sehingga menghasilkan keausan dan pergeseran sumbu putar.

b. *Overload* (Beban Berlebih)

Ketika mesin bekerja melebihi kapasitas dayanya secara terus-menerus, tekanan pembakaran meningkat dan gaya tekan *piston* terhadap *crankshaft* menjadi lebih besar. Hal ini dapat menyebabkan deformasi struktural pada *crankshaft* secara perlahan.

c. Keausan dan Kerusakan *Bearing* Utama

Jika bantalan utama aus atau mengalami kerusakan, tumpuan *crankshaft* menjadi tidak rata sehingga terjadi lenturan dan pergeseran pada saat berputar.

d. *Misalignment* (Ketidaksejajaran)

Pemasangan mesin atau *generator* yang tidak presisi dapat menyebabkan *crankshaft* menerima tekanan samping yang tidak seimbang, mempercepat terjadinya defleksi.

e. Getaran dan *Shock Loading*

Getaran akibat ketidakseimbangan beban, pembakaran tidak merata, atau kerusakan komponen lain juga dapat menyebabkan tekanan siklik pada *crankshaft* dan mengarah ke defleksi.

3. Dampak Defleksi *Crankshaft*

Defleksi *crankshaft* berdampak serius terhadap performa dan keandalan *auxiliary engine*. Beberapa akibatnya meliputi:

- a. Kerusakan pada *bearing* dan *journal* akibat gaya gesek yang tidak merata.
- b. Munculnya getaran dan suara abnormal: Yang bisa merambat ke seluruh sistem.
- c. Penurunan efisiensi pembakaran dan tenaga mesin.
- d. Risiko patahnya *crankshaft* dalam jangka panjang.
- e. Gangguan *output* listrik dari *generator* yang berdampak langsung pada sistem kelistrikan kapal.

4. Pemeriksaan dan Pengukuran Defleksi

Pengukuran defleksi *crankshaft* biasanya dilakukan menggunakan *deflection gauge* pada saat overhaul mesin. Prosedur pengukuran dilakukan pada beberapa titik (biasanya lima hingga tujuh titik) sepanjang *crankshaft* dalam kondisi dingin dan mesin dalam posisi bebas (*floating*). Hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai toleransi yang diberikan oleh pabrikan mesin.

Jika nilai defleksi melebihi batas yang ditentukan, maka diperlukan tindakan korektif, seperti penggantian *bearing*, *realignment*, atau bahkan penggantian *crankshaft* jika sudah dalam kondisi rusak parah.

5. Pencegahan Defleksi *Crankshaft*

Untuk mencegah terjadinya defleksi, berikut langkah-langkah yang dapat dilakukan:

- a. Penggantian pelumas secara teratur sesuai interval jam kerja mesin.
- b. Monitoring beban mesin agar tidak beroperasi dalam kondisi *overload*.
- c. Pemeriksaan dan *alignment* rutin saat instalasi mesin dan *generator*.
- d. Pengukuran defleksi berkala saat overhaul atau setelah jam operasi tertentu.

- e. Perawatan *bearing* dan pendingin pelumas, agar suhu dan gesekan tetap terkendali.

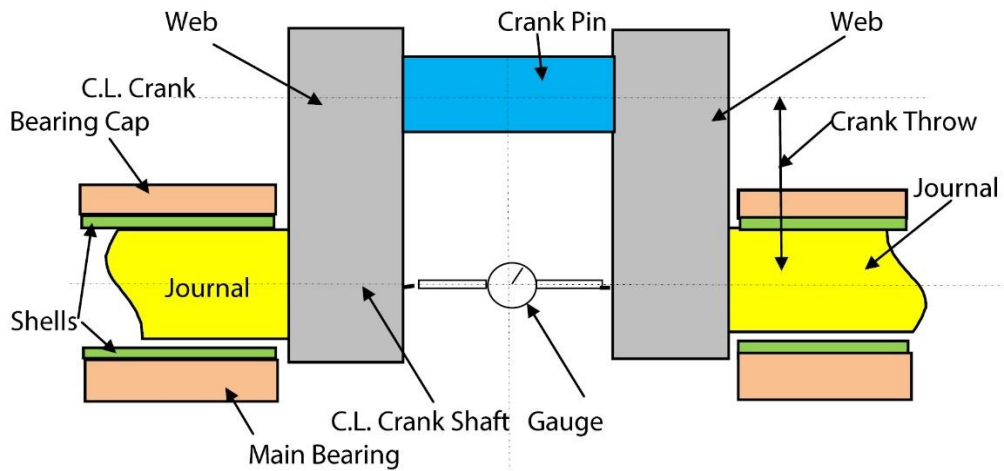
D. Pengukuran Defleksi pada *Crankshaft*

Defleksi poros engkol adalah penyimpangan atau pembengkokan kecil yang terjadi pada poros engkol akibat beban kerja, keausan bantalan, gaya rotasi tidak seimbang, atau kejadian ekstrem seperti benturan kapal. Poros engkol idealnya harus berada dalam garis lurus agar semua gaya dan gerakan dapat ditransmisikan secara efisien ke sistem propulsi. Ketika poros engkol mulai melengkung (walau hanya dalam orde mikrometer), hal ini dapat menyebabkan keausan berlebih, vibrasi tinggi, konsumsi oli berlebihan, hingga kerusakan permanen pada mesin Rosado, M., & Gonzalez, J. (2020).

Dalam perjalanan kariernya, seorang *Diagnostic Engineer* (insinyur diagnostik) kemungkinan besar akan menangani pemeriksaan kinerja mesin pembakaran kompresi (*compression ignition engine*). Banyak kerusakan yang terjadi pada mesin jenis ini disebabkan oleh keausan pada bantalan utama, yang menyebabkan perubahan kelurusan longitudinal poros engkol (*crankshaft*).

Biasanya, pemeriksaan diagnostik pertama yang dilakukan pada mesin ini adalah pengambilan serangkaian pengukuran antara crank webs (sayap engkol) pada beberapa titik rotasi, yang dikenal sebagai pengukuran defleksi poros engkol. Istilah ini sebenarnya kurang tepat, tetapi umum digunakan.

Gambar 2. 12 Crankshaft Deflection Measurement



Sumber: Rahman, M. M., & Aziz, M. (2020)

Pada mesin pembakaran kompresi dengan diameter silinder lebih dari 250 mm (10 inci), penyelarasan (*alignment*) poros engkol harus diperhatikan secara khusus. Untuk mesin dengan diameter di bawah ukuran tersebut, struktur mesin yang lebih kecil dan kaku, serta poros engkol yang biasanya merupakan forging utuh (tempa integral), membuat pengukuran defleksi menjadi sulit dan tidak terlalu diperlukan.

1. Karakteristik dan Risiko Poros Engkol Mesin Besar

Poros engkol pada mesin diesel besar adalah komponen yang sangat besar dan berat, biasanya terdiri dari beberapa bagian hasil tempa (forging) yang disatukan dengan sistem pas tekan (interference fit). Poros ini harus tetap lurus selama operasi karena setiap penyimpangan dapat menyebabkan kerusakan serius pada bantalan, yang kemudian berdampak pada keseluruhan mesin.

Poros engkol tersusun atas crank webs, crank pin, dan *journal*, yang didukung oleh bantalan utama. Selama waktu berjalan, keausan pada bantalan bisa terjadi tidak merata di sepanjang poros, menyebabkan poros melengkung (ke atas atau ke bawah) dalam derajat yang kecil namun berisiko menimbulkan kelelahan material (*fatigue*), terutama pada crank webs.

Patah atau melengkungnya poros engkol dapat terjadi akibat kelebihan celah pada bantalan utama. Jika satu bantalan memiliki celah berlebih, beban dapat berpindah ke bantalan lain dan menimbulkan keausan tidak merata, biasanya berkaitan pula dengan kegagalan bantalan.

2. Kerusakan Tambahan Akibat Kesejajaran Buruk

Insinyur diagnostik juga harus menyadari bahwa *journal* (permukaan poros) yang tidak simetris atau oval dapat menyebabkan gesekan pada permukaan bantalan, yang berujung pada keausan cepat dan bertambahnya celah antara poros dan bantalan.

Keausan bantalan yang berlebihan sering terlihat sebagai korosi *fretting* atau goresan pada *journal*. Untuk mencegah hal ini, penting menjaga pelumasan, mencegah kecepatan berlebih (*overspeeding*), beban berlebih, dan memastikan penyelarasan poros tetap baik.

Patah atau bengkoknya poros engkol juga bisa terjadi akibat defleksi berlebih, yang biasanya disebabkan oleh penyelarasan yang buruk antara mesin penggerak dan beban terpasang, serta dapat merusak komponen lain seperti bantalan, batang penghubung, dan bagian mesin lainnya.

3. Kebutuhan Pemeliharaan Defleksi Poros Engkol

Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengukuran defleksi poros engkol secara berkala agar penyelarasan tetap dalam batas yang diizinkan. Pengukuran ini juga merupakan metode yang baik untuk memantau penyelarasan mesin terhadap beban dan keausan bantalan utama. Pemeriksaan ini sebaiknya dilakukan dalam sistem perawatan terencana, seperti saat survei mesin.

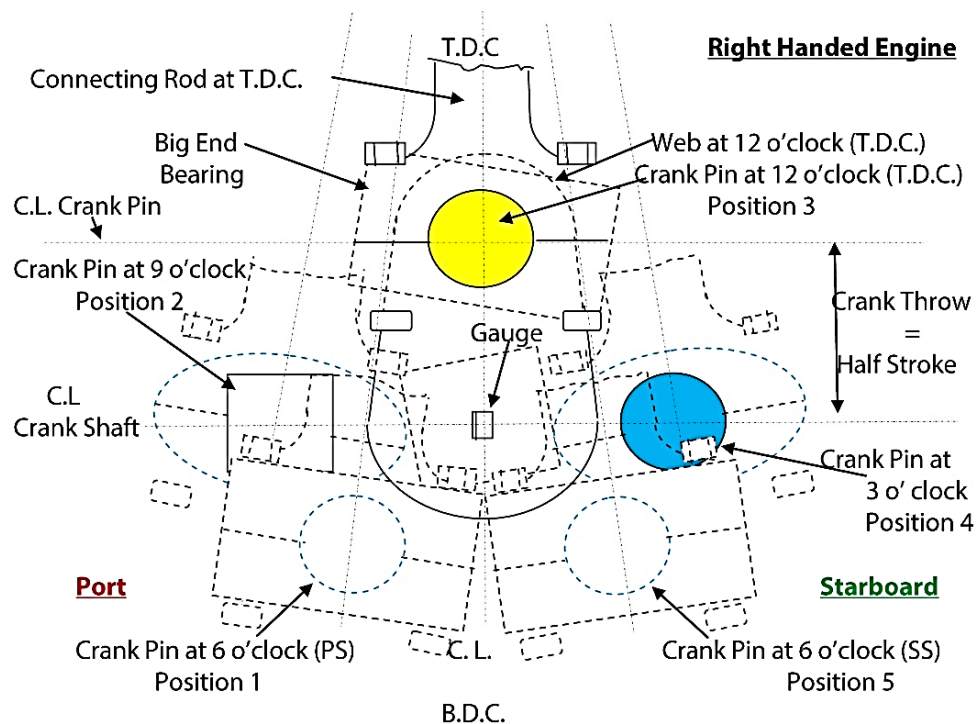
Pada kapal, pengukuran biasanya dilakukan jika dicurigai adanya masalah, misalnya setelah tubruk, kandas, atau dok kering jangka panjang. Pada mesin kecil (diameter < 250 mm), pengukuran defleksi tidak praktis, namun pada mesin yang lebih besar,

pengukuran ini harus dilakukan secara rutin dan hasilnya harus dicatat serta dianalisis.

4. Metode dan Teknik Pengukuran

Alat pengukur utama adalah *deflection gauge* atau inside micrometer, yang digunakan untuk mengukur perubahan jarak antara crank webs saat poros diputar secara perlahan menggunakan turning gear. Alat ini sederhana namun efektif untuk mendeteksi lengkungan.

Gambar 2. 13 Pembacaan *Crankshaft Deflection*



Sumber: Mohamed, A. (2023)

5. Akurasi dan Titik Tetap

Jika pengukuran dilakukan setelah selang waktu tertentu, posisi pengukuran harus sama persis agar hasilnya akurat. Oleh karena itu, ujung indikator harus ditempatkan pada tanda tetap (punch mark) di crank web. Jika tanda tidak tersedia, maka harus dibuat menggunakan center punch.

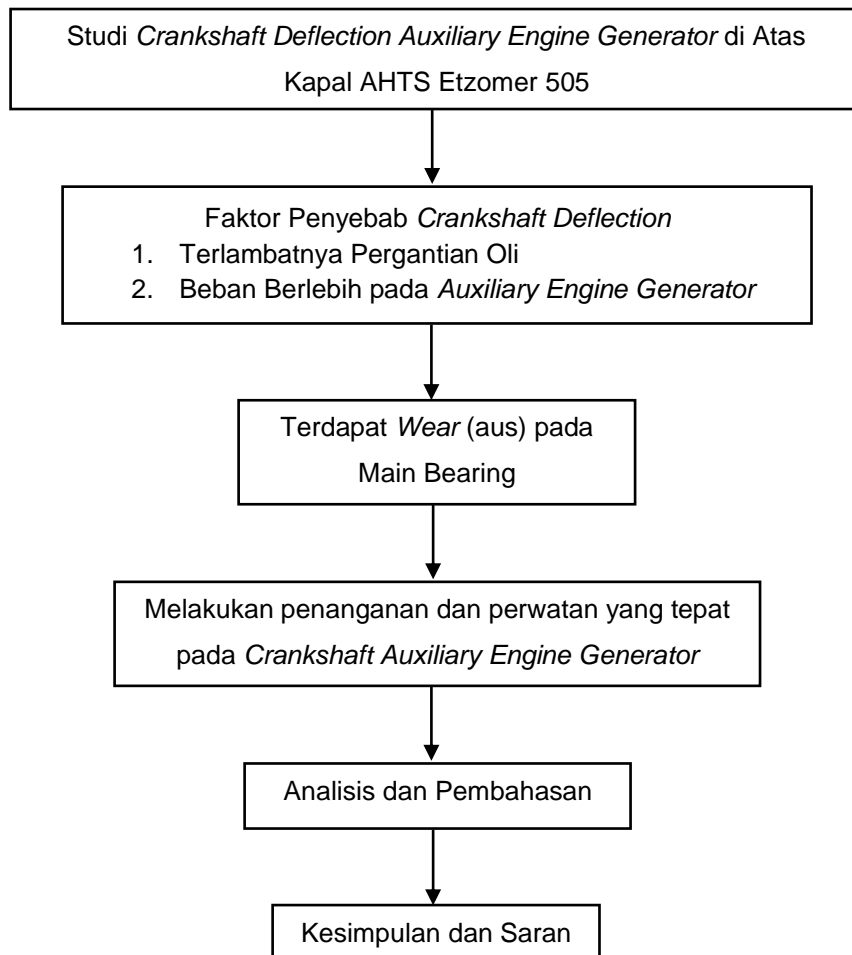
Idealnya, pengukuran dilakukan pada empat titik utama: atas, bawah, dan dua sisi (kiri dan kanan). Namun, dalam praktiknya posisi

bawah sering dihindari karena dapat terhalang *connecting rod*, sehingga pengukuran diambil di kedua sisi posisi bawah, menghasilkan total lima pembacaan untuk setiap crank.

6. Langkah Praktis Pengukuran

- a. Mesin diputar (barring) hingga silinder no. 1 sedikit melewati posisi BDC ke sisi pelabuhan.
- b. *Deflection gauge* dipasang pada garis tengah poros, lalu diatur ke nol.
- c. Mesin diputar 90° searah rotasi normal, dan pembacaan dicatat.
- d. Ulangi untuk posisi TDC dan posisi 270° .
- e. Mesin diputar ke posisi mendekati BDC sejauh alat ukur memungkinkan.
- f. Lakukan pengukuran untuk setiap silinder (unit), dan catat dalam tabel.

E. Kerangka Pikir



F. Hipotesis

Berdasarkan dari rumusan masalah dan beberapa tinjauan pustaka yang telah diuraikan untuk derumuskan sebagai hipotesis untuk menjawab sementara rumusan masalah berdasarkan teori-teori yang ada yaitu:

1. Diduga terjadinya *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* karena terlambatnya pergantian oli dan kondisi beban berlebih.
2. Dampak dari *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* dapat menyebabkan mesin bergetar hingga menimbulkan suara abnormal dan menyebabkan kerusakan pada komponen dalam mesin.
3. Pengukuran *crankshaft deflection* harus dilakukan secara sistematis sesuai *manual book* dengan menggunakan *deflection gauge* pada titik angular *crankshaft* (T, B1, B2, C, dan E) agar memperoleh data deviasi dari sumbu lurus poros engkol.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat objek yang diteliti, dalam hal ini adalah *crankshaft deflection* pada *auxiliary engine generator* di atas kapal AHTS Etzomer 505.

Pendekatan studi kasus digunakan karena penelitian ini difokuskan pada satu unit mesin *auxiliary* yang mengalami permasalahan spesifik, yaitu terjadinya defleksi pada poros engkol. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menggali data secara mendalam terhadap objek yang diamati, termasuk bagaimana kondisi aktual mesin, proses pemeliharaan yang dilakukan, hingga faktor-faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya defleksi *crankshaft*.

Penelitian ini dilakukan selama penulis melaksanakan praktik laut (sea project) pada kapal AHTS Etzomer 505 sejak 28 November 2023 hingga 15 Januari 2025. Dalam kurun waktu tersebut, penulis berkesempatan melakukan observasi langsung, pencatatan data mesin, dan wawancara dengan teknisi serta kepala kamar mesin. Oleh karena itu, data yang diperoleh merupakan data aktual dan relevan dengan kondisi nyata di atas kapal.

B. Definisi Operasional Variabel

Untuk memperjelas arah dan ruang lingkup penelitian, maka berikut ini adalah definisi operasional dari variabel-variabel yang diteliti:

1. *Crankshaft Deflection* (Variabel Terikat)

Crankshaft deflection adalah kondisi dimana poros engkol mengalami kelengkungan atau penyimpangan dari garis lurus ideal akibat beban mekanis, gaya torsi berlebih, atau keausan *bearing*. Dalam penelitian ini, defleksi diukur menggunakan alat ukur *deflection*

gauge yang ditempatkan pada titik-titik utama bantalan (*main bearing*) sesuai prosedur pengukuran standar pabrikan. Hasil pengukuran dibandingkan dengan batas toleransi yang tercantum dalam manual mesin.

2. Keterlambatan Penggantian Oli (Variabel Bebas 1)

Keterlambatan penggantian oli adalah kondisi di mana jadwal penggantian oli mesin tidak dilakukan tepat waktu sesuai rekomendasi pabrikan atau jadwal perawatan berkala. Oli yang telah jenuh dan kotor tidak mampu melumasi komponen mesin secara optimal, sehingga mempercepat keausan pada *crankshaft* dan *bearing*, serta meningkatkan risiko defleksi.

3. *Overload* atau Beban Berlebih (Variabel Bebas 2)

Overload adalah kondisi ketika *auxiliary engine* bekerja di luar kapasitas beban yang dianjurkan dalam jangka waktu lama. Beban listrik yang tinggi menyebabkan gaya tekan dan torsi pada *crankshaft* meningkat, sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya deformasi permanen pada poros engkol. Dalam penelitian ini, *overload* dianalisis melalui data beban *output generator* serta durasi beban tinggi berdasarkan catatan log mesin.

C. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode untuk mendapatkan data yang akurat, menyeluruh, dan mendalam, yaitu:

1. Observasi Langsung

Penulis melakukan observasi langsung terhadap kondisi mesin *auxiliary*, khususnya unit yang mengalami getaran dan suara abnormal selama beroperasi. Observasi dilakukan selama praktik laut berlangsung, termasuk saat kegiatan perawatan rutin dilakukan oleh teknisi.

2. Pengukuran Teknis

Pengukuran *crankshaft deflection* dilakukan menggunakan *deflection gauge* sesuai standar pabrikan. Titik-titik pengukuran ditempatkan pada tiap bantalan utama (*main bearing*) dan hasilnya dicatat dalam satuan milimeter. Nilai-nilai tersebut kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan toleransi pabrikan untuk menentukan apakah telah terjadi defleksi berlebih.

3. Dokumentasi dan Studi Data Sekunder

Data dokumentasi diperoleh dari buku harian mesin (*engine logbook*), jadwal perawatan mesin, serta catatan konsumsi oli dan beban *generator* selama periode tertentu. Data ini digunakan untuk melihat keterkaitan antara kondisi oli, beban kerja mesin, dan munculnya gejala defleksi pada *crankshaft*.

4. Wawancara Terstruktur dan Informal

Penulis juga melakukan wawancara dengan Kepala Kamar Mesin (KKM) dan teknisi mesin untuk memperoleh informasi tambahan tentang kebiasaan operasional mesin, frekuensi penggantian oli, serta tindakan perbaikan yang dilakukan ketika muncul indikasi kerusakan pada poros engkol.

D. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari lapangan dianalisis secara deskriptif kualitatif, yaitu dengan cara menginterpretasikan hasil observasi, pengukuran, dan wawancara menjadi sebuah pemahaman utuh mengenai fenomena yang diteliti. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Reduksi Data

Proses penyaringan data dilakukan untuk mengambil hanya data-data yang relevan dengan fokus penelitian, yakni data pengukuran defleksi, kondisi pelumasan, dan beban mesin.

2. Penyajian Data

Data yang telah direduksi kemudian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, atau narasi yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel penyebab dan gejala yang muncul. Misalnya, tabel tren defleksi terhadap waktu, atau grafik hubungan antara frekuensi *overload* dengan peningkatan defleksi.

3. Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi

Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan berdasarkan hubungan antar variabel. Hasil kesimpulan kemudian dibandingkan dengan teori yang relevan dan literatur pendukung lainnya. Jika perlu, dilakukan verifikasi silang dengan data lapangan dan wawancara untuk memperkuat validitas temuan.

E. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 Langkah-langkah Perencanaan Penelitian

No	Kegiatan	TAHUN 2022											
		BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Mencari buku dan jurnal sebagai referensi					■							
2	Pemilih topik utama penelitian					■	■						
3	Menyusun Proposal serta Bimbingan											■	■
TAHUN 2023													
3	Menyusun Proposal serta Bimbingan	■											
4	Ujian Proposal		■										

5	Menyelesaikan perbaikan ujian Proposal												
7	Melaksanakan (PRALA) Pengambilan data												
TAHUN 2024													
7	Melaksanakan (PRALA) Pengambilan data												
TAHUN 2025													
8	Penyusunan Skripsi dan bimbingan												
9	Seminar hasil skripsi												
10	Perbaikan seminar hasil skripsi												
11	Bimbingan TUTUP Skripsi												
12	Seminar TUTUP Skripsi												
13	Pengumpulan Berkas Skripsi												

Ini merupakan rancangan analisis yang memperlihatkan jadwal kegiatan dari tahun 2022 hingga 2025 dalam konteks penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian, dan penyelesaian skripsi.