



PROYEK TUGAS AKHIR

TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN EVK *SEAL* TERHADAP
KEBOCORAN SISTEM KEKEDAPAN *SHAFT PROPELLER***

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan

Disusun Oleh :

Mohammad Apgar Alvaen Harsyawardana
40040422650017

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN
DAPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2026**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Mohammad Apgar Alvaen Harsyawardana
NIM : 40040422650017
Fakultas : Sekolah Vokasi
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kerusakan EVK Seal Terhadap Kebocoran Sistem Kecedapan Shaft Propeller

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari diri saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya, ditulis oleh orang lain, atau diajukan untuk gelar ataupun ijazah pada Universitas Diponegoro atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 26 Juni 2026
Pembuat Pernyataan



Mohammad Apgar Alvaen Harsyawardana
NIM 40040422650017

Halaman ini sengaja dikosongkan

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN EVK SEAL TERHADAP KEBOCORAN
SISTEM KEKEDAPAN *SHAFT PROPELLER***

Oleh :

Mohammad Apgar Alvaen Harsyardana
40040422650017

Diajukan pada

Sidang Tugas Akhir

Tanggal 26 Juni 2026

Dinyatakan Lulus / Tidak Lulus

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T

Pembimbing  29.6.26.

Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T

Penguji 1

Dr. Ir. Bambang Sri Waluyo, M.Si.

Penguji 2 

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro


Dr. Mohd Ridwan, S.T.,M.T.

NIP. 197008271999031001

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN EVK SEAL TERHADAP KEBOCORAN SISTEM KEKEDAPAN *SHAFT PROPELLER*

Nama Mahasiswa : Mohammad Apgar Alvaen Harsyardana
NIM : 40040422650017
Nama Dosen Pembimbing : Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sebagai kapal kerja yang mendukung operasional pelabuhan kapal tunda (*tugboat*) dituntut memiliki keandalan sistem propulsi yang tinggi guna menjamin keselamatan pelayaran. Kinerja sistem propulsi ini sangat bergantung pada keandalan sistem kekedapan poros (*EVK seal*) yang berfungsi sebagai pembatas mekanis utama untuk mencegah masuknya air laut ke dalam lambung kapal. Dalam pengoperasiannya komponen ini rentan mengalami kegagalan fungsi yang berujung pada insiden kebocoran air laut ke dalam ruang mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan teknis maupun manajerial yang memicu kerusakan dan kebocoran *EVK seal* pada sistem *stern tube* berpelumas air serta merumuskan strategi rekomendasi perbaikannya. Investigasi dilakukan secara komprehensif menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) melalui instrumen Diagram *Fishbone* dan *5 Whys Analysis*. Proses pengumpulan data lapangan meliputi kombinasi metode inspeksi visual komponen, pengujian dimensi mekanis, dan wawancara operasional dengan personel ahli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegagalan fungsi kedap dan kebocoran bukan disebabkan oleh kesalahan instalasi mekanis ataupun cacat bawaan komponen melainkan akibat kegagalan beruntun yang dipicu oleh karakteristik lingkungan operasi kapal di perairan dangkal. Endapan sedimen lumpur terbukti masuk dan menempel langsung pada area antarmuka (*interface*) *seal* sehingga memicu gesekan saat poros berputar. Kondisi ini diperparah oleh membesarnya celah bantalan yang melampaui ambang batas toleransi klasifikasi BKI sehingga membangkitkan getaran dinamis berlebih pada *shaft propeller*. Kombinasi antara tegangan mekanis akibat getaran poros dan keausan abrasif dari partikel lumpur tersebut mendegradasi material penyekat menyebabkan bibir *seal* mengalami pengerasan dan komponen *O-ring* sekunder terputus. Melalui analisis *5 Whys*, disimpulkan bahwa akar permasalahan fundamental dari insiden ini bermuara pada kelemahan sistem manajemen pemeliharaan yaitu ketiadaan *Standard Operating Procedure* (SOP) khusus untuk pembilasan (*flushing*) area poros pasca-operasi di perairan dangkal serta tidak adanya pemantauan parameter suhu dan getaran secara berkala. Sebagai langkah mitigasi penelitian ini merekomendasikan penggantian komponen fisik secara utuh penyusunan SOP *flushing* pasca operasi serta optimalisasi kedisiplinan *Planned Maintenance System* (PMS) di kamar mesin.

Kata Kunci: EVK Seal, Stern Tube, Shaft Propeller, Root Cause Analysis, Tugboat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS OF THE CAUSES OF EVK SEAL DAMAGE TOWARDS LEAKAGE IN THE PROPELLER SHAFT TIGHTNESS SYSTEM

Name of Student : Mohammad Apgar Alvaen Harsyardana
NIM : 40040422650017
Name of Supervising Lecturer : Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

ABSTRACT

As a workboat supporting port operations, a tugboat is required to have high propulsion system reliability to ensure navigational safety. The performance of this propulsion system relies heavily on the reliability of the shaft sealing system (EVK seal), which functions as the primary mechanical barrier to prevent seawater from entering the ship's hull. During operation, this component is susceptible to functional failures that lead to seawater leakage incidents into the engine room. This study aims to identify the technical and managerial root causes triggering the damage and leakage of the EVK seal in a water-lubricated stern tube system, and to formulate strategic recommendations for improvement. A comprehensive investigation was conducted using the Root Cause Analysis (RCA) approach through Fishbone Diagram and 5 Whys Analysis instruments. The field data collection process included a combination of visual component inspections, mechanical dimension testing, and operational interviews with expert personnel. The results indicate that the sealing failure and leakage were not caused by mechanical installation errors or inherent component defects, but rather by a cascading failure triggered by the vessel's operating environment characteristics in shallow waters. Mud sediment deposits were proven to enter and adhere directly to the seal interface, triggering friction as the shaft rotates. This condition was exacerbated by the enlargement of the bearing clearance beyond the BKI classification tolerance limit, thereby inducing excessive dynamic vibration on the propeller shaft. The combination of mechanical stress from the shaft vibration and abrasive wear from the mud particles degraded the sealing material, causing the seal lip to harden and the secondary O-ring component to snap. Through the 5 Whys analysis, it was concluded that the fundamental root cause of this incident stemmed from a deficiency in the maintenance management system, namely the absence of specific Standard Operating Procedures (SOPs) for flushing the shaft area post-operation in shallow waters, as well as the lack of periodic monitoring of temperature and vibration parameters. As a mitigation measure, this study recommends the complete replacement of physical components, the development of post-operation flushing SOP, and the optimization of the Planned Maintenance System (PMS) discipline in the engine room.

Keywords: EVK Seal, Tugboat, Root Cause Analysis, Stern Tube.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Proyek Tugas Akhir ini. Kelancaran penulisan Proyek Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu:

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal usulan tugas akhir ini dengan baik dan lancar,
2. Keluarga tercinta yang selalu mendukung, memberi nasihat dan memberi doa selama ini kepada penulis,
3. Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T. selaku kepala program studi dan dosen wali penulis selama menempuh pembelajaran di Diploma – IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan,
4. Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah mendukung dan memberikan masukan serta arahan selama penyusunan tugas akhir ini,
5. Dosen Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Universitas Diponegoro yang telah memberikan banyak ilmu, pengetahuan dan wawasan yang bermanfaat bagi penulis.
6. Tidak lupa pula, terima kasih untuk motor Mio putih kesayangan yang selalu setia menemani setiap langkah penulis selama penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan Proyek Tugas Akhir ini tentunya masih banyak terdapat kekurangan, kesalahan dan kekhilafan karena keterbatasan kemampuan penulis, untuk itu sebelumnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan Proyek Tugas Akhiri ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi referensi yang baik bagi pembaca khususnya mahasiswa yang hendak meneliti lebih lanjut terkait material yang digunakan. Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 26 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



Mohammad Apgar Alvaen Harsyawardana
40040422650017

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Hipotesis	3
1.7 Luaran Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal <i>Tugboat</i>	5
2.2 Sistem Pelumasan <i>Shaft</i>	6
2.3 Sistem Kekedapan <i>Shaft</i>	8
2.4 Jenis – jenis Sistem Kekedapan <i>Shaft</i>	9
2.4.1 <i>Packing Seal</i>	9
2.4.2 <i>Simplex Seal</i>	10
2.4.3 <i>EVK Seal</i>	11
2.5 <i>Inspection</i>	12
2.5.1 <i>Visual inspection</i>	12
2.5.2 <i>Clearance</i>	12
2.5.3 <i>Shaft Alignment Inspection</i>	13
2.5.4 Pemeriksaan <i>Propeller</i>	14
2.6 <i>Root Case Analysis</i>	15
2.6.1 Tujuan dan Manfaat RCA	15
2.6.2 Tahapan Pelaksanaan RCA	15

2.6.3	Metode dan Instrumen dalam RCA	16
2.7	Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		17
3.1	Objek Penelitian	17
3.1.1	Data Utama Kapal.....	17
3.1.2	Spesifikasi Sistem Propulsi	17
3.1.3	Spesifikasi EVK Seal	18
3.2	Alat dan Data Penelitain	18
3.2.1	Alat Penelitian	18
3.2.2	Data dan Bahan Penelitian	19
3.3	Tempat Pelaksanaan	19
3.4	Metode Analisis Data.....	19
3.4.1	Identifikasi Fenomena Kegagalan	20
3.4.2	Pemetaan Hubungan Sebab-Akibat	20
3.4.3	Validasi dan Penentuan Akar Masalah	20
3.4.4	Perumusan Tindakan Korektif dan Preventif	20
3.5	Variabel Penelitian.....	21
3.5.1	Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>).....	21
3.5.2	Variabel Bebas (<i>Independent Variable</i>).....	21
3.6	<i>Flowchart</i>	22
BAB IV PEMBAHASAN & PENELITIAN.....		23
4.1	Gambaran Umum Kegagalan Sistem dan Pengumpulan Data	23
4.1.1	Kondisi EVK <i>Seal</i> dan Indikasi Kerusakan	23
4.1.2	Pengukuran.....	24
4.1.3	Hasil Wawancara dan Observasi	25
4.2	Hasil Analisis Kegagalan Sistem.....	28
4.5.1	Diagram <i>Fishbone</i>	28
4.5.2	Analisis 5 <i>Whys</i>	29
4.3	Rekomendasi Teknis.....	30
4.4.1	Tindakan Perbaikan Langsung	30
4.4.2	Perbaikan Prosedur Operasional dan Pemeliharaan	31
BAB V KESIMPULAN & SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....		35

LAMPIRAN	37
BIODATA PENULIS	67

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tugboat.....	5
Gambar 2. 2 Sistem Pelumasan Shaft.....	6
Gambar 2. 3 Sistem Kekedapan Shaft.....	8
Gambar 2. 4 Paking seal.....	9
Gambar 2. 5 Simplex Seal.....	10
Gambar 2. 6 EVK Seal.....	11
Gambar 3. 1 Rencana Umum.....	17
Gambar 3. 2 Flowchart.....	22

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ukuran Utama Kapal	17
Tabel 4. 1 Kondisi dan indikasi kerusakan.....	23
Tabel 4. 2 Clearance.....	24
Tabel 4. 3 Hasil Wawancara	26
Tabel 4. 8 5 Whys	29

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Luaran (Artikel Ilmiah)	37
Lampiran 2. Surat Serah Terima Artikel Ilmiah	45
Lampiran 3. Bukti Submit Jurnal.....	47
Lampiran 4. Luaran (Modul)	49
Lampiran 5. Bukti Submit Modul.....	51
Lampiran 6. Luaran (<i>Prototype Stern Tube System</i>).....	53
Lampiran 7. Berita Acara Serah Terima Barang	55
Lampiran 8. Hasil Turnitin	57
Lampiran 9. Hasil Wawancara dan Bukti Wawancara.....	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISTILAH

Bollard Pull	: Gaya tarik maksimum yang dapat dihasilkan kapal tunda (<i>tugboat</i>) dalam kondisi diam. Parameter ini menjadi indikator utama dalam menentukan kemampuan kapal untuk menangani manuver kapal lain.
Clearance (Kelonggaran)	: Jarak celah yang sengaja direncanakan antara dua komponen mekanis yang saling berhubungan atau bergerak relatif satu sama lain, seperti antara poros dan bantalan.
Dial Indicator	: Alat ukur yang digunakan untuk memeriksa keselarasan (<i>alignment</i>) dan kemungkinan terjadinya ketidaksejajaran (<i>misalignment</i>) pada <i>shaft propeller</i> .
Docking (Dry Docking)	: Proses perbaikan atau perawatan kapal di atas dok kering di galangan kapal.
Downtime	: Waktu henti operasional kapal yang berpotensi memengaruhi efisiensi maupun keselamatan kerja akibat adanya kerusakan atau perbaikan.
EVK Seal	: Sistem kededapan poros baling-baling berbasis bibir karet elastis yang dipasang pada sisi dalam lambung kapal, khusus digunakan pada sistem <i>stern tube</i> berpelumas air.
Fishbone Diagram	: Instrumen analisis yang digunakan untuk mengategorikan potensi penyebab suatu masalah berdasarkan kelompok utama, seperti manusia, mesin, metode, dan material.
Flushing	: Prosedur pembilasan area poros menggunakan air bersih bertekanan sesaat setelah kapal selesai beroperasi di perairan dangkal untuk merontokkan partikel lumpur dan pasir.
Misalignment	: Kondisi posisi poros yang tidak sejajar, yang dapat membangkitkan momen lentur sekunder dan menekan komponen <i>mechanical seal</i> secara asimetris.
O-ring	: Komponen cincin penyekat sekunder pada sistem <i>seal</i> yang berfungsi menahan tekanan dan mencegah kebocoran.

Overheating	: Lonjakan suhu ekstrem atau panas berlebih pada komponen akibat terjadinya kontak langsung antar logam atau gesekan berlebih.
Planned Maintenance System (PMS)	: Sistem pemeliharaan terencana yang mengatur agenda pencatatan parameter harian, seperti suhu <i>seal</i> dan level getaran, sebagai instrumen deteksi dini di atas kapal.
Root Cause Analysis (RCA)	: Metode investigasi sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab fundamental dari sebuah kegagalan, masalah, atau kejadian yang tidak diinginkan.
Shaft Propeller	: Poros baling-baling yang berfungsi menopang beban mekanis dan meneruskan daya dorong untuk menggerakkan kapal.
Stern Tube (Tabung Poros)	: Selubung pipa pelindung pada struktur lambung yang menjadi jalur lintasan poros dari ruang mesin menuju baling-baling.
Strainer	: Saringan atau filter pada jalur suplai sistem pengairan menuju <i>stern tube</i> yang berfungsi mencegah masuknya partikel kotoran ke dalam sistem.
Tugboat (Kapal Tunda)	: Kapal kerja yang dirancang secara khusus dengan daya mesin dan kemampuan manuver tinggi untuk mendorong, menarik, atau memandu kapal lain.
5 Whys Analysis	: Metode penelusuran fenomena kerusakan secara mendalam dengan cara mengajukan pertanyaan "mengapa" secara iteratif hingga akar masalah fundamental (<i>root cause</i>) ditemukan.