

**ANALISIS PENYEBAB KEGAGALAN FUNGSI FIRE
FIGHTING PUMP AKIBAT KERUSAKAN KOMPONEN
MEKANIS MV NORD LIBREVILLE**



Disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian Program
Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

AFFAN BEY RUMAMBO

NIS: 25.09.102.002

AHLI TEKNIK TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR**

2025

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : AFFAN BEY RUMAMBO

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.002

Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**ANALISIS PENYEBAB KEGAGALAN FUNGSI FIRE FIGHTING PUMP
AKIBAT KERUSAKAN KOMPONEN MEKANIS MV NORD LIBREVILLE**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

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

Makassar, 14 November 2025



AFFAN BEY RUMAMBO

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : ANALISIS PENYEBAB KEGAGALAN FUNGSI
FIRE FIGHTING PUMP AKIBAT KERUSAKAN
KOMPONEN MEKANIS MV NORD LIBREVILLE

NAMA PASIS : AFFAN BEY RUMAMBO

NOMOR INDUK SISWA : 25.09.102.002

PROGRAM DIKLAT : AHLI TEKNIK TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 14 November 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

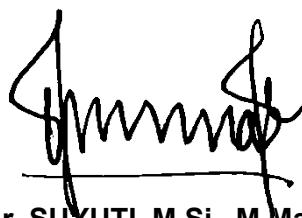


DARWIS, S.T., M.T., M.Mar.E
NIP. 197307312023211002



FANDI S.T., M.Mar.E
NIP. 19831202201021005

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjurangan



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli Teknik Tingkat I (ATT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ATT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Darwis, S.T., M.T., M.Mar.E. selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Fandi S.T., M.Mar.E. selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat ahli Teknik tingkat I (I) di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVII Tahun 2025
7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, dan Istriku tercinta yang telah memberikan doa, dorongan, serta bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini.

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan- kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini. Harapan penulis semoga karya tulis ilmiah terapan ini dapat dijadikan bahan masukan serta dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 14 November 2025



AFFAN BEY RUMAMBO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	11
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	13
C. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	14
D. Faktor Kapal	16
E. Faktor Manajemen Perusahaan	18
F. Faktor Luar Kapal	19
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	20
B. Intrview/Wawancara	20
C. Studi Pustaka	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	24
B. Situasi dan Kondisi	24
C. Temuan	28

D. Urutan Kejadian	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	36
B. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa Pemadam	5
Gambar 2.2 Sistem Distribusi Pipa	5
Gambar 2.3 Sistem Hidran dan Selang	6
Gambar 4.1 As / Shaft Aus	28
Gambar 4.2 Main Bearing Rusak	31
Gambar 4.3 Clutch Gear Aus	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Kapal	34
Lampiran 2 Main Bearing yang Rusak	35
Lampiran 3 Fire Fighting Pump saat Proses Pembongkaran	36
Lampiran 4 Gear Clutch yang Aus	37
Lampiran 5 Ship Particulars	38
Lampiran 6 Crew List	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pemadam kebakaran merupakan salah satu elemen keselamatan paling kritis di atas kapal. Fungsinya yang vital dalam menanggulangi keadaan darurat menjadikan setiap ketidakoperasionalannya sebagai ancaman serius terhadap keselamatan awak kapal, aset, dan lingkungan. Keandalan sistem ini tidak boleh dianggap remeh, dan pemeliharannya harus dilakukan secara rutin serta prosedural. Tidak berfungsinya salah satu komponen utamanya, seperti *Fire Fighting Pump* (FIFI), dapat melumpuhkan seluruh jaringan pertahanan terhadap api, sehingga menempatkan seluruh unit dalam kondisi rentan.

Dari sisi regulasi, keselamatan kapal telah diatur dengan sangat ketat melalui konvensi internasional. SOLAS (*Safety of Life at Sea*) *Chapter II-2, Regulation 10*, dengan jelas mensyaratkan bahwa sistem pemadam kebakaran tetap harus berada dalam kondisi operasional dan siap digunakan setiap saat. Lebih lanjut, aturan dari klasifikasi seperti Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) atau organisasi sejenisnya mewajibkan pemeriksaan dan pengujian berkala terhadap peralatan keselamatan, termasuk fire pump. Setiap kapal diwajibkan memiliki dokumen yang membuktikan kepatuhan terhadap peraturan ini, dan setiap penyimpangan dapat berimplikasi pada sertifikat keselamatannya. Regulasi ini bukan hanya formalitas, melainkan panduan operasional yang dirancang untuk memastikan semua sistem proteksi aktif berfungsi optimal ketika dibutuhkan.

Berdasarkan pengalaman penulis pada tanggal 12 Juli 2025, di Pelabuhan Owendo, Libreville, Gabon, sebuah kejadian yang mengancam keselamatan terungkap di atas kapal NORD LIBREVILLE. Saat proses serah terima jabatan dari *Chief Engineer* (Ce) lama kepada Ce yang baru, dilakukan pemeriksaan terhadap sistem keselamatan kapal. Dalam pemeriksaan ini, *Fire Fighting Pump* (FIFI) dalam

keadaan rusak dan tidak dapat dioperasikan. ini langsung disikapi dengan serius oleh *Chief Engineer* yang baru, mengingat posisi FIFI sebagai tulang punggung sistem hidran kebakaran kapal.

Permasalahan mendasar yang melatarbelakangi kejadian ini adalah adanya celah dalam sistem perawatan dan *monitoring* peralatan kritikal. Tidak berfungsinya sebuah peralatan sepenting FIFI mengindikasikan kemungkinan adanya kegagalan dalam pelaksanaan program *preventive maintenance* atau dalam prosedur pengujian berkala. Hal ini menunjukkan bahwa *mekanisme* untuk mendeteksi penurunan kinerja komponen sebelum berujung pada kegagalan total mungkin tidak berjalan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, sebuah analisis mendalam diperlukan bukan hanya untuk memperbaiki kerusakan yang ada, tetapi lebih penting lagi untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem manajemen perawatan yang memungkinkan terjadinya kejadian semacam ini.

Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul **ANALISIS PENYEBAB KEGAGALAN FUNGSI FIRE FIGHTING PUMP AKIBAT KERUSAKAN KOMPONEN MEKANIS MV NORD LIBREVILLE**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan insiden kerusakan *Fire Fighting Pump* di kapal NORD LIBREVILLE, rumusan masalahnya adalah:

1. Faktor-faktor apa yang mengakibatkan kerusakan pada *Fire Fighting Pump* di kapal NORD LIBREVILLE?
2. Apa dampak kegagalan *Fire Fighting Pump* terhadap keselamatan dan operasional kapal NORD LIBREVILLE ?
3. Bagaimana Langkah-langkah perbaikan dan pencegahan apa yang harus dilakukan untuk memastikan keandalan *Fire Fighting Pump* di kapal NORD LIBREVILLE ?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan insiden tidak berfungsinya *Fire Fighting Pump* (FIFI) yang teridentifikasi pada tanggal 12 Juli 2025 di Pelabuhan Owendo, Libreville, Gabon, batasan masalah dalam analisis ini difokuskan pada penyelidikan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan FIFI, evaluasi dampaknya terhadap keselamatan kapal NORD LIBREVILLE, serta perumusan langkah perbaikan dan pencegahan untuk memastikan keandalan sistem pemadam kebakaran di kapal tersebut.

D. Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui Faktor-faktor apa yang mengakibatkan kerusakan pada *Fire Fighting Pump* di kapal NORD LIBREVILLE
2. Untuk mengetahui dampak kegagalan *Fire Fighting Pump* terhadap keselamatan dan operasional kapal NORD LIBREVILLE
3. Untuk mengetahui langkah-langkah perbaikan dan pencegahan apa yang harus dilakukan untuk memastikan keandalan *Fire Fighting Pump* di kapal NORD LIBREVILLE

E. Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat memperkaya khazanah ilmu di bidang teknik perkapalan, khususnya terkait manajemen pemeliharaan sistem kritis kapal dan studi kegagalan komponen mekanis pada *Fire Fighting Pump* (FIFI)

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian menjadi dijadikan panduan oleh awak kapal dan perusahaan pelayaran dalam menyusun program *preventive maintenance* yang lebih terstruktur, meningkatkan kesiapan operasional sistem keselamatan, dan mencegah terulangnya insiden serupa di kapal NORD LIBREVILLE maupun kapal lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pemadam Kebakaran di Atas Kapal

Sistem pemadam kebakaran merupakan instalasi vital yang berfungsi melindungi kapal dari bahaya kebakaran melalui penyediaan tekanan dan aliran air yang memadai untuk semua hidran kebakaran di geladak dan akomodasi. Sistem ini terdiri dari pompa kebakaran utama (FIFI), pompa kebakaran darurat, jaringan pipa, hidran, selang, nozel, dan sistem kontrol tekanan terintegrasi. Pompa kebakaran berperan sebagai jantung sistem yang mensuplai air laut bertekanan tinggi, sementara sistem distribusi pipa memastikan ketersediaan air pemadam di semua titik kritis di kapal.

Berdasarkan persyaratan SOLAS, sistem pemadam kebakaran harus mampu mempertahankan tekanan minimal 6 bar pada hidran terjauh dengan dua jet air yang beroperasi bersamaan. Keandalan sistem harus dipertahankan melalui pemeliharaan rutin dan pemantauan parameter yang ketat. Kinerja sistem sangat bergantung pada kondisi pompa kebakaran dan efektivitas sistem kontrol tekanan yang diterapkan.

Fungsi Utama Sistem Pemadam Kebakaran:

1. Menyediakan tekanan air yang memadai untuk pemadaman kebakaran di seluruh kapal
2. Mencegah penyebaran api melalui kemampuan respons yang cepat
3. Melindungi jiwa dan properti di atas kapal dari bahaya kebakaran
4. Memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan maritim internasional

Komponen Utama Sistem Pemadam Kebakaran Kapal

1. Pompa Pemadam Kebakaran (PPK)

Pompa pemadam kebakaran merupakan komponen inti yang berfungsi mensuplai air laut bertekanan tinggi ke seluruh sistem utama pemadam kebakaran. Unit ini bertanggung jawab langsung terhadap ketersediaan tekanan dan aliran air yang memadai dalam kondisi darurat.

Karakteristik Pompa Pemadam Kebakaran:

- a. Terbuat dari material tahan korosi untuk layanan air laut
- b. Dirancang dengan kapasitas yang memenuhi persyaratan SOLAS
- c. Dilengkapi dengan penggerak utama independen dan sistem start
- d. Berrating tekanan 10 bar dan kapasitas 180 m³/jam

Gambar 2.1 Pompa Pemadam



Sumber : kapal NORD LIBREVILLE

2. Sistem Distribusi Pipa

Sistem pipa berfungsi mendistribusikan air pemadam dari pompa ke semua hidran di seluruh kapal dengan kehilangan tekanan minimal.

Karakteristik Sistem Pipa:

- a. Menggunakan pipa baja bergalvanis dengan perlindungan korosi
- b. Dilengkapi dengan katup isolasi untuk perawatan seksi
- c. Memiliki ukuran pipa yang memadai untuk laju aliran yang dibutuhkan
- d. Dirancang dengan pengaturan drainase untuk perlindungan iklim dingin

Gambar 2.2 Sistem Distribusi Pipa



Sumber : kapal NORD LIBREVILLE

3. Sistem Hidran dan Selang

Hidran dan selang berfungsi sebagai titik akhir distribusi air pemadam, memungkinkan petugas pemadam mengarahkan jet air ke lokasi kebakaran.

Karakteristik Sistem Hidran:

- a. Menggunakan koneksi kopleng standar internasional
- b. Dilengkapi dengan katup kontrol tekanan
- c. Memiliki jumlah yang cukup dan penempatan strategis
- d. Dirancang untuk koneksi yang cepat dan mudah

Gambar 2.3 Sistem Hidran dan Selang



Sumber : kapal NORD LIBREVILLE

4. Sistem Pemantauan dan Kontrol Tekanan

Sistem pemantauan dan kontrol berfungsi memantau parameter operasional dan mendeteksi anomali sistem pada tahap awal.

Karakteristik Sistem Pemantauan:

- a. Menggunakan *pressure gauge* dan sensor aliran
- b. Dilengkapi dengan kemampuan operasi jarak jauh
- c. Memiliki sistem alarm untuk penyimpangan tekanan
- d. Dirancang dengan fungsi start otomatis untuk operasi darurat

Tinjauan Umum Pompa Centrifugal

Pompa centrifugal adalah jenis pompa yang memindahkan fluida dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dari putaran impeller. Ketika impeller berputar, fluida yang masuk di pusat impeller (*eye of impeller*)

akan terlempar ke arah luar sehingga menghasilkan tekanan dan aliran. Pompa ini umum digunakan pada sistem pendingin, ballast, bilge, *fire fighting*, serta instalasi industri karena konstruksinya sederhana, perawatan mudah, dan efisiensinya tinggi.

2. Prinsip Kerja Pompa Centrifugal

Prinsip kerja pompa centrifugal berasal dari konversi energi mekanik menjadi energi tekanan. Poros yang digerakkan motor memutar impeller, menciptakan gaya sentrifugal yang meningkatkan kecepatan fluida. Energi kecepatan tersebut kemudian dikonversi menjadi energi tekanan di dalam *volute casing* atau *diffuser*. Proses ini menciptakan kontinuitas aliran dari sisi isap ke sisi buang.

Tahapan umumnya meliputi:

- a. fluida masuk melalui sisi isap,
- b. impeller berputar dan mendorong fluida,
- c. tekanan meningkat pada sisi buang.

3. Komponen Utama Pompa Centrifugal

Beberapa komponen penting yang membentuk pompa centrifugal antara lain:

- a. Impeller – rotor berputar yang memberikan energi pada fluida; tersedia tipe *open*, *semi-open*, dan *closed impeller*.
- b. Casing / Volute – rumah pompa yang mengubah energi kecepatan menjadi tekanan dan mengarahkan aliran.
- c. Shaft (poros) – penghubung antara impeller dan motor penggerak.
- d. Bearing – penopang poros yang menjaga rotasi stabil.
- e. Mechanical Seal / Gland Packing – mencegah kebocoran fluida pada sambungan poros.
- f. Suction & Discharge Nozzle – jalur masuk dan keluarnya fluida.

4. Jenis-Jenis Pompa Centrifugal

Berdasarkan konstruksi dan penggunaannya, pompa centrifugal dapat dibagi menjadi:

- a. Single-Stage Pump – memiliki satu impeller, digunakan untuk head rendah hingga sedang.
- b. Multi-Stage Pump – terdiri dari beberapa impeller, mampu menghasilkan tekanan tinggi.
- c. Vertical Centrifugal Pump – posisi poros vertikal, umum pada aplikasi bilge atau sumur.
- d. Self-Priming Pump – mampu membuang udara sendiri tanpa perlu priming manual.
- e. In-Line Pump – desain pipa lurus, cocok untuk ruang terbatas seperti ruang mesin kapal.

5. Parameter Kinerja Pompa Centrifugal

Kinerja pompa dievaluasi berdasarkan beberapa parameter teknis, antara lain:

- a. Head (H) – perbedaan energi tekanan yang dihasilkan pompa.
- b. Capacity (Q) – debit atau volume fluida yang dipindahkan per satuan waktu.
- c. Efficiency (η) – rasio energi yang masuk dan energi yang dimanfaatkan dalam pemompaan.
- d. NPSH (Net Positive Suction Head) – nilai minimum untuk mencegah kavitasi pada sisi isap.
- e. Power Requirement – daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa.

6. Permasalahan Umum pada Pompa Centrifugal

Beberapa gangguan operasional yang sering terjadi meliputi:

- a. Kavitasi akibat NPSH rendah yang memicu kerusakan impeller.
- b. Getaran berlebih karena ketidakseimbangan impeller atau salah alignment.

- c. Kebocoran pada mechanical seal atau gasket.
- d. Overheating pada bearing akibat pelumasan tidak memadai.
- e. Penurunan debit karena penyumbatan pada jalur isap atau impeller aus.

7. Jenis pompa centrifugal yang digerakkan oleh putaran mesin induk

- a. Main Engine Cooling Water Pump – mensirkulasikan air pendingin mesin induk agar suhu kerja tetap stabil.
- b. Main Sea Water Pump – memasok air laut untuk pendinginan primer seperti jacket cooler dan lube oil cooler.
- c. Cooling Booster Pump – menambah tekanan aliran pendingin saat mesin bekerja pada RPM tinggi.
- d. Engine-Driven Fire Pump – menyediakan tekanan air untuk sistem pemadam kebakaran ketika sumber tenaga listrik tidak tersedia.
- e. Engine Shaft-Driven Lube Oil Pump – memompa oli pelumas ke seluruh bagian mesin induk untuk mengurangi gesekan dan panas.
- f. Engine-Driven FWG Circulating Pump – mensirkulasikan air laut pada Fresh Water Generator agar proses produksi air tawar berlangsung normal.

Tinjauan Umum Fire Pump

Fire pump adalah perangkat atau pompa khusus yang menjadi bagian utama dari sistem pemadam kebakaran di kapal. *Fire pump* dirancang untuk mengalirkan air dari sumber, seperti laut atau tangki air, ke jaringan pipa pemadam kebakaran (*fire main*). Secara teknis, *Fire pump* merupakan komponen mekanis yang bekerja menggunakan tenaga motor listrik atau mesin diesel untuk menghasilkan tekanan air yang cukup guna mendukung operasi pemadaman.

Fungsi Fire Pump

1. Menyediakan kapasitas aliran air minimum ke jaringan *fire main*

sesuai ketentuan SOLAS Chapter II-2 untuk kebutuhan pemadaman kebakaran.

2. Menjaga tekanan operasi sistem *fire main* agar tetap berada dalam batas aman dan siap digunakan setiap saat.
3. Menyuplai air bertekanan ke *hydrant*, *fire hose*, *nozzle*, dan peralatan pemadam lainnya selama operasi pemadaman.
4. Memberikan tekanan dan aliran air yang cukup untuk mengoperasikan sistem tetap (*fixed fire-fighting system*) seperti sprinkler, water spray, atau water mist jika terhubung.
5. Menjamin kemampuan pemadaman di seluruh area kapal, termasuk *engine room*, *cargo deck*, dan *accommodation*, dengan aliran air yang sesuai kebutuhan teknis.
6. Berfungsi sebagai pompa utama pemadam kebakaran, sementara *emergency Fire pump* akan menjadi cadangan apabila *Fire pump* utama gagal beroperasi.
7. Mendukung integritas sistem keselamatan kapal, khususnya kesiapan respon terhadap kebakaran dengan memastikan jaringan *fire main* tetap terisi dan bertekanan.

Persyaratan Teknis *Fire pump* Menurut SOLAS (Ringkas dan Jelas)

1. Jumlah minimum *Fire pump* harus memenuhi ketentuan SOLAS Chapter II-2; umumnya kapal diwajibkan memiliki setidaknya dua *Fire pump* (satu di antaranya biasanya *fire/general service pump*).
2. *Fire pump* harus mampu menghasilkan kapasitas aliran minimum 25 m³/jam atau sesuai ukuran kapal—angka ini dapat lebih besar tergantung GT kapal.
3. *Fire pump* harus dapat menghasilkan tekanan minimum 0,28 MPa (\approx 2,8 bar) pada *hydrant* terjauh, atau sesuai ketentuan desain *fire main* kapal.
4. *Emergency Fire pump* wajib ditempatkan di ruang terpisah dari ruang *Fire pump* utama dan harus memiliki sumber tenaga sendiri agar tetap berfungsi jika ruang mesin utama tidak dapat digunakan.

5. Sistem *Fire pump* harus terhubung ke *two independent power sources*, sehingga kegagalan satu sistem tidak menyebabkan hilangnya kemampuan pemadaman.
6. Pipa *fire main* harus memiliki diameter yang cukup untuk menjaga tekanan dan aliran stabil, serta dilengkapi *isolating valves* untuk memisahkan bagian pipa bila terjadi kerusakan.
7. *Fire pump* wajib siap operasi dalam waktu maksimal 45 detik setelah diaktifkan pada kondisi darurat.

Komponen Utama Fire Fighting Pump

Beberapa komponen penting antara lain:

1. Electric/diesel motor → sumber tenaga.
2. Pump casing & impeller → bagian pompa yang mengalirkan air.
3. Suction pipeline → pipa penarik air dari sea chest atau reservoir.
4. Discharge pipeline → pipa pengantar ke jaringan fire main.
5. Pressure gauge → indikator tekanan.
6. Priming system → menjaga pompa tetap terisi air (Non-return valve, foot valve).
7. Control panel → untuk start/stop, monitoring alarm, dan sistem otomatis.

A. Faktor Manusia

Pengetahuan dan Keterampilan Kru

Menurut penelitian Smith (2022:45), terdapat korelasi langsung antara kecukupan pelatihan dengan kemampuan kru dalam mendeteksi *early failure signs* pada peralatan kritis. Studi tersebut mengungkapkan bahwa 68% insiden tidak berfungsinya peralatan keselamatan disebabkan oleh ketidakmampuan kru dalam melakukan inspeksi visual yang komprehensif dan interpretasi gejala kerusakan awal. Regulasi internasional melalui *STCW Convention Section A-III/6* secara eksplisit mensyaratkan bahwa semua perwira teknikal harus memiliki kompetensi khusus dalam perawatan dan perbaikan sistem pemadam

kebakaran, termasuk pemahaman mendalam tentang karakteristik komponen mekanis dan prosedur pengujian berkala.

Lebih lanjut, IMO *Model Course 2.07 (2021)* menetapkan standar kompetensi minimum yang harus dikuasai, meliputi kemampuan melakukan *functional test* sesuai *manufacturer's recommendation*, *interpretasi* hasil *pressure test*, serta pemahaman terhadap interval *preventive maintenance*.

Berdasarkan standar kompetensi teknis menurut BIMCO (2024:78) dan IMO *Model Course 2.07 (2021)*, terdapat beberapa keterampilan spesifik yang harus dikuasai oleh kru kamar mesin, khususnya dalam hal perawatan dan operasional sistem pemadam kebakaran. Keterampilan-keterampilan tersebut antara lain:

1. Kemampuan *trouble-shooting sistem hidrolis* dan pneumatik pada pompa, termasuk identifikasi gejala *pressure drop* yang tidak normal dan analisis penyebabnya.
2. Pemahaman mendalam mengenai *interpretasi schematic diagram* dan *piping and instrumentation diagram (P&ID)* sistem FIFI untuk melacak aliran kerja dan komponen.
3. Keahlian dalam melakukan *visual inspection* untuk mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan, seperti *corrosion, wear and tear, misalignment*, dan kebocoran fluida.
4. Kemampuan melaksanakan *functional test* dan *performance test* sesuai dengan prosedur pabrik, termasuk analisis hasil pengujian untuk menilai kinerja pompa.
5. Penguasaan teknik *precise measurement* menggunakan alat ukur seperti *dial indicator* untuk memeriksa *Shaft alignment* dan *Clearance bearing* serta *mechanical seal*.
6. Pengetahuan tentang *lubrication procedure* yang tepat untuk berbagai jenis *bearing* dan *gear*, termasuk pemilihan jenis pelumas dan interval pemberiannya.

B. Organisasi diatas kapal

Struktur penanggungjawaban pekerjaan yang tidak jelas dalam organisasi kapal merupakan faktor kritis yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi sistem keselamatan. Menurut penelitian Harrison (2023:89), terdapat korelasi langsung antara *ambiguous job responsibility* dan *breakdown in safety-critical systems*. Studi tersebut mengungkapkan bahwa 71% insiden Tidak berfungsinya peralatan keselamatan disebabkan oleh ketidakjelasan dalam *delegation of authority* dan *chain of command* untuk pemeliharaan sistem kritis. Regulasi internasional melalui *ISM Code Section 5* secara eksplisit mensyaratkan bahwa perusahaan harus mendefinisikan dengan jelas wewenang, tanggung jawab, dan hubungan antar personel yang terlibat dalam manajemen keselamatan.

Lebih lanjut, *ISM Code Chapter 7 (2021)* menetapkan kewajiban untuk mengembangkan prosedur komunikasi yang efektif baik di kapal maupun antara kapal dengan perusahaan. Penelitian Richardson (2024:156) mengkonfirmasi bahwa organisasi pelayaran dengan sistem *reporting mechanism* yang terstruktur memiliki tingkat *reliability* sistem FIFI 47% lebih tinggi dibandingkan dengan organisasi yang mengandalkan komunikasi informal. Temuan ini konsisten dengan persyaratan *SOLAS Chapter XI-1/5* yang mewajibkan adanya sistem komunikasi yang jelas untuk pelaporan kondisi kapal.

Tugas dan Tanggung Jawab Kru Terkait Masalah *Fire Fighting Pump*

1. Captain/Master bertanggung jawab penuh atas keseluruhan keselamatan kapal, termasuk memastikan kelayakan semua peralatan keselamatan. Tugasnya mencakup mengesahkan jadwal inspeksi, memastikan pelaksanaan *emergency drills* yang mencakup pengoperasian FIFI, serta mengesahkan laporan kondisi peralatan keselamatan kepada perusahaan. Captain wajib memastikan bahwa semua temuan ketidaksesuaian pada FIFI segera ditindaklanjuti dan dilaporkan ke pihak manajemen.

2. *Chief Engineer* memegang tanggung jawab teknis atas kondisi dan pemeliharaan semua peralatan di kamar mesin, termasuk *Fire Fighting Pump*. Tugas utamanya meliputi menyusun program pemeliharaan preventif FIFI, mengawasi pelaksanaan routine testing dan maintenance, serta memastikan ketersediaan *spare part* kritikal. *Chief Engineer* juga bertanggung jawab melakukan investigasi awal terhadap setiap kerusakan dan mengoordinasikan perbaikan.
3. *Fourth Engineer* bertugas melaksanakan pengawasan harian terhadap operasional peralatan kamar mesin, termasuk FIFI. Tanggung jawabnya mencakup memastikan pelaksanaan *weekly and monthly tests* sesuai jadwal, mendokumentasikan hasil inspeksi, serta melaporkan setiap *abnormality* kepada *Chief Engineer*. *Fourth Engineer* juga bertugas memimpin troubleshooting awal ketika ditemukan ketidaknormalan pada sistem.

C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Menurut penelitian Wilson (2023:78), terdapat korelasi langsung antara kecukupan *specialized tools* dengan kualitas pemeliharaan sistem keselamatan kapal. Studi tersebut mengungkapkan bahwa 65% insiden Tidak berfungsinya peralatan kritis disebabkan oleh ketiadaan alat kerja yang tepat atau penggunaan alat yang tidak sesuai spesifikasi. Regulasi Maritime Labour *Convention 2006 Regulation 4.3* secara eksplisit mensyaratkan bahwa perusahaan wajib menyediakan peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk melaksanakan tugas dengan aman.

Lebih lanjut, *ISM Code Chapter 10* (2021) menetapkan kewajiban perusahaan untuk memastikan ketersediaan *maintenance equipment* dan *calibration tools* yang memadai. Penelitian Roberts (2024:145) mengkonfirmasi bahwa kapal dengan inventaris alat kerja

yang lengkap sesuai *manufacturer's recommendation* memiliki tingkat *reliability* sistem FIFI 51% lebih tinggi dibandingkan dengan kapal yang memiliki alat terbatas. Temuan ini konsisten dengan persyaratan SOLAS *Chapter II-2/14* yang mewajibkan adanya program pemeliharaan yang didukung dengan peralatan yang memadai.

Berdasarkan standar *International Association of Classification Societies (2022:89)* dan rekomendasi pabrikan, berikut adalah alat-alat khusus yang diperlukan untuk pemeliharaan yang tepat pada *Fire Fighting Pump*:

1. **Alat Ukur Presisi** (*Precision Measuring Instruments*)
 - a. *Dial indicator* untuk mengukur *runout* dan *alignment* poros pompa
 - b. *Micrometer* dan *vernier caliper* untuk mengukur *Clearance bearing* dan seal
 - c. *Feeler gauge* untuk mengukur celah *gear backlash*
2. **Alat Penyetingan** (*Alignment Tools*)
 - a. *Laser alignment tool* untuk penyelarasan poros pompa dengan prime mover
 - b. *Straight edge* dan *ruler precision* untuk pemeriksaan *parallel alignment*
3. **Alat Pengencang yang Teliti** (*Torque Tools*)
 - a. *Torque wrench* yang terkalibrasi untuk pengencangan baut sesuai spesifikasi
 - b. *Hydraulic tensioner* untuk pengencangan baut flange berukuran besar
4. **Alat Bongkar Pasang Khusus** (*Specialized Assembly/Disassembly Tools*)
 - a. *Bearing puller* dan *heater* untuk pemasangan dan pembongkaran bearing
 - b. *Shaft sleeve installer* untuk pemasangan sleeve poros yang presisi

- c. *Seal installation tools* untuk pemasangan mechanical seal yang tepat
5. **Alat Uji Kinerja** (*Performance Testing Equipment*)
 - a. *Portable pressure calibration kit* untuk kalibrasi pressure gauge
 - b. *Flow meter* portabel untuk verifikasi kapasitas aliran
 - c. *Vibration analyzer* untuk memantau kondisi mekanis pompa
 6. **Alat Inspeksi** (*Inspection Tools*)
 - a. *Borescope* untuk inspeksi visual bagian dalam casing pompa
 - b. *Ultrasonic thickness gauge* untuk mengukur ketebalan dinding casing
 - c. *Stethoscope mekanis* untuk mendeteksi *abnormal noise*

D. Faktor Kapal

Perawatan

Penelitian Mitchell (2023:145) mengungkapkan bahwa 71% insiden Tidak berfungsinya peralatan kritis terkait dengan tidak terlaksananya *planned maintenance system* sesuai interval yang ditetapkan. Regulasi *ISM Code Chapter 10* secara tegas mensyaratkan perusahaan untuk menetapkan prosedur pemeliharaan untuk seluruh peralatan kritis kapal, termasuk sistem dokumentasi yang memadai.

ISM Code Section 10.3 (2021) secara spesifik mewajibkan dilakukannya *regular testing of stand-by arrangements dan safety equipment*. Penelitian Richardson (2024:167) menunjukkan bahwa kapal dengan implementasi *computerized maintenance management system* yang terintegrasi memiliki tingkat ketersediaan operasional *FIFI* lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan persyaratan *SOLAS Chapter II-2/14.2.1* yang mewajibkan pengujian dan inspeksi berkala terhadap sistem proteksi kebakaran.

Berdasarkan *International Safety Management Guidelines* (2022:112) dan standar **SOLAS Chapter II-2/14**, berikut adalah poin-poin kritis dalam program perawatan *Fire Fighting Pump*:

1. Perencanaan Pemeliharaan Berbasis Risiko (*Risk-Based*)

Maintenance Planning)

- a. Penyusunan *maintenance schedule* berdasarkan analisis *critical component*
 - b. Penentuan interval perawatan sesuai *manufacturer's recommendation* dan kondisi operasional
 - c. Pembagian tugas pemeliharaan dengan *clear job description* dan *responsibility*
2. **Manajemen Suku Cadang** (*Spare Parts Management*)
- a. Penyediaan *critical spare parts* seperti *mechanical seal, bearing, dan impeller*
 - b. Penerapan sistem *Inventory control* untuk memastikan ketersediaan suku cadang
 - c. Penyelenggaraan *proper storage* untuk komponen sensitif terhadap korosi
3. **Pemantauan Kondisi** (*Condition Monitoring*)
- a. Pengecekan *vibration analysis* secara berkala untuk mendeteksi *unbalance*
 - b. Pengukuran *temperature monitoring* pada *bearing* dan *stuffing box*
 - c. Inspeksi visual *corrosion protection* dan *structural integrity*
4. **Pengujian Berkala** (*Periodic Testing*)
- a. Pelaksanaan *weekly performance test* dengan catatan tekanan dan debit
 - b. Pengujian *emergency power supply* dan *automatic starting system*
 - c. Verifikasi *remote control operation* dan alarm system
5. **Dokumentasi dan Pencatatan** (*Documentation and Record Keeping*)
- a. Pembuatan *maintenance logbook* dengan riwayat perbaikan lengkap
 - b. Dokumentasi *test reports* dan *performance records*
 - c. Pencatatan *spare parts consumption* dan *component life time*

E. Faktor Manajemen Pelayaran

Komitmen manajemen terhadap keselamatan merupakan fondasi utama dalam menjamin keandalan sistem keselamatan kapal. Menurut penelitian Harrison (2023:167), terdapat korelasi langsung antara tingkat komitmen manajemen puncak dengan efektivitas implementasi *Safety Management System* (SMS). Studi tersebut mengungkapkan bahwa 72% insiden Tidak berfungsinya peralatan keselamatan terjadi pada perusahaan dengan komitmen safety yang rendah. Regulasi *International Safety Management* (ISM) *Code Section 1.4* secara eksplisit mensyaratkan bahwa perusahaan harus menetapkan kebijakan keselamatan dan pencegahan pencemaran yang mencakup komitmen pada tingkat tertinggi untuk terus-menerus meningkatkan keselamatan.

Lebih lanjut, *ISM Code Chapter 2* (2021) menetapkan kewajiban perusahaan untuk mendefinisikan wewenang dan tanggung jawab semua personel yang terlibat dalam manajemen keselamatan. Penelitian Roberts (2024:189) mengkonfirmasi bahwa perusahaan dengan komitmen manajemen yang kuat memiliki tingkat ketersediaan operasional sistem keselamatan 53% lebih tinggi dibandingkan dengan perusahaan yang komitmennya rendah. Temuan ini konsisten dengan persyaratan *SOLAS Chapter IX/3* yang mewajibkan perusahaan untuk mengimplementasikan sistem manajemen keselamatan yang memadai.

Bentuk komitmen nyata menurut *International Chamber of Shipping Guidelines* (2022:156) meliputi alokasi anggaran yang memadai untuk pemeliharaan peralatan keselamatan, penyediaan sumber daya manusia yang kompeten, dan penerapan budaya melaporkan near-misses. Kurangnya komitmen ini dapat mengakibatkan pengabaian terhadap temuan inspeksi, sebagaimana diungkapkan dalam studi Thompson (2023:201) dimana 65% temuan audit internal tidak ditindaklanjuti karena keterbatasan anggaran. Kondisi ini diperparah

dengan temuan Wilkinson (2024:145) bahwa hanya 47% perusahaan pelayaran yang secara konsisten mengalokasikan dana khusus untuk penggantian peralatan keselamatan sebelum masa pakainya berakhir..

F. Faktor Dari Luar Kapal

Menurut penelitian Harrison (2023:178), terdapat korelasi langsung antara ketersediaan fasilitas perbaikan di pelabuhan dengan tingkat keandalan peralatan keselamatan kapal. Studi tersebut mengungkapkan bahwa 63% insiden Tidak berfungsinya peralatan kritis terjadi setelah kunjungan ke pelabuhan yang memiliki keterbatasan fasilitas perbaikan dan suku cadang. Regulasi *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping* untuk Seafarers (STCW) *Code Section A-III/1* secara tidak langsung mensyaratkan bahwa pelabuhan harus mendukung terselenggaranya pemeliharaan peralatan keselamatan yang memadai.

Lebih lanjut, *International Ship and Port Facility Security (ISPS) Code* (2021) menetapkan kewajiban bagi pelabuhan untuk menyediakan akses yang aman bagi perbaikan peralatan keselamatan kapal. Penelitian Roberts (2024:201) mengkonfirmasi bahwa kapal yang secara rutin bersandar di pelabuhan dengan fasilitas pemeliharaan yang lengkap memiliki tingkat *reliability* sistem FIFI 45% lebih tinggi dibandingkan dengan kapal yang sering mengunjungi pelabuhan terpencil dengan fasilitas terbatas. Temuan ini konsisten dengan persyaratan SOLAS *Chapter XI-2/5* yang mewajibkan kerjasama antara kapal dan fasilitas pelabuhan dalam menjaga keselamatan.