



**MITIGASI PENURUNAN PERFORMA KETEL UAP
GUNA MENJAGA TEMPERATUR MUATAN DI
MT.GALUNGGUNG**

Skripsi

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Pelayaran Pada
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

Oleh

HENDRIK MANGIHUT TUA

572011237697 T

**PROGRAM STUDI TEKNIKA DIPLOMA IV
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
SEMARANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

MITIGASI PENURUNAN PERFORMA KETEL UAP GUNA MENJAGA TEMPERATUR MUATAN DI MT.GALUNGGUNG

Disusun Oleh:

HENDRIK MANGIHUT TUA
NIT. 572011237697 T

Telah disetujui dan diterima, selanjutnya dapat diujikan di depan Dewan Penguji

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Semarang, 2025

Dosen Pemimbing I
Materi

Dosen Pembimbing II
Metodelogi dan Penulisan

Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T., M.Mar.E
NIP. 19730331 200604 1 001

MOHAMMAD SAPTA HERIYAWAN, S.Kom.,M.SI.
NIP. 19860926 200604 1 001

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknika

Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T., M.Mar.E
NIP. 19730331 200604 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Mitigasi Penurunan Performa Ketel Uap Guna Menjaga Temperatur Muatan Di MT. Galunggung” karya,

Nama : Hendrik Mangihut Tua

NIT : 572011237697 T

Program studi : D-IV TEKNIKA

Telah dipertahankan dihadapan Panitia penguji Skripsi Prodi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang pada hari....., tanggal.....2025

Semarang,.....2025

Penguji I : DIDIK DWI SUHARSO, S.Si.T., M.Pd.
NIP. 19770920 200912 1 001

Penguji II : Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T., M.Mar.E
NIP. 19730331 200604 1 001

Penguji III : MOHAMMAD SAPTA HERIYAWAN, S.Kom., M.SI.
NIP. 19860926 200604 1 001

Mengetahui,

Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Dr. Ir. Mafrisal, M.T., M.Mar.E
NIP. 19730205 199903 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hendrik Mangihut Tua

NIT : 572011237697 T

Progam studi : D-IV TEKNIKA

Skripsi dengan judul “Mitigasi Penurunan Performa Ketel Uap Guna Menjaga Temperatur Muatan Di MT. Galunggung”.

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya (penelitian dan tulisan) sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain atau mengutip dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika ilmiah dalam karya ini.

Semarang,.....2025

Yang membuat pernyataan,

HENDRIK MANGIHUT TUA

572011237697 T

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Jadilah pemimpin dalam hidupmu, Bukan pengikut.
2. Jadilah manusia yang bisa memanusiakan manusia.
3. Perjalanan yang di dasari oleh tuntutan, sebuah tuntutan takkan membuat rasa Bahagia kita tumbuh dengan sempurna tapi di sisi lain itulah yang kita butuhkan dalam hidup ini. Tuntutan terbaik adalah yang bisa menjadi tuntunan dan tuntunan terbaik adalah yang bisa membawa kita ke tujuan.

Persembahan :

Skripsi ini dipersembahkan dengan penuh rasa syukur dan cinta kepada

1. Orang Tua Tercinta Ayah dan Ibu, yang selalu menjadi inspirasi hidup saya, dengan doa, cinta, dukungan, dan pengorbanan tanpa batas.
2. Almamater Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, terutama Angkatan 57.
3. Perusahaan PT. Pertamina International Shipping.

Prakata

Damai Sejahtera bagi kita semua. Segala puji dan rasa syukur sebagai pujian kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan nikmat, karunia dan rahmat-Nya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penelitian ini berjudul “Mitigasi Penurunan Performa Ketel Uap Guna Menjaga Temperatur Muatan Di MT. Galunggung” Dalam proses penyusunan penelitian ini, peneliti menyadari sepenuhnya bahwa tanpa dukungan, motivasi, dan bantuan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini, peneliti dengan tulus menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Mafrisal, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, yang telah memberikan kemudahan serta dukungan dalam menuntut ilmu di Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
2. Dr. Ali Muktar Sitompul, M.T., M.Mar., selaku Ketua Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, yang telah memberikan kemudahan dan dukungan dalam proses menuntut ilmu di Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
3. Dr. Ali Muktar Sitompul, M.T., M.Mar., selaku Dosen Pembimbing Materi Penulisan Penelitian, yang dengan penuh kesabaran dan tanggung jawab telah memberikan dukungan, bimbingan, serta arahan yang sangat berarti dalam penyusunan penelitian ini.
4. Mohammad Sapta Heriyawan, S.Kom.,M.SI., selaku Dosen Pembimbing Metode Penulisan Penelitian, yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta arahan yang sangat berharga dalam penyusunan penelitian ini.

5. Pimpinan dan karyawan PT. Pertamina International Shipping yang telah memberikan peneliti untuk melakukan penelitian dan praktek di atas kapal MT. Galunggung.
6. Seluruh *crew* kapal MT. Galunggung yang telah membantu peneliti dalam melaksanakan penelitian.
7. Orang tua tercinta, keluarga tercinta, yang telah memberikan dukungan luar biasa dan tanpa henti sepanjang proses penelitian ini.
8. Seluruh teman-teman angkatan 57 yang telah memberikan motivasi serta membantu peneliti dalam proses penyusunan penelitian ini.
9. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang tak terhingga, yang tidak dapat peneliti sebutkan satu per satu.

Peneliti berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik bagi dirinya sendiri maupun bagi orang lain. Dengan penuh kesadaran, peneliti mengakui bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif untuk menyempurnakan penelitian ini.

Semarang,.....2025
Peneliti

HENDRIK MANGIHUT TUA
572011237697 T

ABSTRAKSI

Tua, Hendrik Mangihut. NIT. 572011237697 T, 2025, “Mitigasi Penurunan Performa Ketel Uap Guna Menjaga Temperatur Muatan Di MT. Galunggung”, Skripsi. Program Diploma IV, Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Pembimbing I: Dr. Ali Muktar Sitompul, M.T., M.Mar.E, Pembimbing II: Dr. Mohammad Sapta Heriyawan, S.Kom., M.SI.

MT. Galunggung merupakan kapal tanker produk milik PT Pertamina International Shipping yang digunakan untuk mengangkut bahan bakar minyak. Kapal ini dilengkapi dengan sistem pemanas berbasis ketel uap untuk menjaga suhu muatan tetap stabil selama pelayaran maupun proses bongkar muat. Salah satu komponen vital dalam sistem tersebut adalah ketel uap tipe Aalborg Mission OL yang berfungsi sebagai penghasil uap panas untuk pemanas muatan, bahan bakar, dan kebutuhan domestik lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dan menganalisis upaya mitigasi terhadap penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung yang berdampak pada ketidakstabilan temperatur muatan. Penelitian dilakukan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang dikombinasikan dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk menelusuri akar permasalahan secara sistematis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama penurunan performa ketel uap adalah kebocoran pada salah satu pipa ketel akibat korosi internal yang tidak terdeteksi dalam perawatan rutin. Kondisi ini menyebabkan tekanan uap tidak mencapai standar operasional sebesar 0,9 MPa(g), sehingga sistem pemanas muatan tidak bekerja secara optimal. Dampaknya mencakup keterlambatan proses bongkar muat, peningkatan konsumsi bahan bakar, potensi risiko keselamatan, serta gangguan terhadap jadwal operasional kapal. Upaya mitigasi dilakukan melalui perbaikan pipa dengan pengelasan, uji tekanan (*hydrostatic test*), dan evaluasi operasional. Selain itu, tindakan preventif seperti inspeksi berkala, pengolahan air ketel, dan pelatihan teknisi juga diterapkan. Penelitian ini menekankan pentingnya perawatan preventif dan pemantauan kualitas air ketel untuk menjaga keandalan sistem uap kapal.

Kata kunci: Kebocoran pipa, Ketel uap, Performa, Temperatur Muatan

ABSTRACT

Tua, Hendrik Mangihut. NIT. 572011237697 T, 2025, “*Mitigation of Steam Boiler Performance Decrease to Maintain Cargo Temperature at MT. Galunggung*”, Thesis. Diploma IV Program, Engineering Study Program, Semarang Maritime Polytechnic, Advisor I: Dr. Ali Muktar Sitompul, M.T., M.Mar.E, Advisor II: Dr. Mohammad Sapta Heriyawan, S.Kom., M.SI.

MT. Galunggung is a product tanker owned by PT Pertamina International Shipping which is used to transport fuel oil. This ship is equipped with a boiler-based heating system to maintain a stable cargo temperature during shipping and loading and unloading processes. One of the vital components in the system is the Aalborg Mission OL type boiler which functions as a steam generator for heating cargo, fuel, and other domestic needs.

This study aims to identify the causes and analyze mitigation efforts against the decline in boiler performance on the MT. Galunggung ship which has an impact on cargo temperature instability. The study was conducted using a qualitative descriptive method. This study uses a qualitative descriptive method combined with the Root Cause Analysis (RCA) method to systematically trace the root of the problem.

The results of the study indicate that the main cause of the decline in boiler performance is a leak in one of the boiler pipes due to internal corrosion that was not detected during routine maintenance. This condition causes the steam pressure to not reach the operational standard of 0.9 MPa(g), so that the cargo heating system does not work optimally. The impacts include delays in the loading and unloading process, increased fuel consumption, potential safety risks, and disruption to the ship's operational schedule. Mitigation efforts were carried out through pipe repairs with welding, pressure testing (hydrostatic test), and operational evaluation. In addition, preventive measures such as periodic inspections, boiler water treatment, and employee training were also implemented. This study highlights the importance of preventive maintenance and monitoring of ship water quality to maintain steam system permits.

Keywords: Pipe leakage, Steam boiler, Performance, Load temperature

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
Prakata.....	vi
ABSTRAKSI.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Fokus Penelitian	2
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB III METODELOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
A. Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
B. Tempat penelitian	Error! Bookmark not defined.
C. Sampel Sumber Data Penelitian/Informan.....	Error! Bookmark not defined.
D. Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
E. Instrumen Penelitian	Error! Bookmark not defined.
F. Teknik Analisis Data Kualitatif	Error! Bookmark not defined.
G. Pengujian Keabsahan Data.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
A. Gambaran Konteks Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
B. Deskripsi Data	Error! Bookmark not defined.
C. Temuan.....	Error! Bookmark not defined.

D. Pembahasan Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	28
SIMPULAN DAN SARAN	28
A. Simpulan	28
B. Keterbatasan Penelitian.....	29
C. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN LAMPIRAN	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Piping Prinsip Kerja Ketel Uap di MT. Galunggung	8
Gambar 2.2 Ketel Pipa Air	9
Gambar 2.3 Ketel Uap Pipa Api	9
Gambar 2.4 Kerangka Penelitian.....	27
Gambar 4.1 Logo PT. Pertamina International Shipping.....	43
Gambar 4.2 MT. Galunggung	48
Gambar 4.3 MT. Galunggung	50
Gambar 4.3 MT. Galunggung	50
Gambar 4.4 Ketel Uap yang Terdapat di kapal MT.Galunggung.....	53
Gambar 4.5 Jenis Ketel uap yang Digunakan di kapal MT. Galunggung	55
Gambar 4.6 Root Cause Analysis Penelitian.....	61
Gambar 4.7 Kebocoran Pipa dan Adanya Korosi.....	63
Gambar 4.8 Korosi Pipa Air Ketel uap	68
Gambar 4.9 Proses Pengelasan Pipa	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aalborg Boiler's Boiler Water Standar Values.....	12
Tabel 4. 1 Penelitian terdahulu	41
Tabel 4. 2 Ship Paticular MT. Galunggung	44
Tabel 4. 3 Crew List MT. Galunggung.....	46
Tabel 4. 4 Spesifikasi Ketel uap Aalborg Mission OL horizontal Kapal MT. Galunggung.....	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Transkrip Wawancara.....	78
Lampiran 2: <i>Crew List</i>	82
Lampiran 3: <i>Ship Particular</i>	83
Lampiran 4: Dokumentasi	84
Lampiran 6: Daftar Riwayat Hidup	88



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi laut yang sangat penting, pada kapal niaga peranannya adalah untuk mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lain yang sulit diakses melalui jalur darat. Di masa persaingan yang semakin ketat ini, apalagi dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan transportasi laut, peran kapal laut menjadi sangat penting. Kapal dapat melanjutkan perjalanan tepat waktu dan sesuai jadwal. Untuk kelancaran pengoperasian kapal tersebut harus di dukung oleh permesinan bantu yang bagus. Kapal MT. Galunggung adalah salah satu jenis kapal tanker yang memuat bahan bakar dan kadang minyak mentah. Untuk kelancaran proses bongkar muat kapal MT. Galunggung dibutuhkan pemanasan terhadap muatan agar muatan bisa di pompa keluar kapal, sehingga diperlukan permesinan bantu untuk memanasi muatan tersebut yaitu ketel uap.

Ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang mampu menghasilkan uap panas pada tekanan lebih dari 1 atmosfer dengan cara memanaskan air dalam tabung tertutup dengan udara panas hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara dan ketel uap dibuat dari material yang tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan tinggi. Ketersediaan uap panas bertujuan untuk kelancaran pengoperasian permesinan, proses bongkar muat, pemanas dan lainnya, sehingga apabila terjadi permasalahan pada proses menghasilkan uap akan mengganggu operasional kapal.

Kelancaran pengoperasian ketel uap yaitu ketika semua parameter operasional seperti tekanan, suhu, aliran air, pembakaran, dan kualitas air berada dalam rentang yang aman dan efisien. Tekanan uap normal pada ketel uap kapal MT. Galunggung di 1.6 MPa(g) dan bisa sampai dengan 1.8 MPa(g), sehingga melakukan bongkar muatan membutuhkan waktu 1-2 hari dengan tekanan uap 1.6 MPa(g), dengan kapasitas 550-600 kl/jam.

Pada saat peneliti melaksanakan praktik laut (PRALA) di MT. Galunggung milik PT. Pertamina International Shipping (PIS) selama 12 bulan, Pada tanggal 10 November 2022 ketika kapal sedang melakukan proses bongkar muatan antar kapal (*Ship to Ship / STS*) di Balikpapan, Kalimantan Timur, Ketel uap mengalami proses pembakaran yang terlalu lama yaitu sekitar kurang lebih 2 jam tidak mampu menghasilkan uap yang bertekanan 1.6 MPa(g), mengakibatkan ketel uap tidak bekerja secara optimal sehingga menyebabkan proses bongkar muatan terlalu lama dan apabila dibiarkan terlalu lama akan mempengaruhi kelancaran operasional kapal.

Dari latar belakang diatas peneliti tertarik menulis judul “Mitigasi Penurunan Performa Ketel Uap Guna Menjaga Temperatur Muatan di MT. Galunggung”.

B. Fokus Penelitian

Dalam suatu penulisan, hal-hal yang akan diterangkan oleh penulis haruslah sesuai dengan topik utama dalam pembahasan yang akan menjadi fokus pada penelitian dan juga memudahkan pembaca untuk memahami topik pembahasan. Dari banyak nya permasalahan pada kapal bagaimana keterbatasan peneliti

dalam hal waktu, biaya dan tempat. Kemudian sehingga peneliti memfokuskan permasalahan pada penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung.

C. Rumusan Masalah

Dengan berdasarkan latar belakang yang sudah peneliti sampaikan, maka peneliti merumuskan rumusan masalah sebagai berikut ini:

1. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?
2. Dampak apa saja yang ditimbulkan dari penyebab penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?
3. Apa upaya yang dilakukan untuk mengatasi penyebab penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang hendak saya capai untuk menyusun penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung.
2. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari penyebab penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung.
3. Untuk mencari solusi upaya yang dilakukan guna mengatasi penyebab penurunan ketel uap di MT. Galunggung.

E. Manfaat Penelitian

Terdapat manfaat dari penelitian ini baik secara teoritis maupun secara praktis, yakni:

1. Manfaat teoritis

- a. Untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca, ataupun kalangan umum memahami tentang permasalahan penurunan performa ketel uap.
- b. Memberikan tambahan bagi seluruh taruna/i sekolah pelayaran khususnya taruna/i PIP Semarang tentang permasalahan-permasalahan dan mengatasinya terhadap permesinan bantu ketel uap di kapal.

2. Manfaat praktis

- a. Diharapkan hasil penelitian ini dapat berfungsi sebagai referensi bagi *crew* mesin kapal tentang peningkatan efisiensi operasional ketel uap di kapal, seperti temperatur muatan yang lebih optimal.
- b. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk *crew* MT. Galunggung ketika akan menangani penurunan performa ketel uap dapat menjadi referensi atau suku cadang perusahaan.
- c. Bagi perusahaan dapat menjadi rujukan atau referensi guna penyediaan suku cadang ketel uap diatas kapal.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

Deskripsi teori ditulis dengan tujuan untuk mempermudah suatu upaya pembahasan terkait permasalahan yang di angkat peneliti selama melaksanakan praktek laut yang berjudul yaitu “Mitigasi penurunan performa ketel uap guna menjaga temperatur muatan di MT. Galunggung”.

1. Pengertian Mitigasi

Menurut Ramadhani et al., (Ramadhani et al., 2023), Mitigasi adalah serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi atau meminimalkan dampak negatif dari suatu kegagalan operasi, seperti kersusakan, kecelakaan, gangguan sistem, atau risiko dalam suatu proses. kata *mitigasi* berasal dari bahasa latin, yaitu *mitigare*, yang berarti melembutkan, meredakan, atau mengurangi keparahan. Kata ini kemudian diserap ke dalam bahasa Inggris menjadi *mitigate*, yang memiliki arti *to make something less harmful, serious, or severe*, atau dalam bahasa Indonesia, mengurangi dampak yang merugikan. terutama untuk menggambarkan upaya preventif dan korektif guna mengurangi risiko atau bahaya dari suatu sistem atau peristiwa.

Sedangkan menurut Wilastari & Hidayat (Wilastari et al., 2021), Mitigasi dalam pengoperasian ketel uap mencakup upaya seperti pemeliharaan rutin, pengendalian tekanan dan suhu, serta pengawasan terhadap kualitas air umpan, yang semuanya bertujuan untuk mencegah

gangguan yang dapat menyebabkan penurunan performa atau bahkan kerusakan serius.

Sejalan dengan itu, menurut Rahmawati (Rahmawati, 2018) dalam *Steam Plant Operation*, mitigasi merupakan bagian dari sistem keselamatan ketel yang mencakup desain proteksi berlapis seperti katup pengaman, kontrol otomatis, dan alarm tekanan, yang dirancang untuk menjaga kestabilan operasi dan mencegah kondisi overheat atau overpressure.

Pendapat ini diperkuat oleh Eastop dan McConkey (1993), yang menekankan bahwa sistem ketel harus dilengkapi dengan mekanisme mitigasi untuk menjamin kestabilan ketel dan efisiensi energi, terutama ketika digunakan dalam proses industri berskala besar. Dengan demikian, mitigasi dalam sistem ketel uap tidak hanya berfungsi sebagai pencegahan kecelakaan, tetapi juga sebagai strategi untuk menjaga keandalan dan kontinuitas proses produksi secara menyeluruh.

2. Pengertian Penurunan performa

Menurut Eastop dan McConkey (1993), Penurunan performa merupakan kondisi di mana suatu sistem tidak lagi mampu bekerja secara optimal dalam memenuhi fungsi operasionalnya, termasuk dalam menjaga kestabilan suhu atau temperatur muatan. Dalam sistem pemanas seperti ketel uap, performa yang menurun dapat ditandai dengan berkurangnya efisiensi pemanasan, tidak stabilnya suhu uap, atau keterlambatan dalam mencapai temperatur kerja yang diinginkan. Ketika performa ketel mengalami penurunan, maka kemampuan sistem dalam menjaga temperatur

muatan akan terganggu, sehingga dapat memengaruhi kualitas proses atau produk yang dipanaskan.

Penurunan performa tidak hanya berdampak pada efisiensi energi, tetapi juga dapat menurunkan produktivitas serta meningkatkan risiko gangguan sistem. Oleh karena itu, penting dilakukan pemeliharaan rutin dan evaluasi performa ketel untuk menjaga kestabilan temperatur muatan dan keberlangsungan proses secara keseluruhan.

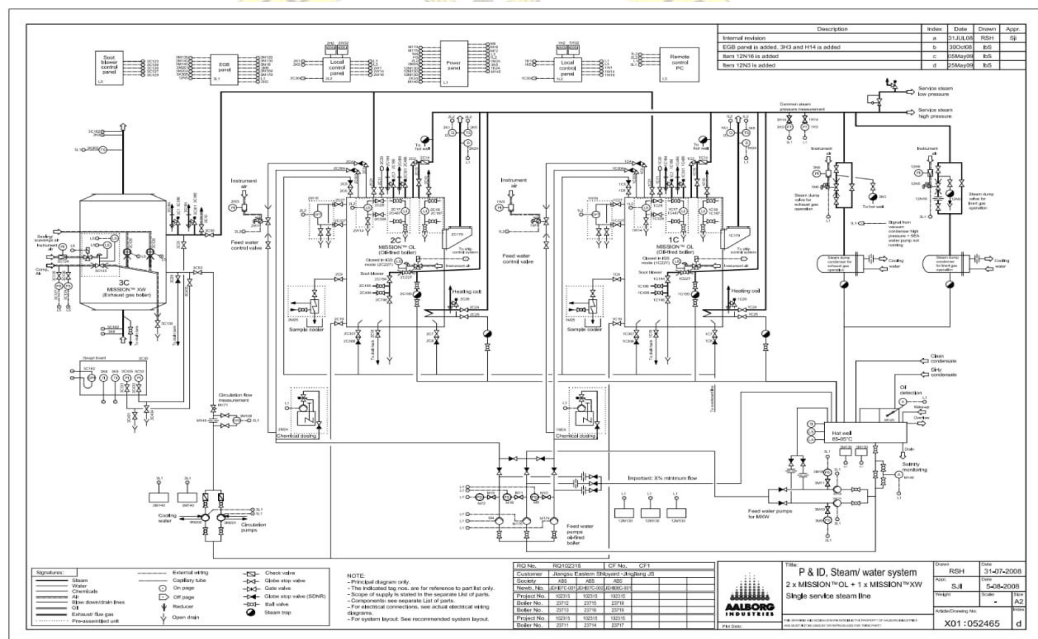
3. Ketel uap

Pada saat ini, masih terdapat instalasi Ketel Uap di kapal, baik sebagai mesin utama maupun sebagai pendukung permesinan bantu. Sebagai mesin utama, ketel ini berfungsi untuk menggerakkan turbin uap yang kemudian menggerakkan baling-baling kapal, memungkinkan kapal bergerak maju atau mundur. Sementara itu, penggunaan mesin uap torak kini sudah sangat jarang ditemukan, bahkan bisa dikatakan hampir tidak digunakan lagi.

Sebagai permesinan bantu, ketel uap digunakan untuk mengoperasikan berbagai permesinan, proses bongkar muat atau pompa muatan. Selain itu, peran utamanya adalah sebagai sumber panas, digunakan untuk memanaskan bahan bakar, air akomodasi, muatan serta ruangan dapur di kapal. Meskipun uap memiliki berbagai fungsi di kapal, satu hal yang pasti adalah dibutuhkan suatu peralatan untuk menghasilkan uap guna memenuhi seluruh kebutuhan tersebut. Peralatan yang berfungsi untuk menghasilkan uap ini disebut dengan Ketel Uap.

Secara keseluruhan, Ketel Uap terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu ruang bakar (*furnace*), drum uap (*steam drum*) di bagian atas, drum air (*water drum*) di bagian bawah, header atau pipa air, saluran pembuangan gas sisa pembakaran (*funnel*), serta berbagai perlengkapan pendukung keselamatan (*safety equipment*).

Menurut Syahputra et al., (Syahputra et al., 2020) Ketel uap adalah sebuah bejana tertutup menghasilkan uap dengan tekanan lebih besar dari 1 (satu) atmosfer atau 1 (satu) bar.



Gambar 2.1 Diagram Piping Prinsip Kerja Ketel Uap di MT. Galunggung

Sumber: *Manual Book*

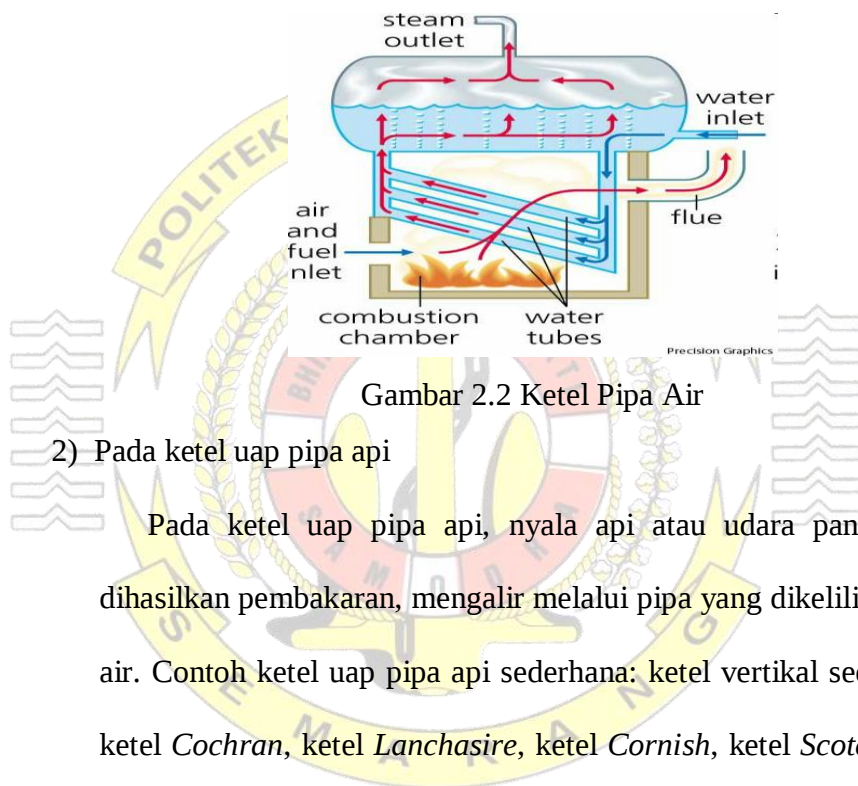
4. Klasifikasi ketel uap

Klasifikasi mengenai ketel uap, seperti beberapa klasifikasi ketel uap yang biasa di temukan dan dapat dijabarkan dengan memperhatikan dari jenis, proses kerja, serta bagiannya.

a. Berdasarkan isi pipa

1) Pada ketel uap pipa air

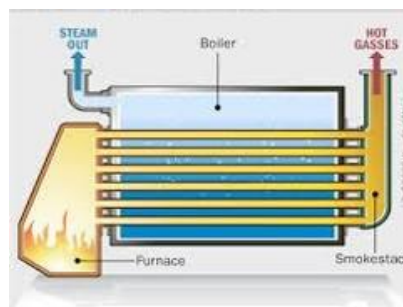
Pada ketel pipa air, air dimasukkan ke dalam pipa dimana pipa dikelilingi oleh nyala api atau udara panas dari luar. Contoh ketel jenis seperti: ketel *Babcock and Wilcox*, ketel *Stirling*, ketel *La-Mont*, ketel *Benson*, ketel *Yerrow* and ketel *Loeffler*.



Gambar 2.2 Ketel Pipa Air

2) Pada ketel uap pipa api

Pada ketel uap pipa api, nyala api atau udara panas yang dihasilkan pembakaran, mengalir melalui pipa yang dikelilingi oleh air. Contoh ketel uap pipa api sederhana: ketel vertikal sederhana, ketel *Cochran*, ketel *Lanchashire*, ketel *Cornish*, ketel *Scotch*, ketel *Velcon*



Gambar 2.3 Ketel Uap Pipa Api

- b. Perbedaan ketel uap pipa air dan pipa api dapat dibandingkan dalam beberapa hal seperti:

1) Tekanan uap

Ketel pipa air karena konstruksi kecil dapat tahan terhadap tekanan untuk instalasi turbin, tekanan uap yang diijinkan adalah 18 atm.

2) Beratnya

Agar mendapatkan uap tertentu, baik berat maupun volume air pada ketel pipa air adalah lebih kecil.

3) Ruangan ketel

Ketel pipa air menempati ruangan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ketel pipa api karena:

- a) Luas pemanasnya yang dibentuk pipa air yang kecil sehingga menempati ruangan yang lebih kecil pada luas yang sama.
- b) Lebar ketel pipa air hampir sama lebarnya dengan dapurnya.
- c) Penyerahan panas pada pipa yang kecil lebih besar hingga sudah cukup untuk memanasi luas pemanas yang kecil.

4) Suhu uap

Ketel pipa air dapat menghasilkan suhu uap yang lebih tinggi karena tekanan tinggi dan penempatan dari pipa panas lanjut.

5) Volume dapur

Pada ketel pipa air mempunyai volume yang besar sehingga banyak memberi kesempatan pada bahan bakar untuk terbakar dengan sempurna.

6) Perlengkapan air pengisi

Pada waktu ketel pipa air karena volume kecil dan juga luas permukaan air yang kecil, maka tinggi air akan cepat berubah agak cepat, terutama pada pemakaian uap yang berubah sehingga dalam hal ini harus dikehendaki bahwa ketel pipa air harus dilengkapi dengan alat pengisi otomatis.

7) Kualitas air pengisian

Pada ketel pipa air memerlukan kualitas air pengisi lebih baik jika dibandingkan dengan ketel pipa api, pada ketel pipa air penguapan yang cepat, sehingga bila kualitas air pengisi kurang maka kadar kotoran tadi akan terjadi di bagian bawah yang langsung berhubungan dengan gas panas yang dapat menyebabkan pipa mudah terbakar, sedangkan ketel pipa api endapan kotoran akan terjadi di bagian bawah lorong

c. Syarat air pengisian ketel

Gunarti et al., (Gunarti et al., 2021) menjelaskan bahwa air ketel harus memenuhi syarat-syarat, yaitu: bebas dari kotoran, bebas dari gas yang memicu korosif, bebas dari kekerasan, bebas dari kadar garam, bebas dari keasaman dan harus bersifat alkalis (basa). Pada dasarnya air yang digunakan sebagai air umpan pengisian ketel di kapal biasanya bersumber dari air tawar bunker dari darat maupun air tawar hasil proses kondensasi permesinan bantu Fresh Water Generator yang masih mengandung zat atau pengotor lainnya. Agar mengetahui kualitas air

pengisi ketel harus dilakukan pengetesan terhadap air ketel serta melakukan perbandingan dengan syarat dan standar kandungan zat yang boleh ada di dalam air ketel tersebut, standar kandungan zat dalam air ketel yang harus diperiksa meliputi Ph, hardness, oil, iron, chloride, phosphate, dan hydrazine.

Tabel 2.1 *Aalborg boiler's boiler water standar values*

	Unit	Feed water	Boiler water
Appearance	-	Clear and free of mud	Clear and free of mud
Hardness	Ppm CaCO_3	0 - 5	-
Chloride content	Ppm Cl^-	<15	<100
"P" alkalinity	Ppm CaCO_3	-	100 - 150
Total (T) alkalinity	Ppm CaCO_3	-	<2 x "P" - Alkalinity
PH-value at 25°C	-	8.5 - 9.5	10.5 - 11.5
Hydrazine excess	Ppm N_2H_4	-	0.1 - 0.2
Phosphate excess	Ppm PO_4	-	20 - 50
Specific density at 20°C	Kg/m^3	-	<1.003
Conductivity at 25°C	$\mu\text{S/cm}$	-	<2000
Oil content	-	NIL	NIL

(Sumber: Intruction Manual Book)

d. Persyaratan standar ketel uap

Ketel uap ada beberapa spesifikasi dan operasional proses kerja yang berbeda, adapun persyaratan standar Ketel uap berikut:

- 1) Ketel uap dalam waktu tertentu harus dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dan tekanan lebih besar dari 1 (satu) atmosfer

(bar). Uap yang dihasilkan harus sedikit mungkin mengandung kadar air, agar tidak cepat merusak pipa uap dan instalasi lain yang membutuhkan uap.

- 2) Pemakaian uap harus sehemat mungkin dan dapat seimbang antara pemakaian uap dan produksi uap dari Ketel uap tersebut. Pengopakan Ketel uap diharapkan sehemat mungkin pemakaian bahan bakarnya dan tenaga uap yang dipergunakannya.
- 3) Ketel uap yang dilengkapi dengan pemanas uap lanjut, suhu uap tidak boleh berubah-ubah dan harus dapat diatur dengan mudah.

Ketel uap pipa air dilengkapi dengan beberapa peralatan keamanan atau apendasis ketel antara lain katup uap utama, katup keamanan, katup cerat udara, katup kontrol tekan uap, katup pengisian air ketel, katup buang permukaan air ketel, katup tekan sirkulasi air ketel, katup kontrol permukaan air ketel sisi uap, katup kontrol permukaan air ketel sisi air, katup isap sirkulasi air ketel, dan katup buang kotoran dasar air ketel.

Perlengkapan suatu ketel uap seperti yang diisyaratkan oleh Undang-Undang Uap terdiri dari alat-alat yang meliputi katup keamanan, manometer, gelas duga, pengisi air, kran penutup air, kran penguras, kran uap utama, plat stempel, dan aparat tanda bahaya.

Adapun penjelasan dan kegunaan dari aparat tersebut diatas berikut:

1) Apendasi yang berhubungan dengan ruang uap

a) Katup keamanan:

Kegunaan dari katup keamanan adalah Untuk mencegah agar tekanan di dalam ketel uap tidak melebihi dari tekanan kerja yang ditentukan menurut aturan. Untuk segera menghentikan kerja ketel dengan mengeluarkan uap atau air sewaktu terjadi kerusakan pada ketel. Untuk segera mengosongkan ketel jika oleh petugas dikehendaki segera dilakukan pemeriksaan.

b) katup uap utama dan katup uap bantu

Kegunaan alat ini untuk mengatur pemberian uap pemanasan muatan, sedangkan katup uap bantu digunakan mengatur uap pesawat bantu. Katup harus dipasang sedekat mungkin dengan Ketel Uap dan katup harus dapat dibuka dan ditutup dengan lancar dan baik.

c) Manometer

Kegunaan alat ini untuk menunjukan tekanan uap yang berada dalam sebuah ketel dengan jelas dan tepat.

2) Apendasi yang berhubungan dengan ruang air

a) Kegunaan katup pengisi ketel

Untuk mengatur jumlah air pengisi yang masuk kedalam ketel. Untuk mencegah agar air ketel tidak kembali keluar saluran pengisi pada saat ada gangguan pada pompa pengisi.

b) Kran spui dan kran brein

Kran spui dan kran brein digunakan untuk membuang sebagian air yang berada dalam ketel yang mengandung zat atau endapan yang tidak diijinkan terkandung dalam air ketel.

c) Katup buang kotoran permukaan air ketel

Kegunaan dari katup keamanan ini adalah untuk membuang sebagian air yang berada pada permukaan air ketel dari kotoran, dan buih.

e. Penanganan air ketel

Dalam air ketel ada bahan-bahan yang tidak diinginkan dan disebabkan karena adanya rembesan pada pipa-pipa kondensor zat yang tidak diinginkan ikut dengan air umpan untuk pengisi kekurangan karena pemakaian dan kebocoran. Bahan-bahan yang dapat ikut dengan air meliputi calcium, magnesium, calcium chloride, magnesium chlorid natrium chloride, gas-gas, dan bahan organis.

Adanya bahan dalam kandungan air ketel yang umumnya tidak berguna menimbulkan:

1) Pengendapan di dalam ketel dan di luar ketel

a) Pengendapan di dalam ketel

Jika garam tetap keadaan larut tidak akan menimbulkan kesukaran asal batas konsentrasi belum dilampaui, endapan yang berupa endapan lunak dan melayang dan endapan keras dan menempel berupa batu yang menjadikan suhu menjadi tinggi dan memperkecil penampang dari pipa, sirkulasi air terganggu.

b) Pengendapan di luar ketel

Jenis pengendapan yang ikut beredar dengan uap dapat menempel pada sudu-sudu mengakibatkan kenaikan suhu bahan sehingga kekuatan bahan kurang terjadi perubahan bentuk atau korosi.

2) Korosi

Sebagian besar orang, korosi diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap musuh umum masyarakat. 'Karat' (rust), adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan korosi adalah gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam (Wilastari et al., 2021).

f. Syarat air ketel

Berdasarkan instruction manual book dari hasil pemeriksaan air ketel (normal) meliputi tidak boleh mengakibatkan endapan keras dan melekat, jenis garam yang masih ikut harus dijaga pada kadar yang rendah, tidak boleh ada gas yang mengakibatkan korosi, nilai pH dari air tidak boleh pada tingkat yang agresif pada baja. Untuk menghilangkan kandungan yang merugikan pada air pengisi ketel maka diadakan pengetesan dengan standard normalnya yaitu pH test 10,5-11,5, hydrazine test 0.1-0.2ppm, phosphate test 20-50ppm, p-alkalinity test 100-150ppm, t-alkalinity test $<2 \times$ p-alkalinity, chloride test <100 ppm.

Maka di atas kapal perlu diadakan penjadwalan secara terencana supaya kegiatan kerja terprogram. Adapun contoh aktivitas dikapal khususnya dikamar mesin sebagai berikut:

- 1) Dilakukan penggantian air (*blow down*), bila kadar tertentu melebihi standar.
- 2) Dilakukan pengetesan air setiap tiga hari sekali.
- 3) Dilakukan penambahan chemical pada tangki cascade menurut hasil pengetesan, guna menambah PH sampai standar.
- 4) Diadakan penceratan pada hasil produksi uap.
- 5) Pembersihan pada ruang bakar (Furnace).
- 6) Pembersihan pada saringan/filter bahan bakar.
- 7) Pembersihan kerak sisa pembakaran pada Burner.

Jadwal perawatan harus dilaksanakan secara rutin dan teratur untuk mempertahankan usia ketel dapat memproduksi uap secara maksimal.

5. Faktor-faktor penyebab penurunan performa ketel uap

Penurunan performa ketel uap bisa terjadi karena berbagai faktor yang memengaruhi efisiensi, keamanan, dan umur pakai ketel. Berikut adalah pengertian dari beberapa faktor penyebab utamanya:

a) Produksi uap terlalu lama

- 1) Kualitas air pengisian yang kurang baik

Air umpan yang tidak diolah dengan baik mengandung mineral, oksigen, dan karbon dioksida yang dapat menyebabkan pembentukan kerak (*scale*) dan korosi pada pipa dan permukaan

pemanas. Kerak yang terbentuk akan menghambat proses perpindahan panas, sehingga ketel membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan jumlah uap yang sama. Selain itu, korosi dapat menyebabkan kebocoran dan penurunan efisiensi sistem secara keseluruhan.

2) Pembentukan kerak (*Scale*)

Kerak terbentuk karena pengendapan mineral seperti kalsium dan magnesium yang ada pada air umpan. Ketika air dipanaskan, mineral-mineral ini mengendap dan menempel pada permukaan pipa pemanas, menyebabkan lapisan isolasi yang menghambat perpindahan panas. Hal ini mengurangi efisiensi ketel, karena lebih banyak energi yang terbuang untuk mengatasi hambatan yang disebabkan oleh kerak.

3) Kebocoran sistem (air atau uap)

Kebocoran pada pipa air atau pipa uap dapat terjadi karena kerusakan atau keausan sambungan dan las yang tidak sempurna. Kebocoran ini menyebabkan kehilangan air atau uap, yang mengarah pada penurunan tekanan dan produksi uap. Ketel yang kehilangan banyak uap atau air tidak dapat beroperasi dengan kapasitas maksimal, mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan. Selain itu bisa ditimbulkan karena adanya korosi, korosi pada pipa dan drum ketel terjadi akibat interaksi antara air yang mengandung oksigen terlarut, karbon dioksida, atau zat kimia

lainnya yang bersifat agresif. Korosi ini menyebabkan penipisan material pipa dan dapat mengarah pada kebocoran, yang pada akhirnya menurunkan performa ketel. Korosi juga mengurangi daya tahan komponen ketel, sehingga meningkatkan frekuensi perawatan dan penggantian.

4) Pembakaran tidak sempurna

Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dapat terjadi jika rasio udara dan bahan bakar tidak seimbang. Pembakaran yang tidak efisien menghasilkan jelaga (soot) yang menempel pada permukaan pipa pemanas dan ruang bakar. Jelaga ini mengurangi efisiensi transfer panas, sehingga lebih banyak bahan bakar dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan dan menghasilkan uap.

b) *Mountings*

1) Tekanan dan temperatur operasi yang tidak stabil

Tekanan dan temperatur dalam ketel harus dijaga agar tetap stabil untuk mencapai produksi uap yang optimal. Fluktuasi tekanan atau temperatur yang tidak terkendali dapat disebabkan oleh masalah pada sistem pengontrol (katup, sensor, dll.). Ketika tekanan dan temperatur tidak berada dalam rentang yang optimal, produksi uap akan terganggu, dan konsumsi bahan bakar akan meningkat.

2) Getaran atau tekanan mekanis berlebih

Getaran atau tekanan berlebih pada pipa atau komponen ketel akibat ketidak seimbangan beban atau kesalahan pemasangan dapat

menyebabkan keretakan dan keausan material. Ketel yang mengalami tekanan mekanis yang tidak normal cenderung lebih cepat mengalami kerusakan, termasuk kebocoran dan penurunan efisiensi.

3) Ada udara dalam sistem

Pada sistem ketel uap, keberadaan udara yang terperangkap merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan efisiensi termal dan membahayakan integritas komponen sistem. Udara dapat masuk ke dalam ketel melalui proses pengisian awal, selama pemanasan, atau akibat kebocoran mikro pada jaringan perpipaan dan sambungan. Keberadaan udara ini berpotensi mengganggu proses perpindahan panas, menurunkan kualitas uap yang dihasilkan, serta meningkatkan risiko korosi akibat kandungan oksigen yang terkandung di dalam udara tersebut.

4) *Safety valve* dan *Main Steam valve* tertutup

Safety valve merupakan katup pengaman otomatis yang berfungsi untuk membuang uap apabila tekanan di dalam ketel melebihi batas maksimum yang telah ditentukan. Tujuan utama dari *safety valve* adalah mencegah terjadinya *overpressure* yang berpotensi menyebabkan kerusakan atau bahkan ledakan pada ketel. Katup ini biasanya dirancang untuk membuka secara otomatis jika tekanan mencapai nilai ambang batas, kemudian menutup kembali setelah tekanan turun ke tingkat aman.

Main *steam valve*, di sisi lain, berfungsi sebagai katup utama yang mengatur aliran uap dari ketel menuju sistem distribusi atau peralatan pengguna uap. Katup ini harus dikontrol secara manual dan biasanya tetap dalam keadaan tertutup saat proses pemanasan awal dilakukan, guna memastikan tekanan dan suhu dalam ketel mencapai kondisi kerja yang stabil terlebih dahulu.

Pada saat main *steam valve* berada dalam posisi tertutup, seluruh uap yang dihasilkan dari proses pemanasan akan tetap berada di dalam ketel tanpa jalur pelepasan. Kondisi ini menyebabkan akumulasi tekanan secara bertahap di dalam ketel. Dalam situasi demikian, *safety valve* menjadi sangat krusial, karena berfungsi sebagai satu-satunya mekanisme pelepas tekanan apabila melebihi batas normal yang diizinkan. Apabila *safety valve* mengalami gangguan fungsi atau gagal bekerja sebagaimana mestinya, maka potensi terjadinya *overpressure* yang dapat berujung pada ledakan menjadi sangat tinggi.

Oleh karena itu, operator wajib melakukan inspeksi rutin dan pengujian fungsional terhadap *safety valve*, terutama sebelum tahap pemanasan awal dilakukan dalam kondisi main *steam valve* tertutup. Selain itu, pembukaan main *steam valve* harus dilakukan secara perlahan dan bertahap, hanya setelah tekanan dan suhu ketel mencapai nilai aman sesuai ketentuan dalam standar operasional prosedur.

Dengan demikian, korelasi antara *safety valve* dan main steam valve dalam kondisi tertutup memiliki peranan strategis dalam sistem operasi ketel uap. Keandalan *safety valve* sebagai alat pengaman, serta pengendalian main steam valve sebagai pengatur distribusi uap, merupakan dua faktor penting yang saling melengkapi untuk menjamin keselamatan operasional dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

5) *Bypass valve* tertutup

Bypass valve, yang berfungsi sebagai jalur alternatif untuk aliran fluida ketika jalur utama tidak dapat digunakan atau ketika diperlukan pengaturan tekanan dan aliran dalam kondisi tertentu, seperti saat start-up atau *shutdown*.

Ketika *bypass valve* dalam kondisi tertutup, maka aliran fluida, baik berupa air umpan maupun uap, tidak dapat melewati jalur *bypass* dan seluruh aliran akan diarahkan melalui jalur utama. Kondisi ini dapat menimbulkan beberapa konsekuensi tergantung pada konteks operasionalnya.

c) *Water level* rendah

1) Drum water bocor

Ketika volume air dalam drum ketel turun di bawah batas yang aman. Salah satu penyebab utama dari penurunan level air ini adalah adanya kebocoran pada drum water. Kebocoran pada drum water bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti korosi, keausan

material, atau cacat pada pabrikasi. Ketika drum water bocor, air akan terus mengalir keluar dari ketel dalam jumlah yang tidak dapat dipulihkan melalui sistem pengisian air, menyebabkan level air dalam ketel menurun dengan cepat.

2) Pipa *steam* bocor

Pipa steam berfungsi untuk mengalirkan uap dari ketel ke sistem distribusi uap. Ketika pipa steam mengalami kebocoran, uap yang seharusnya tetap berada di dalam sistem akan terbang ke atmosfer. Akibatnya, ketel kehilangan uap lebih banyak dari yang direncanakan, yang kemudian menyebabkan level air dalam drum ketel menurun secara cepat.

3) Feed pump rusak

Feed pump berfungsi untuk mengalirkan air umpan ke dalam ketel, menjaga level air dalam drum ketel agar tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Jika feed pump rusak, maka pasokan air umpan ke ketel akan terhambat atau berhenti, menyebabkan penurunan level air secara cepat dalam drum ketel.

d) Gauge board tidak fungsi

1) Sensor rusak

Gauge board atau panel indikator merupakan perangkat penting yang menampilkan informasi dari berbagai sensor di dalam sistem ketel, sehingga operator dapat melakukan pengendalian dan pengawasan dengan tepat. Jika sensor yang terhubung ke gauge

board mengalami kerusakan, maka informasi yang ditampilkan menjadi tidak akurat atau bahkan tidak terbaca sama sekali. Akibatnya, gauge board tidak dapat menjalankan fungsinya secara optimal, dan operator kehilangan sumber utama data untuk mengawasi kondisi ketel. Hal ini sangat berisiko karena dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi kondisi abnormal, seperti penurunan level air, peningkatan tekanan berlebih, atau suhu yang melampaui batas aman.

2) Kaca buram

Gauge board pada ketel uap adalah alat indikator visual yang digunakan untuk menunjukkan secara langsung ketinggian air di dalam drum ketel. Komponen ini sangat penting karena memungkinkan operator memantau level air secara real-time, sehingga ketel dapat dioperasikan dengan aman dan efisien. Namun, salah satu gangguan umum yang dapat menyebabkan gauge board tidak berfungsi dengan baik adalah kondisi kaca pengamat (sight glass) yang buram. Kaca buram terjadi ketika permukaan kaca mengalami pengotoran akibat adanya *scale*, uap air kotor, atau endapan mineral dari air ketel. Seiring waktu, suhu tinggi dan tekanan dalam ketel dapat mempercepat pembentukan *scale* pada permukaan kaca, yang mengakibatkan visibilitas menjadi sangat rendah atau bahkan tidak tembus pandang sama sekali.

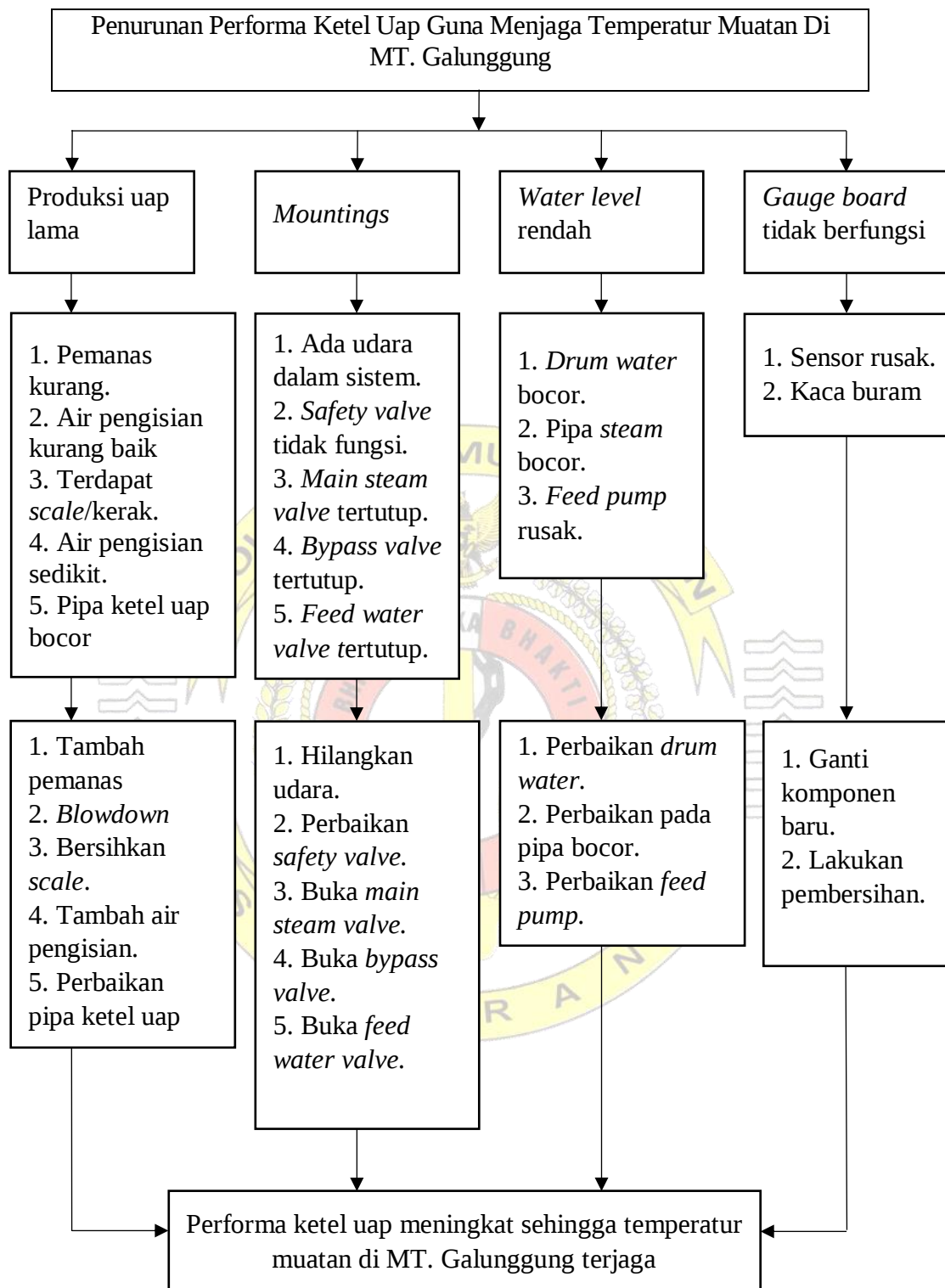
B. Kerangka Penelitian

Performa yang maksimal dari mesin induk dan peralatan bantu sangat penting demi menjamin kelancaran operasional kapal. Salah satu komponen vital dalam hal ini adalah air ketel pada ketel uap, yang berfungsi sebagai sumber uap bagi berbagai permesinan bantu operasional kapal. Peran air ketel menjadi sangat penting, baik saat kapal sedang berlayar maupun ketika berada di pelabuhan untuk proses bongkar muat. Mengingat kontribusinya terhadap performa ketel uap, maka kondisi air ketel harus senantiasa dijaga agar tetap dalam keadaan bagus demi menjamin kontinuitas operasional tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan dan pemeliharaan yang menyeluruh terhadap kualitas air ketel guna menghindari potensi gangguan terhadap performa mesin induk saat kapal beroperasi. Jika ditemukan masalah pada kualitas air di ketel uap, maka perlu dilakukan identifikasi dan analisis mendalam untuk menemukan akar permasalahannya serta menetapkan langkah perbaikan yang tepat. Untuk mendukung hal ini, perawatan rutin dan pengawasan berkala sesuai panduan operasional sangat dianjurkan, termasuk menjalankan perawatan terjadwal dan menambahkan bahan kimia sesuai petunjuk yang berlaku.

Kerangka pemikiran dibuat dalam sebuah bagan yang menerangkan bahwa dalam suatu karya ilmiah harus dilengkapi dengan kerangka pikiran yang menggambarkan masalah yang menjadikan sebab dan kenapa sering terjadi hal-hal tersebut. Dalam kerangka pikir juga menerangkan solusi atau cara penyelesaiannya dan hasil yang sudah didapat dan diharapkan benar-

benar dapat meningkatkan hasil dari kerja tersebut. Dari kerangka berpikir dapat dijabarkan sedikit gambaran bahwa penulis ingin membahas permasalahan yang dihadapi dan upaya penyelesaiannya dalam kerangka pikir.





Gambar 2.4 Kerangka Penelitian
Sumber: Penelitian, 2025

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pada hasil observasi di lapangan serta hasil uraian pembahasan mengenai optimalisasi perawatan ketel uap pada kapal MT. Galunggung, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?

Penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung disebabkan oleh beberapa faktor, namun yang paling utama adalah korosi sehingga terjadi kebocoran pada pipa ketel uap. Kebocoran ini mengakibatkan tekanan uap tidak mencapai standar operasional sebesar 0,9 MPa(g) meskipun proses pembakaran berlangsung cukup lama. Penyebab kebocoran ini diidentifikasi berasal dari korosi internal pada pipa yang tidak terdeteksi akibat kurangnya inspeksi berkala dan pengolahan air ketel yang tidak optimal. Faktor lain yang berpotensi berkontribusi, seperti pembakaran tidak sempurna, air pengisian berkualitas rendah tidak ditemukan secara signifikan dalam permasalahan ini.

2. Dampak apa saja yang ditimbulkan dari penyebab penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?

Penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung menimbulkan sejumlah dampak serius terhadap operasional kapal. Dampak utamanya meliputi tidak tercapainya tekanan uap standar, yang menyebabkan

temperatur muatan tidak stabil. Akibatnya, proses pemanasan muatan terganggu, terutama saat bongkar muat atau saat berlayar di kondisi cuaca dingin. Selain itu, konsumsi bahan bakar meningkat karena pembakaran harus berlangsung lebih lama, yang berujung pada pemborosan energi dan biaya operasional. Ketidakstabilan sistem juga meningkatkan risiko keselamatan kerja, dan dapat menimbulkan gangguan pada jadwal pengiriman muatan, bahkan kerusakan lanjutan pada sistem ketel jika tidak segera ditangani.

3. Apa upaya yang dilakukan untuk mengatasi penyebab penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung?

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi penurunan performa ketel uap di MT. Galunggung meliputi inspeksi menyeluruh untuk mengidentifikasi titik kebocoran yang diakibatkan oleh korosi, serta perbaikan pipa bocor melalui proses pengelasan. Setelah perbaikan, dilakukan uji tekanan (*hydrostatic test*) dan pengujian operasional untuk memastikan tekanan uap kembali mencapai standar operasional.

B. Keterbatasan Penelitian

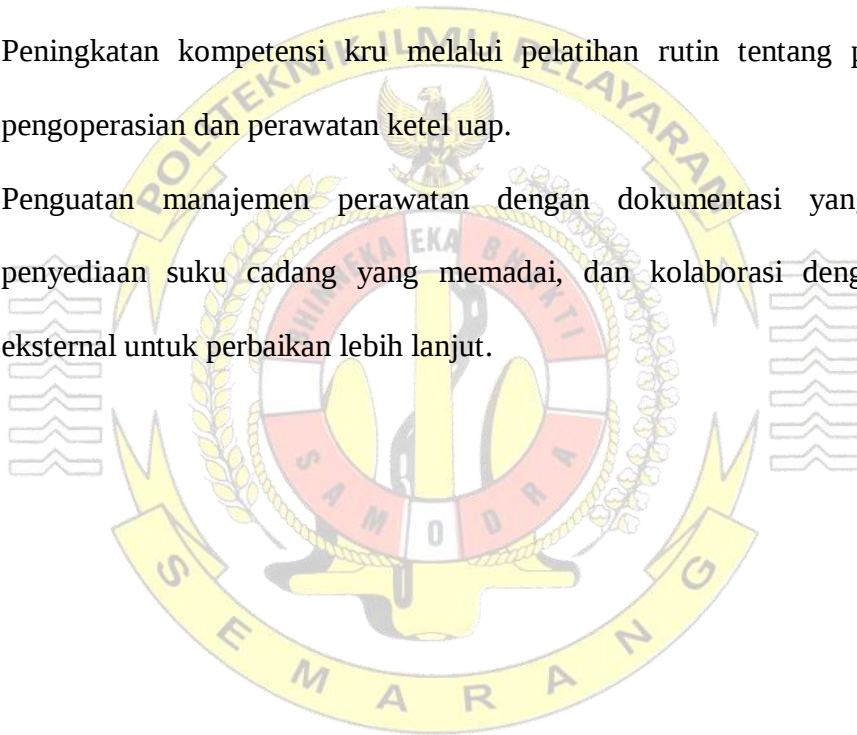
Berdasarkan penelitian tersebut, terdapat beberapa faktor yang menjadi keterbatasan dan kekurangan dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah data yang diperoleh bersifat observasional dan bergantung pada wawancara serta pengamatan langsung, yang mungkin mengandung bias. Selain itu, akses terhadap dokumentasi teknis dan catatan perawatan yang lengkap juga terbatas, yang menghambat pemahaman lebih mendalam mengenai kondisi ketel uap

secara keseluruhan.

C. Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan yang telah di uraikan peneliti, yang dapat direalisasikan dalam mitigasi penurunan performa ketel uap guna menjaga temperatur muatan di MT. Galunggung yaitu:

1. Penerapan perawatan preventif terjadwal dan pemantauan berkala untuk mencegah kerusakan dan memastikan efisiensi ketel uap.
2. Peningkatan kompetensi kru melalui pelatihan rutin tentang prosedur pengoperasian dan perawatan ketel uap.
3. Penguatan manajemen perawatan dengan dokumentasi yang baik, penyediaan suku cadang yang memadai, dan kolaborasi dengan ahli eksternal untuk perbaikan lebih lanjut.



DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *Jurnal IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.57>
- Gunarti, M. R., Purnama, H., Arli, B., Prismadana, E. W., Prismadana, W., M, M. R. A., & Kholis, M. (2021). Analisis Program Boiler Water Treatment Di Kapal. *Jurnal 7 Samudra Politeknik Pelayaran Surabaya*, 6(1), 1–10.
- Pratama, Y. P. (2019). Analisa Menurunnya Kualitas Air Pengisian Terhadap Pengoperasian Auxilary Boiler Di MT. Sindang. *Analisa Menurunnya Kualitas Air Pengisian Terhadap Pengoperasian Auxilary Boiler Di MT. Sindang*, 1–51.
- Rahmawati, K. (2018). *Perancangan Desain Boiler Pada Mini Plant Steam Engine Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap*. 1–96.
- Ramadhani, D. A. B., Miladan, N., & Kusumastuti. (2023). Tinjauan kesiapan mitigasi bencana non-struktural dalam menghadapi bencana tsunami di kawasan pesisir Kecamatan Kuta. *REGION (Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Patisipatif)*, 18(1), 241–260. <https://doi.org/10.20961/region.v18i1.53767>
- Santosa, P. S., Astriawati, N., Salim, & Prasajo, I. A. (2022). Optimalisasi Perawatan Sistem Auxiliary Boiler Dalam Menghasilkan Uap Panas. *Dinamika Bahari*, 3(2), 69–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.46484/db.v3i2.312>
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). Metode Penelitian Kualitatif (Untuk penelitian yang bersifat: eksploratif, enterpretif, interaktif dan konstruktif). *Metode Penelitian Kualitatif*, 1–274. <http://belajarpsikologi.com/metode-penelitian-kualitatif/>
- Syahputra, R. I., Ardiansyah, & 3, M. R. G. (2020). Optimalisasi Kinerja Burner Guna Meningkatkan Produksi Uap Pada Boiler Di Atas Kapal KM. Amarisa. *Jurnal 7 Samudra Politeknik Pelayaran Surabaya*, 5(1), 1–8.
- Wilastari, S., Hidayat, T. N., & Akpelni, P. B. (2021). Pencegahan kerak dan korosi umpan ketel uap di pg mojo sragen. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 3(1), 41–47.
- Yusra, Z., Zulkarnain, R., & Sofino, S. (2021). Pengelolaan Lkp Pada Masa Pendmik Covid-19. *Journal Of Lifelong Learning*, 4(1), 15–22. <https://doi.org/10.33369/joll.4.1.15-22>

LAMPIRAN LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

TRANSKRIP WAWANCARA

Nama Kapal : MT. Galunggung
 Perusahaan : PT. Pertamina International Shipping
 Tempat Penelitian : MT. Galunggung
 Tanggal Penelitian : 21 September 2022 - 10 Oktober 2023

A. Daftar Responden

1. Responden 1: Kepala Kamar Mesin (Chief Harsono)
2. Responden 2: Masinis 4 (Bas Yanuar)

B. Hasil Wawancara

1. Wawancara dengan Kepala Kamar Mesin

Hasil wawancara yang telah dilakukan peneliti bersama *Master*

Responden 1

Nama : Chief Harsono

Jabatan : Kepala Kamar Mesin

Kapal : MT. Galunggung

Waktu : 1 Oktober 2023

Peneliti : Selamat pagi, Chief. Saya ingin menanyakan beberapa hal terkait penurunan performa ketel uap yang terjadi saat praktik laut berlangsung. Boleh saya tahu, apa saja indikasi awal yang Chief temukan saat masalah ini terjadi?

KKM : Pagi. Ya, waktu itu kami mulai curiga saat uap tidak terbentuk seperti biasanya. Sudah hampir dua jam pembakaran, tapi tekanan uap tidak naik seperti standar, tetap di bawah 0,9 MPa. Padahal biasanya dengan waktu segitu sudah cukup.

Peneliti : Apa tindakan awal yang dilakukan saat tekanan tidak tercapai?

KKM : Kami langsung lakukan pengecekan visual dan pantau panel kontrol. Kami juga minta oiler periksa indikator air dan suhu. Ternyata ditemukan ada kebocoran kecil di salah satu pipa ketel. Itulah yang kami duga menjadi penyebab tekanan tidak stabil.

Peneliti : Menurut Chief, apa yang menjadi penyebab pipa tersebut mengalami kebocoran?

KKM : Kemungkinan besar karena korosi dari dalam. Bisa jadi karena kualitas air ketel kurang baik atau jadwal perawatan yang belum optimal. Tapi kami akui, waktu itu belum dilakukan inspeksi rutin mendalam terhadap pipa-pipa dalam ketel.

Peneliti : Apa langkah perbaikan yang dilakukan?

KKM : Setelah ketel kami dinginkan, kami las ulang pipa yang bocor. Setelah itu diuji tekan dan uap kembali bisa terbentuk sesuai tekanan kerja yang dibutuhkan. Kami juga evaluasi prosedur pemeliharaan agar lebih ketat ke depan.

Peneliti : Terima kasih banyak, Chie, atas jawaban dan pandangan Anda. Ini sangat membantu untuk penelitian saya. Apakah ada hal lain

yang ingin Chief tambahkan terkait penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung?

KKM : Saya hanya ingin menekankan bahwa penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung adalah bagian dari operasi yang sangat penting. Semua pihak, mulai dari pengelola pelayaran hingga kru, harus bekerja sama untuk memastikan proses ini berjalan dengan baik.

Peneliti : Terima kasih, Chief, atas masukannya.

2. Wawancara dengan Masinis 4

Hasil wawancara yang telah dilakukan peneliti bersama *Fourth Engineer*

Responden 2

Nama : Yanuar Prido Isbanto

Jabatan : *Fourth Engineer*

Kapal : MT. Galunggung

Waktu : 25 November 2022

Peneliti : Selamat siang, Pak Yanuar, sebagai Masinis 4 yang bertugas saat itu, bisa dijelaskan apa yang Anda alami ketika performa ketel uap menurun.

Masinis 4 : Ya, saat jaga pagi sekitar jam 8, saya dan Oiler perhatikan waktu pembakaran udah lama tapi tekanan tetap nggak naik. Kami langsung lapor ke KKM. Lalu dicek semua parameter, dari air, suhu, sampai suara pembakaran.

Peneliti : Apakah ada indikasi lain selain tekanan yang tidak tercapai?

Masinis 4 : Ada, uap keluar dari sambungan pipa di sisi samping, itu sudah jadi tanda jelas ada kebocoran. Saya bantu buka panel insulasi, dan benar, ada rembesan air dan uap dari sambungan pipa.

Peneliti : Menurut Anda, kenapa kebocoran itu bisa terjadi?

Masinis 4 : Saya menduga karena korosi. Waktu itu air pengisian belum diperiksa TDS dan pH-nya. Mungkin ada kandungan mineral tinggi yang bikin pipa cepat aus. Juga mungkin karena umur pipa yang udah lama.

Peneliti : Apa saran Anda supaya kejadian ini tidak terulang?

Masinis 4 : Saran saya, air ketel harus rutin diuji, lalu ada inspeksi pipa internal minimal tiap bulan. Selain itu, pelatihan teknisi soal perawatan ketel

Peneliti : Terima kasih banyak, Pak atas jawaban dan wawasan yang sangat bermanfaat ini. Apakah ada hal lain yang ingin Anda tambahkan terkait penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung?

Masinis 4 : Saya hanya ingin menekankan bahwa penurunan performa ketel uap di kapal MT. Galunggung adalah kunci utama dalam menjaga keselamatan dan efisiensi operasional kapal. Dengan koordinasi yang baik dan teknologi yang tepat, kita bisa mencapai hasil yang optimal. Semoga penelitian Anda sukses dan memberikan kontribusi yang baik.

Peneliti : Terima kasih sekali lagi, Pak, atas waktu dan informasinya.

LAMPIRAN 2

CREW LIST

No	Nama	Rank
1.	Capt. Yesayas Parlindungan Aritonang	<i>Master</i>
2.	Candra Yuliandri Anggoro	<i>Chief Officer</i>
3.	Haris Suratman	<i>Second Officer</i>
4.	Priyambodo Tri Setyo W	<i>Third Officer</i>
5.	Feldi Insana Kamil	<i>Fourth Officer</i>
6.	Harsono	<i>Chief Engineer</i>
7.	Andi Perdana Putra	<i>Second Engineer</i>
8.	Rori Agustian Pranata	<i>Third Engineer</i>
9.	Yanuar Prido Isbanto	<i>Fourth Engineer</i>
10.	Muhammad Syukri	<i>Elect</i>
11.	Jorlanda Situmorang	<i>Boatswain</i>
12.	Janri Sipayung	<i>Pumpman</i>
13.	Indra Syahputra	<i>AB</i>
14.	Untung Triadi Maulana	<i>AB</i>
15.	Koes Winarso	<i>AB</i>
16.	Ruland Setyawan Tulak	<i>OS</i>
17.	Faisal	<i>OS</i>
18.	Abdullah Suneth	<i>OS</i>
19.	Anwar Sani Lumban Toruan	<i>Foreman</i>
20.	Hassanudin	<i>Oiler</i>
21.	Rafi Prasetio	<i>Oiler</i>
22.	Muh Akbar	<i>Oiler</i>
23.	Nawir	<i>C/Cook</i>
24.	Rofii	<i>Messboy</i>
25.	Juan Aprilliano	<i>Deck Cadet</i>
26.	Niken Rahayuning Safitri	<i>Deck Cadet</i>
27.	Tri Satriya Lukito	<i>Engine Cadet</i>
28.	Hendrik Mangihut Tua	<i>Engine Cadet</i>

LAMPIRAN 3

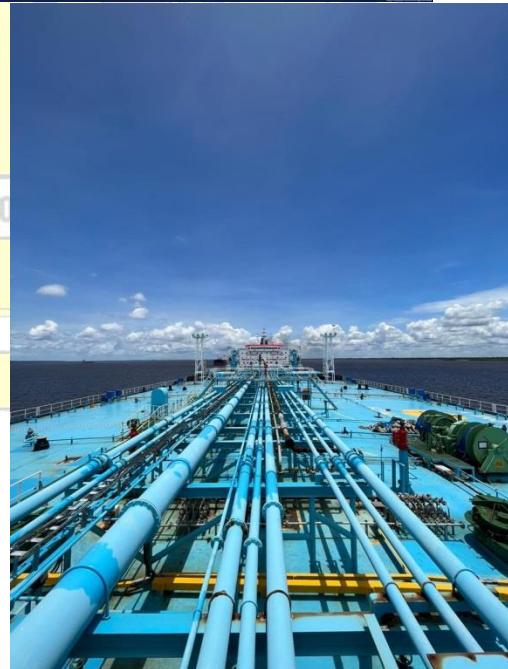
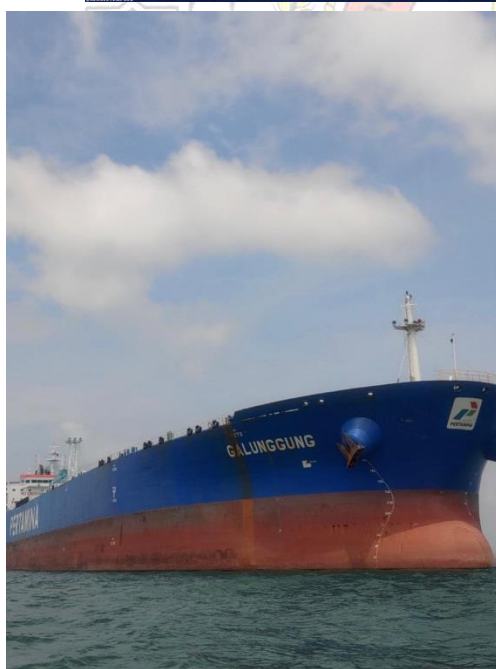
SHIPS PARTICULARS

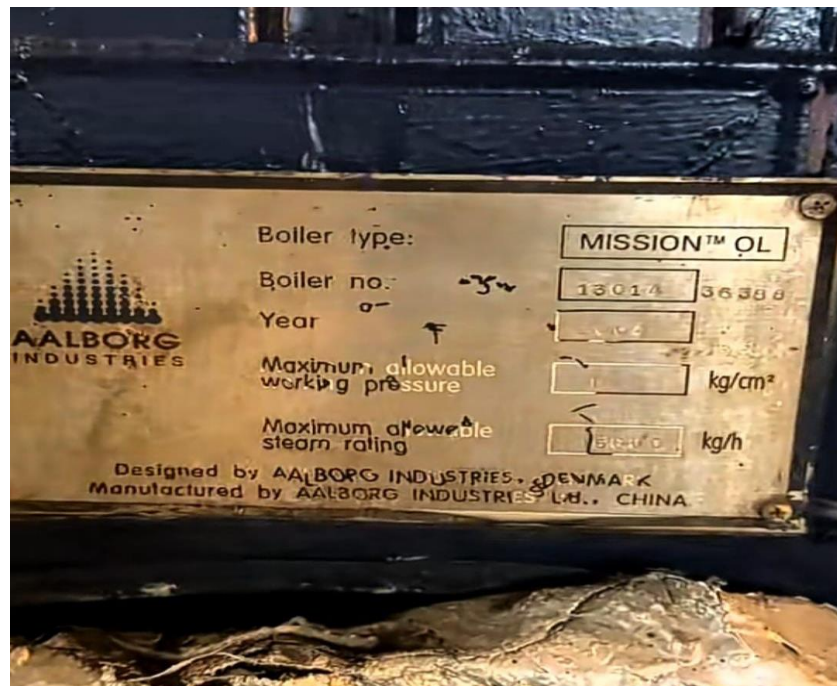
 PERTAMINA SHIP PARTICULARS			
Name Of Vessel	GALUNGUNG	Call Sign	P N Z X
Flag / Port	INDONESIA / JAKARTA	MMSI	525088067
Ship No.	D - 1992 - 2460 - PEXT	Inmarsat F Tel / Fax	35729800 GALU X
IMO - Class - Number	9 4 5 5 7 9 1	Sea Area	A1 + A2 + A3 (MFHF)
Builder	Jiangsu Eastern Heavy Industries, co. Ltd	Inmarsat C	435729810
Keel Laid	18. Dec. 2009.	Email	galungung@pertamina.com
Launched	18. Dec. 2010.	Class :	BKI - ABS
Delivered	19. May. 2011.		+A1, Oil Center, (Q), +AMS, +ACCU, VCC, TCM, AB-DM, CSR, ESP, SPMA, CPS
Last Drydock	1-Apr-16		
OWNER	PT. PERTAMINA (PERSERO) J.Mendaka Timur no.1A, Jakarta Pusat- 10110		
Technical Operator	PT. PERTAMINA (PERSERO) Shipping-Marketing and Trading Directorate Jl. Yos Sudarso no. 32 - 34 Jakarta Utara, Jakarta		
GRT	63.005	L.O.A.	244.5 mtr
NRT	24.134	L.B.P.	233.0 mtr
Summer Deadweight	88,322 MT	Breadth (max)	44.0 mtr
Lightship	21.100 Ton	Depth	21.5 mtr
Displacement (Design)	109,422 Ton	Summer Draught	12,700 mtr
Displacement (Scantling)	129,741 Ton	Scantling Draught	14,800 mtr
LCC	103.75 mtr	VCC	12.64 mtr
Engine	WARTSILA VRT-Flex 58T-B	SMCR Speed	15.70 kts
HP / KW / RPM	20,753 / 15,260 / 105 RPM	CSR+15%S.M.	15.00 kts
Maker	(CMD) Qingda dyao warsila	Prop Dia / Pitch	Dia 7.15 mtr / Pitch 4.724 mtr
Anchors	2 x 10,125 kg, chain 90 mm	Anchor Chain Length	Port 13 Shcks / Stbd 13 Shcks
		Windlass Brake	60.0 MT
Mooring Winch	8 sets x 59.8 MT	Winch Brake	65.0 NT
Bow Chain Stopper	2 x 250 T SWL, 76mm chain	Mooring Rope Additional	Nylon Rope x 220 M x 80 T
Mooring Tails Fitted 16x	Nylon 11 M / 80 mm BS 94.5 T	Mooring Wire 16 x	Galvanize Steel WR (FC) x 60 T
Cargo gear Cranes	Manif. 2x15 T, Wing Midship	Provision Crane	2 x 5.0 T SWL
Cargo Oil Pumps (turbine)	4500 m3 x 150 m/c x 3 sets	Ballast Pump (Motor)	1500 m3 x 35 m/c x 2 sets
Cargo Stripping Pump	250 m3 / h x 130 m/c x 1 set	Ballast Capacity	41,713.9 m3
Eductor Pump	300A x 300 A x 350 A x 1 set 300 A x 250 A x 350 A x 1 set	Suez GRT/NRT	65,059.36 T / 58,931.62 T
Max Loading Rate	1 Arm 3,000 m3/hr / 3 Arm 9,000 m3/hr	HFO Capacity 100% (full)	3300 m3
Max. Temp. Loaded	66° C or 150.8° F	MDO Capacity 100% (full)	200 m3
		Fresh Water Cap. 100%	850.2 m3
Parallel body ballast = 229.83 m		Parallel body at SDWT = 239.96 m	
Manifold per side:	3 x 20" JIS + 2 x 16" Vapour	Bridge to Stern	40300 mm
Bow to cntr Manifold	121260 mm	Bridge to Bow	204200 mm
Manifold to Ship rail	4400 mm	Bridge to Center Manifold	74640 mm
Manifold to Ship side	4600 mm	Stern to Center Manifold	123240 mm
Top of rail to center manifold	2100 mm	Centre to Centre	2500 mm
	Draft	Freeboard	Displ
	Meters	Meters	Tonnes
Lightship	3,124	18,193	21,110
Tropical(FW)	13,250	8,067	114,713
Summer FW	12,985	8,332	112,160
Tropical	12,965	8,352	111,968
Summer	12,760	8,617	109,422
Winter	12,435	8,882	106,883
Normal Ballast Condition	12,435	8,882	106,883
		MANOEUVERING:	BM
		Ahd / Astn	Ahead Speed (kts)
		Laden / Ballast	Laden / Ballast
		Emergency Full	108 / 73.5
		FULL	74 / 65
		HALF	58
		SLOW	42
		DEAD SLOW	32
		TPC	95.94 MT SDWT
		FWA	330 mm

LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI









DAFTAR RIWAYAT HIDUP

RIWAYAT HIDUP



1. Nama : Hendrik Mangihut Tua
2. Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 25 Januari 2002
3. NIT : 572011237697 T
4. Agama : Kristen (Protestan)
5. Jenis Kelamin : Laki-laki
6. Golongan Darah : O
7. Alamat : Jl. Waringin 15 No.252 Rt 08 Rw 07 Griya
Pangkah Indah Kec. Pangkah Kab. Tegal
8. Nama Orang Tua
 - Ayah : Aras Jagar Turnip
 - Ibu : Diana Sihaloho
9. Riwayat Pendidikan
 - SD : 2008-2014
 - SMP : 2014-2017
 - SMA : 2017-2020
 - PIP Semarang : 2020-sekarang
10. Pengalaman Praktek laut
 - Nama Kapal : MT. Galunggung
 - Jenis Kapal : Oil Tanker (Product)
 - Perusahaan : Pertamina International Shipping (PIS)