

**ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA *WATER
TUBE BOILER* MIURA HB-12 DI KAPAL MT
HARSANADI**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN
NIT. 0820025106

**AHLI TEKNIKA TINGKAT III
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN
KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN PELAYARAN
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

**ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA *WATER
TUBE BOILER* MIURA HB-12 DI KAPAL MT
HARSANADI**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN
NIT. 0820025106

**AHLI TEKNIKA TINGKAT III
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN
KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN PELAYARAN
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN

NIT : 08.20.025.1.06

Program Studi: Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul:

**“ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA *WATER TUBE BOILER*
MIURA HB-12 DI MT. HARSANADI”**

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

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

Surabaya 13 Januari 2025



MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN

NIT: 08.20.025.1.06

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL SKRIPSI

Judul : **ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA
WATER TUBE BOILER MIURA HB-12 DI MT.
HARSANADI**

Nama Taruna : MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN

Nomor Induk Taruna : 08.20.025.1.06

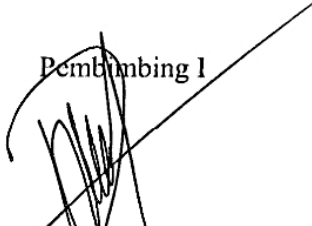
Program Studi Kapal : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi persyaratan untuk diseminarkan.

Surabaya, 19 December 2024

Menyetujui,

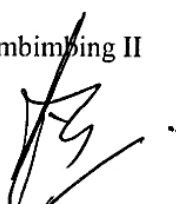
Pembimbing I


Dirhamsyah, M.Pd., M.Mar.E

Penata Tk.I (III/d)

NIP.19750430 200212 1 002

Pembimbing II


Drs. Teguh Pribadi, M.Si., QIA

Pembina Utama Muda (IV/c)

NIP. 19690912 199403 1 001

Mengetahui

Ketua Prodi TRPK

Politeknik Pelayaran Surabaya


Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19760528 200912 2 002

HASIL PENGESAHAN KARYA ILMIAH TERAPAN

ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA WATER TUBE BOILER MIURA HB-12 DI KAPAL MT HARSANADI

Disusun Dan Diajukan Oleh :

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN

NIT. 08.20.025.1.06

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada tanggal, 21 Januari 2025

Menyetujui

Penguji I



Antonius Edy Kristiyono, M.Pd
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 196905312003121001

Penguji II



Dirhamyati M. Pd., M. Mar. E
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 197504302002121002

Penguji III



Drs. Teguh Priyadi, M.Si., OIA
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 196909121994031001

Mengetahui

Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 196905312003121001

KATA PENGANTAR

Peneliti memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya penulis apat menyelesaikan skripsi dengan judul “**ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA WATER TUBE BOILER MIURA HB-12 DI MT. HARSANADI**”

Dalam Penyelesaian penulisan skripsi ini penulis mengalami banyak sekali kesulitan dan hambatan, tetapi berkat bantuan dan dorongan dari para pembimbing penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Tanpa mengurangi rasa hormat Pada kesempatan ini peneliti menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada:

1. Bapak Moejiono, MT., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya beserta jajarannya yang telah menyediakan fasilitas dan pelayanan, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.
2. Bapak Antonius Edy Kristiyono, M.Pd, selaku Ketua Prodi Teknika yang telah memberikan dukungan dan motivasi yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
3. Bapak Dirhamsyah M.Pd, M.Mar.E selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya dan dengan sabar memberikan dukungan, semangat serta bimbingan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
4. Bapak Teguh Pribadi M. Si., QIA selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya dan dengan sabar memberikan semangat serta bimbingan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
5. Segenap dosen prodi teknik Politeknik Pelayaran Surabaya yang memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan Skripsi ini.
6. Kepada kedua orangtua saya yang selalu memberikan dukungan moral dan materil serta doa dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian.

Surabaya, 13 Januari 2025

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN
NIT 08.20.025.1.06

ABSTRAK

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN, Analisa penyebab kebocoran *water tube* pada *boiler* miura HB-12 di MT. Harsanadi. Dibimbing oleh pembimbing I Dirhamsyah, M.Pd.,M.Mar.E dan pembimbing II Drs. Teguh Pribadi,M.Si.,QIA

Boiler di kapal berperan dalam mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Uap ini biasanya dimanfaatkan sebagai penggerak utama mesin dan untuk mendukung peralatan pemanas sebagai bagian dari permesinan bantu. Proses pembentukan uap terjadi dengan memanaskan air di dalam pipa-pipa menggunakan energi panas dari pembakaran bahan bakar. Uap yang dihasilkan memiliki tekanan serta suhu tinggi, dan jumlah uap yang dihasilkan bergantung pada tingkat panas, laju aliran, serta efisiensi pembakaran bahan bakar yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kebocoran pada pipa *boiler*, menganalisis dampak yang ditimbulkan akibat kebocoran tersebut, serta mengkaji upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi dan mencegah terjadinya kebocoran pada pipa *boiler*.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan data yang diperoleh dari sumber primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari studi pustaka dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebocoran *water tube* pada *boiler* kapal MT. Harsanadi disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu tingginya kandungan *chloride* dalam air *boiler*, usia material pipa yang sudah tua, korosi pada pipa, pemasangan pipa yang tidak sesuai prosedur, kualitas air yang buruk, kurangnya perawatan, serta pemuatan pipa akibat paparan panas di ruang bakar. inspeksi rutin pada sistem *boiler* untuk mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan, seperti korosi, retak, atau deformasi pada pipa. Pengolahan air yang optimal juga sangat penting, termasuk penggunaan bahan kimia pengontrol pH, deoksigenasi, dan penghilangan mineral yang berpotensi menyebabkan kerak atau korosi.

Kata kunci : *Boiler*, Kebocoran, FTA, USG.

ABSTRACT

MUHAMMAD DHOBIT ZULFAN, Analysis of the causes of water tube leaks in Miura HB-12 boilers in MT. Harsanadi. Supervised by supervisor I Dirhamsyah, M.Pd., M.Mar.E and supervisor II Drs. Teguh Pribadi, M.Si., QIA

The boiler on a ship functions to convert water into high-pressure steam. This steam is typically utilized as the main engine driver and to support heating equipment as part of auxiliary machinery. The steam generation process occurs by heating water inside tubes using thermal energy from fuel combustion. The steam produced has high pressure and temperature, and its quantity depends on the level of heat, flow rate, and combustion efficiency.

This study was conducted to identify the factors causing leakage in boiler pipes, analyze the impacts of these leaks, and explore measures to address and prevent leakage in boiler pipes.

This research uses a qualitative descriptive method with data obtained from primary and secondary sources. Primary data was collected through interviews, while secondary data was obtained from literature study and documentation. The research results showed that there was a water tube leak in the MT ship boiler. Harsanadi is caused by several main factors, namely high chloride content in boiler water, old pipe material, pipe corrosion, pipe installation that does not comply with procedures, poor water quality, lack of maintenance, and pipe expansion due to heat exposure in the combustion chamber. . routine inspection of the boiler system to detect early signs of damage, such as corrosion, cracks, or deformation of the pipes. Optimal water treatment is also very important, including the use of pH-controlling chemicals, deoxygenation, and removal of minerals that have the potential to cause scale or corrosion.

Keywords: *Boiler, Leak, FTA, USG.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL SKRIPSI	iii
HASIL PENGESAHAN KARYA ILMIAH TERAPAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Review Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	9
C. Kerangka Berfikir.....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	32

A. Jenis Penelitian	32
B. Lokasi & Waktu Penelitian.....	33
C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	33
D. Teknik Analisis Data	37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ...Error! Bookmark not defined.

A. Gambaran Umum dan Lokasi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
B. Hasil Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
C. Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
D. Pembahasan	Error! Bookmark not defined.

BAB V PENUTUPError! Bookmark not defined.

A. Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
B. Saran.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA.....Error! Bookmark not defined.

LAMPIRANError! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Boiler</i>	10
Gambar 2. 2 <i>Steam Turbine</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Auxiliary Boiler</i>	11
Gambar 2. 4 <i>Mekanisme Fire Tube</i>	12
Gambar 2. 5 <i>Mekanisme water tube</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Pressure Control</i>	14
Gambar 2. 7 <i>Safety Valve</i>	14
Gambar 2. 8 <i>Gelas Duga</i>	15
Gambar 2. 9 <i>Manometer</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Blow Down Valve</i>	16
Gambar 2. 11 <i>Main Steam Valve</i>	17
Gambar 2. 12 <i>Alarm</i>	18
Gambar 2. 13 <i>Name Plate</i>	18
Gambar 2. 14 <i>Cerobong</i>	20
Gambar 2. 15 <i>Air Register</i>	21
Gambar 2. 16 <i>Burner</i>	22
Gambar 2. 17 <i>Flame Eye</i>	23
Gambar 2. 18 <i>Economizer</i>	24
Gambar 2. 19 <i>Blow Down Valve</i>	25
Gambar 2. 20 <i>Chloride test</i>	27
Gambar 2. 21 <i>M Alkalinity Test</i>	28
Gambar 2. 22 <i>Hardness Test</i>	29
Gambar 2. 23 <i>Ph Test</i>	30

Gambar 2. 24 Kerangka Penelitian	31
Gambar 3. 1 <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	40
Gambar 4. 1 Kapal MT. Harsanadi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 <i>Ship's Particular</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 <i>Auxiliary Boiler</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Wawancara dengan <i>Fourth Engineer</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Kebocoran Air pada <i>Exhaust Boiler</i> ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Kebocoran <i>Water Tube</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Garam pada <i>Feed Water Pump</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 <i>Boiler Water Test</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Hasil <i>Test Kandungan Chloride</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Kerangka <i>Root Cause Analysis</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 4. 1 Spesifikasi Auxiliary Boiler di MT. Harsanadi ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Jadwal PMS <i>Boiler</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Kesimpulan Wawancara Dengan <i>Fourth Engineer</i> ...	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keterangan <i>Sign On</i>	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2	Surat Keterangan <i>Sign Off</i>	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3	<i>Crew List</i> MT. Harsanadi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4	<i>Feed Water Line</i>	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5	<i>Control Panel Auxiliary Boiler</i>	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6	Wawancara.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7	<i>Boiler Water Test</i> Sesudah <i>Crew Change</i>	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 8	<i>Boiler Water Test</i> Sebelum <i>Crew Change</i>	Error! Bookmark not defined.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri layanan transportasi laut kini sangat berkembang, dengan banyak perusahaan yang bersaing untuk menawarkan pelayanan dan fasilitas terbaik bagi pelanggan. Karena itu, perawatan mesin kapal sangat penting untuk memastikan operasional kapal berjalan dengan optimal.

Mesin kapal terbagi menjadi mesin penggerak utama (*main engine*) dan permesinan bantu (*auxiliary engine*). Untuk mendukung kinerja mesin penggerak utama, permesinan bantu memiliki peran yang sangat vital, seperti *boiler*, pompa, diesel generator, kompresor, *purifier*, dan berbagai peralatan lainnya.

Hingga saat ini, kapal-kapal, khususnya kapal tanker, masih memerlukan instalasi tenaga uap. Instalasi ini berfungsi baik sebagai sistem utama maupun untuk mendukung peralatan bantu. Sebagai sistem utama, tenaga uap digunakan untuk memanaskan *cargo* didalam tanki.

Sebagai instalasi bantu, terutama pada kapal tanker, uap memainkan peran penting dalam berbagai fungsi seperti pemanas bahan bakar, pemanas ruangan, pemanas air, dan pemanas kargo di tangki. Terlepas dari berbagai kegunaan uap di kapal, yang paling penting adalah adanya peralatan yang dapat menghasilkan uap tersebut untuk memenuhi kebutuhan di kapal. Peralatan ini dikenal sebagai ketel uap, yaitu sebuah bejana tertutup yang mampu menghasilkan uap dengan tekanan lebih dari satu atmosfer (1 atm). Sistem uap di kapal tidak dapat dipisahkan dari ketel uap sebagai instalasi penghasil uap air. Oleh karena itu, ketel uap sebagai alat utama dalam produksi uap harus mendapatkan perhatian

yang serius. Perawatan yang baik pada air ketel sangat penting untuk memastikan ketersediaan uap yang diperlukan, seperti untuk pemanas kargo di tangki.

Perawatan dalam setiap operasional yang sudah direncanakan meliputi pemeliharaan dan pengoperasian alat-alat yang berhubungan dengan ketel uap bantu, yang kemudian mencakup perawatan bagian-bagian utama ketel uap bantu, seperti air pengisian ketel, *burner*, *fan/blower*, *valve*, dan peralatan pendukung lainnya. Dengan perawatan yang baik, selain dapat memastikan kelancaran operasional kapal, juga dapat membuat ketel uap menjadi lebih tahan lama dan mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada komponen. Jika kondisi ini dapat terlaksana dengan baik, maka dapat mengurangi kebutuhan perbaikan yang mungkin memerlukan penggantian suku cadang.

Perawatan air pada *boiler* merupakan langkah penting untuk memastikan kinerja yang optimal dan memperpanjang umur pakai peralatan tersebut. Hal ini mencakup pemantauan rutin terhadap kualitas air, seperti *pH* dan kekerasan, serta pengendalian kekeruhan melalui sistem pengendapan yang tepat. Proses deaerasi juga sangat diperlukan untuk menghilangkan oksigen yang dapat menyebabkan korosi di dalam *boiler*. Pembersihan berkala untuk menghilangkan endapan mineral dan lumpur juga harus dilakukan secara rutin. Dengan menerapkan prosedur perawatan yang baik, operator *boiler* dapat memastikan operasi yang efisien dan aman, serta meminimalkan risiko kerusakan dan biaya perbaikan yang tidak terduga.

Kebocoran pada pipa air tawar *boiler* kapal merupakan masalah serius yang dapat mempengaruhi operasi dan keselamatan kapal. Kebocoran ini bisa

disebabkan oleh berbagai faktor, seperti korosi, tekanan berlebih, atau keausan material pipa. Dampaknya bisa sangat merugikan, termasuk kehilangan air yang berharga, penurunan efisiensi *boiler*, dan bahkan ancaman terhadap keselamatan awak kapal. Oleh karena itu, penting untuk melakukan inspeksi rutin pada sistem pipa, serta memastikan penggunaan material pipa yang tahan terhadap korosi. Respons cepat terhadap tanda-tanda kebocoran dan perbaikan yang tepat waktu sangat penting untuk menghindari dampak yang lebih besar terhadap operasional kapal dan keselamatan pelayaran.

Pada saat melakukan praktik laut dukapal MT. Harsanadi pada tanggal 14 Februari 2023 tepatnya di perairan Samudera Hindia, terjadi kendala pada salah satu permesinan bantu *auxiliary boiler*. Kejadianya terjadi ketika akan melakukan *heating* pada *cargo*, pada saat itu air di dalam *boiler* cepat habis dan keluar asap putih pekat pada cerobong asap, pada awalnya mengira asap putih berasal dari kurangnya pasokan bahan bakar yang masuk kedalam *boiler*, tapi saat mencoba kembali dengan menambahkan pasokan bahan bakar yang cukup tetap saja masih mengeluarkan asap putih di cerobong, tidak lama dari itu air keluar dari jalur gas buang *boiler*.

Berdasarkan kasus yang terjadi, saya menganalisa permasalahan tersebut dan membuat skripsi dengan beberapa identifikasi faktor penyebab timbulnya permasalahan tersebut dengan judul **“ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA WATER TUBE BOILER MIURA HB-12 DI MT. HARSANADI**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, permasalahan yang ada di kapal dapat dijadikan sebagai fokus utama dalam penelitian ini.:

1. Faktor–faktor apa yang menjadi penyebab bocornya *water tube* pada *boiler* di kapal MT. Harsanadi?
2. Apa dampak dari kebocoran *water tube* pada *boiler* di kapal MT. Harsanadi ?

C. Batasan Masalah

Mengingat sangat luasnya masalah yang dapat dikaji dan keterbatasan penelitian penulis, penulis merasa perlu untuk menetapkan batasan-batasan tertentu agar tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan. Oleh karena itu, penulis membatasi ruang lingkup bahasan pada:

1. Pembahasan hanya dilakukan pada *water tube boiler* di kapal mt harsanadi
2. Pembahasan hanya meliputi permasalahan pada penulis saat melaksanakan praktek berlayar selama 12 bulan

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan antara lain :

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menimbulkan terjadinya kebocoran pada *water tube boiler* Miura HB-12
2. Untuk mengetahui dampak bocornya *water tube* pada *boiler*.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti, pembaca, dan *engineer* di atas kapal. Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah:

1. Memberikan pedoman kerja bagi masinis (pelaksana) di kapal dan menambah wawasan ilmiah yang lebih mendalam mengenai kebocoran *water tube* pada *boiler* di atas kapal.
2. Menambah wawasan ilmiah bagi pembaca skripsi ini mengenai kebocoran *water tube* pada *auxiliary boiler*, serta dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Meningkatkan pemahaman tentang cara mengatasi kebocoran pada *water tube* yang masuk ke dalam *furnace boiler* di atas kapal.
4. Dapat dijadikan informasi dan acuan untuk mengambil tindakan terkait kebocoran *water tube* pada *boiler*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Review penelitian adalah beberapa kumpulan penelitian sebelumnya yang dibuat oleh orang lain yang berkaitan dengan permasalahan ini, peneliti harus belajar dari peneliti sebelumnya yang dibuat oleh peneliti lain agar terhindar dari plagiasi dan mengulangi kesalahan yang sama dari peneliti sebelumnya. Berikut adalah contoh penelitian sebelumnya yang digunakan oleh penulis dalam menunjang penelitian ini yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya

No.	Judul Jurnal	Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Analisis Terjadinya Kebocoran pada Pipa Auxiliary Boiler di PMV DK 01	David Marsela Kurniawan(2018)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebocoran pada pipa air Auxiliary Boiler terjadi akibat perawatan dan pengaturan pH air Boiler yang kurang optimal. Ketidaktepatan ini menyebabkan air menjadi bersifat asam, yang pada akhirnya memicu terjadinya korosi pada permukaan pipa. Korosi yang terus berlangsung tanpa penanganan yang memadai dapat memperlemah struktur pipa dan mengakibatkan kebocoran. Untuk mencegah terulangnya masalah tersebut, diperlukan pengawasan yang lebih ketat, perawatan berkala yang terjadwal, serta pengaturan pH air Boiler yang konsisten sesuai dengan standar yang direkomendasikan.	Perbedaan dari hasil penelitian sebelumnya dengan peneliti adalah jika penelitian sebelumnya menjelaskan tentang ketidak sesuaian pH yang terkandung pada air ketel uap sehingga kandungan asam terlalu tinggi sedangkan penelitian ini memfokuskan tentang kandungan <i>chloride</i> yang terlalu tinggi sehingga <i>water tube</i> menyebabkan korosi.

No.	Judul Jurnal	Penulis	Kesimpulan	Perbedaan
2.	Analisis Kebocoran Pipa-Pipa Api pada Ketel Uap di MV. Melratuls Mamiri	Aprilia Arief Setiawan (2019)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kebocoran pada pipa-pipa api ketel uap, menganalisis dampaknya terhadap kinerja dan keandalan ketel uap, serta merumuskan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut secara efektif. Berdasarkan hasil penelitian, kebocoran pipa-pipa api disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu pelaksanaan perawatan yang tidak sesuai atau tidak mengikuti rencana pemeliharaan yang telah ditetapkan, terjadinya korosi pada pipa yang melemahkan struktur material, kualitas air ketel uap yang buruk dan tidak memenuhi standar operasional, serta kurangnya pemahaman dan pengalaman operator dalam mengoperasikan serta merawat ketel uap. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan pelaksanaan pemeliharaan yang terjadwal sesuai prosedur, pengujian dan pemantauan kualitas air ketel uap secara rutin untuk memastikan kondisi air tetap ideal.	Perbedaan utama antara hasil penelitian sebelumnya dan penelitian ini terletak pada penyebab kebocoran pipa yang menjadi fokus analisis. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa kebocoran pada pipa-pipa api ketel uap terjadi akibat perawatan yang tidak dilakukan sesuai dengan rencana pemeliharaan (maintenance plan), sehingga berdampak pada kerusakan pipa akibat kurangnya pengawasan dan pelaksanaan prosedur perawatan yang benar. Di sisi lain, penelitian ini lebih memfokuskan pada pengaruh kandungan klorida (chloride) yang terlalu tinggi dalam air ketel uap, yang secara langsung menyebabkan korosi pada pipa water tube. Kandungan klorida yang melebihi ambang batas menciptakan kondisi lingkungan yang agresif terhadap material pipa, sehingga mempercepat proses korosi dan kerusakan.

No.	Judul Jurnal	Penulis	Kesimpulan	Perbedaan
3.	Analisis Kebocoran Pipa pembentukan Uap Ketel Bantu di MV. KT 05	Muhammad Yan Hamda Perkasa (2017)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebocoran pada pipa pembentuk uap ketel Bantul disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain tekanan uap yang berlebihan, kurangnya intensitas blowdown, kualitas air yang tidak sesuai, kualitas material pipa yang kurang memadai, kurangnya perhatian kru terhadap pelaksanaan perawatan, serta pelaksanaan perawatan yang tidak sesuai dengan panduan manual book. Faktor-faktor tersebut berdampak pada kerusakan material pipa pembentuk uap, penurunan kualitas air, dan terjadinya korosi pada bagian dalam pipa pembentuk uap. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa langkah yang dilakukan meliputi memulai aliran pemakaian steam pada peralatan dan tangki yang menghasilkan steam, memperbaiki dumping valve serta membersihkan kondensor, melaksanakan blowdown secara teratur, dan melakukan pembersihan kerak pada ketel secara rutin.	Perbedaan utama antara hasil penelitian sebelumnya dan penelitian ini terletak pada fokus penyebab terjadinya kerusakan. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa kebocoran pada pipa ketel uap disebabkan oleh ketidaksesuaian pH air ketel uap, yang menyebabkan tingginya kandungan asam dalam air. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang korosif dan mempercepat kerusakan pada pipa. Sementara itu, penelitian ini lebih memfokuskan pada kandungan klorida (chloride) yang terlalu tinggi dalam air ketel uap. Kadar klorida yang berlebihan ini menjadi penyebab utama korosi pada pipa water tube, karena klorida secara langsung mempercepat proses degradasi material pipa. Dengan demikian, penelitian ini menyoroti pentingnya pengendalian kandungan klorida sebagai langkah pencegahan korosi, yang berbeda dari penelitian sebelumnya yang berfokus pada pengelolaan pH air untuk mengurangi sifat asam.

Sumber : Analisis Penulis (2024)

B. Landasan Teori

1. Pengertian Ketel Uap

Menurut Agus Sugiharto (2016:23),” Ketel Uap merupakan bejana tertutup yang terbuat dari baja yang berfungsi memindahkan panas yang dihasilkan pembakaran bahan bakar ke air yang pada akhirnya akan menghasilkan uap dan digunakan untuk proses diluar *boiler* itu sendiri, seperti pemanas, penggerak turbin, dan sebagainya. Pemakaian dan perawatan *boiler* yang baik akan membuat efisiensi *boiler* semakin tinggi dan menghemat biaya operasional secara umum. Berbagai usaha dapat dilakukan untuk menghemat biaya produksi uap diantaranya dengan penambahan peralatan guna memperbesar efisiensi dan bahkan adanya penggantian jenis bahan bakar yang digunakan.

Pengoperasian dan pemeliharaan yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi *boiler* jika dilakukan secara rutin dan sesuai dengan aturan serta prosedur yang berlaku. Untuk menjaga kualitas dan keandalan operasional *boiler*, diperlukan pemeliharaan yang terjadwal agar *boiler* dapat berfungsi dengan baik saat beroperasi. Pemeliharaan yang terencana dengan baik dapat meminimalkan gangguan dan kerusakan, sekaligus meningkatkan kinerja *boiler*.

Dalam waktu tertentu, ketel uap harus dapat menghasilkan uap dengan berat dan tekanan lebih dari 1 atmosfer. Uap yang dihasilkan harus memiliki kadar air yang serendah mungkin. Jika digunakan untuk alat pemanas (seperti pemanas saluran), maka penggunaan uap yang tidak terkendali dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan. Oleh

karena itu, jumlah uap harus dikendalikan dengan mudah. Pada saat operasi kapal di mana penggunaan uap tinggi, tekanan uap harus tetap stabil. Uap harus dapat diproduksi dengan jumlah bahan bakar efisien.



Gambar 2. 1 *Boiler*

Sumber : https://www.miuraz.co.jp/en/marine/product/vwh_hb.html
(2024)

2. Fungsi Ketel Uap

a. Ketel Uap Induk (*Main Boiler*)

"Menurut Munandar (2004: 44), Ketel uap induk (*Main Boiler*) adalah mesin penggerak yang menggunakan energi fluida kerja secara langsung untuk memutar sudu turbin. Berbeda dengan mesin torak, pada turbin tidak ada bagian mesin yang bergerak secara translasi. Bagian yang berputar pada turbin disebut rotor atau sudu turbin, sementara bagian yang tidak bergerak disebut stator atau rumah turbin. Sudu turbin terletak di dalam rumah turbin dan berfungsi untuk memutar poros daya yang menggerakkan".



Gambar 2. 2 *Steam Turbine*

Sumber : <https://global.kawasaki.com/en/mobility/marine> (2024)

b. Ketel Uap Bantu (*Auxiliary Boiler*)

“Menurut Kundori (2022:35), ketel uap Bantu adalah suatu instalasi uap yang digunakan sebagai pemanas tangki bahan bakar, pemanas ruangan, pemanas untuk *cargo*, serta sebagai penggerak mesin-mesin bantu di atas kapal.”



Gambar 2. 3 *Auxiliary Boiler*

Sumber : <https://www.eonchemicals.com/artikel/prinsip-kerja-boiler/> (2024)

3. Jenis Pipa Ketel Uap

Jenis-jenis tipe pipa ketel uap menurut Irawan, Ochtafian Wahyu, Lutvin Susdiawan Pratama, and Chairil Insani (2021:109), berdasarkan mekanisme yang digunakan, jenis mesin *boiler* terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Ketel Uap Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

Menurut Yudha Ciptaning (2015:3), “Ketel uap pipa api adalah jenis ketel yang memiliki banyak pipa api, di mana gas panas dari hasil pembakaran mengalir melalui pipa-pipa api tersebut. Kalor dari gas panas ini ditransfer ke pipa-pipa api yang dikelilingi oleh air, sehingga air tersebut berubah menjadi uap bertekanan yang kemudian digunakan untuk proses industri. Pada *fire tube boiler*, gas-gas panas melewati pipa-pipa, sementara air umpan *boiler* berada di dalam shell dan dipanaskan hingga menjadi uap. Tipe *boiler* pipa api ini memiliki karakteristik, yaitu menghasilkan uap yang rendah dengan kapasitas yang terbatas. Proses pembakaran terjadi di dalam pipa, dan panas yang dihasilkan disalurkan langsung ke dalam *boiler* yang berisi air.”



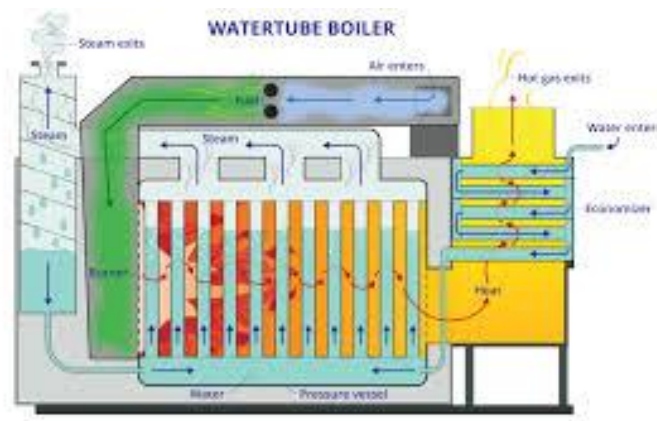
Gambar 2. 4 Mekanisme *Fire Tube*

Sumber : <https://industrialboiler.com/boilers/firetube-boilers> (2024)

b. Ketel Uap Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Menurut Perry & Green (2008:03), "*Water tube boiler* adalah *boiler* di mana air dialirkan melalui tabung yang dikelilingi oleh gas panas hasil pembakaran bahan bakar." Pada *water tube boiler*, air umpan *boiler* mengalir melalui pipa-pipa dan masuk ke dalam drum. Air yang bersirkulasi dipanaskan oleh gas panas dari hasil pembakaran

bahan bakar dan menghasilkan uap di dalam drum. Proses pembakaran terjadi di sisi luar pipa, sehingga panas akan diserap oleh air yang mengalir di dalam pipa. Karakteristik dari jenis *boiler* ini adalah dapat menghasilkan jumlah uap yang relatif lebih banyak, memiliki kapasitas uap yang besar, efisiensi yang lebih tinggi, dan proses pembakaran yang mudah untuk dijangkau saat akan dibersihkan, salah satu jenis ketel uap pipa air adalah *boiler* miura HB-12.



Gambar 2. 5 Mekanisme *water tube*

Sumber : <https://miuraboiler.com/steam-boilers-101/> (2024)

4. Apendasi Ketel Uap

Menurut Nova Prasetya (2021:9), Apendasi ketel uap adalah komponen pelengkap ketel yang dapat berfungsi secara mandiri dan dipasang untuk memastikan ketel uap beroperasi dengan aman. Ketel uap tidak harus memiliki jenis dan jumlah aksesoris yang sama, tetapi disesuaikan dengan kondisi serta kebutuhan yang berlaku. Beberapa peralatan pengaman pada ketel meliputi:

a. *Pressure Control*

Menurut R Andika Nico Arya (2021:32) “yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengatur tekanan.” *Pressure control* pada *boiler*

adalah sistem yang dirancang untuk mengatur dan menjaga tekanan uap atau tekanan operasional yang aman di dalam *boiler*. Fungsi utama dari *pressure control* adalah untuk memastikan bahwa tekanan uap dalam *boiler* tetap berada dalam rentang yang aman dan sesuai dengan kebutuhan proses industri atau aplikasi lainnya



Gambar 2. 6 *Pressure Control*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

b. Katup Pengaman (*Safety Valve*)

Katup pengaman pada *boiler* berfungsi sebagai alat untuk mencegah tekanan uap yang berlebihan. Jika tekanan uap pada ketel uap melebihi batas maksimum, katup pengaman akan terbuka secara otomatis untuk mengurangi tekanan uap di dalam ketel uap.



Gambar 2. 7 *Safety Valve*
Sumber : <https://dieselship.com/marine-boilers/boiler/> (2024)

c. Gelas Duga

Gelas penduga yang dipasang pada drum ketel uap berfungsi untuk memantau ketinggian air di dalam *boiler* secara visual. Alat ini dibuat dari bahan kaca atau plastik berkekuatan tinggi yang tahan terhadap tekanan serta suhu tinggi di dalam *boiler*. Fungsi utamanya adalah memberikan indikasi visual yang jelas kepada operator atau pengawas mengenai level air di dalam *boiler*.



Gambar 2. 8 Gelas Duga
Sumber : Dokumentasi pribadi (2022)

d. *Manometer*

Manometer berfungsi sebagai alat pengukur tekanan yang digunakan untuk memantau dan mengukur tekanan dalam sistem uap atau air panas pada *boiler*. Peran utamanya adalah memberikan informasi langsung kepada operator atau pengawas mengenai tekanan di dalam *boiler*.



Gambar 2. 9 *Manometer*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2022)

e. *Blow Down Valve*

Blow down valve berfungsi untuk membuang air serta endapan kotoran yang terdapat di dalam ketel uap ke *overboard*. Komponen ini berperan penting dalam menjaga kualitas air *boiler* dengan mengeluarkan air yang telah terkontaminasi atau memiliki konsentrasi mineral tinggi, seperti kekerasan (*hardness*) dan klorida.



Gambar 2. 10 *Blow Down Valve*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2023)

f. *Main Steam Valve*

Main steam valve berfungsi untuk mengatur aliran uap utama yang dihasilkan oleh *boiler* menuju sistem atau proses yang membutuhkan uap tersebut. Katup ini mengontrol aliran uap utama dari *boiler* ke berbagai aplikasi, dan dengan mengatur bukaan katup, operator dapat menyesuaikan jumlah uap yang masuk ke sistem sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. 11 *Main Steam Valve*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2023)

g. *Alarm*

Alarm pada ketel uap berfungsi untuk memberikan peringatan kepada operator atau pengawas mengenai kondisi tidak normal atau situasi yang memerlukan perhatian segera. Fungsi utamanya adalah meningkatkan keselamatan operasional dan mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan yang dapat menyebabkan gangguan produksi atau membahayakan awak kapal.



Gambar 2. 12 Alarm
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

h. Name Plate

Berdasarkan Undang-Undang Uap Pasal 12, setiap ketel uap wajib memiliki nama plat dengan ukuran 80 x 140 mm. Pada nama plat tersebut harus tercantum secara jelas informasi mengenai kapasitas ketel uap.



Gambar 2. 13 Name Plate
Sumber : <https://www.aaronequipment.com/boilers/fire-tube/miura-lx-100-sg-44738001> (2024)

5. Bagian-bagian pada Ketel Uap

a. Ruang Bakar (*Combustion Chamber*)

Tungku bakar berfungsi sebagai tempat pembakaran bahan bakar. Bahan bakar dan udara dimasukkan ke dalam ruang bakar sehingga terjadilah pembakaran. Dari proses pembakaran tersebut, dihasilkan panas, nyala api, atau gas asap. Dinding ruang bakar biasanya dilapisi dengan pipa-pipa. Semakin cepat aliran air, semakin baik pendinginan

dinding pipa dan semakin besar kapasitas uap yang dihasilkan. Suhu yang sesuai dengan bahan bakar sangat penting dalam operasional *furnace* yang efisien, yaitu dengan pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara yang minimal. Efisiensi operasi *furnace* relatif lebih rendah (paling rendah 8%) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti *boiler* (dengan efisiensi lebih dari 85%). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi dalam *furnace*..

b. *Furnace*

Terdiri dari beberapa bagian utama yaitu :

1) Bagian Radiasi

Pada bagian radiasi, terdapat ruang pembakaran di mana *tube* ditempatkan di sekeliling ruang bakar. Masing-masing *tube* dihubungkan dengan *elbow*. Fluida proses disirkulasikan dalam rangkaian *tube*, dan panas ditransfer dari bahan bakar secara radiasi. Sebagian panas juga ditransfer secara konveksi antara udara dan bahan bakar panas dengan *tube*.

2) Bagian Konveksi

Untuk memaksimalkan pemulihan panas sensibel dari fluida gas, fluida proses disirkulasikan pada kecepatan tinggi melalui rangkaian *tube* yang dipasang secara paralel maupun tegak lurus, di bagian-bagian di mana panas ditransfer melalui konveksi. *Tube* terkadang dilengkapi dengan sirip untuk meningkatkan perpindahan panas dengan fluida gas. Efisiensi *furnace* dengan bagian konveksi akan lebih besar dibandingkan dengan *furnace*.

3) *Stack* (Cerobong Asap)

Stack berfungsi sebagai jalur pengeluaran gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam *boiler*. Gas buang ini mengandung berbagai komponen seperti uap air, CO₂, CO, nitrogen oksida (NO_x), partikulat, dan zat lainnya yang dihasilkan selama proses pembakaran.



Gambar 2. 14 *Cerobong*

Sumber : <https://www.flickr.com/photos/marimaaar/2969113661>
(2024)

6. Komponen-Komponen Pada *Furnance*

a. Dinding *Furnance*

Pada bagian radiasi, terdapat ruang pembakaran di mana *tube* diletakkan di sekeliling ruang bakar. Setiap *tube* dihubungkan dengan elbow. Fluida proses disirkulasikan dalam rangkaian *tube*, dan panas ditransfer dari bahan bakar melalui radiasi. Sebagian panas juga ditransfer melalui konveksi antara udara dan bahan bakar panas yang berada di sekitar *tube*.

b. *Stack* (Cerobong Asap)

Stack berfungsi sebagai jalur pengeluaran gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam *boiler*. Gas buang ini

mengandung berbagai komponen seperti uap air, CO₂, CO, nitrogen oksida (NO_x), partikulat, dan zat lainnya yang dihasilkan selama proses pembakaran.

c. *Air Register*

Air register pada *boiler* adalah komponen yang terletak di depan atau di sekitar tungku (*furnace*) atau ruang pembakaran. Fungsinya sangat penting dalam mengontrol jumlah udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran *boiler*. Udara yang cukup dan terukur diperlukan untuk memastikan pembakaran bahan bakar yang efisien dan lengkap. Pengaturan yang tepat dari air register membantu dalam mencapai rasio udara-ke-bahan bakar yang optimal untuk pembakaran yang efisien dan emisi yang rendah.



Gambar 2. 15 *Air Register*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2022)

d. *Burner*

Burner berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi pembakaran antara bahan bakar dan udara. *Burner* menghasilkan panas yang diperlukan untuk memanaskan air dalam *boiler* hingga mencapai suhu dan tekanan yang diinginkan. Pengendalian suhu dan tekanan ini sangat

penting untuk menjaga kinerja *boiler* dan kelancaran proses yang menggunakan uap tersebut.



Gambar 2. 16 *Burner*

Sumber : <https://ph.pinterest.com/pin/miura-boiler-burner-type--584060645424194897/> (2024)

e. *Pilot Burner*

Pilot burner pada *boiler* adalah jenis *burner* kecil yang berfungsi sebagai sumber api yang tetap menyala (*pilot flame*) untuk memulai proses pembakaran utama pada *burner* utama *boiler*. *Pilot burner* biasanya terletak di dekat atau di sekitar *burner* utama dan berfungsi sebagai inisiasi untuk pembakaran bahan bakar

f. *Flame Eye*

Flame eye pada *boiler* adalah sensor atau detektor yang digunakan untuk memonitor keberadaan atau keberhasilan nyala api pada *burner* utama. Fungsi utama dari *flame eye* adalah untuk mendeteksi adanya api yang terbakar secara stabil dan aman pada waktu yang tepat selama siklus operasi *boiler*



Gambar 2. 17 *Flame Eye*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2022)

g. *Snuffing Steam*

Snuffing steam pada *boiler* adalah proses penggunaan uap atau steam bertekanan rendah untuk memadamkan atau menekan nyala api pada *burner* utama atau *burner* lainnya dalam keadaan darurat. Proses ini dilakukan sebagai bagian dari sistem keamanan *boiler* untuk menghindari terjadinya kebakaran atau ledakan yang disebabkan oleh nyala api yang tidak terkendali.

h. *Stack Damper*

Stack damper adalah katup yang berfungsi untuk mengatur tekanan dan kecepatan aliran gas hasil pembakaran yang keluar melalui *stack*, agar tekanan di dalam *furnace* lebih rendah dibandingkan dengan tekanan di luar *furnace*.

i. *Soot Blower*

Soot blower adalah peralatan yang berfungsi untuk membersihkan endapan jelaga di dalam saluran konveksi agar tidak menghalangi transfer panas. Alat ini dilengkapi dengan *nozzle* untuk menyemburkan uap steam atau udara ke dalam *furnace*.

j. *Steam Drum*

Steam drum merupakan tempat penampungan air ketel dan pembangkitan uap. Uap yang dihasilkan masih tergolong uap jenuh. Selain itu, *steam drum* juga berfungsi untuk memisahkan uap dan air yang dipanaskan dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam *furnace* atau tungku bakar.

k. *Economizer*

Economizer pada *boiler* adalah komponen yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi *thermal boiler* dengan memanfaatkan panas dari gas buang yang keluar dari ruang pembakaran sebelum gas tersebut keluar melalui cerobong. Fungsi utama dari *economizer* adalah untuk prapemanasan air umpan *boiler* dengan menggunakan panas yang tersisa dari gas buang, sebelum air tersebut masuk ke dalam *boiler* untuk diubah menjadi uap.



Gambar 2. 18 *Economizer*

Sumber : <https://www.thermodyneboilers.com/economizers/> (2024)

l. *Safety Valve*

Safety valve adalah katup pengaman pada ketel uap yang berfungsi untuk melindungi ketel uap dari tekanan uap yang berlebihan. Apabila

tekanan uap pada ketel melebihi batas maksimum, katup pengaman akan terbuka secara otomatis untuk mengurangi tekanan uap yang ada pada *boiler*.

m. *Blowdown Valve*

Blow down valve berfungsi untuk mengeluarkan air dan endapan kotoran yang ada di dalam ketel uap ke *overboard*. Fungsinya sangat penting dalam menjaga kualitas air *boiler* dengan cara membuang air yang telah terkontaminasi atau mengandung konsentrasi tinggi mineral-mineral seperti kekerasan (*hardness*) dan klorida



Gambar 2. 19 *Blow Down Valve*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2023)

n. *Main Steam Valve*

Main steam valve berfungsi untuk mengontrol aliran uap utama yang dihasilkan oleh boiler menuju proses atau sistem yang memerlukan uap tersebut. Katup ini mengatur aliran uap dari *boiler* ke berbagai sistem atau proses yang membutuhkan uap. Dengan mengatur bukaan katup, operator dapat mengontrol jumlah uap yang disalurkan ke sistem sesuai dengan kebutuhan.

7. Pengertian Pipa

Pipa *boiler* merupakan salah satu bagian dari peralatan *boiler*. *Boiler* adalah alat yang berfungsi untuk mengalirkan panas pembakaran ke air hingga air tersebut berubah menjadi air panas atau uap. Pipa *boiler* adalah pipa yang dirancang untuk beroperasi dalam sistem *boiler* atau pipa tahan panas dengan spesifikasi tinggi, yang memiliki kualitas dan karakteristik untuk instalasi dengan suhu dan tekanan tinggi dalam jangka waktu panjang. Pipa *boiler* yang tersedia biasanya memenuhi standar Eropa dan dilengkapi dengan sertifikat kualitas untuk pipa yang diproduksi.

8. Perawatan Air Pada *Boiler*

a. *Chloride*

Menurut KBBI “Klorida adalah senyawa kimia yang mengandung atom klorin dan hidrogen (Cl^-)”. Kandungan *chloride* pada *boiler* merujuk pada jumlah ion klorida (Cl^-) yang terlarut di dalam air yang digunakan untuk proses pemanasan dalam *boiler* industri, kandungan *chloride* ini penting karena dapat mempengaruhi performa dan umur pakai pipa pada *boiler*, kandungan *chloride* pada *boiler* dapat menyebabkan korosi pada material pipa *water tube*, terutama pada suhu tinggi dan tekanan tinggi, klorida dapat membentuk senyawa korosif dengan logam, seperti besi dan baja, yang dapat merusak pipa *water tube* pada *boiler*.



Gambar 2. 20 Chloride test

Sumber : <https://www.chemworld.com/Boiler-Chloride-Test-Kits-p/m8517.htm> (2024)

b. *M alkalinity*

Kandungan *M alkalinity* pada *boiler* mengacu pada jumlah alkali yang terlarut di dalam air yang digunakan untuk operasi *boiler*. *M alkalinity* merupakan parameter penting dalam pengendalian kualitas air *boiler*, karena dapat mempengaruhi pH air untuk tetap stabil dan kemampuan air untuk menetralkan asam, jika *M alkalinity* terlalu rendah maka air boiler tidak dapat menetralkan asam secara efektif, yang dapat menurunkan pH dan dapat menyebabkan korosi, dan jika *M alkalinity* terlalu tinggi dapat mengakibatkan pembentukan kerak mineral yang tidak diinginkan sehingga dapat mengurangi efisiensi pemanasan pada *boiler*.



Gambar 2. 21 M Alkalinity Test

Sumber : <https://www.chemworld.com/P-Alkalinity-Test-Kits-p/m8477.htm> (2024)

c. *Hardness*

Hardness pada uji air *boiler* merujuk pada kandungan mineral, terutama kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}), yang dapat membentuk endapan keras seperti kerak pada permukaan pemanas dalam *boiler*. Kehadiran mineral-mineral ini dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti pembentukan kerak pada pipa dan pemanas, yang mengurangi efisiensi transfer panas dan bisa menyebabkan *overheating* serta kerusakan pada sistem. Selain itu, kandungan hardness yang tinggi juga dapat mempercepat korosi pada komponen-komponen metal dalam *boiler*. Hardness air biasanya diukur dalam satuan ppm (parts per million) atau mg/L.



Gambar 2. 22 Hardness Test

Sumber : <https://www.bmdstore.com/wp-content/uploads/2020/07/Apera-water-hardness-meter-670x465.jpg> (2024)

d. Ph

Kandungan pH pada *boiler* merujuk pada tingkat keasaman atau kebasaan (alkalinitas) dari air yang digunakan dalam proses pemanasan di *boiler* industri. pH adalah ukuran yang menunjukkan seberapa asam atau basa suatu larutan. Rentang pH yang tepat dalam air *boiler* sangat penting untuk menjaga stabilitas kimia, mencegah korosi, dan mendukung operasi yang efisien. Stabilitas pH yang baik sangat penting untuk menjaga kualitas air *boiler* yang sesuai dengan spesifikasi operasional. Variasi pH yang signifikan dapat menyebabkan masalah operasional yang serius dan mempengaruhi umur pakai serta keandalan *boiler*. Memahami dan mengontrol kandungan pH dengan tepat adalah kunci untuk menjaga performa dan umur pakai *boiler* yang optimal. Operator *boiler* perlu memantau pH secara teratur dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga kondisi air *boiler* dalam keadaan yang baik dan aman.

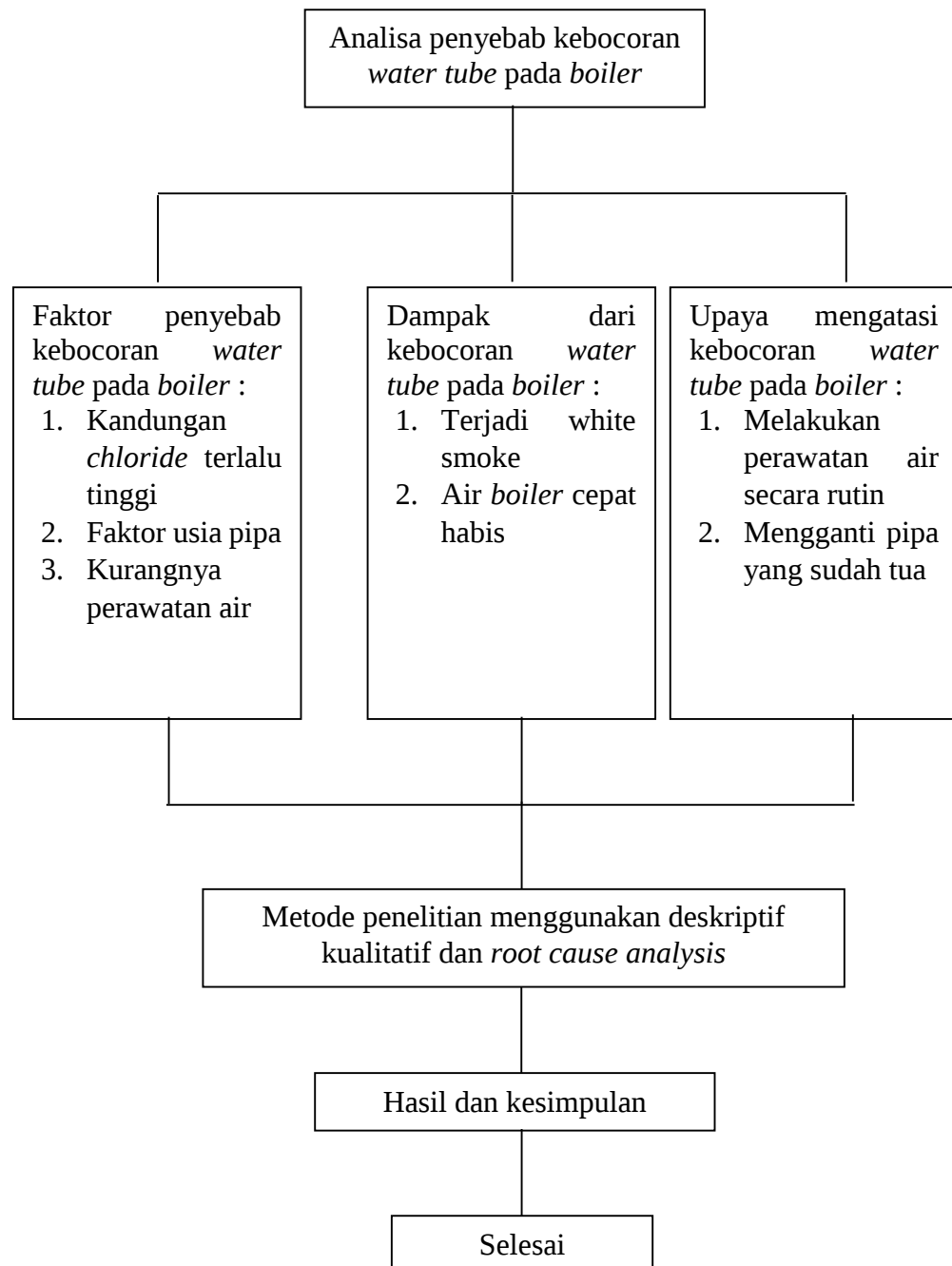


Gambar 2. 23 *Ph Test*

Sumber : Dokumentasi pribadi (2023)

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir yang disusun dalam upaya mempermudah pembahasan laporan penelitian terapan, akan dijadikan sebagai skripsi dengan fokus pada pembahasan mengenai *auxiliary boiler* di MT. Harsanadi. Di dalam kerangka pikir penelitian ini, akan dijelaskan secara rinci proses berpikir secara kronologis dalam merespons permasalahan utama penelitian, berdasarkan pengalaman dan pemahaman penulis selama terlibat langsung dalam praktik di laut



Gambar 2. 24 Kerangka Penelitian
Sumber : Analisis Penulis (2024)

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Menurut Suryabrata (2011:12) dalam penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang menghasilkan dan mengolah data bersifat deskriptif, seperti transkripsi wawancara, catatan lapangan, gambar, foto, rekaman video, dan lainnya.

Melalui penelitian kualitatif, gambaran komprehensif tentang suatu subjek dari sudut pandang para peserta dicari. Subjek dalam penelitian kualitatif biasanya melibatkan ide, persepsi, pandangan, atau keyakinan yang tidak dapat diukur dengan angka. Agar metodologi penelitian dapat menganalisis secara mendalam, penelitian kualitatif berfokus pada pemahaman tentang makna di balik fenomena yang terjadi.

Menurut teori yang menjelaskan penelitian kualitatif, pada awalnya penelitian ini memiliki pemahaman dasar yang deskriptif, yang berfungsi untuk mengkomunikasikan masalah guna menjelaskan dan memahami objek yang diteliti serta fakta-fakta di lapangan, dan menarik kesimpulan induktif dan deduktif. Lebih lanjut, penelitian kualitatif berfokus pada masalah atau fakta-fakta tertentu. Karena "masalah" dan "kesimpulan" yang dibawa oleh peneliti masih bersifat sementara dan holistik (mencakup keseluruhan), penelitian kualitatif tidak akan menghasilkan kesimpulan yang final.

B. Lokasi & Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal saat melaksanakan prala (praktek laut).

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama praktikum layar selama 1 tahun, dengan fokus pada analisis penyebab kebocoran *water tube boiler* Miura HB-12 di kapal MT Harsanadi.

C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber data

Data yang akan diperoleh dari penelitian ini berasal dari hasil wawancara dengan KKM (Kepala Keamanan Mesin) dan para masinis, serta orang-orang yang memahami permasalahan terkait. Selain itu, data juga akan diambil dari literatur yang relevan dengan topik materi, seperti buku-buku, internet, dan sumber lainnya yang termasuk dalam paket literatur..

2. Data Primer

Data primer merujuk pada sumber informasi yang diperoleh langsung oleh pengumpul data. Informasi ini dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dari sumber pertama atau lokasi tempat penelitian dilakukan. Peneliti menggunakan hasil wawancara yang diperoleh dari narasumber terkait topik penelitian sebagai data primer. Dalam konteks ini, peneliti mengumpulkan data primer dengan cara melakukan wawancara langsung dengan responden, yaitu *chief engineer* dan *Fourth engineer*, serta

melakukan observasi terhadap objek penelitian, yaitu analisis kebocoran pipa air tawar pada *boiler*

3. Data Sekunder

Data sekunder merujuk pada informasi yang tidak diperoleh langsung atau tidak berasal dari lokasi penelitian, melainkan melibatkan penggunaan dokumen atau melalui perantara orang lain. Dalam konteks penelitian ini, sumber data sekunder termasuk manual book mesin, buku, jurnal, dan artikel yang terkait dengan topik penelitian, yaitu analisis penyebab kebocoran *water tube* pada *boiler*. Data sekunder yang telah diperoleh mencakup informasi yang tidak diperoleh langsung dari data kapal, seperti jadwal PMS (*Planned Maintenance System*) yang berlaku..

4. Teknik Pengumpulan data

a. Wawancara

Menurut Gunawan (2013:160) Wawancara adalah suatu bentuk percakapan yang diarahkan pada masalah tertentu dan merupakan proses tanya jawab lisan antara dua orang atau lebih yang berhadapan secara langsung. Hal ini sebagaimana dijelaskan oleh Gunawan.

Wawancara adalah teknik pengumpulan data yang digunakan peneliti dengan cara melakukan komunikasi atau tanya jawab dengan pihak-pihak yang lebih memahami permasalahan yang dihadapi oleh peneliti dalam penelitian skripsi ini. Dalam wawancara, peneliti menyampaikan masalah-masalah yang ada, kemudian dibicarakan untuk mencari solusi atau cara mengatasinya. Isi wawancara dapat

berupa uraian kejadian, kondisi, atau data-data yang tidak normal yang kemudian dianalisis secara sistematis.

Dalam kasus ini peneliti mewawancarai sejumlah awak kapal seperti *chief engineer*, *fourth engineer*, *third engineer*, dan *second engineer* diatas kapal untuk mengetahui solusi dari permasalahan tersebut.

b. Observasi

Dalam hal ini, peneliti melakukan prala (praktek laut) di kapal dan melakukan pengamatan langsung untuk mengetahui alasan mengapa suhu minyak pelumas pada sistem pelumasan mesin utama tidak ideal, serta bagaimana cara mempertahankan suhu ideal pada minyak pelumas dalam sistem pelumasan mesin utama. Karena ada banyak variabel yang mungkin mempengaruhi, penting untuk menjaga sistem pendinginan agar data yang diperoleh benar-benar berasal dari sumber yang valid.

c. Dokumentasi

Menurut Sugiyono (2013:240) .Dokumen merupakan catatan peristiwa yang telah terjadi. Dokumen bisa berupa tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang. Dokumen yang berbentuk tulisan, misalnya catatan harian, sejarah kehidupan (*life histories*), cerita, biografi, peraturan, dan kebijakan. Dokumen yang berbentuk gambar, misalnya foto, gambar hidup, sketsa, dan lain-lain. Dokumen yang berbentuk karya seni, misalnya karya seni seperti gambar, patung, film, dan sebagainya. Studi dokumen merupakan pelengkap dari

penggunaan metode observasi dan wawancara dalam penelitian kualitatif.

Dalam hal ini, peneliti melakukan dokumentasi langsung di atas kapal mengenai komponen-komponen mesin pendingin bahan makanan di atas kapal dengan cara mengabadikannya melalui foto-foto.

d. Studi Pustaka

Menurut Nazir (2013:93), teknik pengumpulan data dengan cara membaca buku-buku, catatan-catatan, dan laporan-laporan yang berkaitan dengan masalah yang sedang diselesaikan digunakan untuk memperoleh dasar-dasar dan pendapat secara tertulis. Teknik ini dilakukan dengan mempelajari berbagai materi yang relevan dengan masalah yang diteliti. Hal ini juga dilakukan untuk mendapatkan data sekunder yang akan digunakan sebagai landasan perbandingan antara teori dengan praktik di lapangan. Data sekunder melalui metode ini diperoleh dengan browsing di internet, membaca berbagai literatur, hasil kajian dari penelitian terdahulu, catatan kuliah, serta sumber-sumber lain yang relevan. Dalam hal ini, peneliti mengkaji data yang berkaitan dengan teori dengan cara mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, baik dari buku-buku, hasil penelitian, internet, maupun sumber-sumber lainnya.

e. Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian. Menurut Danial dan Warsiah (2009:80),

studi literatur merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku, majalah, dan referensi yang relevan dengan masalah dan tujuan penelitian.

Teknik ini dilakukan untuk melengkapi berbagai teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi atau diteliti sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Penelitian lain tentang studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang diteliti.

Secara umum, studi literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan mempelajari sumber-sumber tulisan yang pernah diterbitkan sebelumnya. Dengan kata lain, istilah studi literatur ini juga sangat familiar dengan sebutan studi pustaka. Dalam setiap penelitian yang akan dilakukan, seorang peneliti harus memiliki wawasan yang luas terkait objek yang akan diteliti. Jika tidak, dapat dipastikan bahwa dalam presentasi yang lebih besar, penelitian tersebut akan gagal.

D. Teknik Analisis Data

Menurut Miles dan Huberman (2018:24), terdapat tiga teknik analisis data kualitatif yang dilakukan secara berkesinambungan selama penelitian, bahkan sebelum seluruh data terkumpul. Ketiga teknik tersebut meliputi:

1. Reduksi Data

Reduksi data adalah suatu bentuk analisis yang bertujuan untuk mempertajam, menggolongkan, mengarahkan, membuang data yang tidak perlu, dan mengorganisasi data dengan cara sedemikian rupa sehingga simpulan akhir dapat ditarik dan diverifikasi.

Proses reduksi data berlangsung secara terus-menerus sepanjang penelitian sebelum penelitian dinyatakan selesai. Produk dari reduksi data berupa ringkasan catatan lapangan, baik dari catatan awal, perluasan, maupun penambahan.

Reduksi data ini sangat penting dalam analisis data kualitatif untuk menyaring data mentah menjadi lebih terfokus dan relevan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2. Penyajian Data

Penyajian data adalah rangkaian organisasi informasi yang memungkinkan penarikan kesimpulan hasil penelitian dilakukan secara sistematis. Penyajian data bertujuan untuk menemukan pola-pola yang bermakna serta memberikan kemungkinan untuk menarik simpulan dan menentukan tindakan.

Data dapat disajikan dalam berbagai bentuk, seperti narasi kalimat, gambar/skema, jaringan kerja, dan tabel sebagai penjelas narasi.

Penyajian data ini mempermudah peneliti dalam memahami informasi secara keseluruhan, mengidentifikasi hubungan antarvariabel, dan memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan atau rekomendasi.

a. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan bagian dari kegiatan konfigurasi akhir dalam proses analisis data. Kesimpulan-kesimpulan ini juga diverifikasi selama penelitian berlangsung untuk memastikan validitasnya.

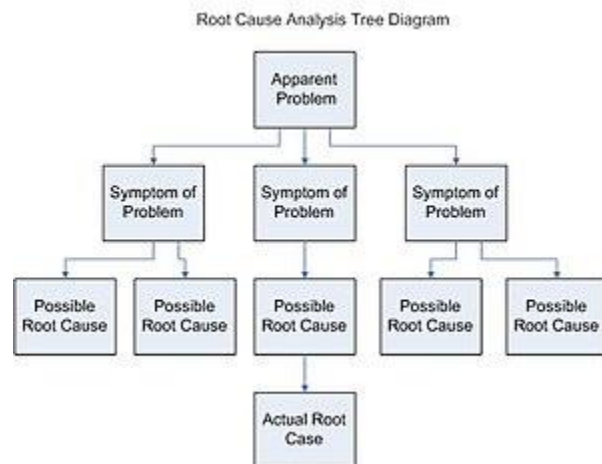
Menurut Anim (2022:169), kesimpulan mulai ditarik sejak peneliti menyusun catatan yang mencakup pola-pola, pernyataan-pernyataan, konfigurasi, hubungan sebab-akibat, dan berbagai proposisi yang ditemukan selama penelitian. Proses ini dilakukan secara iteratif, di mana peneliti terus mengonfirmasi dan menyempurnakan kesimpulan berdasarkan data yang telah diperoleh.

Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menghasilkan temuan yang dapat menjawab pertanyaan penelitian dan memberikan rekomendasi berdasarkan analisis data yang telah dilakukan.

b. *Root Cause Analysis (RCA)*

Root Cause Analysis (RCA) pertama kali diperkenalkan oleh NASA pada tahun 1950. RCA adalah suatu metode untuk mengidentifikasi penyebab utama suatu masalah melalui pendekatan yang terstruktur. Proses ini fokus pada penanganan akar masalah, bukan hanya sekedar mengatasi gejalanya. Analisis akar masalah membantu untuk memahami apa yang terjadi, bagaimana peristiwa tersebut terjadi, dan mengapa hal itu bisa terjadi. Teknik ini menggunakan langkah-langkah dan alat yang tepat untuk menemukan sumber masalah, sehingga solusi yang diambil dapat mencegah masalah yang sama terulang di masa depan. Secara umum, RCA terdiri dari dua tahap besar: tahap diagnostik dan tahap solusi. Pada tahap diagnostik, terdapat lima langkah yang perlu dilakukan, yaitu mendefinisikan masalah, memahami proses, mengidentifikasi kemungkinan penyebab, mengumpulkan data, dan menganalisis data. Sementara itu, pada tahap

solusi, ada lima langkah yang harus diambil, yaitu mengidentifikasi solusi yang mungkin, memilih solusi yang akan diterapkan, mengimplementasikan solusi, mengevaluasi dampak solusi, dan mengintegrasikan perubahan dalam budaya kerja.



Gambar3. 1 *Root Cause Analysis (RCA)*

Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Root_cause_analysis (2024)