

Identifikasi Kebocoran Pipa Api Pada Boiler di Kapal MT. Bauhinia

Amirrudin, A.M ○ Hermanto, A.W ○ Heriyawan, M.S

Abstrak: *Boiler*, atau ketel uap, merupakan wadah tertutup yang menghasilkan uap panas di bawah tekanan. Boiler Sangat vital dalam operasional kapal, maka dari itu perawatan berkala diperlukan untuk memastikan pasokan uap yang memadai. Jenis kapal memengaruhi fungsi *Boiler*, khususnya pada kapal tanker kimia, di mana uap panas digunakan untuk menjaga muatan dan membersihkan tangki. Perawatan rutin menjadi krusial untuk mencegah kerusakan, terutama pada pipa api. Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab dan dampak dari kerusakan pipa api pada *Boiler* yang terjadi di kapal MT. Bauhinia. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan analisis diagram *fishbone*, serta melibatkan 2 responden yang digunakan untuk mendapatkan wawasan mendalam serta digunakan untuk mengidentifikasi secara garis besar faktor penyebab dan dampak yang ditimbulkan dari kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia. Hasil Penelitian ini mengeksplorasi tindakan penanggulangan terhadap kebocoran pipa api di *Boiler* kapal MT. Bauhinia. Faktor penyebab seperti kebocoran *tank cleaning heater*, kerusakan sistem *low level alarm*, tingginya jam kerja dari *Boiler*, korosi pada pipa-pipa *Boiler*, kualitas air pengisian tidak sesuai dengan standar kelayakan. Dampaknya mencakup masuknya air laut ke dalam sistem air pengisian *Boiler*, terlambatnya pengisian air *Boiler*, penurunan kualitas bahan pipa-pipa api *Boiler*, terkikisnya pipa-pipa api pada *Boiler*, meningkatnya korosi pada pipa-pipa api *Boiler*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik terkait masalah ini dan dapat mengidentifikasi solusi dari permasalahan serta menjamin terlaksananya operasional kapal.

Abstract: A boiler, or steam *Boiler*, is a closed container that produces hot steam under pressure. Boilers are vital in ship operations, therefore regular maintenance is required to ensure adequate steam supply. The type of vessel affects *Boiler* function, particularly on chemical tankers, where hot steam is used to maintain cargo and clean tanks. Regular maintenance is crucial to prevent damage, especially to fire pipes. The aim of this research is to determine the causes and impacts of fire pipe damage to *Boiler* that occur on MT. Bauhinia ships. This research uses a qualitative descriptive method with fishbone diagram analysis, and involves 2 respondents who are used to gain in-depth insight and are used to identify in general the causes and impacts resulting from fire pipe leaks in *Boiler* on MT ships. Bauhinia. The results of this research explore countermeasures for fire pipe leaks in *Boiler* MT Bauhinia ship. Causative factors include leaks in the tank cleaning heater, damage to the low level alarm system, high working hours of the *Boiler*, corrosion in the *Boiler* pipes, and the quality of the filling water does not comply with suitability standards. The

Alvi Ma'ruf Amirrudin
Politeknik Ilmu Pelayaran
Semarang, Indonesia
Email: alviimirrudin24@gmail.com

Andy Wahyu Hermanto
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang,
Indonesia
Email: andy@pip-semarang.ac.id

Mohammad Sapta Heriyawan
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang,
Indonesia
Email: hmsapta@pip-semarang.ac.id

impacts include the entry of sea water into the *Boiler* filling water system, delays in filling the *Boiler* water, a decrease in the quality of the *Boiler* fire pipe material, erosion of the *Boiler* fire pipes, increased corrosion in the *Boiler* fire pipes. It is hoped that this research can provide a better understanding of this problem and can identify solutions to the problem and ensure the implementation of ship operations.

Keywords: kebocoran, pipa api, boiler

PENDAHULUAN

Menurut Djokosetyarjo (2017), Ketel uap adalah wadah tertutup yang mampu menghasilkan uap di bawah tekanan melebihi 1 atmosfer, dengan cara memanaskan air di dalam ketel menggunakan gas panas hasil pembakaran bahan bakar. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan air yang berada dalam tabung tertutup menggunakan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara, baik saat kapal berlayar ataupun saat kapal berlabuh. Menurut Tambunan (2017), Berbagai jenis Boiler dapat dibedakan melalui beberapa faktor, termasuk karakteristik, prinsip kerja, jenis pipa yang digunakan, dan jenis bahan bakar yang digunakan. Setiap kategori Boiler memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri.

Pentingnya uap panas dalam operasional kapal menjadikan perawatan berkala pada *Boiler* di atas kapal adalah suatu keharusan, untuk memastikan pasokan uap bertekanan yang memadai. Menurut Gunarti (2022) Air didalam ketel uap dipanaskan oleh panas dari hasil pembakaran bahan bakar sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air yang mengakibatkan air tersebut menjadi panas atau berubah menjadi uap. Tersedianya uap panas merupakan hal yang sangat penting mengingat fungsi dari uap panas tersebut sebagai pemanas bahan bakar, pemanas minyak lumas, pemanas akomodasi saat musim dingin, pemanas air tawar, dan lain-lain. Kegiatan pelayaran akan terhambat jika *Boiler* mengalami gangguan dan juga akan merugikan pihak yang bersangkutan jika tidak segera dilakukan perbaikan.

Secara faktual, ketel uap seringkali mengalami masalah, seperti yang pernah terjadi di atas kapal. MT. Bauhinia pada tanggal 28 Agustus 2022. Pada saat kapal berlabuh setelah dilakukan *tank cleaning*, *Oiler* jaga menemukan adanya tetesan air yang keluar dari pinggir *main hole*. *Oiler* yang berjaga pada jam tersebut langsung melaporkan hal tersebut ke Masinis IV selaku Masinis yang bertanggung jawab atas *Boiler*. Dalam kondisi ini Masinis IV segera menuju *Boiler* untuk melakukan pengecekan terhadap *Boiler*. Pengecekan dilakukan dengan cara membuka *main hole* untuk mengetahui dari mana asal tetesan air tersebut. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan adanya genangan air yang terdapat di dalam ruang bakar *Boiler* dan juga ditemukan adanya tetesan air dari bibir-bibir pipa api pada *Boiler*. Jika *Boiler* mengalami gangguan dapat berpengaruh terhadap pengoperasian kapal untuk itu dilakukan pengecekan terhadap *Boiler*. Setelah dilakukan pengecekan maka Masinis IV selaku Masinis yang bertanggungjawab terhadap permesinan bantu *Boiler* mengambil tindakan agar tidak mengganggu pengoperasian kapal sehingga kerugian dapat dihindarkan. Perawatan yang rutin juga belum menjamin *Boiler* terhindar dari kerusakan. Kerusakan tersebut juga dapat disebabkan oleh permesinan bantu yang terhubung ke *Boiler* seperti *tank cleaning heater* dan juga *kondensor* seperti yang dialami pada kapal MT. Bauhinia.

Dengan merujuk pada peristiwa tersebut, dimana pernyataan secara teoritis tidak selalu sesuai dengan kenyataan di atas kapal, penulis tertarik untuk melakukan Penelitian dengan judul "Identifikasi kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia". Maka dapat dirumuskan masalah yaitu faktor apakah yang menyebabkan kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia dan dampak apa kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia. Sehingga penelitian mempunyai tujuan untuk mengetahui faktor

yang menyebabkan kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia dan mengetahui dampak yang ditimbulkan terhadap kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia.

METODE

Metode penelitian ini adalah kualitatif deskriptif. Menurut Arikunto (2019: 136), metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan oleh Peneliti untuk mencapai tujuan dan menemukan jawaban dari masalah yang diajukan. Menurut Sugiyono (2019: 9), metode penelitian kualitatif didasarkan pada filsafat postpositivisme, dan digunakan untuk meneliti kondisi alamiah objek (berlawanan dengan eksperimen), sehingga peneliti menjadi instrumen kunci. Teknik pengumpulan data dapat dilakukan secara triangulasi (gabungan), dan analisis data bersifat induktif atau kualitatif, sehingga hasil Penelitian kualitatif lebih memfokuskan pada makna dari generalisasi.

Menurut Gumilang (2016), pengamatan memungkinkan penulis untuk secara langsung mengamati dan melihat, lalu mencatat perilaku dan kejadian berdasarkan realitas yang terjadi. Sehingga pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi, wawancara, dan dokumentasi. Untuk observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung terjadinya kebocoran pada pipa-pipa api *boiler* dan menurunnya produksi uap panas dari *boiler* di kapal MT. Bauhinia. Untuk wawancara dilakukan bersama *chief engineer* dan *fourth engineer*. Serta untuk dokumentasi dilakukan dengan memperoleh dokumen berupa foto dan juga data yang berasal dari *manual book* maupun *engine log book*.

Penelitian ini dianalisa dengan metode *fishbone analysis*. Menurut Gaspers, Analisis Fishbone (Ishikawa) adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada (Hamidy, 2016). Penelitian ini dilakukan di kapal MT. Bauhinia dengan *callsign* YBRT2 yang dimiliki oleh perusahaan PT. Berlian Laju Tanker.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Faktor penyebab kebocoran pipa api pada *boiler* di kapal MT. Bauhinia

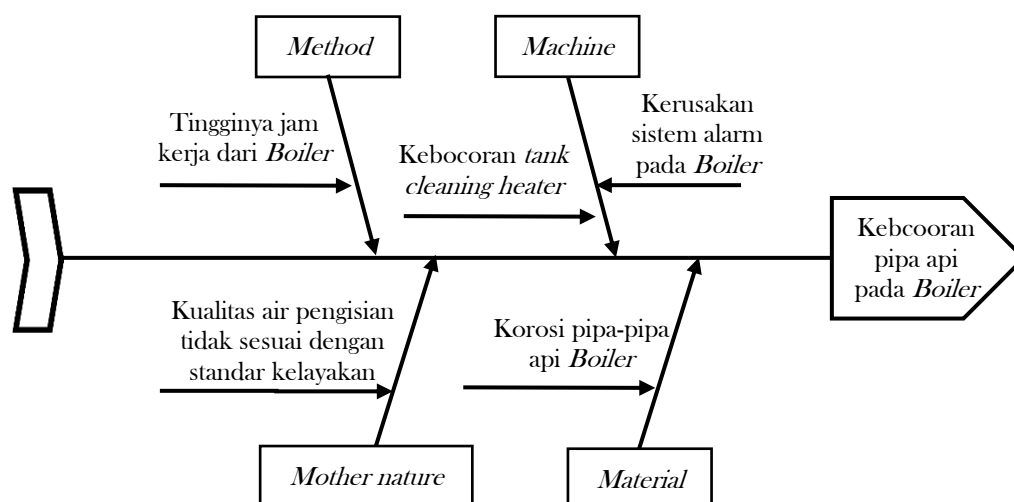


Figure 1. Fishbone diagram
Source : Data diolah penulis

a. Kebocoran *Tank Cleaning Heater*

Berdasarkan hasil observasi pada kapal tempat peneliti melakukan penelitian pada kapal berjenis *chemical tanker*. Muatan yang berbeda pada setiap *trip* nya menyebabkan diharuskannya untuk melakukan pencucian tangki (*tank*

cleaning). *Tank cleaning* sendiri berfungsi untuk membersihkan tangki dan pipa-pipa bongkar muat agar muatan berikutnya tetap terjaga kualitasnya. Kebocoran pada *tank cleaning heater* dapat diatasi dengan cara melakukan penyumbatan atau *plugging* pada pipa-pipa *tank cleaning heater*.

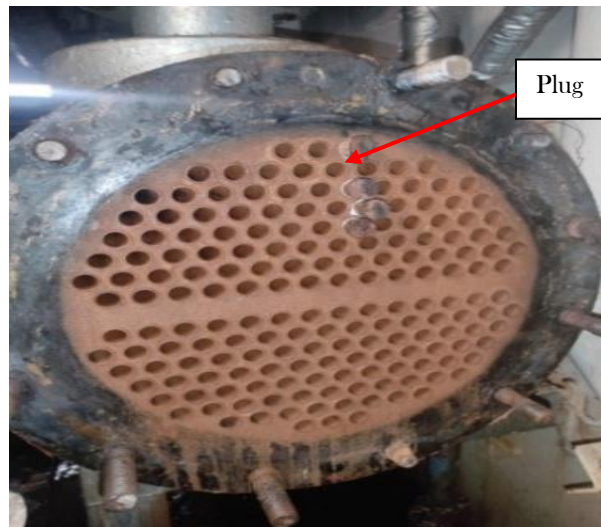


Figure 2. Penyumbatan pada *Tank Cleaning Heater*
Source : Dokumentasi penelitian

b. Kerusakan sistem alarm *Boiler*

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, kerusakan pada sistem alarm terjadi pada komponen *timer low water level*. Jika *timer* mengalami kerusakan, dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman air ke *Boiler*. Terlambatnya suplai air menuju drum *Boiler* tidak hanya mengakibatkan penurunan efisiensi operasional, tetapi juga meningkatkan peluang terjadinya *overheating* pada drum *Boiler*. *Overheating* ini dapat menyebabkan kerusakan struktural pada komponen-komponen *Boiler* dan bahkan memicu potensi kegagalan sistem secara keseluruhan dikarenakan dapat menyebabkan pemuaiian pada pipa-pipa api *Boiler* dan juga menimbulkan risiko-risiko kebocoran pada pipa api *Boiler*.

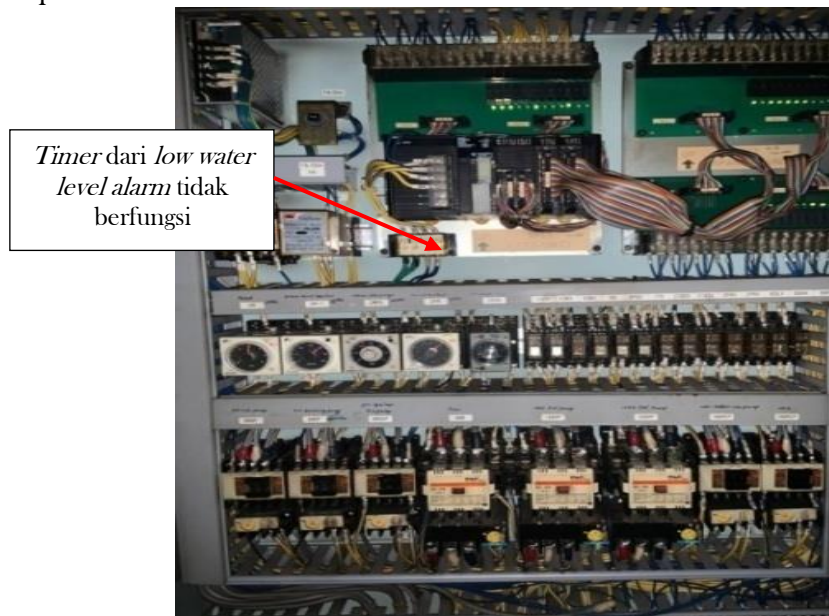


Figure 3. Kerusakan pada *Low water level alarm*
Source : Dokumentasi penelitian

c. Tingginya jam kerja dari *Boiler*

Tabel 1. Data jam kerja *Boiler* 3 bulan terakhir

Bulan	Jam Kerja <i>Boiler</i>	Jam Kerja / hari
Juni 2022	552 Jam	18.4 Jam
Juli 2022	528 Jam	17 Jam
Agustus 2022	624 Jam	20 Jam

Berdasarkan hasil observasi tingginya jam kerja dari *Boiler* memiliki potensi untuk menyebabkan kebocoran pada pipa api *Boiler*. Kebocoran pada pipa api *Boiler* dapat menjadi masalah serius karena dapat mengakibatkan penurunan efisiensi, mengurangi kinerja *Boiler*, dan bahkan menghadirkan risiko kecelakaan atau kerusakan lebih lanjut pada sistem. Selain itu, kebocoran dapat mengakibatkan kehilangan energi panas yang signifikan, yang disebabkan masuknya air ke dalam ruang bakar dan menyebabkan panas yang dihasilkan dari ruang bakar menurun.

d. Korosi pipa-pipa api *Boiler*

Menurut Darul Prayogo (2017: 43) dalam bukunya yang berjudul *Kimia Industri*, “Korosi adalah proses kimia yang dialami oleh logam akibat keadaan di sekitarnya.” Korosi pada Boiler timbul akibat adanya zat-zat pencemar dalam kondensat. Biasanya, kondensat mengandung karbondioksida, oksigen, dan garam-garam terlarut, terutama natrium yang terbawa oleh uap air. Ketika lapisan kerak terbentuk pada permukaan logam dapat mengganggu transfer panas dan menyebabkan distorsi. Jika tidak ada tindakan pencegahan yang diambil, hal ini dapat mengakibatkan korosi pada pipa-pipa ketel uap. Pipa-pipa pada ketel uap mengalami korosi yang dapat memengaruhi kinerja ketel uap, dan tindakan perlu diambil untuk mencegah terjadinya kebocoran akibat dari korosi tersebut. Pada kapal tempat peneliti melakukan penelitian sendiri korosi terjadi pada bibir pipa-pipa api Boiler. Korosi sendiri berupa menipisnya bibir dari pipa api tersebut. Kondisi tersebut dapat menghambat proses pengoperasian kapal sewaktu dalam pelayaran. Hal ini dikarenakan pada saat pelayaran beberapa permesinan bantu membutuhkan pasokan steam guna memperlancar pengoperasiannya. Berikut merupakan gambar korosi yang terjadi pada pipa api Boiler di kapal MT. Bauhinia.



Figure 4. Pengikisan pada pipa api *Boiler* akibat korosi
Source : Dokumentasi Penelitian

e. Kualitas air pengisian tidak sesuai dengan standar kelayakan

Kualitas air pengisian *Boiler* sangat penting untuk menjaga kinerja dan umur pakai *Boiler*. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk korosi dan gangguan dalam pengoperasian *Boiler*. Handoyo (2016:120), Menjelaskan bahwa air yang digunakan dalam ketel harus memenuhi beberapa kriteria, termasuk: tidak mengandung kotoran, tidak memiliki gas yang dapat menyebabkan korosi, tidak mengandung mineral keras, bebas dari garam berlebih, tidak bersifat asam, dan harus bersifat alkalis (basa). Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kualitas air pengisian *Boiler* yaitu kandungan Oksigen, Kandungan Padatan Tersuspensi, Kandungan Mineral, Kandungan Asam atau Basa, Kontaminasi Kimia, Kandungan Logam Berat, dan Kandungan Mikroorganisme.

Air pengisian *Boiler* pada kapal tempat peneliti melakukan penelitian berasal dari tangki air tawar yang di pompa langsung menuju *Boiler*. Proses pemindahan air tawar menggunakan *Boiler feed water pump*. Kualitas air tawar pada kapal tergantung pada kualitas air dari bunker air atau pelabuhan dimana kapal mengisi tangki *fresh water*. Hal tersebut disebabkan kualitas air tawar di masing-masing daerah berbeda dan kandungan yang terdapat pada air juga berbeda-beda sehingga pada saat kualitas air dari pengisian buruk maka akan berdampak buruk juga pada *Boiler*.

2. Dampak yang ditimbulkan dari faktor penyebab kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia

Tabel 2. Data penyebab dan dampak dari faktor kebocoran pada pipa api *Boiler*

Faktor yang Diamati	Kejadian	Dampak
1. <i>Machine</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kebocoran <i>tank cleaning heater</i>. • Kerusakan sistem <i>Low level water alarm Boiler</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Masuknya air laut ke dalam sistem air pengisian <i>Boiler</i> • Terlambatnya pengisian air <i>Boiler</i>
2. <i>Method</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tingginya jam kerja dari <i>Boiler</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan kualitas bahan pada pipa-pipa api <i>Boiler</i>
3. <i>Material</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Korosi pipa-pipa api <i>Boiler</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Terkikisnya pipa-pipa api pada <i>Boiler</i>
4. <i>Mother Nature</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas air pengisian tidak sesuai dengan standar kelayakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatnya korosi pada pipa-pipa api <i>Boiler</i>

- a. Masuknya air laut ke dalam sistem air pengisian *Boiler*

Menurut Riandry *et al* (2017) Air ketel adalah air yang mengalami siklus terjadinya uap, kondensasi, dan kembali menjadi uap dalam proses peredaran lingkaran. Dalam kondisi tersebut, kehadiran air laut dalam sistem *Boiler* tidak hanya mengganggu kualitas air yang ada di dalamnya, tetapi juga dapat mengakibatkan penurunan kinerja *Boiler* keseluruhan. Pengetesan terhadap air *Boiler* harus dilakukan secara rutin sebagai tindakan pencegahan dan pengontrolan. Kebocoran pada *tank cleaning heater* sangat sulit terdeteksi, indikator utama dalam menentukan kebocoran adalah dengan naiknya secara signifikan kandungan kadar garam di dalam air *Boiler*. Dikarenakan sulitnya terdeteksi jika terjadi kebocoran pada *tank cleaning heater* pemantauan secara berkala menjadi solusi penting guna mencegah masuknya air laut ke dalam sistem air pengisian.



Figure 5. Proses pengecekan pada *tank cleaning heater*
 Sumber : Dokumentasi Penelitian

b. Terlambatnya pengisian air *Boiler*

Terlambatnya suplai air menuju *Boiler* memiliki potensi untuk menyebabkan pemuaiian pada pipa-pipa api, yang dapat menyebabkan kebocoran pada pipa api *Boiler*. Suplai air yang tidak mencukupi atau terlambat dapat mengakibatkan suhu yang berlebihan pada pipa-pipa api karena tidak terdapat air di dalam *Boiler*. Pemuaiian pada pipa-pipa ini dapat mengakibatkan tekanan yang berlebihan dan akhirnya menyebabkan retak atau kebocoran pada permukaan pipa. Untuk mencegah dampak negatif ini, pemantauan terus-menerus terhadap level air dalam *Boiler* dan peningkatan sistem otomatisasi untuk memastikan suplai air yang tepat waktu harus di perhatikan.

c. Penurunan kualitas bahan pada pipa-pipa api *Boiler*

Tingginya jam kerja dari *Boiler* dapat memberikan dampak signifikan pada kualitas bahan pada pipa api *Boiler*, yang pada akhirnya dapat menyebabkan potensi kebocoran. Proses operasional yang berlangsung terus-menerus dapat menyebabkan pemuaiian dan pepadatan berulang pada pipa api *Boiler*, menyebabkan tekanan dan stres berlebih pada material pipa. Faktor ini dapat memicu proses korosi yang lebih cepat dan degradasi material pipa, mengurangi

Untuk mengatasi dampak ini, perawatan dan pemeliharaan berkala pada pipa api *Boiler* menjadi sangat penting. Inspeksi rutin dapat membantu mendeteksi dini tanda-tanda kebocoran atau korosi, sehingga tindakan perbaikan dapat diambil sebelum kerusakan bertambah parah. Selain itu, penerapan strategi pemeliharaan preventif, seperti penambahan cairan kimia anti-korosi, dapat membantu memperlambat proses degradasi material dan mempertahankan kualitas bahan pipa api *Boiler*.

d. Terkikisnya pipa-pipa api pada *Boiler*

Akibat dari reaksi ini, permukaan logam pipa dapat mengalami pelunakan dan keropos seiring waktu. Ketika pipa api mengalami keropos akibat korosi, kualitas struktural pipa dapat terancam. Keropos menciptakan area-area lemah dan tipis pada pipa, yang membuatnya rentan terhadap tekanan dan panas yang dialami selama operasional *Boiler*. Pada tahap tertentu, kondisi keropos dapat menciptakan lubang atau retakan pada pipa yang menyebabkan kebocoran.

Selain mengurangi efisiensi panas, kebocoran juga dapat menyebabkan penurunan tekanan dalam sistem, yang dapat mengganggu operasional *Boiler* secara keseluruhan. Selain itu, kebocoran dapat menyebabkan kehilangan air dan energi panas, menyebabkan peningkatan biaya operasional dan menurunkan kinerja *Boiler* secara signifikan. Perawatan berkala adalah kunci untuk mengatasi

masalah korosi dan menghindari kebocoran pada pipa api *Boiler*.

e. Meningkatkan korosi pada pipa-pipa api *Boiler*

Kualitas air pengisian *Boiler* yang buruk memiliki dampak serius pada pipa *Boiler* dan kualitas bahan pipanya. Air yang digunakan untuk mengisi *Boiler* harus memenuhi standar kualitas tertentu agar dapat menjaga integritas pipa *Boiler*. Saat air pengisian mengandung sejumlah besar zat-zat yang dapat menyebabkan korosi, seperti oksigen, karbon dioksida, atau garam-garam terlarut, pipa *Boiler* dapat mengalami degradasi yang signifikan.

Korosi yang disebabkan oleh kualitas air pengisian yang buruk dapat merusak kualitas bahan pipa *Boiler*. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kekuatan dan ketahanan pipa terhadap tekanan dan panas. Proses korosi dapat memicu pembentukan endapan atau karat pada permukaan dalam pipa, yang kemudian menghambat aliran *fluida* panas dan meningkatkan risiko kerusakan struktural.

SIMPULAN

Faktor yang menjadi penyebab kebocoran pipa api pada *Boiler* di kapal MT. Bauhinia adalah kebocoran *tank cleaning heater*, kerusakan sistem *low level alarm*, tingginya jam kerja dari *Boiler*, korosi pada pipa-pipa *Boiler*, kualitas air pengisian tidak sesuai dengan standar kelayakan. Hal tersebut berdampak pada *Boiler* yang menyebabkan kemungkinan terjadinya kebocoran yaitu masuknya air laut ke dalam sistem air pengisian *Boiler*, terlambatnya pengisian air *Boiler*, penurunan kualitas bahan pipa-pipa api *Boiler*, terkikisnya pipa-pipa api pada *Boiler*, meningkatnya korosi pada pipa-pipa api *Boiler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto.S. 2019. "*Prosedur Penelitian*." Jakarta: Rineka Cipta.
- Djokosetyarjo, M. J. 2017. "*Ketel Uap*" (Cetakan keenam). PT. Pradya Paramita, Jakarta
- Gumilang, G. S. 2016. "*Metode Penelitian Kualitatif dalam Bidang Bimbingan dan Konseling*." Jurnal Fokus Konseling, 2(2).
- Gunarti, M. R. 2022. "*Analisis Program Boiler Water Treatment di Kapal*." Jurnal 7 Samudra, 6(1).
- Hamidy, Fikri. (2016). "*Pendekatan Analisis Fishbone Untuk Mengukur Kinerja Proses Bisnis Informasi E-Koperasi*." Jurnal Teknoinfo, 10(1).
- Handoyo, J.J. 2016. "*Ketel Uap, Turbin Uap, dan Turbin Gas Penggerak Utama Kapal*" (Edisi 3). Djangkar: Jakarta.
- Prayogo, D. (Penyusun), & Almuzani, N. (Editor). 2017. *Kimia Industri untuk Pelaut*. Jakarta: Penerbit KPN STIP.
- Riandry, M. A., Ismet, I., & Akhsan, H. 2017, "*Developing Statistical Physics Course Handout on Distribution Function Materials Based on Science, Technology, Engineering, and Mathematics*." In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 895, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
- Sugiyono. 2019. "*Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*." Bandung: Alfabet.
- Tambunan, J. M. 2017. "*Studi Rancang Bangun dan Temperatur Zona Continuous Furnace Sintering Material Frangible Cu-5Wt% Sn*." Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.