

Analisis Kegagalan Auxiliary Boiler Kapal Tanker terhadap Temperatur dan Aktivasi Safety Valve Otomatis

Budi Purnomo^{1*}, Ratna Dwi Kurniawan²

¹Politeknik Bumi Akpelni – Program Studi TRPK, Jl. Pawiyatan Luhur II/17 Semarang 50235, Indonesia

²Politeknik Negeri Semarang, Program Studi Teknik Mesin, Jl.Prog.H.Soedarto,S.H., Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail : budi.p@akpelni.ac.id. Telp: +62 812-5033-097

Abstrak

Auxiliary boiler merupakan peralatan yang penting terutama di kapal tanker yang berfungsi menghasilkan uap air panas yang digunakan untuk memanaskan bahan bakar mesin penggerak utama, menggerakkan pompa cargo, memanaskan muatan/cargo untuk tetap cair, pemanas ruangan, dan kebutuhan domestic. Boiler termasuk peralatan dengan resiko tinggi, dapat meledak jika tekanan naik melebihi kapasitas yang ditentukan dan tidak fungsinya peralatan keamanan seperti safety valve. Pada penelitian ini permasalahan yang ada muncul adalah naiknya tekanan (melebihi 90kg/cm²) dan temperature (melebihi 2000C) hingga menyebabkan safety valve aktif dan membuka otomatis. Yang menjadi permasalahan lain adalah uap tersebut tercampur minyak bahan bakar sehingga mengotori ruang kamar mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari penyebab/masalah dan mencari solusi untuk mengatasi tercampurnya air dan minyak serta tekanan dan temperature yang naik. Metode yang digunakan adalah diskripsi kualitatif dan pendekatan studi kasus. Hasil yang didapatkan dari analisa kerusakan yang ada terdapatnya keretakan pada tabung sehingga ada minyak bocor bercampur dengan air menyebabkan temperatur dan tekanan naik (karena dampak foaming). Adapun perbaikan yang dilakukan adalah dengan cara pengelasan untuk menutup keretakan yang terjadi, sehingga tidak ada minyak yg bocor lagi dan uap tidak bercampur sehingga operasional boiler kembali normal.

Kata Kunci: Auxiliary Boiler, Temperatur, Safety Valve, Pengelasan, kapal tanker

Abstract

Auxiliary boiler is an important piece of equipment, especially on tankers, that functions to produce hot water vapor used to heat the main propulsion engine fuel, drive the cargo pump, heat the cargo to keep it liquid, space heating, and domestic appliances. Boilers are high-risk equipment that can explode if the pressure rises beyond the specified capacity and safety equipment, such as the safety valve, does not function. In this study, the existing problem that emerged was the increase in pressure (exceeding 90kg/cm²) and temperature (exceeding 2000C), which caused the safety valve to activate and open automatically. Another problem was that the steam was mixed with fuel oil, thus contaminating the engine

room. The purpose of this study was to find the cause/problem and find a solution to overcome the mixing of water with oil, as well as the increasing pressure and temperature. The method used was a qualitative description and a case study approach. The results from the analysis of the existing damage indicated cracks in the tube, resulting in a leak of oil mixed with water, which caused the temperature and pressure to increase (foaming effect). The repairs carried out were by welding to close the cracks that occurred, so that no more oil leaks and steam does not mix, so that boiler operations return to normal.

Keywords: *Auxiliary Boiler, Temperature, Safety Valve, Welding*

PENDAHULUAN

Kapal laut memegang peranan yang sangat penting dalam rantai pasok logistik dan energi global karena mampu mengangkut berbagai komoditas dalam jumlah besar yang sulit dipindahkan menggunakan moda transportasi lain. Bahan pangan, komponen industri, hasil tambang, hingga sumber energi seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi sebagian besar didistribusikan melalui jalur laut karena dinilai lebih efisien, ekonomis, dan mampu menjangkau perdagangan internasional dalam skala besar. International Maritime Organization menyebutkan bahwa lebih dari 80% perdagangan dunia dilakukan melalui transportasi laut (International Maritime Organization [IMO], 2023). Berdasarkan jenis muatan yang diangkut, kapal dibedakan menjadi beberapa tipe seperti kapal kargo (cargo ship), kapal tanker, kapal kontainer (container ship), dan kapal penumpang (passenger ship). Di antara berbagai jenis kapal tersebut, kapal tanker memiliki peranan utama dalam mendistribusikan muatan cair seperti liquefied natural gas (LNG), liquefied petroleum gas (LPG), bahan kimia, minyak mentah (crude oil), serta berbagai produk turunannya. Dalam operasionalnya, kapal tanker tidak hanya bergantung pada mesin penggerak utama (main engine), tetapi juga membutuhkan sistem permesinan bantu (auxiliary machinery) yang memiliki fungsi sama pentingnya dalam menjaga kelancaran operasional kapal. Sistem auxiliary ini digunakan untuk mendukung kebutuhan mesin utama, awak kapal (crew), muatan (cargo), serta berbagai sistem penting kapal seperti ballast, bilga, dan pemadam kebakaran. Menurut American Bureau of Shipping, sistem permesinan bantu memiliki peranan vital dalam menjaga keselamatan pelayaran, stabilitas operasional, dan efisiensi kerja kapal selama berlayar (American Bureau of Shipping, 2021).

Permesinan bantu/auxiliary yang sering ada di kapal tanker tetapi tidak terdapat di kapal lain adalah *auxiliary boiler* (ketel uap bantu). Boiler ini termasuk peralatan vital pada kapal tanker, permesinan ini berfungsi sebagai penghasil uap panas (*steam*) yang digunakan untuk kebutuhan operasional, seperti pemanas muatan minyak guna menjaga viskositas, penggerak pompa kargo (*Cargo Oil Pump*), hingga digunakan untuk melayani mesin utama sebagai sistem pemanas bahan bakar.

Auxiliary boiler (ketel uap bantu) memegang peranan vital pada kapal tanker.

Berbeda dengan kapal kargo umum, tanker membutuhkan uap panas dalam jumlah besar bukan hanya untuk kenyamanan kru, tetapi untuk menunjang operasional muatan.

Fungsi utama Auxiliary boiler di Kapal Tanker ini adalah menghasilkan uap panas (*steam*) yang digunakan untuk:

- a. Pemanas Muatan (*Cargo Heating*): Menjaga suhu muatan minyak (seperti *Crude Oil*) agar tetap cair dan viskositasnya rendah sehingga mudah dipompa saat proses bongkar muat.
- b. Menggerakkan Pompa Kargo: Pada banyak kapal tanker besar, pompa kargo (COPT - *Cargo Oil Pump Turbine*) digerakkan oleh tenaga uap dari boiler.
- c. Pemanas Bahan Bakar (*Fuel Oil Heating*): Memanaskan bahan bakar jenis MFO (*Marine Fuel Oil*) agar viskositasnya turun sehingga dapat disemprotkan oleh *injector* mesin induk.
- d. Pembersihan Tangki (*Tank Cleaning/Butterworth*): Menyediakan air panas untuk membersihkan sisa-sisa muatan di dalam tangki kargo.
- e. Kebutuhan Domestik: Sebagai pemanas air untuk mandi (akomodasi) dan pemanas ruangan (*galley* dan kabin) saat kapal berada di daerah dingin.

Dikarenakan boiler memiliki peran yang sangat vital, perlu diadakan perawatan dan pemeriksaan secara rutin, gangguan pada *auxiliary boiler* bisa berdampak langsung pada efisiensi dan keselamatan kapal. Kegagalan operasional pada boiler, seperti penurunan tekanan uap atau sebaliknya peningkatan temperature diatas batas normal, yang dapat berakibat naiknya tekanan sehingga dapat membahayakan keselamatan. Pada Gambar.1, uap yang keluar melalui safety valve karena tekanan didalam boiler melebihi batas yang ditentukan, kondisi ini jika akan menjadi bencana seandainya safety valve Gambar.2 tidak berfungsi, sehingga menyebabkan ledakan karena tekanan uap dalam boiler tinggi melebihi batas.



Gambar 1. Uap bercampur fuel oil bertekanan yang menyembur keluar dari boiler menyebabkan kamar mesin kotor karena uap air dan minyak

Banyak penyebab kerusakan pada *auxiliary boiler* terjadi akibat pengabaian terhadap prosedur perawatan harian dan mingguan yang telah ditetapkan dalam *Planned Maintenance System* (PMS). Analisa kerusakan yang mendalam menjadi

sangat penting untuk mengidentifikasi akar permasalahan (*root cause analysis*), apakah disebabkan oleh faktor usia teknis, kesalahan manusia (*human error*), atau kegagalan sistem kontrol otomatis. Tanpa pemahaman yang komprehensif mengenai mekanisme kerusakan ini, upaya perbaikan seringkali hanya bersifat sementara dan tidak menyentuh sumber masalah utamanya.

Boiler yang rusak atau tidak berfungsi, tidak hanya menghambat proses bongkar muat kargo yang berujung pada kerugian finansial akibat keterlambatan (*delay*), tetapi juga dapat memicu risiko kecelakaan kerja dan kebakaran di atas kapal. Namun, dalam praktiknya, sering ditemukan berbagai kendala teknis seperti korosi pada pipa, penumpukan kerak akibat kualitas air yang buruk, hingga kegagalan sistem pembakaran yang disebabkan oleh kurangnya perawatan yang terencana.



Gambar 2. Safety Valve, jalur uap keluar jika tekanan dalam boiler diatas standart yg sudah ditentukan

Hasil pengamatan studi kasus di kapal tanker yang sedang beroperasi, mengalami kejadian uap air dari boiler yang menyembur hingga menyebabkan kamar mesin kotor dengan air bercampur minyak. Hal ini diawali dengan naiknya tekanan uap (Gambar.3 tekanan melebihi 90kg/cm^2) dan temperature (Gambar 4. Temperature melebihi 200°C) hingga menyebabkan safety valve aktif dan membuka otomatis. Yang menjadi pertanyaan awal adalah mengapa oli bisa keluar bersama uap? Atau mengapa uap tersebut bisa tercampur dengan minyak bahan bakar sehingga mengotori ruang kamar mesin? Serta mengapa temperature dapat naik begitu signifikan? Berdasarkan fenomena maka peneliti tertarik untuk meneliti topik ini untuk disusun dalam karya jurnal dengan judul “Analisis Kegagalan Auxiliary Boiler Pada Kapal Tanker & Dampaknya Terhadap Kenaikan Temperatur serta Aktivasi Safety Valve Otomatis”. Sehingga tujuan dari penelitian ini dapat menemukan penyebab atau akar masalah dan mencari solusi untuk mengatasi tercampurnya air dan minyak serta tekanan dan temperature yang naik.



Gambar 3. Indikator tekanan uap dalam boiler yang menunjukkan kenaikan

Penelitian ini selain bertujuan untuk menganalisis kejadian diatas juga mencari metode penerapan prosedur perawatan yang disiplin serta mengevaluasi berbagai macam kerusakan yang sering terjadi pada *auxiliary boiler* di kapal tanker. Melalui studi ini, diharapkan juga dapat menentukan strategi perawatan preventif yang lebih efektif untuk meminimalisir risiko kegagalan operasional, memperpanjang umur teknis boiler, serta menjamin kelancaran operasional kapal dan memperlancar distribusi kargo minyak secara aman dan efisien.



Gambar 4. Indikator temperature/suhu dari uap boiler yang sudah menunjukkan kenaikan hingga 209⁰ C

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Peneliti melakukan observasi berdasarkan studi kasus terhadap kegagalan operasional *auxiliary boiler* pada kapal tanker. Penelitian difokuskan pada hubungan sebab-akibat antara kegagalan sistem kontrol pemanas dengan kenaikan temperatur yang memicu aktivasi *safety valve*.

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

- Data Primer: Observasi langsung di kamar mesin, hasil wawancara dengan Masinis (Chief Engineer & 2nd Engineer), serta pencatatan parameter pada engine room *log book* saat terjadi kegagalan.
- Data Sekunder: Manual book pabrikan boiler, denah sistem perpipaan (*Piping & Instrumentation Diagram*), serta catatan perawatan di kapal

Instrumen Penelitian

- Rekaman temperatur bahan bakar, tekanan uap, dan waktu aktivasi *safety valve*.
- Checklist Observasi: Digunakan untuk memeriksa kondisi fisik komponen seperti *thermostat*, *pressure switch*, dan kondisi katup keamanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

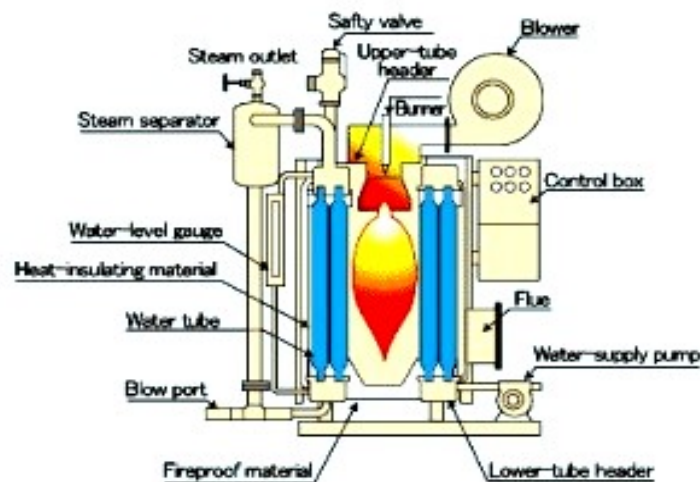
Berdasarkan permasalahan yang ada, terutama uap yang keluar dari safety valve yang bercampur dengan minyak, maka pembahasan di fokuskan pada boiler dan safety valve.

Auxiliary Boiler

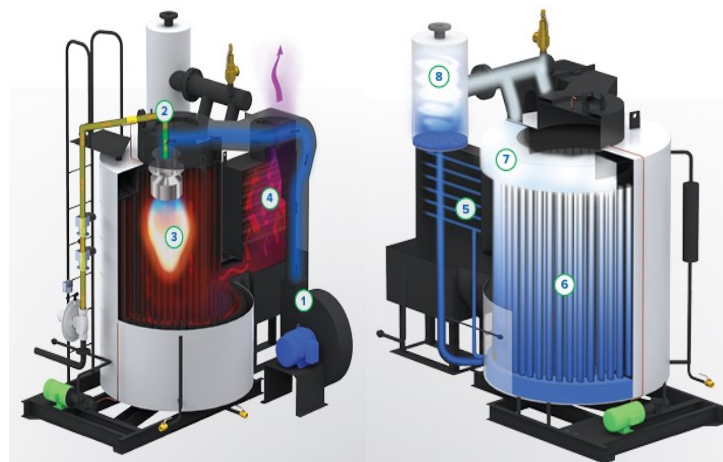
Dari hasil pengamatan, boiler yang terpasang pada kapal tanker ini merupakan tipe *Natural Circulation Vertical Water Tube* (Gambar 5 & 6) dimana air dipanaskan di dalam tabung-tabung vertical, dipanaskan dengan api dari bahan bakar minyak marine diesel oil. Disebut *natural circulation* dikarenakan air yang didalam tabung karena panas akan berubah menjadi uap dan akan naik keatas secara gravitasi sehingga uap terkumpul diatas dan siap digunakan. Adapun auxiliary boiler yang terpasang tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Model : Miura HB 12
- Type : *Natural Circulation Vertical Water Tube*
- Berat kosong : 18.500 Kg
- Berat Air Boiler : 6.890 Kg
- Sistem Pembakaran : sistem *force draft & Presure Atomizing*
- *Fuel Oil Consumption* : 866 Kg/hour
- *Electric Power* : 440 V, 3 phase, 60Hz
- *Electric Capacity* : 84.7Kw , 142.2A

Sistem force draft berarti aliran udara paksa/bertekanan yang digerakkan dengan kipas/fan yang melalui pemanas boiler. Tipe force draf inilah yang digunakan di kapal (D A Tailor marine engineering)



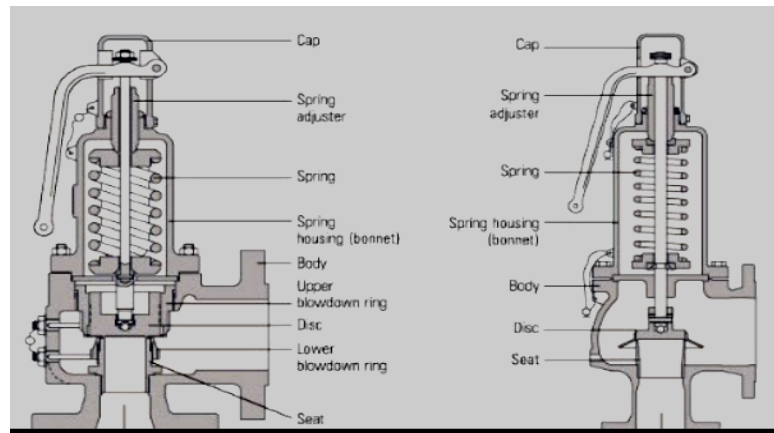
Gambar 5. Boiler tipe *Natural Circulation Vertical Water Tube*
<https://www.kyg.co.th/en/what-is-miura-boiler-2>



Gambar 6. Boiler tipe HB water tube vertikal, berbahan bakar minyak MFO

Safety Valve (katup keamanan)

- a. Safety Valve (Gambar.7) adalah perangkat perlindungan terakhir (*last line of defense*). Fungsinya sangat krusial dengan membuka secara otomatis jika tekanan dari dalam melebihi standart yang ditentukan, safety valve selalu terpasang pada boiler, Karena boiler bekerja dengan tekanan tinggi yang jika tidak terkendali dapat mengakibatkan ledakan dahsyat. Menurut ketentuan Rule /Standart class BKI, Vol III section 7, *Boiler & thermal oil System*, untuk setiap boiler harus dilengkapi dengan savety Valve minimal 2 buah. Dengan tipe *spring loaded safety valve* (gambar 8). Safety valve di seting pada 10% dari maksimum tekanan kerja dapat membuka secara otomatis.



Gambar 7. *Safety valve* dengan sistem kerja jika tekanan naik akan menekan spring/per sehingga valve terbuka, uap bisa keluar dan tekanan turun

Sumber : *marine engineering*

Komponen dan fungsinya dari *Safety Valve*:

- a. Fungsi Utama *Safety Valve* adalah mencegah tekanan di dalam *boiler drum* melampaui tekanan kerja maksimum (Gambar 9) yang diizinkan (*Maximum Allowable Working Pressure* - MAWP). Secara otomatis valve ini akan terbuka penuh (*pop up*) untuk membuang kelebihan uap ke atmosfer ketika mencapai tekanan tertentu (*set point*), dan akan menutup kembali setelah tekanan turun ke batas aman. Berdasarkan regulasi SOLAS, setiap boiler wajib memiliki minimal dua buah *safety valve*..
- b. *Valve Spindle* (Batang Katup): Batang panjang yang menghubungkan piringan katup dengan pegas. Berfungsi meneruskan tekanan dari pegas untuk menekan katup agar tetap tertutup.
- c. *Spring* (Pegas): Komponen paling vital yang menentukan kapan terbuka pada tekanan yang melebihi set point, yang dapat diatur dengan memutar baut pengatur (*adjusting screw*).
- d. *Valve Disc & Seat* (Piringan & Dudukan): Bagian yang bersentuhan langsung untuk menahan uap. Keduanya harus sangat rata (*lapping*) agar tidak terjadi kebocoran.
- e. *Adjusting Ring* (Cincin Pengatur/Blowdown Ring): Digunakan untuk mengatur jumlah uap yang dibuang dan menentukan titik di mana katup akan menutup kembali (*reset pressure*).
- f. *Easing Lever* (Tuas Pengangkat): Tuas manual yang memungkinkan masinis untuk membuka katup secara paksa dari luar. Digunakan untuk pengujian rutin guna memastikan katup tidak macet akibat karat.
- g. *Cap & Padlock* (Penutup & Gembok): Setelah disetel oleh surveyor klasifikasi, bagian pengatur akan dikunci dan disegel agar tidak bisa diubah sembarangan oleh kru kapal.



Gambar 8. Safety valve yang sudah terpasang pada peralatan
Sumber <https://marinersgalaxy.com/boiler-safety-valve>

Mekanisme Kerja *Safety valve* pada boiler biasanya bertipe *Full Lift*. Artinya, ketika tekanan uap sedikit melewati batas, desain piringannya memungkinkan uap memberikan gaya angkat tambahan sehingga katup langsung terbuka maksimal secara mendadak (*pop action*).



Gambar 9. *Safety valve* yang sudah di setting dengan tekanan pada 90Kg/Cm²

Pada beberapa kasus *Safety Valve* Aktif Otomatis, hal ini terjadi karena:

- Kegagalan Thermostat: Sensor suhu gagal mematikan *burner*, sehingga air terus dipanaskan melampaui titik didih yang dibutuhkan.
- Kenaikan Temperatur & Tekanan: Berdasarkan hukum gas ideal, kenaikan temperatur dalam ruang tertutup akan diikuti kenaikan tekanan secara linear.
- Energi Kinetik Uap: Tekanan uap yang tinggi memberikan gaya dorong ke atas pada *Valve Disc* yang melampaui gaya tekan *Spring*, sehingga uap terbuang keluar untuk menurunkan tekanan uap yang ada di dalam boiler.

Dikarenakan begitu penting dan memiliki resiko tinggi maka bebera

regulasi terkait *auxiliary boiler* di kapal tanker diatur secara ketat oleh organisasi maritim internasional (IMO) melalui dua konvensi utama: SOLAS (keselamatan jiwa dan konstruksi) dan MARPOL (pencegahan pencemaran).

Regulasi Berdasarkan SOLAS

SOLAS fokus pada aspek keselamatan konstruksi, pengoperasian, dan perlindungan kru dari risiko ledakan atau kebakaran. Ketentuan utamanya terdapat pada SOLAS *Chapter II-1 (Construction)* dan *Chapter II-2 (Fire Protection)*.

Regulasi 32 (Steam Boilers and Boiler Feed Systems): Katup Keamanan (*Safety Valve*): Setiap boiler harus dilengkapi dengan minimal 2(dua) katup keamanan untuk mencegah tekanan berlebih.

- a. Sistem *feed water* : untuk keselamatan kapal harus memiliki minimal dua sistem air umpan terpisah (termasuk dua pompa yang independen).
- b. Indikator *water level*: Harus ada minimal dua alat penunjuk level air, di mana salah satunya wajib berupa gelas penduga langsung (*direct reading gauge glass*).

Sistem Otomasi dan Alarm: Untuk boiler yang beroperasi tanpa pengawasan manual (*Unattended Machinery Spaces - UMS*), SOLAS mewajibkan sistem pemutus bahan bakar otomatis jika terjadi:

- a. Level air terlalu rendah (*Low water level*).
- b. Kegagalan pasokan udara (*Air supply failure*).
- c. Kegagalan api (*Flame failure*).

Uji Tekanan (*Hydraulic Test*): Sebelum digunakan dan secara berkala, boiler harus melalui uji tekan hidrolik di bawah pengawasan badan klasifikasi untuk memastikan kekuatan struktur drum dan pipa.

Regulasi Berdasarkan MARPOL

MARPOL lebih menitikberatkan pada dampak lingkungan dari pengoperasian boiler, terutama emisi gas buang dan limbah air.

MARPOL Annex VI (Prevention of Air Pollution from Ships):

- a. Kandungan Sulfur (SO_x): Bahan bakar yang dibakar di boiler harus mematuhi ambang batas sulfur global (saat ini 0,50% m/m) atau 0,10% m/m jika kapal berada di wilayah ECA (*Emission Control Area*).
- b. Emisi Nitrogen Oksida (NO_x): Meskipun regulasi NO_x utamanya untuk mesin diesel, boiler juga dipantau dalam hal efisiensi pembakaran agar tidak menghasilkan partikulat berlebih.
- c. *Incinerator & Boiler*: Jika boiler digunakan untuk membakar limbah minyak (*sludge*), maka pengoperasiannya harus memenuhi standar suhu tertentu agar tidak menghasilkan dioksin/partikel berbahaya.

MARPOL Annex I (Prevention of Pollution by Oil):

- a. Mengatur pembuangan air got kamar mesin (*bilge water*) yang dihasilkan dari proses *blowdown* atau kebocoran boiler.

- b. Air pembuangan harus diproses melalui *Oily Water Separator* (OWS) hingga di bawah 15 ppm sebelum dibuang ke laut

Kerusakan pada Auxiliary Boiler

Adanya kegagalan pada auxiliary boiler dapat berakibat fatal, mulai dari terhentinya proses bongkar muat hingga risiko ledakan. Untuk mengatasi kegagalan hal terpenting adalah mencari akar masalah dari kerusakan tersebut, kegagalan pada boiler banyak disebabkan karena kombinasi dari tegangan operasi tinggi yang melebihi tegangan maksimum yang diizinkan dan panas berlebih lokal akibat aliran gas buang bersuhu tinggi yang terkonsentrasi (Ahmad, J, et al. 2012)

Korosi dezinfeksi menunjukkan gangguan pembentukan lapisan pelindung oleh media air pendingin pada tabung bagian dalam. Cairan yang bocor dan terperangkap dari tabung bagian dalam pada antarmuka antara tabung bagian dalam dan tabung bagian luar mengakibatkan kerusakan sekunder akibat korosi galvanik di area yang kondusif (Lydia, Dedi, 2024)

Berikut adalah jenis kerusakan yang sering terjadi pada *Auxiliary Boiler*:

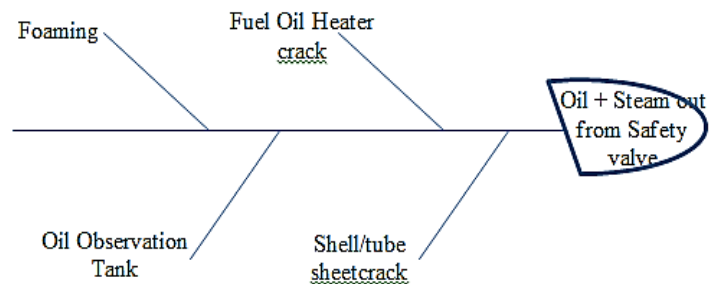
- a. Kegagalan Pembakaran (*Flame Failure*): Ini adalah masalah yang paling sering muncul di mana api pada *burner* tiba-tiba mati atau gagal menyala. Penyebab: *Nozzle* burner kotor/tersumbat, elektroda pemantik (*spark rod*) kotor, atau sensor api (*flame eye*) tertutup jelaga. Dampak: Produksi uap terhenti seketika.
- b. Kebocoran Pipa Boiler (*Tube Leakage*): Pipa-pipa di dalam boiler bisa mengalami kebocoran yang mengakibatkan air masuk ke ruang bakar. Penyebab: Korosi (Gambar 10) akibat kualitas air boiler yang buruk (pH tidak stabil), usia pipa yang sudah tua, atau pemuatan panas yang berlebihan. Dampak: Tekanan uap menurun drastis dan risiko kerusakan pada dinding tungku (*furnace*).
- c. Penumpukan Karak (*Scaling*) dan Jelaga (*Soot*): Kerak Air: Terjadi di dalam pipa akibat endapan mineral dari air umpan yang tidak diolah dengan kimia secara benar. Kerak ini menghambat perpindahan panas. Jelaga: Menempel pada sisi luar pipa (sisi gas buang) akibat pembakaran yang tidak sempurna. Jika dibiarkan, bisa memicu kebakaran jelaga (*soot fire*).
- d. Masalah pada Sistem Air Umpan: Kerusakan Pompa Air Umpan (*Feed Water Pump*): Jika pompa gagal menyuplai air, level air dalam drum akan turun drastis. Kegagalan Gelas Penduga (*Gauge Glass*): Jika kotor atau tersumbat, masinis tidak bisa melihat level air yang sebenarnya, yang sangat berbahaya bagi keamanan boiler.
- e. Kerusakan Dinding Tungku (*Refractory/Furnace Damage*): Dinding isolasi panas di dalam ruang bakar bisa retak atau rontok. Penyebab: Perubahan suhu yang terlalu mendadak (saat *start-up* atau *shut down* yang terlalu cepat). Dampak: Panas merambat langsung ke struktur luar boiler yang bisa

menyebabkan deformasi plat besi.



Gambar 10. Kondisi bagian bawah boiler yang berkarat dan kotor

Dari hasil pengamatan dan menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA) dengan teknik *Fishbone Diagram* dapat diketahui bahwa penyebab terjadinya uap yang bercampur dengan minyak dapat disebabkan beberapa factor seperti pada gambar.11



Gambar 11. Root Cause Analysis (RCA) dengan teknik *Fishbone Diagram*

- a. Ketika minyak bahan bakar masuk ke dalam sistem air boiler, karakteristik fisik air berubah secara drastis. Minyak pencemar akan meningkatkan tegangan permukaan air, memicu lonjakan tekanan semu yang memaksa *safety valve* terbuka
- b. minyak yang tercampur dengan uap yang keluar melalui safety valve dikarenakan adanya kebocoran pada pemanas Fuel oil untuk bahan bakar Main Engine, kebocoran ini menyebabkan fuel oil masuk kedalam water drum. Air yang tercampur dengan minyak menyebabkan temperatur naik sehingga menyebabkan tekanan juga naik sehingga mengaktifkan safety valve untuk membuka, sehingga uap bertekanan yang bercampur dengan minyak dilepas ke luar.
- c. Selain kebocoran diatas, kejadian tersebut juga menyebabkan kerusakan Expansion ring boiler juga retak meskipun tidak secara langsung namun

karena kegagalan diatas, dalam penanganan terdapat prosedur yang tidak tepat sehingga menyebabkan kegagalan lain

- d. Retak yang terjadi pada *Expansion ring* ini diakibatkan oleh tertutupnya ventilation valve, pada saat pengisian air baru setelah *Blow down up*, kondisi boiler dingin, sehingga mengkerut sehingga menyebabkan keretakan pada *Expansion ring* boiler. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan pengelasan seperti pada Gambar.12



Gambar 12. Reparasi pada bagian expansion ring yang retak/bocor dengan pengelasan

Berdasarkan pengalaman diatas, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada boiler perlu dilaksanakan inspeksi dan perawatan yang lebih intensif dengan jalan:

Prosedur Perawatan Harian Boiler

Perlakuan Air (*Water Test & Treatment*), Kualitas air adalah prioritas nomor satu. Air yang tidak terkontrol akan menyebabkan korosi dan kerak (*scaling*).

- a. Ambil sampel air dari *boiler drum* setiap pagi.
- b. Ukur kadar klorida, alkalinitas, dan fosfat menggunakan *test kit*.
- c. Tambahkan bahan kimia (seperti *boiler water treatment*) sesuai dosis hasil tes untuk menetralkan tingkat keasaman (pH) dan mengikat oksigen agar tidak terjadi karat.

Proses *Blowdown* (Pembuangan Endapan)

- a. Bottom Blowdown: Buka katup pembuangan bawah secara cepat selama beberapa detik. Tujuannya untuk membuang lumpur (*sludge*) dan endapan mineral yang mengendap di dasar boiler.
- b. Surface Blowdown: Membuang kotoran atau minyak yang mengapung di permukaan air drum agar tidak terjadi pembuihan (*foaming*).

Pembersihan Jelaga (*Soot Blowing*)

Dilakukan terutama jika boiler menggunakan gas buang mesin induk (*Economizer*) atau jika pembakaran *burner* sering menghasilkan asap hitam.

Tujuan: Membersihkan jelaga yang menempel pada pipa-pipa agar perpindahan panas tetap efisien dan mencegah kebakaran jelaga (*soot fire*).

Pemeriksaan Sistem Pembakaran (*Burner System*)

- a. Pembersihan Nozzle: Cabut dan bersihkan *burner gun* dari sisa-sisa karbon agar pengabutan bahan bakar tetap sempurna.
- b. Cek Photo Cell (Flame Eye): Bersihkan kaca sensor api dari debu agar sistem pengaman dapat mendeteksi api dengan akurat.
- c. Pengecekan Filter: Bersihkan filter bahan bakar (*fuel oil strainer*) untuk memastikan aliran solar/MFO lancar.

Pengujian Alat Pengaman (*Safety Device Test*)

- a. Gelas Penduga (*Gauge Glass*): Lakukan prosedur *blow through* pada gelas penduga untuk memastikan saluran tidak tersumbat dan level air yang terlihat adalah level asli.
- b. Low Water Level Alarm: Jika memungkinkan, uji alarm level air rendah untuk memastikan sistem otomatis akan mematikan api jika air berkurang drastis.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Auxiliary boiler* merupakan peralatan vital sehingga perlu perawatan intensif, lakukan pencatatan (di log book) terkait semua kondisi dan perawatan yang pernah dilakukan untuk mempermudah melakukan analisa pada saat terjadi sehingga tidak membuang waktu dan tenaga hanya untuk mencari permasalahan yang terjadi.
2. Temperature dan tekanan adalah indikator utama untuk mengetahui kinerja boiler sehingga perlu mendapatkan perhatian yang khusus. Perubahan dua indikator tersebut akan sangat berdampak bagi peralatan dan keselamatan. Jika ada perubahan segera lakukan tindakan preventive
3. Pada kasus kebocoran diatas pada pemanas FO perlu analisa lanjut penyebab terjadinya kebocoran sehingga tidak akan terulang masalah yang sama
4. Pada kasus keretakan pada expansiaon ring, perlu diperhatikan prosedur yang benar sehingga tidak menyebabkan efek kerusakan pada komponen lain yang awalnya sebenarnya tidak rusak

Perbaikan dengan pengelasan sebaiknya dilakukan berdasarkan prosedur pengelasan (WPS) yang benar jangan sampai antara *base matrial*/boiler dengan electrode dan prosedur pelaksanaan pengelasan terdapat ketidak sesuaian sehingga akan menyebabkan masalah lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, J., et al. (2012). *High operating steam pressure and localized overheating of a primary superheater tube*. Engineering Failure Analysis, 26, 344–348.

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2012.08.012>

American Bureau of Shipping. (2021). *Marine vessel machinery and auxiliary systems guidelines*. ABS Publishing.

Biro Klasifikasi Indonesia. (2006). *Rules/standards for classification: Machinery installation* (Vol. III, Section 7: Boiler & Thermal Oil System). BKI.

International Maritime Organization. (2002). *MARPOL: International convention for the prevention of pollution from ships*. IMO Publishing.

International Maritime Organization. (2004). *SOLAS: International convention for the safety of life at sea*. IMO Publishing.

International Maritime Organization. (2023). *International shipping facts and figures: Information resources on trade, safety, security, environment*. IMO Publishing.

Lydia, K., & Dedi, P. (2024). *Root cause analysis of leakage tube boiler: A study case*. Journal of Material Exploration and Finding.

Taylor, D. A. (2003). *Introduction to marine engineering (E-book ed.)*. Elsevier Ltd.

<https://marinersgalaxy.com/boiler-safety-valve>

<https://www.kyg.co.th/en/what-is-miura-boiler-2>