

Analisis Kinerja Pembakaran Nozzle Burner Pada Auxiliary Boiler Di Mv. Pan Kristine

Muhamad Akmal Dwisaputra¹, Rama Syahputra Simatupang², Wulan Marlia Sandi³, Azis Nugroho⁴, Shofa Dai Robbi⁵

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23 Juni 2025

Revised: 12 Juli 2025

Accepted: 20 Juli 2025

Keywords:

Nozzle burner

Auxiliary Boiler 2

Metode fishbone

Published by

Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab dan dampak dari tersumbatnya nozzle burner pada auxiliary steam boiler di kapal MV. Pan Kristine. Permasalahan yang muncul berupa penurunan tekanan uap dan flame failure saat kapal berlabuh, yang diduga disebabkan oleh gangguan pada sistem pembakaran. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan kru mesin, dokumentasi, serta studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyumbatan nozzle burner disebabkan oleh kurangnya perawatan rutin sesuai *Planned Maintenance System* (PMS), sistem filtrasi bahan bakar yang tidak efisien, nozzle yang aus atau rusak, serta jarak elektroda yang tidak sesuai dengan manual book. Dampak dari kondisi ini meliputi penurunan efisiensi pembakaran, peningkatan akumulasi jelaga dan kerak di ruang bakar, serta gangguan operasi boiler secara keseluruhan. Penelitian ini merekomendasikan penerapan PMS yang ketat, pemeriksaan berkala pada filter dan nozzle, serta pelatihan kru untuk meningkatkan pemahaman terhadap sistem pembakaran guna menjamin keandalan dan efisiensi kerja auxiliary boiler.

This study aims to analyze the causes and impacts of nozzle burner clogging in the auxiliary steam boiler aboard the MV. Pan Kristine. The issue arose from steam pressure drops and repeated flame failures while the ship was anchored, suspected to result from malfunction in the combustion system. Data were collected through direct observation, interviews with engine crew, documentation, and literature study. The findings reveal that the clogging of the nozzle burner is caused by insufficient routine maintenance according to the Planned Maintenance System (PMS), inefficient fuel filtration, worn or damaged nozzles, and electrode spacing that does not comply with the instruction manual. These issues lead to reduced combustion efficiency, increased soot and scale accumulation in the combustion chamber, and overall operational disruption of the boiler. The study recommends implementing a strict PMS, regular inspection of fuel filters and nozzles, and improved crew training to ensure the reliability and efficiency of the auxiliary boiler system.

Corresponding Author:

Rama Syahputra Simatupang

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Jl. Gunung Anyar Lor No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Email: author@gmail.com

PENDAHULUAN

Kapal sebagai sarana transportasi dan pengangkutan barang memerlukan sistem pembangkit tenaga yang andal untuk mendukung operasionalnya. Salah satu sistem penting di kapal adalah *auxiliary boiler* atau *boiler* bantu, yang berfungsi untuk menyediakan uap yang diperlukan dalam berbagai proses, seperti pemanasan ruang, penggerak turbin, dan kebutuhan lainnya selama pelayaran (Alghifari, 2024).

Pembangkit uap yang efisien dan andal sangat tergantung pada sistem pembakaran yang ada dalam boiler, khususnya pada *nozzle burner*. *Nozzle burner* ini bertugas untuk mengatur distribusi bahan bakar dan udara, guna memastikan proses pembakaran yang optimal dan efisien (Candra, 2023).

Nozzle burner pada *auxiliary boiler* berperan dalam memastikan bahan bakar terbakar dengan efisien, sehingga menghasilkan uap dengan energi maksimal. Pembakaran yang efisien bukan hanya berhubungan dengan penggunaan bahan bakar yang lebih hemat, tetapi juga sangat berpengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan, yang dalam konteks kapal, memiliki dampak signifikan terhadap kualitas udara dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan. Oleh karena itu, kinerja *nozzle burner* menjadi salah satu faktor penentu dalam meningkatkan efisiensi operasional dan menurunkan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga uap di kapal. Namun, meskipun *nozzle burner* dirancang untuk mendukung proses pembakaran yang efisien, dalam praktiknya sering kali terjadi penurunan kinerjanya akibat berbagai faktor. Masalah umum yang muncul adalah pemborosan bahan bakar, ketidakmerataan distribusi bahan bakar, pembentukan deposit pada permukaan burner, serta fluktuasi efisiensi pembakaran yang disebabkan oleh perubahan kondisi operasional kapal, seperti variasi kecepatan dan perubahan jenis bahan bakar yang digunakan. Masalah-masalah tersebut dapat menurunkan efisiensi keseluruhan sistem pembakaran, mengakibatkan pemborosan energi, serta meningkatkan biaya operasional kapal.

Kinerja pembakaran pada *nozzle burner* yang kurang optimal juga dapat menyebabkan peningkatan emisi gas buang, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx), dan partikel partikulat lainnya yang berbahaya bagi lingkungan. Dalam konteks regulasi internasional yang semakin ketat, terutama yang dikeluarkan oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO), kapal-kapal diharuskan untuk mematuhi standar emisi yang lebih rendah. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis yang mendalam terhadap kinerja pembakaran pada *nozzle burner* agar dapat mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidak efisienan dan mengembangkan solusi yang tepat untuk mengoptimalkan pembakaran. Analisis kinerja pembakaran *nozzle burner* pada *auxiliary boiler* di kapal sangat relevan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi emisi yang dihasilkan, dan memperpanjang usia pakai peralatan boiler. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *nozzle burner*, seperti desain burner, jenis bahan bakar yang digunakan, serta kondisi operasional yang spesifik pada kapal, dapat ditemukan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Misalnya, pengaturan ulang rasio udara dan bahan bakar, perawatan rutin, dan pemilihan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan adalah beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kinerja sistem pembakaran.

Analisis juga penting untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang berpotensi merugikan, seperti pembentukan deposit atau korosi yang dapat mengganggu distribusi bahan bakar dan udara pada *nozzle burner*. Oleh karena itu, dengan melakukan analisis yang komprehensif, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi yang dapat membantu operator kapal dalam mengoptimalkan kinerja *nozzle burner*, yang pada gilirannya akan mendukung operasi kapal yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan hemat biaya. Seiring dengan semakin ketatnya regulasi lingkungan dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal, analisis kinerja pembakaran pada *nozzle burner* pada *auxiliary boiler* di kapal menjadi sangat penting. Dengan analisis yang tepat, diharapkan dapat ditemukan solusi yang meningkatkan kinerja pembakaran secara signifikan, yang berdampak pada penghematan bahan bakar, pengurangan emisi, dan peningkatan keandalan operasional kapal.

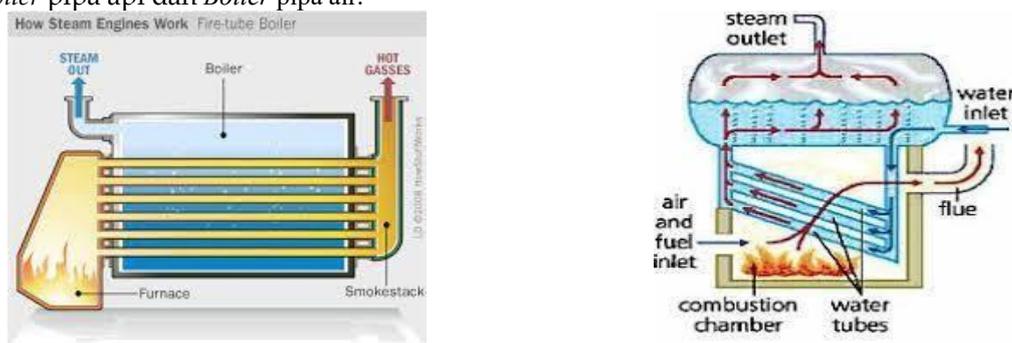
Kondisi tidak normal pada *auxiliary steam boiler* pada . Pan Kristine ketika kapal sedang *anchoring* di Korea, berulang kali terdapat alarm yang menunjukkan bahwa *Auxiliary steam boiler* mati secara tiba-tiba. Ketika diperiksa *third engineer* bahwasanya *flame burner* tidak menyala maka *Auxiliary steam boiler* dihidupkan kembali namun *Auxiliary steam boiler* tidak dapat menyala terlalu lama dan ketika itu *Auxiliary steam boiler* akan mati kembali. Kejadian tersebut terjadi pukul 14.00 ketika para masinis sedang di *engine room control* untuk mengetahui kejadian tersebut. Setelah dicek ternyata *auxiliary steam boiler* mati. Untuk menanggulangi kejadian tersebut, maka *third engineer* menghidupkan kembali ketel bantu tersebut. Menanggapi fenomena tersebut, *third engineer* melakukan pengecekan dan mendiskusikan bersama crew mesin dengan adanya bukti-bukti di lapangan seperti alarm *flame eyes* yang berbunyi menandakan pembakaran *nozzle burner* dalam *furnace* mati, maka crew kapal menemukan fenomena tidak normal ini terjadi karena kotornya *nozzle burner* pada *auxiliary steam boiler* sehingga mengakibatkan pembakaran pada *Auxiliary steam boiler* tersebut mati. Kejadian tersebut mengakibatkan *Auxiliary steam*

boiler tidak dapat berfungsi dengan baik

URAIAN TEORI

Ketel Uap/ Steam Boiler

Boiler adalah salah satu permesinan bantu diatas kapal dengan fungsi memproduksi *steam* dimana tekanan lebih dari 1 atm. Dengan cara memanaskan air di dalam tabung tertutup oleh gas panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di dalam ruang pembakaran *boiler*, sehingga menghasilkan uap panas. Menurut Muin (1998), *boiler* adalah mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi-energi kima atau energi otomatis menjadi kerja (usaha). Sedangkan, Yohana dan Askhabulyamin (2009) mengemukakan bahwa *boiler* atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan. *Steam* diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Pada dasarnya *Boiler* dibagi menjadi dua macam yaitu *boiler* pipa api dan pipa air. Masing-masing *boiler* tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing jenis *boiler* yang ada diatas kapal. *Boiler* pada kapal terdapat dua jenis, yaitu *Boiler* pipa api dan *Boiler* pipa air.



Gambar. 1 Boiler pipa api dan boiler pipa air

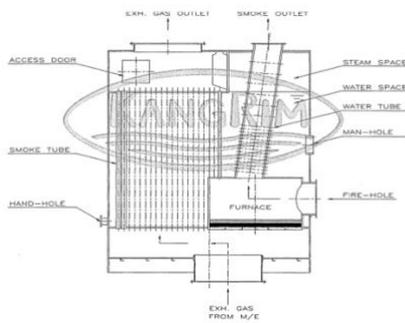
Boiler pipa api, dimana proses pengapianya terjadi di dalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan dihantarkan langsung ke dalam *boiler* yang berisi air. *Boiler* pipa air, dimana proses pengapian terjadi diluar pipa kemudian panasyang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air, dimana di dalam pipa air ini merupakan air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut terhadap air tersebut

Main Steam Boiler

Main Steam berasal dari *boiler super heater* dan kemudian mengalir ke *high pressure* turbin melalui dua pipa uap utama, kemudian mengarah ke *high pressure* casing dengan tempat *high pressure main steam pipes*. Secara signifikan, fungsi utama dari *main boiler* ini digunakan untuk penggerak kapal yang bermesin turbin. Namun juga terdapat kapal yang membutuhkan *main s team boiler* untuk memanasi muatan kapal (kapal tanker).

Auxiliary Steam Boiler

Auxiliary Steam Boiler adalah sebuah katel bantu yang berfungsi untuk memproduksi *steam* dengan cara memanaskan air dalam *tube*. *Steam* tersebut digunakan untuk menunjang kinerja permesinan bantu diatas kapal. Salah satunya sebagai pemanas tangki bahan bakar sebagai pemanas ruangan ketika kapal melewati daerah yang berr suhu dingin. Secara umum *Auxiliary Steam Boiler* digunakan pada kapal yang bertenaga penggerak mesin diesel. Komponen Ketel bantu Uap / *Auxiliary Steam Boiler* dijelaskan sebagai berikut



1. Drum Ketel
2. Superheater
3. Economizer
4. Evaporator
5. Manometer
6. Gelas penduga
7. Katup pengaman
8. Burner

Gambar. 2 Konstruksi *auxiliary steam boiler*

Persyaratan Ketel Uap Bantu/ *Auxiliary Steam Boiler*

Boiler atau ketel uap harus mempunyai persyaratan sebagai berikut 1) Dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dalam waktu tertentu pula, dan tekanannya lebih besar dari satu atmosfer, 2) Kadar air yang dihasilkan pada uap panas harus sedikit mungkin, 3) Jika pemakaian uap berubah, maka tekanan uap tidak boleh berubah banyak.

Pengoperasian *Auxiliary Steam Boiler*

Pengoperasian *Auxiliary steam boiler* merupakan kegiatan dalam pengoperasian boiler yang dimulai dari proses commissioning untuk boiler baru, start awal, operasi normal, sampai dengan shut down, baik pada saat normal operasi maupun pada saat terjadi gangguan operasi (Sugiharto, 2010).

Commissioning *Auxiliary Steam Boiler*

- Proses pengujian operasional suatu pekerjaan secara nyata maupun secara simulasi untuk memastikan bahwa pekerjaan tersebut telah selesai di lakukan dan juga telah memenuhi semua peraturan yang berlaku, regulasi, kode dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan antara kontraktor dan pengguna

Start Up Boiler

- Air umpan berfungsi untuk penyedia air *auxiliary steam boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan produksi steam. Sistem steam ini berfungsi mengumpulkan dan sekaligus mengontrol produksi steam dalam boiler, lalu didistribusikan ke titik penggunaan steam tersebut. Pada keseluruhan sistem, tekanan bahan bakar dan juga temperature bahan bakar harus selalu dijaga oleh engineer

Pengoperasian *Auxiliary Steam Boiler*

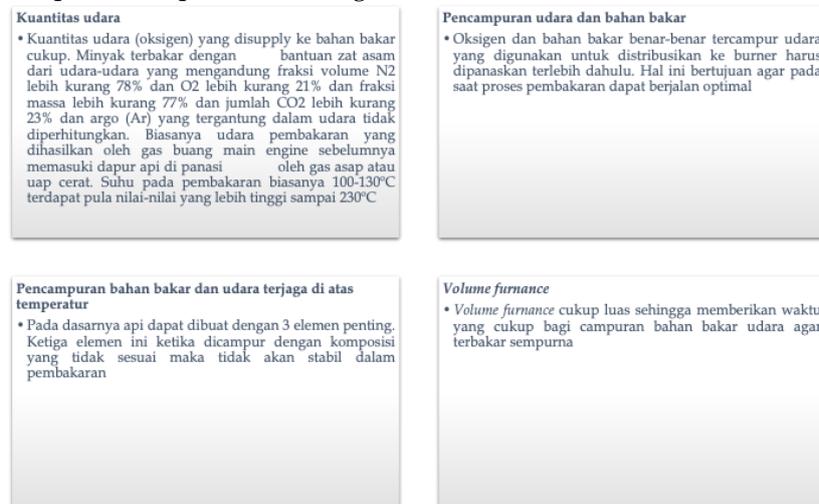
- Pengisian air (*Feed Water*) ke dalam boiler, Ventilasi udara dari sirkulasi bahan bakar, Pembakaran

Gambar. 3 Pengoperasian *Auxiliary steam boiler*

Proses Terjadinya Pembakaran Bahan Bakar Pada *Auxiliary Steam Boiler*

Pembakaran merupakan suatu proses dari serangkaian reaksi-reaksi kimia eksotermal antara bahan bakar dan oksidan berupa udara yang disertai dengan produksi energi berupa panas dan konversi senyawa kimia. Pelepasan panas dapat mengakibatkan timbulnya cahaya dalam bentuk api. Oksigen sangat diperlukan dalam pembakaran untuk mencapai pembakaran yang sempurna. Oksigen (O_2) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20.9% dari udara. Bahan bakar harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar lalu dengan adanya bahan bakar yang sudah diubah menjadi gas, oksigen dan nyala api akan mengakibatkan permbakaran. Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya. Nitrogen berfungsi sebagai elmen tambahan penurun suhu untuk mencitakan oksigen yang optimal untuk proses pembakaran. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan

alat penukar panas, juga meningkatkan volume hasil samping pembakaran, yang juga harus dialirkan melalui alat penukar panas sampai ke cerobong.



Gambar. 4 Syarat-syarat agar dapat terjadi pembakaran sempurna

METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini merujuk kepada segala hal yang dapat memberikan informasi mengenai data. Guna memperoleh informasi dan data yang komprehensif, jelas, akurat dan valid mengenai objek penelitian, diperlukan jenis dan sumber data yang sesuai. Sugiyono (2016:62) mengemukakan bahwa, dari prespektif sumber data, pengumpulan data dapat memanfaatkan sumber primer dan sumber sekunder.

Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti dari sumber pertama di lokasi penelitian pada waktu yang aktual, dengan karakteristik utama berupa data kualitatif. Menurut Hardani (2020), data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung dari sumber asli tanpa perantara, baik dari individu maupun kelompok. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas yang terjadi di lapangan serta dokumentasi berupa pencatatan dan pengumpulan informasi yang relevan dengan objek penelitian. Pendekatan ini memastikan data yang dihasilkan akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Data Sekunder

Data yang telah dikumpulkan untuk tujuan selain mengenai masalah yang dihadapi. Data ini dapat ditemukan dengan mudah. Dalam penelitian ini, sumber data sekunder melibatkan literatur, artikel, jurnal, dan situs internet yang terkait dengan penelitian yang sedang dilakukan.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dimaksudkan untuk mendapatkan informasi atau data. Ini adalah langkah penelitian yang paling penting. Metode pengumpulan data ini berdasarkan pada kenyataan, data, dan informasi. Dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini, penulis mengumpulkan data selama melaksanakan praktek layar. Menurut Sugiyono (2016:209), Ada beberapa metode dan teknik pengumpulan data meliputi wawancara, observasi, dan dokumentasi.

Observasi secara langsung digunakan untuk memahami kondisi kinerja nozzle burner di lapangan. Melalui pengamatan langsung, analis dapat mengidentifikasi masalah-masalah operasional yang tidak dapat terdeteksi melalui data kuantitatif. analisis dokumentasi operasional dan pemeliharaan digunakan untuk menganalisis catatan operasional dan dokumentasi pemeliharaan yang ada untuk mendapatkan wawasan tentang kinerja *nozzle* dalam jangka panjang. Dan metode wawancara dilakukan

secara langsung dengan melibatkan antara dua orang atau lebih dalam pembicaraannya. Pewawancara mengajukan pertanyaan dan orang yang diwawancarai memberikan jawaban.

Data yang telah dikumpulkan digunakan sebagai dasar untuk membahas rumusan masalah guna menemukan solusi yang tepat. Untuk memastikan bahwa data yang diperoleh akurat dan relevan, diperlukan teknik analisis yang sistematis. Teknik ini bertujuan menjadikan informasi yang dihasilkan lebih terstruktur dan dapat di pertanggung jawabkan, sehingga mendukung tercapainya hasil penelitian yang valid. Dalam penelitian ini, proses ini dilakukan secara menyeluruh agar informasi yang dihasilkan dapat memberikan gambaran yang jelas dan membantu dalam merumuskan solusi atas permasalahan yang diteliti. Tahap selanjutnya adalah memeriksa data dan informasi untuk mengubahnya menjadi informasi yang akurat setelah penulis menemukan informasi yang diperlukan dari data. Metode *fishbone*, juga dikenal sebagai diagram Ishikawa, adalah alat yang efektif yang digunakan peneliti dalam penelitian ini untuk menganalisis dan mengidentifikasi berbagai penyebab dari suatu masalah secara sistematis dan terstruktur. Metode *fishbone* digunakan untuk berbagai penyebab masalah dan konsekuensi mereka. Disebut sebagai diagram sebab dan akibat atau diagram sebab dan akibat, diagram *fishbone* menunjukkan hubungan antara masalah dan berbagai faktor penyebab yang mungkin.

HASIL PENELITIAN

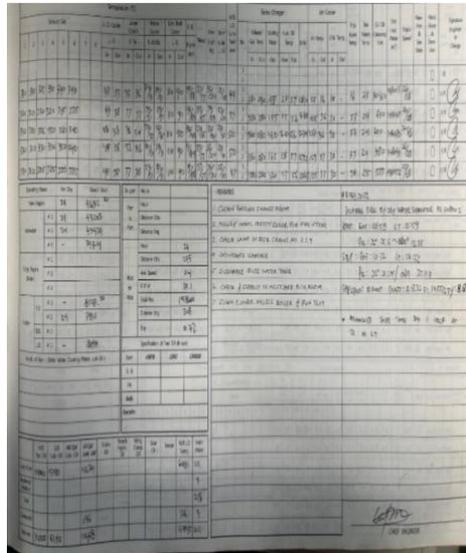
Observasi

Ketika kapal MV PAN KRISTINE berlabuh di Korea, peneliti menemukan kejadian yang tidak biasa pada *Auxiliary boiler*. Penulis ingin menyalakan *Auxiliary boiler* karena ketika kapal berlabuh, *Auxiliary boiler* harus dalam keadaan menyala untuk memanaskan bahan bakar yang akan digunakan. Berulang kali terdapat alarm yang menunjukkan bahwa *Auxiliary boiler* mati secara tiba-tiba. Ketika dilihat bahwa *flame burner* tidak menyala, *Auxiliary boiler* dihidupkan kembali. Namun, *Auxiliary boiler* tidak dapat menyala terlalu lama, jadi *Auxiliary boiler* akan mati kembali. Kejadian tersebut terjadi saat para masinis sedang mengerjakan tugas harian mereka pukul 14.00. Masinis mengecek ke *engine control room* saat mendengar alarm yang menunjukkan kejadian tidak biasa, setelah dicek, ternyata *Auxiliary boiler* mati, dan *steam pressure* menunjukkan penurunan yang lumayan drastis.

Tabel. 1 Tekanan *Steam Pressure Auxiliary Boiler*

No	Tanggal	Jam Kerja	Steam Pressure (Bar)	Kondisi
1	24 September 2024	00.00 – 04.00	4.2	Normal
2	24 September 2024	04.00 – 08.00	4.2	Normal
3	24 September 2024	08.00 – 12.00	4.0	Normal
4	24 September 2024	12.00 – 16.00	1.6	Abnormal
5	24 September 2024	16.00 – 20.00	4.2	Normal

Tabel 1 merupakan tabel *steam pressure* pada *auxiliary boiler*, pada tanggal 24 September 2024 pukul 00.00-20.00. Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa *steam pressure* menurun dari yang semula 4.2 bar menjadi 1.6 bar pada pukul 12.00-16.00. Selanjutnya, masinis 3 mematikan *Auxiliary boiler* untuk melakukan pemeriksaan. Masinis 3 memeriksa dan berdiskusi dengan kru mesin tentang hal-hal yang terjadi di lapangan. Mereka menemukan bahwa fenomena yang tidak normal ini terjadi karena *nozzle boiler* yang kotor pada *Auxiliary boiler*, yang menyebabkan pembakaran pada *Auxiliary boiler* mati. Akibatnya, *Auxiliary boiler* tidak bisa berfungsi dengan baik.



Gambar. 5 Logbook work plan

Observasi yang dilakukan oleh *first enginner* ditemukan juga jarak elektroda yang tidak sesuai dengan yang ada pada *intruction manual book* yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna, saat dibuka burner boilernya jarak antara elektroda dan nozzle burner hanya selisih 14 mm, dan sedangkan yang ada pada *instruction manual book* adalah 17 mm

Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data penyebab, dampak dan upaya dalam permasalahan yang terjadi pada *nozzle burner* dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel. 2 Analisis Wawancara pada Enginner di kapal MV. Pan Kristine

	First Enginner	Third Enginner
Penyebab	Penyebab steam pressure menurun adalah sistem filterasi yang tidak baik, dan nozzle burner tersumbat sehingga pembakaran tidak terjadi, karena nozzle burner berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar didalam boiler burner, dan flame eye tidak mendeteksi adanya pembakaran sehingga membuat auxiliary boiler mati total sehingga membuat produksi steam pressur rendah.	Penyebab dari tersumbatnya nozzle burner seperti penurunannya steam pressure dan menumpuknya jelaga dan karbon-karbon yang ada di ruang bakar.
Cara mengatasi	Fisrt Enginner mengingatkan kepada kru mesin tentang penting nya perawatan dengan PMS (Planned Maintenance System) dan selalu perhatikan filter yang menuju ke <i>nozzle burner</i> tersebut.	Meningkatkan kesadaran akan pentingnya prosedur pemeliharaan dan pengecekan rutin yang sudah tercantum dalam <i>manual book</i> dan terus meningkatkan kesadaran akan prosedur kerja dan pemahaman akan resikonya.

Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian berikut sebagai teori pendukung dalam penyelesaian masalah yang terjadi. Data sekunder diambil dari penelitian terkait 1) Identifikasi Kegagalan Pembakaran Pada *Auxiliary Boiler* Di MV yang menjelaskan tentang faktor penyebab kegagalan pembakaran pada *auxiliary boiler* dikarenakan tersumbatnya *nozzle*, jarak *igniter* tidak sesuai, serta rendahnya temperatur bahan bakar, 2) "Kurang optimalnya pembakaran pada *auxiliary boiler* yang menghambat proses bongkar muatan di MT. ENDURO yang menjelaskan bahwa *nozzle burner* kotor disebabkan oleh bahan bakar yang masuk ke dalam *nozzle burner* tidak melalui proses pemisahan di dalam purifier, 3) Analisis terjadinya *flame failure* pada burner *auxiliary boiler* di Kapal MV. Sky Free yang menjelaskan bahwa terjadinya *flame failure* pada burner disebabkan oleh kotornya *nozzle* dan filter pada *nozzle*, penumpukan karbon pada *combustion head* dan *furnace*.

Fishbone Diagram



Gambar. 6 Fishbone Diagram

Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada *First Engineer*, salah satu faktor yang menyebabkan kurangnya perawatan pada burner adalah kru kapal masih belum cukup mahir dalam pengoperasian dan perawatan mesin. Faktor manusia berperan sebagai penyebab dalam hal ini, terutama karena mesin hanya bergantung pada sensor yang ada. Kelalaian dalam melakukan perawatan, seperti kurangnya perawatan pada *nozzle burner* yang dapat menyebabkan penyumbatan, menjadi salah satu faktor utama. Selain itu, kemampuan yang belum cukup mahir dalam menangani masalah turut memperburuk kondisi tersebut.

Berdasarkan hasil observasi bersama *first engineer*, gangguan pada sistem pembakaran boiler dapat berasal dari komponen mesin itu sendiri, terutama yang berkaitan dengan sistem filter bahan bakar, serta dari kesalahan operasional atau perawatan yang kurang. Salah satu penyebab utama adalah nozzle burner yang kotor. Selain itu, kondisi ini diperparah oleh filter bahan bakar yang jarang diganti atau dibersihkan. Jika filter tersumbat, aliran bahan bakar akan terhambat dan partikel asing dapat lolos ke dalam sistem pembakaran. Akibatnya, partikel-partikel ini dapat masuk ke nozzle burner, menyebabkan penyumbatan nozzle. Pola semprotan bahan bakar akan terganggu, menyebabkan nyala api tidak stabil, pembakaran tidak sempurna, penurunan tekanan uap, dan penurunan efisiensi termal.

Berdasarkan hasil wawancara bersama *Third Engineer*, salah satu masalah penting dalam sistem perawatan mesin, terutama pada sistem pembakaran dan boiler, adalah jarak elektroda yang tidak sesuai dengan *manual book* dan penumpukan jelaga serta kerak di ruang bakar. Ketidaksiharian jarak elektroda mengakibatkan proses penyalaan tidak optimal, sehingga nyala api menjadi tidak stabil dan pembakaran tidak sempurna. Penumpukan jelaga dan kerak yang terjadi di ruang bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna semakin memperburuk kondisi ini, mengurangi efisiensi panas, dan meningkatkan risiko kerusakan pada komponen lain seperti heat exchanger, ruang bakar, bahkan hingga kecerobong. Selain itu, jika filter dan nozzle tidak diperiksa dan dibersihkan secara teratur, kotoran akan menumpuk dan menyebabkan penyumbatan, yang mengurangi aliran bahan bakar dan meningkatkan tekanan balik (*backpressure*) dalam sistem. Nozzle yang tersumbat juga menyebabkan pola semprotan bahan bakar menjadi tidak merata, yang memperburuk nyala api dan mempercepat akumulasi kerak di ruang bakar. Perawatan pencegahan rutin, seperti inspeksi filter, nozzle, dan pengaturan jarak elektroda sesuai

panduan, serta pengecekan kualitas bahan bakar sebelum digunakan, sebenarnya dapat mencegah masalah ini.

Menurut hasil wawancara bersama *first enginner*, disampaikan bahwa kerugian pada mesin sering kali disebabkan oleh kondisi *nozzle burner* yang sudah aus. *Nozzle* yang aus tidak mampu bekerja secara optimal dalam menahan beban kerja dan tekanan operasional tinggi dalam jangka waktu lama. Akibatnya, pola semprotan bahan bakar menjadi tidak merata, pembakaran tidak sempurna, dan kinerja mesin menurun. Hal ini tidak hanya mempercepat kerusakan pada komponen lain yang masih berfungsi baik, tetapi juga meningkatkan jumlah *downtime*, kebutuhan perawatan, serta risiko kegagalan sistem secara keseluruhan, yang dapat membahayakan kesehatan dan efisiensi kerja.

PEMBAHASAN

PMS (*Plan Maintenace System*) harus diterapkan untuk perawatan semua sistem permesinan kapal. Seperti *burner*, ketika *burner* tidak dirawat dengan baik akan menyebabkan masalah pada *burner* itu sendiri dan *boiler steam auxiliary*. Pada saat penulis melakukan observasi di atas kapal, penulis menemukan endapan bahan bakar di ruang bakar, yang merupakan hasil dari bocor dan menetesnya bahan bakar di antara ulir di antara *nozzle*. Perawatan pada *burner* terutama pada *nozzle burner* sangat penting, salah satunya yaitu pergantian pada *nozzle burner* secara berkala. Hal ini berakibat dengan hasil pembakaran dari *nozzle burner* akan bekerja secara maksimal. Sedangkan untuk perawatan rutin yang tertera dalam instruction manual book adalah sebagai berikut :

- 1) Mingguan (1x seminggu) 1) Periksa kebocoran pada pipa dan selang burner, 2) Periksa tekanan pompa, 3) Periksa kartrid pemanas dan kabel (jika ada)
- 2) Bulanan (1x sebulan) 1) Periksa posisi, kondisi, dan kebersihan detektor api, 2) Bersihkan filter, 3) Periksa dan bersihkan *nozzle* jika kotor.
- 3) Tahunan (1x setahun) 1) Periksa dan ganti kepala burner jika perlu, 2) Periksa dan ganti diffuser disc jika perlu, 3) Bersihkan elektroda pengapian & cek pengaturannya, 4) Ganti *nozzle* jika aus/rusak, 5) Periksa dan kencangkan baut damper & servomotor, 6) Lumasi sambungan batang penyetel, 7) Periksa kapasitas pompa oli, 8) Bersihkan burner dari debu & kelembapan, 9) Periksa kualitas pembakaran lewat gas buang. Periksa dan bersihkan tangki oli (wajib setiap 4-5 tahun).

Sistem filtrasi bahan bakar yang tidak efisien. Kotoran dapat lolos dan menumpuk di *nozzle* jika *filter* jarang dibersihkan atau diganti. Sementara itu, tekanan bahan bakar yang tidak stabil, pembakaran yang tidak sempurna, atau pencampuran udara dan bahan bakar yang tidak seimbang, akan menyebabkan karbon atau jelaga yang mengendap di sekitar lubang *nozzle*, menyebabkan sumbatan. Selain itu, pembakaran yang tidak sempurna juga dapat menyebabkan *nozzle* menjadi lebih rentan terhadap tekanan bahan bakar yang tidak stabil. Jika tekanan terlalu rendah, atomisasi bahan bakar terhambat, menyebabkan tetesan bahan bakar terlalu besar dan tidak terbakar sepenuhnya, menyebabkan kerak menempel di ujung *nozzle*.

Tersumbatnya *nozzle burner* pada *auxiliary steam boiler* terjadi karena Sistem filtrasi bahan bakar yang tidak efisien. Kotoran dapat lolos dan menumpuk di *nozzle* jika *filter* jarang dibersihkan atau diganti. Sementara itu, tekanan bahan bakar yang tidak stabil, pembakaran yang tidak sempurna, atau pencampuran udara dan bahan bakar yang tidak seimbang, akan menyebabkan karbon atau jelaga yang mengendap di sekitar lubang *nozzle*, menyebabkan sumbatan. Selain itu, pembakaran yang tidak sempurna juga dapat menyebabkan *nozzle* menjadi lebih rentan terhadap tekanan bahan bakar yang tidak stabil. Jika tekanan terlalu rendah, atomisasi bahan bakar terhambat, menyebabkan tetesan bahan bakar terlalu besar dan tidak terbakar sepenuhnya, menyebabkan kerak menempel di ujung *nozzle*.

Penumpukan jelaga dan kerak di ruang bakar karena Residu dari bahan bakar yang tidak terbakar akan menumpuk di dinding ruang bakar dan permukaan pipa *boiler*. Jelaga ini bertindak sebagai isolator panas yang menghambat perpindahan panas dari nyala api ke air di dalam pipa, sehingga efisiensi pemanasan menurun drastis. Selain itu, kerak yang menempel dapat menyebabkan *hotspot* atau titik panas berlebih yang mempercepat kerusakan material pipa (*tube failure*).

PENUTUP

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penyumbatan pada nozzle burner Auxiliary Steam Boiler di kapal MV. Pan Kristine disebabkan oleh kombinasi dari kurangnya perawatan rutin, sistem filtrasi bahan bakar yang tidak efisien, kondisi nozzle yang aus, serta pengaturan jarak elektroda yang tidak sesuai dengan spesifikasi dalam manual book. Permasalahan ini menyebabkan turunnya tekanan uap secara signifikan, flame failure yang berulang, serta akumulasi jelaga dan kerak di ruang bakar, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi dan keandalan sistem pembakaran.

Upaya perawatan dengan pendekatan Planned Maintenance System (PMS), pengecekan berkala terhadap filter bahan bakar dan nozzle, serta pengaturan ulang elektroda sesuai panduan teknis merupakan langkah krusial untuk menjaga kinerja optimal auxiliary boiler. Selain itu, peningkatan kompetensi kru kapal dalam hal pemeliharaan dan pengoperasian sistem pembakaran menjadi faktor pendukung dalam mencegah terjadinya kerusakan serupa di masa mendatang. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengelolaan perawatan sistem pembakaran pada auxiliary boiler di kapal niaga, sehingga operasional kapal dapat berjalan lebih efisien, ekonomis, dan sesuai dengan standar keselamatan serta regulasi lingkungan yang berlaku.

REFERENSI

- Alghifari M.F. (2024). *Analisis Kinerja Burner Pada Auxiliary Boiler Untuk Produksi Steam Di Kapal MV Pan Optimum*. (Skripsi sarjana, STIP). Diakses pada tanggal 06 Januari 2025. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20318487>
- Boiler, A., Mv, D. I., & Kahayan, M. (2023). *Identifikasi kegagalan pembakaran pada auxiliary boiler di mv. meratus kahayan dengan metode hazop skripsi*. Diakses pada tanggal 06 Januari 2025.
- Djokosetyardjo. (1990). *Ketel Uap*. Jakarta: [Pradnya Paramita, 1990](https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20318487) <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20318487>
- Candra F. (2023). *Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator Di PLTU Tanjung Jati B Unit 1 Dan 2*. In *Tesis Magister*. Universitas Islam Sultan Agung. Diakses pada tanggal 06 Januari 2025
- Hardani, D. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. CV Pustaka Ilmu. https://www.researchgate.net/publication/340021548_Buku_Metode_Penelitian_Kualitatif_Kuantitatif
- MUHAMMAD, A. R. (2021). *Analisis Penyumbatan Nozzle Burner Pada Auxiliary Steam Boiler Di Mv. Pan Begonia*. (Karya Ilmiah Terapan, PIP Makasar) Diakses pada tanggal 18 Desember 2024
- Muin. (1998). *Pesawat-Pesawat konversi Energi I (ketel uap)*. Rajawali. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20210224>
- Noor. (2016). *Metodologi Penelitian*. Kencana Prenada Media Group.
- Sarifuddin, Wisnu Handoko, & Wida Yuliati. (2017). Kurang Optimalnya Pembakaran Pada Auxiliary Boiler Yang Menghambat Proses Bongkar Muatan Di Mt. Enduro. *Dinamika Bahari*, 8(1), 1930–1944. <https://doi.org/10.46484/db.v8i1.68>. Diakses pada tanggal 06 Februari 2025
- Satori & Komariyah. (2014). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Alfabeta.
- Sky, M. V, Purnama, M. I., Saifudin, I., Wanto, K., Geerbel, S., & Rakka, A. (2024). *Analisis Terjadinya Flame Failure pada Burner Auxiliary Boiler Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara , Indonesia Auxiliary Boiler di Kapal MV . SKY FREE " . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk 1 . Marine Fuel Oil (M . F . O) penyulingan minyak mentah . Bahan bakar MFO mempunyai tingkat kekentalan. 1*. Diakses pada tanggal

11 April 2025

- Sugiharto. (2010). *Tinjauan teknis pengoperasian dan pemeliharaan boiler*. *Forum Teknologi*, 6(2).
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: alfabeta.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Cetakan ke-24*. Alfabeta.
- Teori Segitiga Api*. (n.d.). <https://andiballadho.com/teori-segitiga-api-fire-triangle/>
- Yohana dan Askhabulyamin. (2009). *Perhitungan Efisiensi Dan Konversi Dari Bahan Bakar Solar Ke Gas Pada Boiler Ebara HKL 1800 KA*. *Rotasi*, 11(3), 13-16.