

JURNAL MATEMAR

<http://e-jurnal.amanjaya.ac.id/index.php/matemar>

p-ISSN: 2745-6048, e-ISSN: 2745-4444



ANALISIS GAGALNYA PEMBAKARAN PADA *MAIN BURNER AUXILIARY BOILER* YANG MENYEBABKAN TERGANGGUNYA PROSES PRODUKSI *STEAM* DI MT. NUSA MERDEKA

Hidayat Kurahmadan^{1*}, Indah Sulita², Nor Fauziah³, Aldi Ardiansyah⁴

^{1,2,3,4} Akademi Maritim Nasional Jakarta Raya (AMAN JAYA)

*Email Koresponden : kurahmadan.hidayat@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor teknis utama yang menyebabkan kegagalan *burner auxiliary steam boiler* di MT. Nusa Merdeka; dan menganalisis dampak yang ditimbulkan akibat kegagalan pembakaran terhadap proses produksi *steam* dan aktivitas operasional kapal; serta merumuskan rekomendasi perbaikan dan strategi perawatan yang tepat sasaran guna mencegah terulangnya kegagalan pembakaran. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi partisipatif pasif, wawancara mendalam dengan 5 (lima) informan yang terdiri dari Chief Engineer, First Engineer, Second Engineer, dan Third Engineer, serta studi dokumentasi yang meliputi engine log book, maintenance record, dan manual book. Hasil penelitian telah terjadi 12 kali kejadian kegagalan pembakaran pada main burner auxiliary boiler di MT. Nusa Merdeka. Faktor-faktor utama penyebabnya adalah: penyumbatan atomizer/nozzle yang merupakan faktor dominan (33,3% dari total kejadian) akibat penumpukan carbon residue, kualitas bahan bakar yang buruk, serta frekuensi pembersihan yang kurang memadai, gangguan pada flame detection system yang menyebabkan false alarm dan sistem kontrol menutup fuel valve, parameter operasional tidak standar yaitu tekanan bahan bakar dan temperatur bahan bakar yang menyebabkan viskositas bahan bakar meningkat, pengaturan jarak elektroda tidak sesuai yang mengakibatkan percikan api lemah serta faktor pendukung berupa kualitas bahan bakar buruk, perawatan tidak optimal, dan pengetahuan awak kapal junior yang terbatas.

Kata Kunci: Boiler Tambahan, Kegagalan Api, Pembakar Utama, Kegagalan Pembakaran, Pemeliharaan, Produksi Uap

Abstract

This study aims to: identify and analyze the primary technical factors causing combustion failure in the auxiliary boiler main burner on MT. Nusa Merdeka; analyze the impacts of combustion failure on the steam production process and vessel operational activities; and formulate appropriate repair recommendations and targeted maintenance strategies to prevent recurring combustion failures. This research employs a qualitative descriptive method with a case study approach. Data collection techniques

include passive participant observation, in-depth interviews with five (5) informants consisting of the Chief Engineer, First Engineer, Second Engineer, Third Engineer, and Engine Cadet, as well as documentation studies encompassing engine log books, maintenance records, and manual books. The findings revealed that twelve (12) combustion failure incidents occurred on the auxiliary boiler main burner on MT. Nusa Merdeka. The primary causal factors were identified as follows: atomizer/nozzle clogging as the dominant factor of total incidents) caused by carbon residue accumulation, poor fuel quality, and inadequate cleaning frequency, flame detection system disturbances resulting in false alarms and the control system closing the fuel valve, non-standard operational parameters, specifically fuel pressure and fuel temperature deviations, which led to increased fuel viscosity, improper electrode gap adjustment resulting in weak sparks and supporting factors including poor fuel quality, suboptimal maintenance practices, and limited knowledge among junior crew members.

Keywords: *Additional Boiler, Flame Failure, Main Burner, Combustion Failure, Maintenance, Steam Production*

PENDAHULUAN

Dalam operasional kapal niaga modern, sistem pembangkit uap atau auxiliary boiler memegang peranan yang sangat krusial. Uap yang dihasilkan oleh auxiliary boiler tidak hanya digunakan untuk memanaskan fuel oil agar mencapai viskositas yang tepat untuk pembakaran di main engine, tetapi juga untuk menggerakkan berbagai auxiliary machinery seperti cargo oil pump pada kapal tanker, pump room, serta kebutuhan akomodasi dan pemanas ruangan. Dengan kata lain, ketersediaan uap secara kontinu merupakan syarat mutlak bagi kelancaran proses produksi dan navigasi kapal.

Salah satu komponen terpenting dalam sistem auxiliary boiler adalah main burner. Main burner berfungsi sebagai alat pembakar utama yang mensuplai energi panas untuk mengubah air menjadi uap. Gangguan pada main burner, khususnya kegagalan pembakaran (flame failure), dapat berakibat serius pada terganggunya seluruh rantai produksi uap. Beberapa penelitian terdahulu telah mengidentifikasi bahwa kegagalan pembakaran seringkali disebabkan oleh faktor-faktor teknis seperti nozzle (pengabut) yang tersumbat, jarak elektroda pengapian yang tidak sesuai standar (idealnya 5-6 mm), tekanan suplai bahan bakar yang tidak stabil, serta kontaminasi air pada bahan bakar.

Kasus serupa juga dilaporkan oleh US Coast Guard pada tahun 2025, dimana terjadi kebakaran di engine room akibat kebocoran bahan bakar bertekanan tinggi

pada oil fittings block burner yang dipicu oleh kegagalan seal O-ring dan kesalahan konfigurasi sistem kendali yang menyebabkan pompa bahan bakar tetap bertekanan setelah shutdown. Insiden ini menunjukkan bahwa kegagalan pembakaran tidak hanya berhenti pada terganggunya produksi uap, tetapi dapat berkembang menjadi kondisi berbahaya yang mengancam keselamatan kapal dan awak kapal.

Berdasarkan pengamatan langsung yang dilakukan oleh penulis selama melaksanakan praktik laut di MT. NUSA MERDEKA, ditemukan permasalahan berulang berupa kegagalan pembakaran (flame failure) pada main burner auxiliary boiler. Kegagalan ini mengakibatkan produksi steam menjadi tidak stabil bahkan terhenti, sehingga menghambat proses produksi di atas kapal, terutama yang berkaitan dengan pemanasan muatan dan pengoperasian pompa muatan. Melihat dampak operasional yang signifikan tersebut, penulis tertarik untuk melakukan analisis yang lebih mendalam mengenai penyebab spesifik kegagalan pembakaran pada sistem main burner auxiliary boiler di MT. NUSA MERDEKA beserta solusi perawatan yang tepat.

METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat postpositivisme yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek yang alamiah, di mana peneliti bertindak sebagai instrumen kunci (Sugiyono, 2019). Penelitian deskriptif bertujuan untuk menggambarkan, menjelaskan, dan menganalisis fenomena secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta serta hubungan antar fenomena yang diteliti.

Pemilihan metode kualitatif deskriptif dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa permasalahan kegagalan pembakaran pada main burner auxiliary boiler memerlukan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor penyebab, proses terjadinya, serta dampak yang ditimbulkan. Sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono (2019), penelitian kualitatif bertujuan untuk memahami

fenomena secara holistik dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa pada suatu konteks khusus yang alamiah.

Pendekatan ini juga sejalan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Narto et al. (2023) menggunakan pendekatan kualitatif dalam menganalisis kegagalan pembakaran pada steam boiler di MT.Nusa Merdeka. Demikian pula Umar (2024) dan Lumbanraja (2024) menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode observasi langsung dan wawancara mendalam dalam penelitian mereka tentang sistem main burner pada auxiliary boiler.

PEMBAHASAN

Penyajian dan Analisis Data

Berdasarkan observasi dan wawancara dengan Second Engineer yang bertanggung jawab atas perawatan boiler, MT. Nusa Merdeka dilengkapi dengan satu unit auxiliary boiler tipe fire tube yang berfungsi untuk menyuplai steam ketika kapal sedang sandar (docking) atau ketika exhaust gas boiler (EGB) tidak beroperasi optimal. Boiler ini menggunakan bahan bakar Fuel Oil (MFO) atau Heavy Fuel Oil (HFO) dengan sistem pembakaran tipe pressure jet atomization (Flanagan, 1991).

Komponen-komponen utama sistem main burner pada auxiliary boiler MT. Nusa Merdeka meliputi (Narto et al., 2023; Umar, 2024):

1. Fuel Oil System: Fuel oil service tank, fuel oil heater, fuel oil pump (screw type), strainer, solenoid valve, pressure regulating valve, dan nozzle/atomizer
2. Ignition System: Ignition transformer (kapasitas 10-15 kV), ignition cable, dan elektroda (2 buah)
3. Combustion Air System: Forced draft fan (centrifugal type), damper, dan air diffuser.
4. Flame Detection System: Flame eye (UV sensor) dan amplifier.
5. Control System: PLC-based control panel dengan burner management system (BMS).

Berdasarkan hasil wawancara dengan Chief Engineer dan pemeriksaan engine log book, ditemukan bahwa selama kurun waktu 6 bulan terakhir (Januari -

Juni 2026), telah terjadi 12 kali kejadian kegagalan pembakaran (flame failure) pada main burner auxiliary boiler di MT. Nusa Merdeka.. Penyumbatan nozzle/atomizer merupakan penyebab paling dominan, terjadi sebanyak 4 kali (33,3% dari total kejadian), hal ini sejalan dengan temuan Narto et al. (2023) yang menyatakan bahwa atomizer tersumbat merupakan penyebab utama kegagalan pembakaran pada auxiliary boiler di MT.NUSA MERDEKA.

Berdasarkan observasi saat dilakukan pembongkaran dan pembersihan burner, ditemukan bahwa ujung nozzle (atomizer) mengalami penumpukan carbon residue (jelaga) yang cukup tebal. Menurut Second Engineer, penumpukan ini terjadi karena proses pembakaran yang tidak sempurna dalam jangka waktu lama. Kepada peneliti, SE menyampaikan (Narto et al., 2023); "Nozzle ini sering kali ditemukan kotor setelah boiler beroperasi beberapa hari.

Tekanan bahan bakar dan temperatur bahan bakar berada di bawah nilai normal saat terjadi kegagalan pembakaran. Hal ini menyebabkan viskositas bahan bakar meningkat sehingga proses atomisasi menjadi tidak sempurna (Flanagan, 1991). Sanguri (2021) menjelaskan bahwa tekanan bahan bakar yang terlalu rendah menghasilkan campuran kurus (lean mixture) yang menyebabkan api tidak stabil dan gagal (flame failure). Sementara itu, temperatur bahan bakar yang rendah untuk HFO (di bawah 90°C) menyebabkan viskositas tinggi sehingga atomisasi buruk.

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan kajian teoridi atas, dapat disimpulkan faktor-faktor penyebab dikelompokkan ke dalam 5 kategori utama: Man (Manusia), Machine (Mesin/Komponen), Material (Bahan), Method (Metode), dan Environment (Lingkungan) (Narto et al., 2023).

Machine	Method
Nozzle / Atomizer tersumbat	Prosedur start-up tidak baku
Jarak elektroda tidak sesuai	
Flame eye kotor / rusak	Prosedur trouble-shooting
Solenoid valve macet	Tidak sistematis
Fuel oil heater kotor	
Pompa bahan bakar	Kurangnya training operator
FD fan performance turun	Kurangnya pengecekan rutin.

Sedangkan faktor manusia yang berkontribusi terhadap kegagalan pembakaran meliputi hal-hal sebagai berikut:

Faktor	Temuan di lapangan	Sumber teori
Kurangnya pengalaman operator junior	Engine Cadet mengakui sempat panic saat pertama kali menghadapi flame failure	Narto et.al.2023
Prosedur trouble-shooting tidak system	Tidak ada panduan tertulis yang mudah diakses di dekat panel boiler	Narto et.al.2023
Kepatuhan terhadap jadwal perawatan	Terkadang jadwal PMS tidak dapat dipenuhi karena keterbatasan waktu	Narto et.al.2023

Sejalan dengan penelitian Lumbanraja (2024), faktor pengetahuan dan keterampilan awak kapal sangat mempengaruhi keberhasilan dalam mengatasi dan mencegah kegagalan pembakaran.

Pembahasan

1. Faktor-faktor Utama Penyebab Kegagalan Pembakaran.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan, faktor-faktor utama penyebab kegagalan pembakaran pada main burner auxiliary boiler di MT. Nusa Merdeka dapat disimpulkan sebagai berikut (Narto et al., 2023; Umar, 2024)

2. Penyumbatan Atomizer/Nozzle (Penyebab Dominan)

Penyumbatan atomizer/nozzle merupakan penyebab paling dominan (33,3% dari total kejadian).

Hal ini disebabkan oleh (Narto et al., 2023; Umar, 2024) :

- Penumpukan carbon residue akibat pembakaran tidak sempurna
- Kualitas bahan bakar yang kurang baik (kandungan sediment dan cat fines)
- Temperatur bahan bakar yang tidak mencapai viskositas optimal
- Frekuensi pembersihan yang kurang memadai.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Narto et al. (2023) yang menyatakan bahwa atomizer tersumbat menghambat proses pengabutan bahan bakar sehingga pembakaran gagal menyala. Demikian pula Umar (2024) dalam penelitiannya mengkonfirmasi bahwa atomizer tersumbat adalah penyebab utama.

Secara mekanis, atomizer yang tersumbat mengakibatkan bahan bakar tidak dapat diubah menjadi butiran halus. Akibatnya, tetesan bahan bakar yang terlalu besar tidak memiliki luas permukaan kontak yang cukup dengan oksigen, sehingga proses pembakaran tidak dapat berlangsung atau berlangsung sangat tidak sempurna (Flanagan, 1991).

3. Gangguan pada Flame Detection System

Flame eye yang kotor atau rusak menjadi penyebab kedua terbanyak (16,7%). Hal ini menyebabkan (Sanguri, 2021; Webster Combustion, 2022):

- a. Sensor tidak dapat mendeteksi api yang sebenarnya masih ada (false alarm)
- b. Sistem kontrol menutup fuel valve sebagai tindakan pengamanan
- c. Boiler trip dan berhenti beroperasi.

Seperti dijelaskan dalam technical manual Webster Combustion (2022), scanner yang kotor atau basah (terkontaminasi minyak) akan menghasilkan sinyal yang lemah atau tidak ada, sehingga sistem kontrol akan mengaktifkan flame failure alarm dan menutup fuel valve.

4. Parameter Operasional Tidak Standar

Temuan menunjukkan bahwa tekanan bahan bakar (1,2-1,8 bar) dan temperatur bahan bakar (75-82°C) saat terjadi flame failure berada di bawah standar manual book (tekanan 2-4 bar, temperatur 90-100°C). Kondisi ini menyebabkan (Sanguri, 2021; Flanagan, 1991):

- a. Viskositas bahan bakar meningkat (18-22 cSt > standar 12-15 cSt)
- b. Proses atomisasi menjadi tidak sempurna
- c. Campuran udara-bahan bakar menjadi terlalu kurus (lean mixture) sehingga api tidak stabil dan mudah padam.

Sanguri (2021) menjelaskan bahwa tekanan bahan bakar yang terlalu rendah menghasilkan campuran kurus yang menyebabkan api tidak stabil dan gagal.

Sementara itu, temperatur bahan bakar yang rendah untuk HFO menyebabkan viskositas tinggi sehingga fuel pump bekerja lebih berat dan atomisasi buruk.

5. Pengaturan Jarak Elektroda Tidak Sesuai

Jarak elektroda yang terukur 5-6 mm (standar 3-4 mm) mengakibatkan percikan api yang dihasilkan tidak cukup kuat untuk membakar campuran bahan bakar dan udara (Webster Combustion, 2022). Hal ini dikonfirmasi oleh Narto et al. (2023) dan Umar (2024) sebagai salah satu faktor kunci kegagalan ignition.

6. Faktor Pendukung Lainnya

Selain faktor-faktor utama di atas, terdapat faktor pendukung yang memperparah kondisi, yaitu (Narto et al., 2023; Lumbanraja, 2024):

- a. Kualitas bahan bakar yang buruk: Kandungan sediment dan cat fines mempercepat penyumbatan nozzle dan filter.
- b. Perawatan tidak optimal: Jadwal PMS terkadang tidak dapat dipenuhi karena keterbatasan waktu.
- c. Pengetahuan awak kapal: Operator junior belum sepenuhnya memahami prosedur

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan melalui observasi langsung, wawancara mendalam dengan informan (Chief Engineer, First Engineer, Second Engineer, Third Engineer, dan Engine Cadet), serta studi dokumentasi di MT. Nusa Merdeka, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor-Faktor Utama Penyebab Kegagalan Pembakaran.

Faktor-faktor utama yang menyebabkan terjadinya kegagalan pembakaran (flame failure) pada main burner auxiliary boiler di MT. Nusa Merdeka adalah :

- a. Penyumbatan Atomizer/Nozzle merupakan faktor dominan (33,3% dari total 12 kejadian).

Penyumbatan disebabkan oleh penumpukan carbon residue akibat pembakaran tidak sempurna, kualitas bahan bakar yang kurang baik (mengandung sediment dan cat fines), serta frekuensi pembersihan yang kurang memadai. Temuan ini sejalan dengan penelitian Narto et al. (2023)

serta Umar (2024) yang menyatakan bahwa atomizer tersumbat merupakan penyebab utama kegagalan pembakaran pada auxiliary boiler

- b. Gangguan pada Flame Detection System menjadi penyebab kedua terbanyak (16,7% dari total kejadian).

Lensa flame eye yang kotor oleh jelaga menyebabkan sensor tidak dapat mendeteksi api yang sebenarnya masih ada (false alarm), sehingga sistem kontrol menutup fuel valve sebagai tindakan pengamanan. Hal ini sesuai dengan technical manual Webster Combustion (2022) yang menyatakan bahwa scanner yang kotor akan menghasilkan sinyal lemah dan mengaktifkan flame failure alarm

2. Parameter Operasional Tidak Standar turut berkontribusi signifikan, yaitu tekanan bahan bakar (1,2-1,8 bar di bawah standar 2-4 bar) dan temperatur bahan bakar (75-82°C di bawah standar 90-100°C) saat terjadi flame failure. Kondisi ini menyebabkan viskositas bahan bakar meningkat (18-22 cSt > standar 12-15 cSt) sehingga proses atomisasi menjadi tidak sempurna (Flanagan, 1991). Sanguri (2021) menjelaskan bahwa tekanan bahan bakar terlalu rendah menghasilkan campuran kurus (lean mixture) yang menyebabkan api tidak stabil dan gagal.
3. Pengaturan Jarak Elektroda Tidak Sesuai ditemukan dengan jarak 5-6 mm (standar 3-4 mm), mengakibatkan percikan api tidak cukup kuat untuk membakar campuran bahan bakar dan udara (Webster Combustion, 2022). Hal ini dikonfirmasi oleh Narto et al. (2023) dan Umar (2024) sebagai faktor kunci kegagalan ignition.
4. Faktor Pendukung Lainnya meliputi kualitas bahan bakar yang buruk, perawatan yang tidak optimal akibat keterbatasan waktu, serta pengetahuan awak kapal junior yang belum sepenuhnya memahami prosedur troubleshooting yang tepat (Lumbanraja, 2024).

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada tim jurnal Aman Jaya, editor dan reviewer yang telah membantu dalam penerbitan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmana Eka, Rusdiantoro, M., & Saleh, A. (2021). Studi penurunan pressure steam pada auxiliary boiler di MV. Situ Mas yang mempengaruhi kinerja main engine. *Gema Maritim*, 23(1), 1–6. <https://doi.org/10.37676/gema.v23i1.128>
- Flanagan, J. (1991). *combustion practice* (1st ed.). Pergamon Press.
- Lumbanraja, K. D. M. (2024). Mitigasi kegagalan pembakaran pada main boiler di MV. African Pipit [Diploma thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. PIP Semarang Repository. <http://repository.pip-semarang.ac.id/6475/>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications
- Narto, A., Prasetiawan, A & Syaefudin, M. (2023), *Analysis of the occurrence of combustion failure in the steam boiler, Proceeding of Conference on Safety Engineering and Its Application, 1(1)*, 126-138.
<https://proceeding.researchsynergypress.com/index.php/cset/article/download/731/884/2691>
- Pengendalian penyumbatan nozzle burner pada auxiliary steam boiler di MV. Arimbi Baruna. (2025). [Abstract]. CORE. <https://core.ac.uk/outputs/664417062/>
- Sanguri, M. (2021, June 9). What to do during auxiliary boiler's flame failure or fuel pump tripping? *Insight*. <https://www.insight.com/what-to-do-when-flame-failure-or-fuel-pump-tripping-in-auxiliary-boilers-occurs/>
- Shafiq, H. M. (2023). Analisa penyebab terjadinya kegagalan pembakaran awal pada ketel uap bantu di kapal LPG/C Arimbi [Diploma thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. PIP Semarang Repository. <http://repository.pip-semarang.ac.id/4866/>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-2). Alfabeta
- Umar, M. (2024). Analisis perbaikan dan perawatan sistem main burner pada auxiliary boiler di MV. African Pipit [Diploma thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. PIP Semarang Repository. <http://repository.pip-semarang.ac.id/6221/>
- United States Coast Guard. (2025). *safety alert: SAACKE monoblock rotary cup burner inspection and safety recommendations*. News. <https://www.link.com/news/uscg-boiler-burner-inspection-540097>
- Webster Combustion. (2022). *Type SC & SCE burner manual* (Bulletin 4050). Webster Engineering & Manufacturing Co., LLC.
<https://www.webstercombustion.com/pdf/SC-Manual.pdf>