

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN *NOZZLE BURNER*
PADA *AUXILIARY BOILER* DI MV. PAN KRISTINE**



MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA
NIT 09.21.012.1.06

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN *NOZZLE BURNER*
PADA *AUXILIARY BOILER* DI MV. PAN KRISTINE**



MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA
NIT 09.21.012.1.06

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2025

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : **ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN *NOZZLE*
BURNER PADA *AUXILIARY BOILER* DI MV.
PAN KRISTINE**

Program Studi : Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Nama : Muhamad Akmal Dwisaputra

NIT : 09.21.012.1.06

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 9 Maret 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Rama Syahputra S., S.ST Pel., M.T)
NIP.198803292019021002

Dosen Pembimbing II



(Wulan Marlia Sandi, M.Pd)
NIP.198903262023212017

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd, M.Mar.E)
NIP. 196905312003121001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : Analisis Kinerja Pembakaran Nozzle Burner Pada
Auxiliary Boiler Di Mv. Pan Kristine
Program Studi : Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Nama : Muhamad Akmal Dwisaputra
NIT : 0921012106
Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah~~*
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

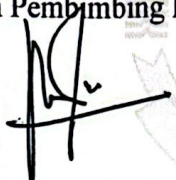
Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 16 Juni 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Rama .S Simatupang S.S.T.Pel., M.T.)
Penata Muda Tk.I (III/b)
NIP. 198803292019021002

(Wulan Marlia Sandi, M.Pd)
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayas Permesinan Kapal



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

PENGESAHAN PROPOSAL

KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN NOZZLE BURNER PADA
AUXILIARY BOILER DI MV. PAN KRISTINE**

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA

NIT. 0921012106

Ahli Teknik Teknik Tingkat III

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal 24 April 2024

Menyetujui,

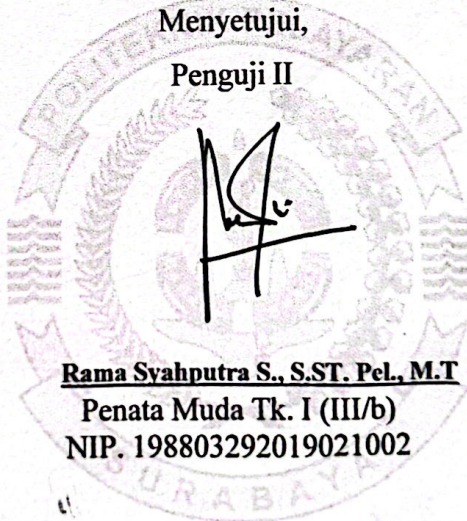
Penguji II

Penguji III

Penguji I



Dr. NASRI, M.T.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197111241999031003



Rama Syahputra S., S.ST. Pel., M.T
Penata Muda Tk. I (III/b)
NIP. 198803292019021002



Dr. TRISNOWATI RAHAYU, M.A.
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 196602161993032001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd, M.Mar.E
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 196905312003121001

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN NOZZLE BURNER PADA
AUXILIARY BOILER DI MV. PAN KRISTINE

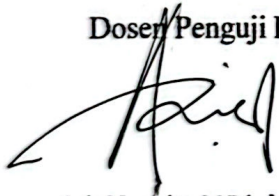
Disusun oleh:

MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA
NIT. 0921012106

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 16 Juli 2025

Dosen Penguji I



Azis Nugroho, M.Pd., M.Mar.E
Pembina (IV/a)
NIP. 19750322 199808 1 001

Mengesahkan,
Dosen Penguji II



Shola Dai Robb, S.T, M.T.
Penata (III/c)
NIP. 19820302 200604 1 001

Dosen Penguji III



Rama S Simatupang S.S.T.Pel., M.T.
Penata Muda Tk.I (III/b)
NIP. 19880329 201902 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



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

ABSTRAK

MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA, "Analisis kinerja pembakaran *nozzle burner* pada *auxiliary boiler* di MV PAN KRISTINE" Dibimbing oleh Bapak Rama Syahputra Simatupang, S.S.T.Pel., M.T., dan Ibu Wulan Maria Sandi, M.Pd.

Boiler adalah alat berbentuk tangki tertutup yang digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi melalui proses pemanasan air dengan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. *Auxiliary boiler* atau *boiler* bantu berfungsi untuk mendukung sistem utama di kapal, seperti memanaskan bahan bakar dan menjaga suhu udara saat berlayar di iklim dingin. Salah satu komponen penting dalam sistem ini adalah *burner*, yang mencampur bahan bakar *HFO (Heavy Fuel Oil)* dengan udara untuk menghasilkan api dan panas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab utama tersumbatnya *nozzle* pada *burner auxiliary steam boiler* serta dampak yang ditimbulkan, khususnya pada kapal MV PAN KRISTINE. Metode yang digunakan adalah pendekatan *fishbone diagram* untuk menganalisis penyebab masalah secara sistematis, dengan pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, dan studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyumbatan *nozzle* disebabkan oleh kurangnya perawatan rutin sesuai *Planned Maintenance System (PMS)*, sistem filtrasi bahan bakar yang tidak optimal, kondisi *nozzle* yang aus atau rusak, serta ketidaksesuaian jarak elektroda dengan standar panduan. Dampak dari permasalahan ini mencakup penurunan tekanan uap, penumpukan jelaga, dan kerak pada ruang bakar, yang dapat menurunkan efisiensi kerja *boiler* secara keseluruhan.

Kata kunci : *Nozzle Burner, Auxiliary Boiler, metode Fishbone*

ABSTRACT

MUHAMAD AKMAL DWISAPUTRA, “Performance Analysis of Burner Nozzle Combustion on the Auxiliary Boiler of MV PAN KRISTINE”

Supervised by Mr. Rama Syahputra Simatupang, S.S.T.Pel., M.T., and Ms. Wulan Maria Sandi, M.Pd.

A boiler is a closed tank-shaped tool used to produce high-pressure steam through the process of heating water with heat from fuel combustion. Auxiliary boilers or auxiliary boilers function to support the main system on the ship, such as heating fuel and maintaining air temperature when sailing in cold climates. One important component in this system is the burner, which mixes HFO (Heavy Fuel Oil) fuel with air to produce fire and heat. This study was conducted to determine the main cause of nozzle blockage in the auxiliary steam boiler burner and the impacts caused, especially on the MV PAN KRISTINE ship. The method used is the fishbone diagram approach to analyze the causes of the problem systematically, with data collection through observation, documentation, and literature studies. The results of the study showed that nozzle blockage was caused by a lack of routine maintenance according to the Planned Maintenance System (PMS), a suboptimal fuel filtration system, worn or damaged nozzle conditions, and a mismatch between electrode distances and standard guidelines. The impacts of this problem include decreased steam pressure, soot buildup, and scale in the combustion chamber, which can reduce the overall efficiency of the boiler

Keywords: *Burner Nozzle, Auxiliary Boiler, Fishbone Method*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa syukur kami kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia dan nikmat yang telah dilimpahkan-Nya kepada kami sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan yang berjudul **“Analisis Kinerja Pembakaran *Nozzle Burner* Pada *Auxiliary Burner* Di MV PAN KRISTINE.**

Penulisan karya ilmiah terapan ini merupakan laporan tugas akhir yang diperlukan untuk persyaratan menyelesaikan pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu serta memberikan arahan, bimbingan, petunjuk dalam segala hal yang sangat berarti dan menunjang dalam penyelesaian makalah penelitian ini. Perkenankanlah penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT.
2. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E., selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan fasilitas dalam tersusunnya karya ilmiah terapan ini.
3. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd, M.Mar.E., selaku Ketua program studi teknologi rekayasa permesinan kapal Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan arahan dalam pembuatan karya ilmiah terapan (KIT) ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) ini dengan baik.
4. Sekretaris program studi teknologi rekayasa permesinan kapal Politeknik Pelayaran Surabaya, Bapak Agus Prawoto, S.Si.T., M.Pd., yang telah membantu penulis dalam memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) ini dengan baik.
5. Dosen pembimbing I, Bapak Rama Syahputra Simatupang, S.S.T.Pel., M.T., yang telah membantu penulis dalam memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) ini dengan baik.
6. Dosen pembimbing II, Ibu Wulan Maria Sandi, M.Pd., yang telah membantu penulis dalam memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) ini dengan baik.
7. Segenap Bapak/Ibu dosen program studi teknologi rekayasa permesinan kapal Politeknik Pelayaran Surabaya, yang memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
8. Kepada orang tua saya tercinta beserta keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan materi serta doa dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
9. Seluruh Crew MV PAN KRISTINE, khususnya dari *Engine Department* yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama melaksanakan praktek berlayar.

10. Perusahaan POS SM yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan praktek layar serta melakukan penelitian di kapal yang direkomendasikan.
11. Kepada kakak-kakak tingkat saya yang telah memberikan banyak dukungan dan arahan hingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) ini.
12. Seluruh rekan-rekan taruna/taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, yang telah memberikan dukungan yang tiada henti-hentinya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT).

Penulis menyadari bahwa cara penulisan karya ilmiah terapan ini masih belum sempurna, masih banyak kekurangan dari segi isi dan teknik penulisan, oleh karena itu penulis berharap dapat menerima kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan penulisan karya ilmiah terapan ini. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan mohon maaf atas kekurangannya.

Surabaya, 11 Mei 2025

Muhamad Akmal Dwisaputra
NIT. 0921016206

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Review Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	7
C. Kerangka Berpikir	33
BAB III METODE PENELITIAN	35
A. Jenis Penelitian	35

B. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
C. Sumber Data dan Pengumpulan Data	36
D. Teknik Analisis Data	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	40
B. Hasil Penelitian.....	43
C. Pembahasan.....	55
BAB V PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Review Penelitian Sebelumnya</i>	6
Tabel 4.1 Tekanan <i>Steam Pressure Auxiliary Boiler</i>	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Boiler</i> Pipa Api	9
Gambar 2.2 <i>Boiler</i> Pipa Air	9
Gambar 2.3 Kontruksi <i>Auxiliary Steam Boiler</i>	11
Gambar 2.4 <i>Nozzle Burner</i>	16
Gambar 2.5 Komponen <i>Nozzle Burner</i>	17
Gambar 2.6 Segitiga Api.....	25
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir	34
Gambar 4.1 Kapal MV PAN KRISTINE.....	40
Gambar 4.2 Ship Particular MV PAN KRISTINE	41
Gambar 4.3 <i>Nozzle Burner</i>	42
Gambar 4.4 <i>Burner Boiler</i>	44
Gambar 4.5 <i>Nozzle</i> baru dan lama	45
Gambar 4.6 <i>Boiler Control Panel</i>	46
Gambar 4.7 <i>Exhaust Gas Inlet And Outlet</i>	48
Gambar 4.8 <i>Boiler Fuel Oil Pump</i>	48
Gambar 4.9 Diagram <i>Fishbone</i>	49
Gambar 4.10 <i>Nozzle Burner</i>	49
Gambar 4.11 <i>Filter</i> atau <i>Strainer</i>	50
Gambar 4.12 Temperatur <i>Boiler</i>	50
Gambar 4.13 <i>Nozzle Burner</i>	52
Gambar 4.14 Jarak elektroda pada <i>manual book</i>	53
Gambar 4.15 <i>Composite Boiler</i>	56
Gambar 4.16 PMS (<i>Plane Maintenance System</i>)	57
Gambar 4.17 <i>Filter</i> atau <i>Strainer</i>	58
Gambar 4.18 <i>Nozzle Burner</i>	58
Gambar 4.19 Jarak elektroda pada <i>manual book</i>	59
Gambar 4.20 <i>Composite Boiler</i>	60
Gambar 4.21 <i>Manual Book</i>	61
Gambar 4.22 <i>Control Panel</i>	62
Gambar 4.23 <i>Furnace Boiler</i>	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Wawancara Dengan <i>First Enginner</i>	68
Lampiran 2 Wawancara Dengan <i>Third Enginner</i>	70
Lampiran 3 <i>Crew List</i> MV PAN KRISTINE	72
Lampiran 4 <i>Logbook</i> kapal MV PAN KRISTINE	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Di industri kelautan, 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).

Pada dasarnya, *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. Beberapa masalah umum yang muncul adalah pemborosan bahan bakar, ketidak merataan 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 (NO_x), 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* itu sendiri. 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.

Selain itu, analisis ini 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.

Berdasarkan pengalaman penulis selama menjalani praktik laut, penulis pernah mengalami gangguan pada *Auxiliary steam boiler* di kapal MV. Pan Kristine saat kapal berada dalam kondisi lego jangkar (*anchoring*) di perairan korea. Gangguan tersebut ditandai dengan munculnya alarm secara berulang yang menunjukkan bahwa *Auxiliary steam boiler* tiba-tiba mati. Setelah dilakukan pemeriksaan oleh *third engineer*, diketahui bahwa api pada burner tidak menyala. Meskipun boiler sempat dinyalakan kembali, namun tidak dapat

bertahan lama dan akan kembali mati setelah beberapa saat. Kejadian ini terjadi sekitar pukul 14.00, saat para masinis berada di ruang kontrol mesin (*Engine Room Control*) untuk memantau kondisi peralatan. Saat itu diketahui bahwa *Auxiliary steam boiler* tiba-tiba mati. Untuk mengatasi situasi tersebut, *third engineer* segera mencoba menyalakan kembali *boiler* bantu tersebut. Menanggapi kejadian ini, *third engineer* melakukan pemeriksaan lebih lanjut dan berdiskusi dengan kru mesin. Dari hasil pengecekan di lapangan, ditemukan bahwa alarm *flame eye* berbunyi, yang menandakan api pada *burner* di dalam ruang bakar (*furnace*) padam. Setelah dilakukan pemeriksaan lebih mendalam, diketahui bahwa penyebab utama masalah ini adalah *nozzle burner* yang kotor, sehingga proses pembakaran dalam *Auxiliary steam boiler* terganggu dan akhirnya mati. Akibat dari permasalahan ini, *boiler* tidak dapat berfungsi secara optimal.

Berdasarkan penjelasan mengenai latar belakang masalah yang terjadi, dampak yang ditimbulkan, serta upaya pencegahan yang telah dilakukan, penulis tertarik untuk melaksanakan penelitian skripsi dengan judul “ANALISIS KINERJA PEMBAKARAN NOZZLE BURNER PADA AUXILIARY STEAM BOILER DI MV. PAN KRISTINE”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, serta berdasarkan pengalaman penulis selama menjalani praktik laut dan beberapa kejadian yang terjadi di kapal MV. Pan Kristine, penulis merumuskan masalah yang akan dibahas. Rumusan masalah ini disusun untuk mempermudah dalam penulisan skripsi dan membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang

dihadapi. Adapun rumusan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Apa faktor yang menyebabkan tersumbatnya *Nozzle Burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* di MV. Pan Kristine .?
2. Apa dampak dari yang menyebabkan tersumbatnya *Nozzle Burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* di MV. Pan Kristine?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam skripsi ini yaitu:

1. Mengetahui faktor-faktor penyebab tersumbatnya *Nozzle Burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* di MV. Pan Kristine
2. Mengetahui dampak yang dihasilkan dari tersumbatnya *Nozzle Burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* di MV. Pan Kristine

D. Manfaat Penelitian

Penanganan terhadap permasalahan tersumbatnya *nozzle burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* sangat penting untuk dilakukan, karena gangguan pada *boiler* bantu ini dapat memberikan dampak tidak langsung terhadap sistem mesin lainnya di atas kapal. Oleh sebab itu, melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terkait. Salah satu manfaat yang ingin dicapai penulis adalah manfaat secara teoritis, yaitu sebagai kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang perawatan dan perbaikan mesin kapal. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membantu mencegah terjadinya kerusakan atau gangguan serupa pada *Auxiliary Steam Boiler* di kapal MV. Pan Kristine.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tinjauan penelitian merupakan rangkuman dari hasil-hasil studi atau penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain dan memiliki relevansi dengan topik atau permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini. Mempelajari penelitian sebelumnya sangat penting bagi peneliti guna menghindari tindakan plagiarisme, pengulangan penelitian (duplikasi), serta menghindari kesalahan yang sama seperti yang terjadi pada penelitian terdahulu. Berikut ini adalah beberapa contoh penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi oleh penulis untuk mendukung dan memperkuat penelitian ini:

Tabel 2.1 *Review Penelitian Sebelumnya*
Sumber: Peneliti (2025)

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan	Perbedaan Penelitian
1	Sarifuddin, Wisnu Handoko, Wida Yulianti (2017)	Kurang optimalnya pembakaran pada auxliary <i>boiler</i> yang menghambat proses bongkar muatan di MT. ENDURO	Yang disebabkan oleh rusaknya heater, kurangnya suplai udara disebabkan oleh rusaknya elektromotor, macetnya fire damper disebabkan oleh rusaknya <i>magnetic contactor</i> , <i>nozzle burner</i> kotor disebabkan oleh bahan bakar yang masuk ke dalam <i>nozzle burner</i> tidak melalui proses pemisahan di dalam purifier.	Menekankan pada analisis kinerja pembakaran <i>nozzle burner</i> , yang merupakan salah satu elemen penting dalam proses pembakaran <i>boiler</i> , tanpa mencakup kerusakan lainnya.
2	Purnama, Saifudin, Wanto, Jamaan, dan Rakka (2024)	Analisis terjadinya flame failure pada burner auxiliary <i>boiler</i> di Kapal MV. Sky Free	Penybabnya diketahui bahwa terjadinya <i>flame failure</i> pada burner adalah kotornya <i>nozzle</i> dan filter pada <i>nozzle</i> , penumpukan karbon pada <i>combustion head</i> dan <i>furnace</i> , serta jarak antar <i>ignition electrode</i> yang terlalu renggang.	Fokus pada kinerja pembakaran di <i>nozzle burner</i> , yang lebih berorientasi pada evaluasi apakah <i>nozzle burner</i> berfungsi secara optimal dalam menghasilkan pembakaran yang efisien.

B. Landasan Teori

Kajian teori digunakan sebagai landasan dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut memberikan kerangka pemahaman yang sistematis untuk menjelaskan latar belakang munculnya permasalahan. Landasan teori memiliki peran penting dalam mempelajari dan memahami hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penyumbatan *nozzle burner* pada *Auxiliary Steam Boiler* di kapal MV. Pan Kristine.

1. Analisis

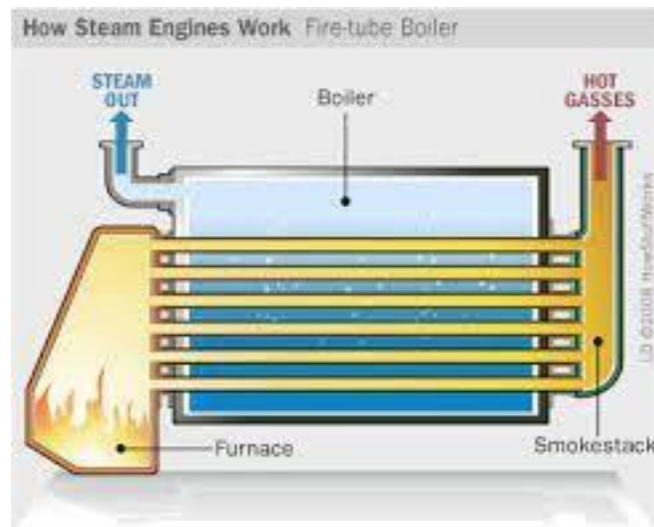
Berdasarkan KBBI (2021), analisis merupakan kegiatan menyelidiki adalah suatu peristiwa, tulisan, tindakan, atau hal lain guna memahami kondisi yang sebenarnya, termasuk penyebab serta pokok permasalahannya. Spradley (dalam Sugiyono, 2015:335) menjelaskan proses analisis ialah pencarian pola tertentu. Analisis juga merupakan cara berpikir sistematis untuk memahami suatu hal dengan membaginya menjadi beberapa bagian, menganalisis hubungan antar bagian, dan mengaitkannya dengan seluruh konteks. Nasution (dalam Sugiyono, 2015:334) menambahkan bahwa analisis bukanlah hal yang mudah karena memerlukan usaha yang serius. Tidak ada satu metode pasti yang dapat digunakan dalam proses analisis, sehingga setiap peneliti perlu menentukan pendekatan yang paling sesuai dengan karakteristik penelitiannya. Berdasarkan berbagai pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa analisis adalah proses sistematis dalam menguraikan suatu permasalahan atau topik untuk mengidentifikasi bagian-bagian pentingnya, memahami hubungan antar bagian, serta meninjau kaitannya secara menyeluruh. Tujuannya adalah untuk memperoleh pemahaman yang jelas dan mendalam. Menurut Satori & Komariyah

(2014), analisis dilakukan agar makna dari suatu permasalahan dapat dipahami secara lebih utuh. Maka, analisis dapat disimpulkan sebagai proses menelaah suatu persoalan secara menyeluruh untuk memperoleh gambaran dan pemahaman yang tepat mengenai masalah yang diteliti.

2. Ketel Uap/ *Steam Boiler*

Boiler adalah salah satu jenis mesin bantu di kapal yang berfungsi untuk menghasilkan uap dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan air dalam tabung tertutup menggunakan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar, sehingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Menurut Muin (1998), boiler merupakan mesin kalor yang berfungsi untuk mengubah energi kimia atau bentuk energi lainnya menjadi energi kerja. Sementara itu, Yohana dan Askhabulyamin (2009) menyatakan bahwa *boiler* atau ketel uap adalah bejana tertutup yang digunakan untuk memproduksi uap dengan cara memanaskan air menggunakan bahan bakar. Secara umum, boiler dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *boiler* pipa api (*fire tube boiler*) dan *boiler* pipa air (*water tube boiler*). Masing-masing jenis memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri. Di atas kapal, pemilihan jenis boiler disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik operasi mesin kapal.

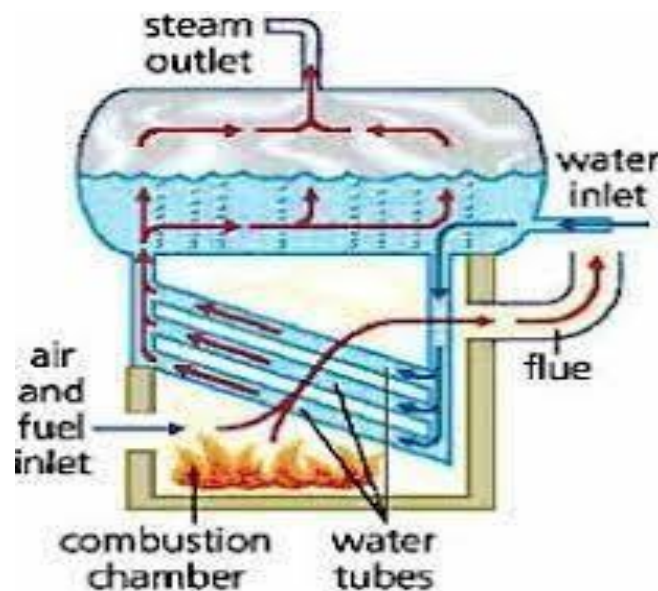
- a. Boiler pipa api adalah jenis *boiler* di mana proses pembakaran berlangsung di dalam pipa. Panas yang dihasilkan dari pembakaran tersebut kemudian dialirkan melalui pipa dan langsung memanaskan air yang berada di dalam bejana *boiler*.



Gambar 2.1 *Boiler* Pipa Api

Sumber: <https://persadadinamikajaya.co.id/apa-itu-boiler/>

- b. *Boiler* pipa air adalah jenis *boiler* di mana proses pembakaran terjadi di luar pipa. Panas yang dihasilkan dari pembakaran tersebut digunakan untuk memanaskan pipa-pipa yang berisi air di dalamnya. Air yang mengalir di dalam pipa tersebut perlu dikondisikan terlebih dahulu, yaitu dengan menghilangkan mineral atau zat-zat lain yang larut di dalamnya, agar tidak menimbulkan endapan atau kerusakan pada sistem *boiler*.



Gambar 2.2 *Boiler* Pipa Air

Sumber: <https://persadadinamikajaya.co.id/apa-itu-boiler/>

Berdasarkan fungsinya, *boiler* di atas kapal dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu *Main Steam Boiler* dan *Auxiliary Steam Boiler*. Berikut ini adalah penjelasan mengenai fungsi masing-masing jenis *boiler* tersebut:

a. *Main Steam Boiler*

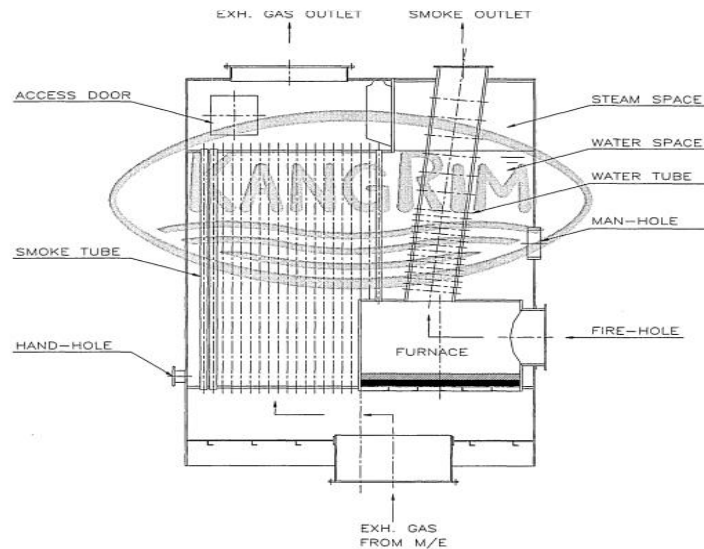
Main steam atau uap utama dihasilkan dari *superheater* pada *boiler*, kemudian dialirkan melalui dua pipa utama menuju turbin tekanan tinggi (*high pressure turbine*). Uap tersebut kemudian masuk ke dalam *casing turbin* tekanan tinggi yang terhubung dengan pipa-pipa uap bertekanan tinggi. Secara umum, fungsi utama dari *main boiler* adalah sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan kapal yang menggunakan sistem penggerak turbin. Namun, pada jenis kapal tertentu seperti kapal *tanker*, *main steam boiler* juga dimanfaatkan untuk memanaskan muatan yang diangkut.

b. *Auxiliary Steam Boiler*

Auxiliary Steam Boiler adalah ketel uap bantu yang berfungsi menghasilkan uap dengan memanaskan air di dalam pipa-pipa (*tube*). Uap yang dihasilkan digunakan untuk mendukung operasi mesin bantu di kapal. Beberapa fungsi utama dari *boiler* ini meliputi pemanasan tangki bahan bakar serta sistem pemanas ruangan ketika kapal beroperasi di daerah bersuhu rendah. Secara umum, *Auxiliary Steam Boiler* digunakan pada kapal yang menggunakan mesin *diesel* sebagai sumber tenaga penggerak.

1) Komponen Ketel bantu Uap / *Auxiliary Steam Boiler*

Dibawah ini adalah *komponen* ketel bantu uap sesuaipada *manual book MV. Pan Kristine*:



Gambar 2.3 konstruksi *auxiliary steam boiler*

Sumber : <http://m.id.cppmy.com/cooling-tower/water-treatment-cross-flow-cooling.html>.

a) *Drum Ketel*

- (1) Sebagai “*steam separators*” dan “*purifiers*”
- (2) Sebagai media mencampur air agar homogen

b) *Superheater*

Superheater adalah salah satu komponen dalam *boiler* yang berfungsi untuk memanaskan ulang uap jenuh (*saturated steam*) pada tekanan kerja yang tetap, sehingga menghasilkan uap panas lanjut (*superheated steam*). Komponen ini digunakan untuk meningkatkan suhu uap jenuh yang telah dipisahkan di dalam drum uap. Secara umum, *superheater* dipasang pada aliran gas panas bersuhu tinggi, biasanya terletak di bagian depan *evaporator*.

c) *Economizer*

Economizer merupakan komponen yang digunakan untuk memanaskan awal air pengisi (*feedwater*) sebelum uap dialirkan

melalui *superheater* atau menuju saluran keluar uap (*steam outlet*), sementara air sisa dibuang melalui saluran *blowdown*.

Umumnya, *economizer* ditempatkan pada bagian aliran gas buang yang bersuhu lebih rendah, yaitu di bagian hilir (*downstream*) dari proses penguapan (*evaporasi*). Saat akan dilakukan perawatan pada *boiler*, bagian *economizer* ini juga menjadi salah satu komponen yang perlu diperiksa dan dirawat.

d) *Evaporator*

Evaporator adalah salah satu komponen *boiler* yang berperan untuk memanaskan air di dalam ketel hingga mengalami perubahan menjadi uap.

e) *Manometer*

Alat ini berfungsi untuk mengukur tekanan udara di dalam suatu ruang tertutup.

f) *Gelas Penduga / Sight Glass*

Alat ini digunakan untuk mengukur ketinggian permukaan air di dalam drum *auxiliary steam boiler*, sehingga memudahkan pemantauan dan pengendalian kadar air selama boiler beroperasi.

g) *Katup pengaman / safety valve*

Katup pengaman merupakan salah satu alat keselamatan pada *auxiliary steam boiler* yang berfungsi untuk melepaskan tekanan uap ketika tekanan di dalam *boiler* melebihi batas yang ditetapkan dan tidak dapat dialirkan ke sistem lain. Biasanya, katup pengaman untuk uap basah disetel pada tekanan 21,5

kg/cm², sedangkan untuk uap kering disetel pada tekanan 20,5 kg/cm². Katup ini dapat bekerja secara otomatis setelah disetel, namun juga dapat dioperasikan secara manual jika diperlukan.

h) *Burner*

Komponen ini berfungsi untuk mengubah bahan bakar menjadi kabut halus (mengabutkan), kemudian mencampurnya dengan udara dan membakarnya (Poppi, 2017). Berdasarkan informasi yang diperoleh penulis dari buku panduan (*manual book*), *burner* terdiri dari beberapa komponen penting yang masing-masing memiliki peran dalam proses pembakaran, antara lain:

(1) *Automizer*

Komponen ini memiliki peran penting dalam proses pembakaran dengan fungsi menyembprotkan bahan bakar ke ruang bakar dalam bentuk kabut halus (*spray*), sehingga pembakaran dapat berjalan secara optimal.

(2) *Nozzle Pipe*

Komponen ini merupakan bagian dari *nozzle burner* yang berfungsi mengalirkan bahan bakar ke ujung *nozzle* (*nozzle tip*). Di dalam pipa *nozzle* terdapat lubang-lubang kecil yang berfungsi mengatur aliran bahan bakar sekaligus memungkinkan sirkulasi bahan bakar kembali.

(3) *Elektroda*

Secara umum, elektroda berperan sebagai titik tempat terjadinya percikan api di dalam *burner*. Percikan api

tersebut berfungsi untuk menyalakan bahan bakar yang disemprotkan oleh *nozzle burner* sehingga proses pembakaran dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan penyetelan ulang pada *igniter* dengan jarak celah (*clearance*) yang ideal antara 5 hingga 6 mm. Selain itu, elektroda harus dibersihkan dari kotoran atau endapan karbon yang menempel agar tetap berfungsi secara optimal.

(4) *Electric heater*

Electric heater adalah alat pada *burner* yang berfungsi memanaskan bahan bakar sebelum dialirkan ke *nozzle burner*. Bahan bakar melewati pipa pemanas ini agar suhunya sesuai dengan standar yang tercantum dalam buku panduan (*manual book*), sehingga proses pembakaran dapat berjalan dengan optimal.

(5) *Solenoid Valve*

Solenoid valve adalah katup otomatis yang berperan mengatur pembukaan dan penutupan aliran bahan bakar menuju burner secara otomatis.

(6) Pompa bahan bakar

Pompa bahan bakar yang digunakan pada *boiler* adalah pompa jenis roda gigi (*gear pump*). Pompa ini terhubung dengan motor melalui kopling dan beroperasi pada kecepatan sekitar 3600 rpm untuk mengalirkan bahan bakar ke *main burner*.

(7) *Flame eye*

Flame Eye adalah perangkat yang berfungsi mengirimkan sinyal ke sistem kontrol pembakaran. Ketika *flame eye* mengirimkan sinyal, itu menandakan bahwa api pembakaran di ruang bakar (*furnace*) pada *auxiliary steam boiler* telah padam. Sinyal tersebut kemudian akan mengendalikan pompa bahan bakar agar berhenti mengalirkan bahan bakar ke *nozzle burner*, sehingga mencegah terjadinya penumpukan bahan bakar di dalam *furnace*. *Flame eye* dipasang di dalam ruang bakar, tepatnya di depan *pilot burner*.

(8) *Blower*

Blower merupakan perangkat yang berfungsi untuk memasok udara ke *burner*. Alat ini bekerja seperti kipas yang digerakkan oleh motor. Semakin tinggi kecepatan putaran *blower*, semakin besar pula jumlah udara yang dialirkan ke *burner*.

(9) *Apendansi*

Apendansi adalah perangkat pada *boiler* yang berfungsi untuk memastikan keselamatan *Auxiliary Steam Boiler* selama proses pengoperasian atau saat sedang berfungsi.

(10) *Strainer* bahan bakar

Strainer adalah alat yang berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel asing dalam bahan bakar. Alat ini

dipasang sebelum pompa bahan bakar yang mengalir menuju *Auxiliary Steam Boiler*.

(11) Pompa bahan bakar

Pompa bahan bakar pada *boiler* merupakan jenis pompa roda gigi (*gear pump*). Pompa ini terhubung ke motor menggunakan kopling dan beroperasi dengan kecepatan sekitar 3600 rpm untuk mengalirkan bahan bakar ke *main burner*.

(12) *Nozzle Burner*

Komponen ini adalah bagian dari *burner* yang berfungsi menyemburkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus, sehingga dapat tercampur dengan oksigen dan terbakar lebih efisien di dalam ruang pembakaran.



Gambar 2.4 *Nozzle Burner*

Sumber: pribadi (2023)

(a) Komponen *Nozzle Burner* Berikut merupakan komponen burner antara lain :

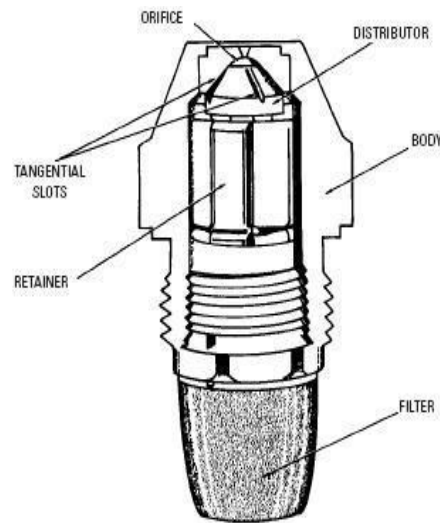


Figure 1-30 Details of an oil burner nozzle.
(Courtesy Wayne Home Equipment Co., Inc.)

Gambar 2.5 Komponen *nozzle burner*

Sumber : Internet

((1)) *Filter*

Filter Nozzle Burner pada *boiler* adalah sebuah komponen yang digunakan untuk mengatur dan menyaring aliran bahan bakar (biasanya minyak) yang akan dibakar di dalam ruang bakar *boiler*. Fungsi utamanya adalah memastikan bahwa bahan bakar yang diterima oleh burner dalam kondisi bersih dan bebas dari kotoran atau partikel yang bisa merusak sistem pembakaran atau mengurangi efisiensi pembakaran.

((2)) *Spring*

Spring pada *nozzle burner boiler* memiliki berbagai fungsi penting yang berhubungan dengan

keselamatan, kinerja, dan keandalan sistem *boiler* itu sendiri. Contoh fungsi pada *spring* tersebut yaitu untuk, pengaturan tekanan, penyesuaian dan kalibrasi, dan mencegah getaran dan kerusakan pada komponen tersebut.

((3)) *Brass body*

Brass body pada *nozzle burner boiler* di kapal memiliki beberapa fungsi penting yang berkaitan dengan kinerja dan ketahanan sistem pembakaran.

((4)) *Screw pin*

Fungsi *screw pin* pada *nozzle burner boiler* adalah sebagai bagian yang sangat penting dalam mengatur dan memastikan kinerja *nozzle burner*. Beberapa fungsi utama *screw pin* pada *nozzle burner* yaitu mengatur posisi *nozzle* tersebut, dan mengatur bentuk dan arah semprotan bahan bakar.

((5)) *Stainless steel distributor*

Fungsi *stainless steel distributor* pada *nozzle burner boiler* sangat penting untuk memastikan distribusi bahan bakar yang merata dan efisien selama proses pembakaran. Fungsi utama dari *stainless steel distributor* pada *nozzle burner boiler* yaitu mendistribusikan bahan bakar yang merata.

((6)) *Tangential slots*

Tangential slots pada *nozzle burner boiler* berfungsi untuk mengatur distribusi aliran udara atau bahan bakar dalam sistem pembakaran. *Tangential slots* tersebut yaitu meliputi aspek penting juga untuk meningkatkan percampuran udara dan bahan bakar.

((7)) *Orifice*

Orifice pada *nozzle burner boiler* memiliki peran yang sangat penting dalam mengatur laju aliran bahan bakar dan udara yang digunakan untuk proses pembakaran.

((8)) *Sretainer*

Sretainer pada *nozzle burner boiler* memiliki pabebera fungsi penting yang berhubungan dengan stabilitas, efisiensi, dan keamanan sistem pembakaran.

(b) Cara kerja *Nozzle Burner*

Proses pengabutan pada *nozzle burner* berlangsung saat campuran bahan bakar dan oksigen bertekanan keluar dari ujung *nozzle (nozzle tip)*, membentuk semprotan halus yang mengenai elektroda. Saat elektroda menghasilkan percikan listrik, semprotan bahan bakar tersebut menyala secara otomatis dan membentuk api pembakaran di dalam *furnace*.

2) Persyaratan Ketel Uap Bantu/ *Auxiliary Steam Boiler*

Menurut Djokosetyardjo (1990), *boiler* atau ketel uap harus mempunyai persyaratan sebagai berikut :

- a) Dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dalam waktu tertentu pula, dan tekanannya lebih besar dari satu atmosfer.
- b) Kadar air yang dihasilkan pada uap panas harus sedikit mungkin.
- c) Jika pemakaian uap berubah – ubah, maka tekanan uap tidak boleh berubah banyak.

3) Pengoperasian *Auxiliary Steam Boiler*

Pengoperasian *Auxiliary Steam Boiler* meliputi serangkaian tahapan, mulai dari proses *commissioning* untuk *boiler* yang baru dipasang, tahap pengaktifan awal (*start-up*), pengoperasian dalam kondisi normal, hingga proses penghentian (*shut down*), baik saat sistem berjalan secara normal maupun ketika terjadi gangguan dalam pengoperasian (Sugiharto, 2010).

a) *Commissioning Auxiliary Steam Boiler*

Commissioning adalah tahap pengujian operasional yang dilakukan secara langsung maupun melalui simulasi untuk memastikan bahwa suatu pekerjaan telah selesai dilaksanakan dan sesuai dengan ketentuan, peraturan, standar, serta kesepakatan antara kontraktor dan pengguna. Pada proses *commissioning* untuk *boiler*, kegiatan ini mencakup pekerjaan di bidang sipil, mekanikal, elektrikal, dan instrumentasi. Seluruh pekerjaan tersebut harus diselesaikan dengan benar, baik dari segi teknis maupun administratif. Tahap awal

persiapan, baik untuk *boiler* baru maupun yang sudah lama, diawali dengan pemeriksaan menyeluruh, termasuk pembersihan kerak dan material asing dari dalam *boiler* (*boiler cleaning*), yang dilakukan setelah uji *hidrostatik* dan pengecekan terhadap potensi kebocoran. Selanjutnya, *Auxiliary Steam Boiler* dioperasikan dalam proses pendidihan menggunakan larutan alkali untuk menghilangkan kotoran dan partikel halus. Pada tahap ini, *boiler* dijalankan dengan tekanan rendah, sekitar setengah dari tekanan maksimal, selama kurang lebih 24 jam. Untuk *boiler* bertekanan tinggi, dilakukan juga pembersihan secara kimia guna menghilangkan kerak dengan cara mengurangi kandungan zat-zat tertentu. Setelah seluruh proses pembersihan selesai, *boiler* dapat dioperasikan dengan tekanan uap optimal sesuai kapasitas yang dirancang.

b) *Start Up Boiler*

Secara garis besar, sistem pada *Auxiliary Steam Boiler* terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu sistem air umpan, sistem uap, dan sistem bahan bakar.

- (1) Sistem air umpan berfungsi untuk secara otomatis memasok air ke dalam boiler sesuai dengan kebutuhan pembentukan uap.
- (2) Sistem uap berperan dalam menghimpun, mengatur, dan menyalurkan uap yang dihasilkan ke berbagai titik penggunaannya di kapal.

- (3) Sistem bahan bakar bertugas mengalirkan bahan bakar yang diperlukan dalam proses pembakaran.

Selama pengoperasian, teknisi mesin (engineer) harus senantiasa memantau dan menjaga tekanan serta suhu bahan bakar agar tetap stabil dan sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan.

c) *Pengoperasian Auxiliary Steam Boiler*

- (1) Pengisian air (*Feed Water*) ke dalam *boiler*
- (2) Ventilasi udara dari sirkulasi bahan bakar
- (3) Pembakaran
- (4) Langkah pengaturan dalam Pengoperasian *boiler* :
 - (a) *Shut Down Boiler*

Shut down boiler adalah tahapan penghentian operasi *boiler*. Pada tahap ini, penting untuk memastikan bahwa uap tidak lagi digunakan oleh *auxiliary engine*. Hal ini disebabkan karena ketika *Auxiliary Steam Boiler* dihentikan, maka aliran uap menuju *steam drum* akan otomatis terputus. Namun, jika terjadi perpindahan operasi misalnya satu *boiler* dinyalakan sementara *boiler* lainnya dimatikan langkah tersebut biasanya dilakukan dalam rangka pelaksanaan perawatan atau perbaikan.

Sementara itu, *cold starting* atau pengoperasian *Auxiliary Steam Boiler* dalam kondisi dingin, yaitu saat tekanan uap berada pada angka nol (0), atau khususnya ketika melakukan uji coba pengoperasian *boiler* baru,

memerlukan perhatian khusus terhadap beberapa aspek penting yang harus dipersiapkan dengan cermat.

((1)) Hindari penyalaan secara mendadak saat air di

Auxiliary Steam Boiler masih dalam kondisi dingin.

Proses menyalakan *burner* harus dilakukan secara bertahap sesuai dengan prosedur operasi standar (SOP) agar tidak menimbulkan masalah saat penyalaan.

((2)) Periksa seluruh sistem dan lakukan langkah-langkah

yang diperlukan untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.

4) Proses Terjadinya Pembakaran Bahan Bakar Pada *Auxiliary Steam Boiler*

Pembakaran merupakan suatu proses kimia eksotermis, yaitu reaksi antara bahan bakar dan oksidan (biasanya udara) yang menghasilkan energi panas serta mengubah struktur kimia bahan tersebut. Energi panas yang dilepaskan selama proses ini sering kali disertai dengan cahaya, yang tampak sebagai nyala api. Agar pembakaran berlangsung dengan sempurna, oksigen memegang peran yang sangat penting. Oksigen (O_2) adalah salah satu unsur terbanyak di atmosfer, yang menyusun sekitar 20,9% dari total udara. Sebelum terbakar, bahan bakar harus diubah terlebih dahulu ke bentuk gas agar lebih mudah bereaksi dengan oksigen. Ketika bahan bakar berbentuk gas bercampur dengan oksigen dan ada sumber nyala, maka pembakaran dapat terjadi. Sebagian besar udara (sekitar 79%) terdiri dari nitrogen, yang tidak ikut serta dalam

proses pembakaran. Meskipun nitrogen tidak bereaksi langsung, keberadaannya berfungsi menurunkan suhu pembakaran agar tercipta kondisi yang ideal bagi oksigen untuk bereaksi. Namun demikian, nitrogen juga memiliki efek negatif terhadap efisiensi pembakaran menyerap sebagian panas dari proses tersebut, mengencerkan gas buang, mengurangi efisiensi perpindahan panas pada alat penukar panas, serta meningkatkan *volume* gas hasil pembakaran yang perlu dialirkan hingga ke cerobong asap.

a) Syarat Pembakaran

Agar proses pembakaran menghasilkan kinerja yang maksimal, diperlukan pembakaran yang sempurna. Berikut adalah syarat-syarat yang harus dipenuhi agar pembakaran dapat berlangsung secara sempurna:

- (1) Jumlah udara (oksigen) yang disuplai ke bahan bakar harus mencukupi. Proses pembakaran minyak dibantu oleh udara yang mengandung sekitar 78% *volume nitrogen* (N_2), 21% *volume* oksigen (O_2), serta sekitar 77% fraksi massa nitrogen dan 23% karbon dioksida (CO_2). Gas argon (Ar) yang terkandung dalam udara biasanya tidak diperhitungkan. Udara pembakaran yang digunakan biasanya berasal dari gas buang *main engine* yang dialirkan ke dapur api dan dipanaskan oleh gas asap atau uap cerat. Suhu udara pada proses pembakaran biasanya berkisar antara 100 hingga 130°C, namun dalam beberapa kondisi dapat mencapai hingga 230°C.

- (2) Oksigen dan bahan bakar harus tercampur secara sempurna, sehingga udara yang digunakan untuk didistribusikan ke *burner* perlu dipanaskan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar proses pembakaran dapat berlangsung secara optimal.
 - (3) Campuran bahan bakar dan udara harus dijaga pada suhu tertentu. Pada dasarnya, pembentukan api memerlukan tiga unsur utama. Jika ketiga unsur tersebut tidak dicampurkan dengan komposisi yang tepat, maka proses pembakaran tidak akan berjalan secara stabil.
 - (4) *Volume* ruang *furnace* cukup besar sehingga memberikan waktu yang memadai bagi campuran bahan bakar dan udara untuk terbakar secara sempurna.
- b) Penyebab terjadinya pembakaran

Proses pembakaran pada *Auxiliary Steam Boiler* adalah reaksi kimia yang melibatkan tiga unsur utama yang dikenal sebagai segitiga api. Ketiga unsur ini harus ada agar pembakaran dapat berlangsung dengan baik. Jika salah satu unsur tersebut tidak tersedia, maka pembakaran tidak akan terjadi. Unsur-unsur pembakaran tersebut adalah sebagai berikut:

- (1) Pada *Auxiliary Steam Boiler*, bahan bakar yang dipakai untuk proses pembakaran adalah *Fuel Oil*, yang mudah terbakar dan harganya lebih murah dibandingkan *Marine Diesel Oil*.
- (2) Api atau panas Sumber panas dalam proses pembakaran pada *Auxiliary Steam Boiler* berasal dari percikan api yang

dihasilkan oleh elektroda melalui aliran listrik.



Gambar 2.6 Segitiga Api

Sumber:<https://rimantho.blogspot.com/2016/03/teori-segitiga-api.html>

(3) Udara

Udara berfungsi sebagai oksidan dalam proses pembakaran bahan bakar (biasanya solar, gas, atau biomassa) di dalam *furnace boiler*. Oksigen dalam udara bereaksi dengan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang digunakan dalam pembangkitan uap. Udara yang digunakan dalam proses pembakaran merupakan udara segar dari luar. Bahan bakar yang digunakan pada *Auxiliary Steam Boiler* adalah *Fuel Oil*, yang disemprotkan ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut halus. Proses penyemprotan bahan bakar ini dilakukan oleh alat yang disebut injektor atau pengabut. Sumber panas untuk memulai pembakaran berasal dari percikan listrik yang dihasilkan oleh elektroda. Ketika bahan bakar dalam bentuk kabut halus diinjeksikan, percikan listrik tersebut akan secara otomatis menyalakan bahan bakar. Sistem pembakaran pada *Auxiliary Steam Boiler* menggunakan bahan bakar yang disimpan di ruang *double bottom* kapal, kemudian dipompa ke *settling tank* menggunakan pompa *transfer*. Dari *settling tank*, bahan bakar dialirkan melalui *heater* menuju *purifier* untuk

penanganannya:

(a) Faktor penyebab tersumbatnya *nozzle burner* pada *auxiliary steam boiler* adalah:

((1)) Penyumbatan pada *nozzle burner* disebabkan oleh

kotoran yang terkandung dalam bahan bakar.

Kondisi ini terjadi karena ukuran *nozzle tip* dan

filter burner yang kecil, sehingga kotoran mudah

menempel dan menghalangi aliran bahan bakar.

Akibatnya, proses pembakaran pada *nozzle burner*

di *auxiliary steam boiler* tidak berlangsung secara

optimal.

((2)) Pembakaran yang tidak sempurna pada *nozzle*

burner disebabkan oleh suhu bahan bakar yang

terlalu rendah, sehingga meningkatkan tingkat

kekentalan bahan bakar. Kondisi ini dapat

menyebabkan penyumbatan pada *nozzle burner*

dan mengganggu proses pembakaran.

((3)) Perawatan *nozzle burner* yang tidak dilakukan

sesuai dengan *Planned Maintenance System*

(*PMS*) dapat menyebabkan tersumbatnya lubang

pada ujung *nozzle*. Hal ini terjadi karena

keterlambatan dalam penggantian *nozzle burner*

yang seharusnya dilakukan secara rutin.

(b) Dampak dari faktor yang menyebabkan penyumbatan

Nozzle burner pada *Auxiliary boiler* adalah:

- ((1)) Trouble pada *system burner*
 - ((2)) Terjadi *blackout* pada *boiler*
 - ((3)) Produksi *steam* menurun
- (c) Upaya mencegah dari dampak yang menyebabkan tersumbatnya *Nozzle burner* pada *Auxiliary boiler*
- ((1)) Selalu lakukan pemeriksaan terhadap suhu bahan bakar, terutama pada bagian *heater burner*. Hal ini penting dilakukan apabila suhu bahan bakar yang masuk ke dalam burner tidak sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam *manual book*.
 - ((2)) *Maintenance nozzle burner* Perawatan *nozzle burner* perlu dilakukan secara rutin agar komponen tersebut tetap dalam kondisi baik dan dapat berfungsi optimal selama *boiler* beroperasi.
 - ((3)) Pembersihan *filter* Pembersihan filter harus dilakukan secara rutin untuk mencegah terjadinya kegagalan pembakaran yang disebabkan oleh masuknya bahan bakar kotor ke dalam *burner*.
- (2) Pada sistem boiler, *safety devices* atau perangkat pengaman sangat penting untuk menjaga operasi yang aman dan mencegah terjadinya kecelakaan atau kerusakan pada peralatan. Berikut adalah beberapa *safety device* utama yang umumnya ada di *boiler*:
- (a) *Pressure Relief Valve (PRV)* atau *Safety Valve*

Berfungsi menghindari tekanan berlebih di dalam *boiler*. Jika tekanan melebihi batas yang ditentukan, *valve* ini akan terbuka dan mengeluarkan uap atau air untuk menurunkan tekanan, mencegah kemungkinan ledakan.

(b) *Low Water Level Alarm and Cutoff*

Berfungsi menghindari kerusakan pada *boiler* akibat kekurangan air. Jika level air terlalu rendah, alat ini akan memberikan alarm dan secara otomatis mematikan burner untuk mencegah pemanasan berlebih yang bisa merusak *boiler*.

(c) *Flame Failure Detector*

Berfungsi mendeteksi kehilangan api (*flame failure*) pada burner. Jika api padam atau tidak stabil, sistem ini akan mematikan pasokan bahan bakar untuk mencegah kebocoran gas yang dapat menyebabkan ledakan atau kebakaran.

(d) *High Temperature Alarm*

Berfungsi mendeteksi suhu yang terlalu tinggi pada *boiler*. Jika suhu melebihi batas aman yang telah ditentukan, alarm ini akan berbunyi untuk memperingatkan operator, dan mungkin akan mengaktifkan mekanisme penghentian atau pengendalian suhu.

(e) *Water Level Indicator*

Berfungsi memberikan informasi yang akurat mengenai level air dalam *boiler*. Ini penting untuk mencegah kerusakan akibat kekurangan air atau genangan air yang berlebihan, yang bisa mempengaruhi efisiensi pembakaran.

(f) *Overpressure Safety Shutoff*

Berfungsi mematikan burner secara otomatis ketika tekanan di dalam *boiler* melebihi batas maksimum yang diizinkan. Ini membantu mencegah kerusakan struktural akibat tekanan yang terlalu tinggi.

(g) *Temperature and Pressure Gauges*

Berfungsi menunjukkan suhu dan tekanan dalam *boiler*. Meskipun bukan perangkat pengaman secara langsung, pengukuran ini sangat penting untuk memantau kinerja *boiler* dan mendeteksi masalah lebih awal.

(h) *Flue Gas Damper*

Berfungsi untuk mengontrol aliran gas buang. Jika terjadi masalah dalam proses pembakaran atau kegagalan sistem lainnya, damper ini dapat menutup untuk mengurangi risiko kebakaran atau kebocoran gas.

(i) *Automatic Burner Control (ABC)*

Untuk mengatur operasi burner secara otomatis,

termasuk mematikan burner ketika ada masalah, seperti kehilangan api atau masalah dengan bahan bakar. Ini memastikan pembakaran berjalan dalam kondisi yang aman.

(j) *Bimetallic Safety Cutoff (High/Low Pressure or Temperature)*

Berfungsi untuk melakukan pemutusan otomatis apabila terjadi kondisi suhu atau tekanan yang terlalu tinggi atau rendah. Ini memberikan perlindungan tambahan terhadap kerusakan *boiler*.

(k) *Gas Detection System*

Sistem ini mendeteksi kebocoran gas berbahaya, seperti gas alam atau gas lainnya yang digunakan dalam proses pembakaran. Jika terjadi kebocoran, sistem akan memberikan alarm dan bisa mematikan aliran gas.

(l) *Thermal Lockout or Shutdown Mechanism*

Sistem ini memastikan bahwa jika suhu *boiler* mencapai level yang berbahaya, burner akan dimatikan secara otomatis untuk mencegah *overheating* dan kerusakan lebih lanjut.

(m) *Burner Shutdown on Low Oxygen*

Menyebabkan *burner* berhenti beroperasi jika kadar oksigen dalam udara pembakaran terlalu rendah, yang dapat mengarah pada pembakaran yang tidak

sempurna atau bahkan kebakaran berbahaya.

(n) *Combustion Air Fan Monitoring*

Berfungsi memantau aliran udara pembakaran.

Jika ada masalah dengan aliran udara yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sistem ini akan memberikan alarm atau menghentikan operasi *boiler*.

(o) *Emergency Stop Button*

Untuk menyediakan cara cepat untuk mematikan semua sistem boiler dalam keadaan darurat. Ini memberikan tingkat kontrol yang cepat jika terjadi kegagalan atau ancaman keselamatan.

(p) *Blowoff Valve*

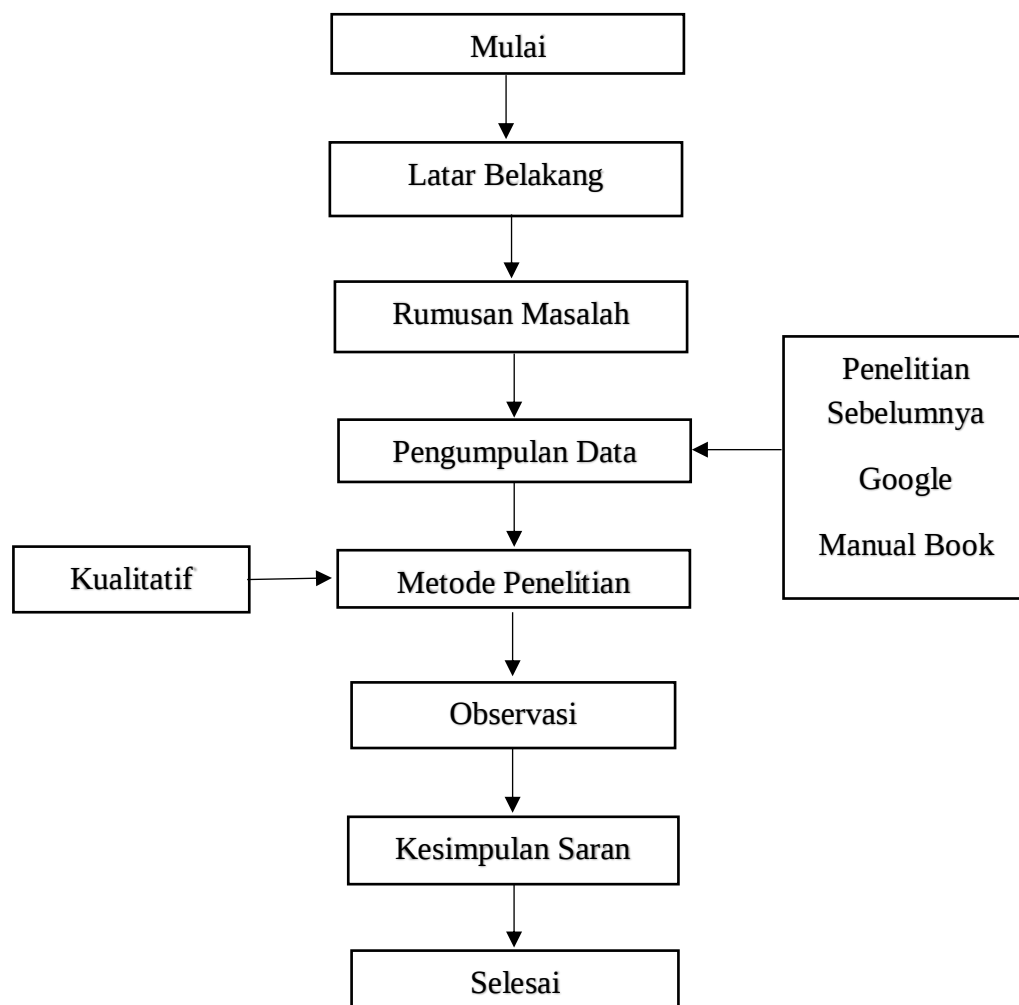
Digunakan untuk membuang air yang terkontaminasi atau mengeluarkan kerak dari *boiler*. Jika tidak dioperasikan dengan benar, ini bisa mengurangi efisiensi atau merusak *boiler*.

(q) *Vibration Sensors*

Mendeteksi getaran abnormal pada bagian-bagian penting *boiler* seperti *burner* atau pompa. Vibration yang tidak normal dapat menunjukkan masalah mekanis, dan sensor ini akan memberikan peringatan dini.

C. Kerangka Pikir Penelitian

Tujuan penyusunan kerangka pemikiran ialah untuk mempermudah penulis sebagai memahami penelitian. Kerangka pemikiran ini menggambarkan secara singkat alur pemikiran penelitian, sehingga membantu dalam menemukan solusi yang tepat sesuai dengan rumusan masalah. Dengan adanya kerangka pemikiran ini, peneliti diharapkan dapat memahami dampak penyumbatan *nozzle burner* serta langkah-langkah pencegahannya. Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut:



Gambar 2.7 Kerangka Berpikir
Sumber: Peneliti (2025)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian dengan metode kualitatif ialah salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan atau memaparkan suatu objek penelitian berdasarkan fakta di lapangan. Dengan metode ini berfokus pada pemahaman mendalam terhadap pada fenomena melalui pengumpulan data secara sistematis dan terencana. Menurut Sugiyono (2014), metode penelitian adalah tata cara pelaksanaan penelitian, sedangkan Noor (2016) menyatakan bahwa metode penelitian merupakan pijakan berpikir dan bertindak dalam melaksanakan penelitian.

Berdasarkan penjelasan tersebut, metode kualitatif dipilih dalam penelitian ini karena mampu memberikan gambaran rinci dan terstruktur mengenai objek yang diteliti. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh data yang relevan dan faktual guna menjawab permasalahan penelitian.

B. Tempat Lokasi Dan Penelitian

1. Tempat Lokasi Penelitian

Adapun tempat dilakukannya penelitian dan objek yang diteliti dengan data kapal yaitu sebagai berikut:

Nama kapal	: MV PAN KRISTINE
<i>Call Sign</i>	: D7EC
Nama perusahaan	: PAN OCEAN CO, LTD
Tipe kapal	: BULK CARRIER

<i>Flag</i>	: JEJU
<i>Tipe Main Engine</i>	: STX-MAN B&W 6842MC-MK7
SERVICE SPEED	: 14.0 KT
<i>Gross tonnage</i>	: 22,239.61 TONS
LOA	: 178.90 M

Yang mana data tersebut diambil dari *ship particular* yang terdapat di kapal MV PAN KRISTINE.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama penulis menjalani praktek layar di atas kapal selama 12 bulan. Tujuan penelitian adalah untuk dapat menjawab serta melakukan *observasi* dan wawancara secara langsung terkait rumusan masalah yang ada. Dengan demikian, pada bagian akhir penelitian, penulis dapat menarik kesimpulan mengenai seluruh permasalahan yang dibahas dalam Karya Ilmiah Terapan ini.

C. Sumber Data Penelitian Dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data Penelitian

Sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi terkait data yang dibutuhkan. Agar informasi dan data yang diperoleh mengenai objek penelitian lengkap, jelas, akurat, dan valid, perlu dilakukan pemilihan jenis serta sumber data yang tepat. Menurut Sugiyono (2016:62), pengumpulan data berdasarkan sumbernya dapat dilakukan melalui sumber primer dan sekunder. Dengan begitu, jenis dan data yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer ialah 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.

b. Data Sekunder

Yakni 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.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan informasi atau data yang dibutuhkan dan merupakan salah satu tahap penting dalam proses penelitian. Metode pengumpulan data dilakukan berdasarkan fakta, data, dan informasi yang relevan. Data yang dikumpulkan oleh penulis selama praktik layar dalam karya pembuatan karya ilmiah terapan ini. Menurut sugiyono (2016;209), teknik pengumpulan data yang ada termasuk observasi, wawancara, dan dokumentasi.

a. Observasi Langsung

Observasi langsung adalah teknik pertama yang 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

b. Analisis Dokumentasi Operasional dan Pemeliharaan

Menganalisis catatan operasional dan dokumentasi pemeliharaan yang ada untuk mendapatkan wawasan tentang kinerja *nozzle* dalam jangka panjang.

c. Metode Wawancara

Menurut Hardani (2020), wawancara adalah proses komunikasi lisan yang melibatkan tanya jawab secara langsung antara dua orang atau lebih dalam pembicaraannya. Pewawancara mengajukan pertanyaan dan orang yang diwawancarai memberikan jawaban.

D. Teknik Analisis Data

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.