KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

ANALISIS PENYEBAB TURUNNYA KINERJA *BURNER* DALAM MEMPERTAHANKAN PROSES PEMBAKARAN PADA *BOILER* DI MV. PAN JINJU

Oleh :

MUHAMMAD NAUFAL ALTHOF BAKHTIAR
NRP. 565221683

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

ANALISIS PENYEBAB TURUNNYA KINERJA *BURNER* DALAM MEMPERTAHANKAN PROSES PEMBAKARAN PADA *BOILER* DI MV. PAN JINJU

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh :

MUHAMMAD NAUFAL ALTHOF BAKHTIAR
NRP. 565221683

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

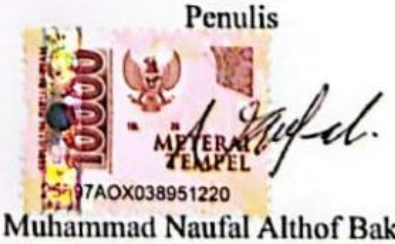
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	:	Muhammad Naufal Althof Bakhtiar
NRP	:	565221683
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Analisis Penyebab Turunnya Kinerja *Burner* dalam Mempertahankan Proses Pembakaran pada *Boiler* di MV. PAN JINJU

Jakarta, 22 Juni 2026
Penulis



Muhammad Naufal Althof Bakhtiar

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	:	Muhammad Naufal Althof Bakhtiar
NRP	:	565221683
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Analisis Penyebab Turunnya Kinerja *Burner* dalam Mempertahankan Proses Pembakaran pada *Boiler* di MV. PAN JINJU

Jakarta, 22 Juni 2026

Pembimbing Utama

Jarot Delta Susanto, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19820717 200502 1 001

Pembimbing Pendamping

Pesta Veri Ahmadi Napitupulu, S.St.Pel., M.Tr.T.
Penata Muda Tk. I (III/b)
NIP. 19870730 201902 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan TEKNIKA

Dr. Markus Yando, S.Si.T, M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	:	Muhammad Naufal Althof Bakhtiar
NRP	:	565221683
Program Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Analisis Penyebab Turunnya Kinerja *Burner* dalam Mempertahankan Proses Pembakaran pada *Boiler* di MV. PAN JINJU

Ketua Penguji	Anggota Penguji	Anggota Penguji
Sursina, S.T., M.T.	Irene Evi Krismawati, M.Pd..	Jarot Delta Susanto, S.Si.T, M.M.
NIP : 19720723 199803 2 001	NIP : 19880530 202321 2 033	NIP : 19820717 200502 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan TEKNIKA

Dr. Markus Yando, S.Si.T, M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Diploma IV Teknika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia. Dalam penyusunan ini, penulis menyajikan penelitian yang berjudul:

"ANALISIS PENYEBAB TURUNNYA KINERJA *BURNER* DALAM MEMPERTAHANKAN PROSES PEMBAKARAN PADA *BOILER* DI MV. PAN JINJU"

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan, baik dari segi materi, metode penulisan, maupun penggunaan bahasa. Mengingat akan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak memperoleh dukungan dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa hormat dan syukur, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini. Kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar. selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.
2. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si.T, M.M. selaku Ketua Jurusan Teknika, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
3. Bapak Jarot Delta Susanto, S.Si.T., M.M. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam menguji, membimbing, dan memberikan petunjuk kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Pesta Veri Ahmadi Napitupulu, S.St.Pel., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam menguji, membimbing, dan memberikan petunjuk kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

5. Seluruh Dosen, Pembina dan Instruktur Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dan petunjuknya dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Orang tua tercinta Bapak Pramono dan Ibu Zakiyah Nur Hidayah yang telah bekerja keras, mendidik dan membesarkan penulis dengan penuh cinta serta kasih sayang yang selalu menjadi penyemangat serta inspirasi penulis. Terima kasih atas do'a, dorongan, materi dan motivasi dalam proses penulis menempuh pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.
7. Saudara dan saudari penulis Dzakwan Syafi Iqhsan dan Tsania Nafisatun Ulinnuha yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Rekan-rekan Tim JOGJATENG dan Jawa Pride angkatan LXV yang selalu memberi semangat kepada penulis, selama menempuh pendidikan di STIP Jakarta.
9. Rekan-rekan SALVATION angkatan LXV yang selalu membersamai dalam susah maupun senang, sampai pada titik sekarang ini.
10. Kepada seluruh kru kapal di MV. PAN JINJU yang telah memberikan bimbingan moral, ilmu pengetahuan, dan motivasi yang membangunkan semangat belajar bagi penulis selama pelaksanaan praktik laut.

Semoga dengan dibuatnya skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang permesinan dan menjadi amal ibadah jariah yang baik bagi penulis. Aamiin.

Jakarta, 22 Juni 2026

Penulis,



Muhammad Naufal Althof Bakhtiar

NRP. 565221683

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL DALAM ..... **i**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **ii**

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI ..... **iii**

TANDA PENGESAHAN ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **v**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR GAMBAR ..... **ix**

DAFTAR TABEL ..... **x**

DAFTAR SINGKATAN ..... **xi**

DAFTAR ISTILAH ..... **xii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**

ABSTRAK ..... **xiv**

ABSTRACT ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **16**

A. LATAR BELAKANG 16

B. IDENTIFIKASI MASALAH 20

C. BATASAN MASALAH 20

D. RUMUSAN MASALAH 20

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 21

F. SISTEMATIKA PENULISAN 21

BAB II LANDASAN TEORI **23**

A. TINJAUAN PUSTAKA 23

B. PENELITIAN TERDAHULU 35

C. KERANGKA PEMIKIRAN 38

BAB III METODE PENELITIAN **39**

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN 39

B. METODE PENDEKATAN 40
C. SUMBER DATA 41
D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA..... 42
E. TEKNIK ANALISIS DATA..... 43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 47
A. DESKRIPSI DATA 47
B. ANALISIS DATA 50
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 57
D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH. 61
E. PEMECAHAN MASALAH 63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 66
A. KESIMPULAN 66
B. SARAN 67
DAFTAR PUSTAKA 68
LAMPIRAN 70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Filter suplai bahan bakar kotor 3
Gambar 1.2 *Economizer* kotor 4
Gambar 2.1 *Boiler* pipa air 13
Gambar 2.2 *Boiler* pipa api 13
Gambar 2.3 Komposisi segitiga api 18
Gambar 2.4 Kerangka penelitian 23
Gambar 3.1 *Fishbone diagram* 29
Gambar 4.1 *Burner* kondisi kotor 33
Gambar 4.2 *Ignition burner* sebelum kalibrasi 34
Gambar 4.3 *Fishbone diagram* penumpukan karbon sisa pembakaran 35
Gambar 4.4 *Fishbone diagram* renggangnya jarak elektroda 39
Gambar 4.5 Kondisi *burner* setelah dibersihkan 43
Gambar 4.6 Hasil kalibrasi elektroda 45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa penelitian sebelumnya 19
Tabel 3.1 Detail spesifikasi kapal 24
Tabel 3.2 Indikator USG 31
Tabel 4.1 USG akar permasalahan penumpukan karbon 38
Tabel 4.2 USG akar permasalahan renggangnya jarak elektroda 41

DAFTAR SINGKATAN

CFD	*Computational Fluid Dynamics*
FTA	*Fault Tree Analysis*
FW	*Fresh Water*
HFO	*Heavy Fuel Oil*
IMO	*International Maritime Organization*
LBP	*Length Between Perpendiculars*
LOA	*Length Overall*
MCR	*Maximum Continuous Rating*
MGO	*Marine Gas Oil*
MT	*Motor Tanker*
MV	*Motor Vessel*
NCR	*Normal Continuous Rating*
RPM	*Revolutions Per Minute*
STIP	Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran

DAFTAR ISTILAH

Atomisasi	Proses pemecahan bahan bakar cair menjadi butiran-butiran kabut yang sangat halus
Boiler	Bejana tekan tertutup yang berfungsi mengubah air menjadi uap bertekanan lewat proses pemanasan
Burner	Komponen utama pada *boiler* yang berfungsi mencampur udara dan bahan bakar untuk menghasilkan api pembakaran
Combustion Chamber	Area spesifik tempat bertemunya bahan bakar dan udara untuk melangsungkan reaksi pembakaran
Control Panel	Pusat kendali elektronik terpadu untuk memantau seluruh parameter operasi keselamatan dan kinerja *boiler*
Economizer	Alat penukar panas yang memanfaatkan panas gas buang dari mesin induk untuk memanaskan air pengisian *boiler*
Exhaust Gas Outlet	Saluran pembuangan gas sisa pembakaran menuju cerobong
Flame Sensor	Alat sensor untuk mendeteksi keberadaan dan stabilitas nyala api di dalam ruang bakar
Flow Control Motor	Pengatur laju aliran udara atau bahan bakar agar rasio pembakaran seimbang
Forced Draft Fan	Kipas suplai untuk memasok aliran udara bertekanan ke dalam ruang bakar
Fuel Pump	Pompa yang berfungsi mengalirkan bahan bakar dari tangki menuju sistem pengontrolan *burner*
Ignition System	Sistem pemantik elektrik atau awal yang memicu percikan api untuk memulai pembakaran
Pressure Gauge	Alat ukur yang menunjukkan intensitas tekanan fluida udara atau bahan bakar
Rotary Cup	Komponen pengabut berbentuk cawan/piringan berputar dengan kecepatan
Safety Device	Rangkaian perangkat keselamatan kerja mekanis untuk mencegah kondisi abnormal seperti ledakan
Temperature Control	Alat pengendali otomatis untuk menjaga stabilitas suhu operasi sistem
Trip	Kondisi mati mendadak/berhentinya sistem operasi otomatis *burner* akibat adanya sinyal kegagalan dari sistem pengaman
Viscosity	Tingkat kekentalan atau resistensi aliran dari bahan bakar cair

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Ship's Particular* MV. PAN JINJU

Lampiran 2 IMO *Crew List*

Lampiran 3 *All Crew* MV. PAN JINJU

Lampiran 4 *Ship Picture* MV. PAN JINJU

Lampiran 5 *Specification Boiler*

Lampiran 6 *Specification Burner*

Lampiran 7 *Ignition Burner Component*

Lampiran 8 *Ignition Burner Maintenance*

Lampiran 9 Data Pemakaian Bahan Bakar *Boiler*

Lampiran 10 Wawancara dengan teknisi MV. PAN JINJU

ABSTRAK

Bakhtiar, Muhammad Naufal Althof. 2026 "*Analisis Penyebab Turunnya Kinerja Burner dalam Mempertahankan Proses Pembakaran pada Boiler di MV. PAN JINJU*"

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh terjadinya penurunan kinerja burner pada boiler di MV. PAN JINJU yang ditandai dengan menurunnya produksi uap, meningkatnya konsumsi bahan bakar, serta tidak stabilnya proses pembakaran. Permasalahan tersebut berpotensi mengganggu kelancaran operasional kapal dan menurunkan efisiensi kerja boiler. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab penumpukan karbon pada komponen rotary cup burner serta menganalisis penyebab renggangnya jarak elektroda yang mempengaruhi kualitas percikan api dalam proses pembakaran boiler. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan studi dokumentasi selama praktik laut di MV. PAN JINJU. Analisis data dilakukan menggunakan Diagram Fishbone untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dan metode USG (Urgency, Seriousness, Growth) untuk menentukan prioritas permasalahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penumpukan karbon pada rotary cup burner disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna yang dipengaruhi oleh kurang optimalnya perawatan sesuai jadwal, rendahnya tekanan suplai bahan bakar, ketidakstabilan suhu dan viskositas bahan bakar, serta minimnya pemahaman teknisi terhadap sistem boiler. Sementara itu, renggangnya jarak elektroda disebabkan oleh getaran mekanis burner yang berlangsung terus-menerus dan pemuaian termal yang tidak merata sehingga menyebabkan baut pengatur elektroda menjadi longgar. Berdasarkan evaluasi alternatif pemecahan masalah, solusi yang dipilih untuk mengatasi penumpukan karbon adalah melakukan pembersihan rotary cup burner secara terjadwal dan terdokumentasi menggunakan carbon remover, karena lebih efektif dan efisien dibandingkan penggantian komponen. Sedangkan untuk mengatasi renggangnya jarak elektroda dipilih kalibrasi menggunakan jangka sorong (vernier caliper) sesuai standar manual book dengan jarak celah elektroda 3–4 mm dan jarak elektroda terhadap atomizer 10 mm, karena mampu menghasilkan percikan api yang optimal dan meningkatkan keandalan sistem pembakaran. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar awak kapal melaksanakan perawatan burner secara rutin sesuai jadwal, meningkatkan monitoring terhadap kualitas nyala api dan parameter bahan bakar, melakukan pemeriksaan serta kalibrasi elektroda secara berkala sesuai manual book, dan meningkatkan kualitas serah terima tugas (handover) antar teknisi guna mendeteksi gangguan sistem sejak dini sehingga keandalan dan keselamatan operasional boiler dapat terus terjaga.

Kata kunci: *Boiler, Burner, Rotary Cup Burner*, Elektroda Pengapian, *Fishbone Diagram*, USG.

ABSTRACT

Bakhtiar, Muhammad Naufal Althof. 2026 "*Analisis Penyebab Turunnya Kinerja Burner dalam Mempertahankan Proses Pembakaran pada Boiler di MV. PAN JINJU*"

This study was motivated by the decline in burner performance of the boiler on board MV. PAN JINJU, which was characterized by reduced steam production, increased fuel consumption, and unstable combustion processes. These problems have the potential to disrupt ship operations and reduce boiler efficiency. The purpose of this study was to identify the causes of carbon deposit accumulation on the rotary cup burner component and to analyze the causes of the widened electrode gap that affects spark quality during the boiler combustion process. This research employed a qualitative descriptive method with data collection techniques consisting of observation, interviews, and documentation studies conducted during sea practice aboard MV. PAN JINJU. Data analysis was carried out using the Fishbone Diagram to identify the root causes of the problems and the USG (Urgency, Seriousness, Growth) method to determine the priority of the identified issues. The results showed that carbon accumulation on the rotary cup burner was caused by incomplete combustion, influenced by inadequate maintenance practices, low fuel supply pressure, unstable fuel temperature and viscosity, and limited technical understanding of the boiler system among engine personnel. Meanwhile, the widened electrode gap was primarily caused by continuous mechanical vibrations of the burner and uneven thermal expansion, which resulted in the loosening of the electrode adjusting screw. Based on the evaluation of alternative solutions, the selected corrective action for carbon accumulation was scheduled and documented cleaning of the rotary cup burner using a carbon remover solution, as it was considered more effective and efficient than component replacement. To address the widened electrode gap, calibration using a vernier caliper in accordance with the manufacturer's manual was selected, with an electrode gap of 3–4 mm and a distance of 10 mm between the electrode tip and the atomizer. This method was proven capable of producing an optimal spark and improving the reliability of the combustion system. Based on the findings, it is recommended that ship personnel perform routine burner maintenance according to the established schedule, enhance monitoring of flame quality and fuel parameters, conduct periodic inspection and calibration of the electrodes in accordance with the manual book, and improve the quality of handover procedures among technicians to facilitate early detection of system abnormalities. These measures are expected to maintain the reliability and operational safety of the boiler system.

Keywords: *Burner, Boiler, Rotary Cup Burner, Electrode Combustion, Fishbone Diagrams, USG.*

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kebutuhan energi panas di atas kapal menjadi salah satu aspek penting dalam menunjang kelancaran operasional permesinan selama pelayaran. Berbagai sistem bantu di kapal memerlukan suplai panas secara berkesinambungan agar mampu beroperasi secara optimal, sehingga diperlukan suatu peralatan yang dapat menghasilkan energi panas secara efisien, aman, dan andal. Salah satu peralatan tersebut adalah *boiler* atau ketel uap. Menurut Basuki (2011), *boiler* merupakan bejana tertutup yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap melalui proses pemanasan dengan memanfaatkan energi panas hasil pembakaran bahan bakar. Uap yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan di atas kapal, seperti pemanasan bahan bakar, pemanasan minyak pelumas, pemanasan muatan pada kapal tanker, sistem bantu permesinan, serta kebutuhan akomodasi awak kapal. Oleh karena itu, keandalan dari kinerja *boiler* sangat memengaruhi efisiensi operasional kapal, konsumsi bahan bakar, dan kontinuitas pengoperasian pada mesin bantu di atas kapal.

Meskipun demikian, kinerja *boiler* dapat mengalami penurunan akibat berbagai faktor operasional maupun perawatan. Salah satu permasalahan yang sering dijumpai adalah kualitas proses pembakaran yang buruk. Menurut Babcock & Wilcox (2015), efisiensi *boiler* dipengaruhi oleh kualitas proses pembakaran, yang bergantung pada kinerja sistem pembakaran, termasuk *burner* sebagai komponen utama yang bertugas mengatomisasikan bahan bakar agar mudah bercampur dengan udara dan terbakar secara sempurna. Oleh karena itu, kondisi *burner* harus selalu dijaga melalui pengoperasian dan perawatan yang sesuai dengan prosedur agar *boiler* mampu beroperasi secara optimal dan mendukung kelancaran operasional kapal.

Upaya menjaga proses pembakaran yang baik pada *boiler* menjadi tuntutan penting dalam menghadapi tekanan efisiensi energi dan standar keselamatan global yang semakin ketat. Pada tingkat nasional dan lokal, khususnya dalam operasional kapal niaga, permasalahan kinerja *boiler* dan *burner* masih sering ditemukan. Maydana & Akbar (2024) menjelaskan manajemen perawatan sangat membantu jika terjadi gangguan pada sistem *boiler* terutama untuk menjaga kinerja *boiler* agar tetap stabil dan produksi uap tetap terpenuhi. Kondisi ini menunjukkan adanya tantangan nyata dalam praktik operasional di lapangan, di mana keterbatasan waktu, sumber daya manusia, dan tekanan operasional sering kali mempengaruhi kualitas perawatan permesinan kapal. Fenomena tersebut tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga mempengaruhi kinerja kru kapal dan kelancaran operasional pelayaran secara keseluruhan.

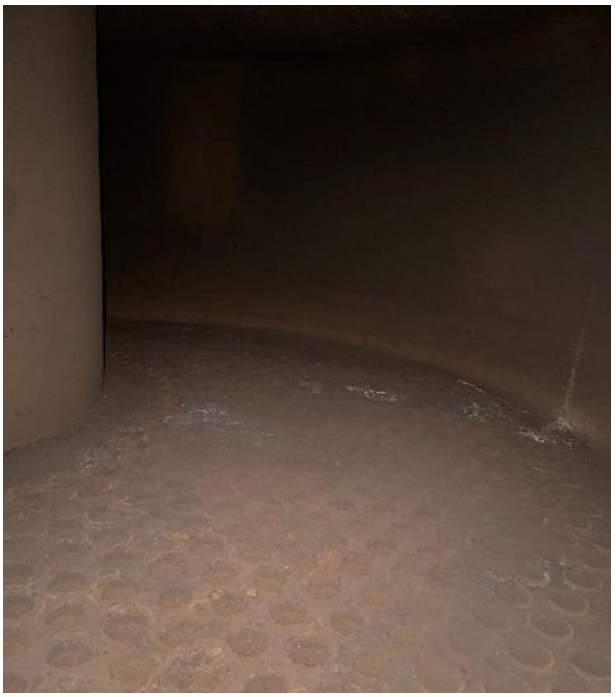
Berdasarkan pengalaman penulis selama melaksanakan praktik laut, fenomena penurunan kinerja *boiler* secara nyata pernah terjadi. Pada kondisi ini *boiler* mengalami penurunan produksi uap yang signifikan. Berdasarkan hasil pengamatan langsung, diketahui bahwa penyebab utama kondisi ini adalah pembakaran yang tidak sempurna akibat ditemukannya penumpukan karbon sisa pembakaran pada komponen *rotary cup burner.* Penumpukan karbon tersebut mengganggu proses atomisasi bahan bakar sehingga nyala api menjadi tidak stabil dan panas pembakaran yang dihasilkan tidak optimal. Dampaknya, kemampuan *boiler* dalam mempertahankan tekanan uap menurun dan memerlukan perhatian khusus.

Selain permasalahan pada komponen *burner,* sistem suplai bahan bakar juga turut mempengaruhi kualitas pembakaran *boiler.* Pada saat pengoperasian, ditemukan adanya permasalahan pada filter suplai bahan bakar yang mengalami penumpukan kotoran bahan bakar. Kondisi yang kotor menyebabkan aliran bahan bakar menuju *burner* menjadi tidak lancar dan tekanan suplai bahan bakar tidak stabil. Akibatnya, proses atomisasi bahan bakar terganggu dan pencampuran udara dengan bahan bakar tidak terbentuk secara sempurna. Permasalahan ini memperburuk kondisi pembakaran dan mempercepat terjadinya penumpukan karbon pada burner.



Gambar 1.1
Filter suplai bahan bakar kotor
Sumber: Dokumen pribadi

Beberapa hari kemudian, muncul kondisi lain yang turut mempengaruhi kinerja *boiler*. Setelah ditelusuri didapati bahwa *economizer boiler* berada dalam kondisi kotor akibat penumpukan karbon dari gas buang mesin induk, sehingga pemanfaatan proses perpindahan panas dari gas buang mesin induk terhadap air di dalam pipa *boiler drum* tidak berlangsung secara optimal. Kondisi tersebut menyebabkan pemanfaatan panas gas buang mesin induk menjadi tidak maksimal, meskipun mesin induk mulai beroperasi. Akibat menurunnya efektivitas *economizer,* produksi uap kembali mengalami penurunan dan menjadikan *burner* pada *boiler* untuk bekerja lebih aktif guna memenuhi kebutuhan uap di kapal.



Gambar 1.2

Economizer kotor

Sumber: Dokumen pribadi

Untuk mengatasi kekurangan produksi uap tersebut, sistem *burner* kembali bekerja secara otomatis untuk membantu proses produksi uap. Namun, dalam pelaksanaannya, *burner* justru sering mengalami kegagalan pembakaran. Setelah dilakukan pemeriksaan lebih lanjut, ditemukan bahwa kegagalan pembakaran tersebut disebabkan oleh renggangnya celah elektroda pengapian, sehingga percikan api yang dihasilkan tidak optimal untuk menyalakan campuran udara dan bahan bakar. Kondisi ini menyebabkan *burner* sering mengalami *trip* dan tidak mampu mempertahankan nyala api secara kontinu. Rangkaian permasalahan tersebut menunjukkan adanya gangguan kinerja *boiler* yang bersifat teknis dan operasional, sehingga diperlukan analisis kualitatif yang mendalam untuk mengidentifikasi penyebab serta dampaknya terhadap sistem permesinan kapal secara keseluruhan.

Maka dari itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna menganalisis secara kualitatif penyebab turunnya kinerja *burner* dalam mempertahankan proses pembakaran optimal pada *boiler* di MV. PAN JINJU. Oleh karena itu, hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan judul naskah:

"ANALISIS PENYEBAB TURUNNYA KINERJA *BURNER* DALAM MEMPERTAHANKAN PROSES PEMBAKARAN PADA *BOILER* DI MV. PAN JINJU"

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Dari pengalaman penulis saat melaksanakan praktik laut di atas kapal selama kurang lebih satu tahun, serta berbagai permasalahan yang pernah dihadapi dan telah diuraikan pada bagian latar belakang, maka penulis merumuskan beberapa identifikasi masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini sebagai berikut:

1. Penumpukan karbon sisa pembakaran pada komponen *rotary cup burner*.
2. Penumpukan kotoran pada filter suplai bahan bakar.
3. Penumpukan karbon sisa gas buang mesin induk pada *economizer boiler.*
4. Renggangnya jarak elektroda sehingga mempengaruhi kualitas percikan api.

C. BATASAN MASALAH

Guna menghindari pembahasan yang terlalu luas, serta dengan memperhatikan keterbatasan penulis baik dari segi waktu maupun biaya, maka penulis menetapkan batasan masalah sesuai dengan pokok bahasan yang telah ditentukan. Pembatasan ini dimaksudkan agar pembahasan dalam skripsi tetap terarah dan fokus pada tema yang relevan. Dengan demikian, penulis memfokuskan kajian pada permasalahan sebagai berikut:

1. Penumpukan karbon sisa pembakaran pada komponen *rotary cup burner.*
2. Renggangnya jarak elektroda sehingga mempengaruhi kualitas percikan api.

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, identifikasi masalah, serta batasan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan tersebut dirumuskan ke dalam bentuk pertanyaan penelitian yang selanjutnya ditetapkan sebagai rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Apa yang menyebabkan penumpukan karbon pada *rotary cup burner?*
2. Apa yang menyebabkan renggangnya jarak elektroda?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna yang mengakibatkan penurunan kinerja *burner.* Adapun beberapa tujuannya adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui akar penyebab terjadinya penumpukan karbon pada *rotary cup burner* dan pengambilan langkah perbaikan yang paling sesuai.
b. Mengetahui akar penyebab renggangnya jarak elektroda pengapian dan pengambilan langkah perbaikan yang paling sesuai.

2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis, yaitu:

a. Manfaat Teoretis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik permesinan kapal serta menjadi manfaat praktis bagi awak kapal dan perusahaan pelayaran dalam meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional *boiler.*

b. Manfaat Praktis
   1) Bagi awak kapal, penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pengetahuan serta untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di kapal, khususnya terkait masalah perawatan *burner* pada *boiler.*
   2) Bagi para kadet Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia dan unit lembaga pendidikan pelayaran lainnya, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pengetahuan mengenai penyebab turunnya kinerja *burner* pada *boiler.*

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini terdiri dari lima bab, dan setiap bab memiliki keterkaitan sehingga terwujud sistematika penulisan yang sesuai dengan pedoman penulisan skripsi program D IV untuk program studi Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang pemilihan judul penelitian yang didasarkan pada permasalahan nyata di lapangan, identifikasi masalah yang ditemukan, pembatasan masalah agar penelitian lebih terfokus, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang memberikan gambaran umum susunan penulisan skripsi.

BAB II. LANDASAN TEORI

Bab ini berisi kajian pustaka yang berkaitan dengan permasalahan penelitian, hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan pendekatan kualitatif sebagai penguat analisis, serta kerangka pemikiran yang disusun berdasarkan fenomena yang terjadi selama di lapangan.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode penelitian yang meliputi waktu dan tempat penelitian dilakukan, metode pendekatan penelitian yang digunakan, sumber data penelitian, teknik pengumpulan data, serta teknik analisis data yang digunakan untuk mengolah dan menafsirkan data secara deskriptif.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi deskripsi data penelitian yang diperoleh dari pengamatan langsung selama pelaksanaan praktik laut, dilanjutkan dengan analisis data untuk menginterpretasikan temuan penelitian. Selanjutnya dibahas alternatif pemecahan masalah yang relevan, evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah tersebut, serta pemecahan masalah yang dipilih berdasarkan kondisi di lapangan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang disusun berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebagai jawaban atas permasalahan penelitian. Selain itu, disajikan saran yang bersifat konstruktif sebagai bahan pertimbangan dan masukan serta sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka disusun untuk mempermudah pembahasan terhadap permasalahan yang diangkat oleh penulis selama melaksanakan praktik laut di atas kapal. Oleh karena itu, diperlukan kajian pustaka yang relevan berdasarkan fenomena nyata yang terjadi selama praktik, sehingga dapat membantu dalam memahami dan memecahkan permasalahan yang diteliti.

1. Pengertian *Boiler*

Boiler adalah suatu mesin bantu di atas kapal berbentuk bejana tekan tertutup yang digunakan untuk menghasilkan uap dengan cara memanaskan air menggunakan energi panas hasil pembakaran bahan bakar. Energi panas tersebut ditransfer melalui permukaan pemanas sehingga air berubah fase menjadi uap bertekanan dan bertemperatur tertentu sesuai kebutuhan sistem. Secara teknis, *boiler* merupakan alat konversi energi, yaitu mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, kemudian menjadi energi uap, kemudian uap yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan sistem.

Fatimura Muhrinsyah (2015) *boiler* merupakan perangkat industri yang berfungsi menghasilkan uap air (*steam*) untuk mendukung berbagai proses produksi. Mekanisme kerjanya melibatkan transfer energi termal dari proses pembakaran bahan bakar ke dalam air, sehingga suhu air meningkat dan fasenya berubah menjadi uap. Sugiharto (2020) juga menjelaskan *boiler* didefinisikan sebagai wadah tertutup yang berfungsi memproduksi uap bertekanan untuk diaplikasikan di luar sistem *boiler* itu sendiri. Proses pembentukan uap ini umumnya memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar cair.

a. Komponen pembakaran *boiler*

Rafly Novelard (2023) menyatakan sistem pembakaran pada *boiler* didukung oleh serangkaian komponen terintegrasi yang berfungsi mengolah bahan bakar untuk berbagai keperluan industri, termasuk *furnace*, *kiln*, dan pembangkit listrik. Masing-masing komponen tersebut memegang peranan krusial guna menjamin proses pembakaran berlangsung secara optimal, efisien, serta aman.

1) *Rotary cup*

Merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pembakaran, terutama pada *burner* yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Pada tipe *rotary cup burner* yang dirancang untuk menangani bahan bakar dengan viskositas tinggi. Fungsi utama *rotary cup* adalah melakukan atomisasi mekanis dengan cara memutar piringan atau cawan berbentuk kerucut pada kecepatan tinggi. Gaya sentrifugal yang dihasilkan akan menyebarkan bahan bakar menjadi lapisan yang sangat tipis di tepi cawan sebelum akhirnya pecah menjadi kabut partikel yang sangat halus saat bertemu dengan aliran udara suplai. Mekanisme ini memastikan pencampuran bahan bakar dan udara optimal dan stabil, guna menghasilkan pembakaran yang efisien, bersih, dan meminimalisir emisi gas buang.

2) *Blower (forced draft fan*)

Sebagai salah satu elemen krusial dalam sistem pembakaran, blower berfungsi memasok aliran udara yang memadai dan terukur ke dalam ruang bakar. Melalui penciptaan tekanan udara, komponen ini memfasilitasi pencampuran udara dan bahan bakar secara homogen demi tercapainya pembakaran yang efisien dan sempurna. Pengaturan kecepatan serta tekanan udara yang dihasilkan blower sangat penting untuk menjaga stabilitas rasio udara-bahan bakar. Hal ini tidak hanya menjaga kestabilan nyala api, tetapi juga menekan pembentukan emisi gas buang berbahaya seperti nitrogen oksida dan karbon monoksida.

3) *Fuel pump*

Merupakan komponen vital dalam sistem pembakaran yang bertugas mengalirkan bahan bakar dari tangki penyimpanan menuju *flow control motor* pada tingkat tekanan yang tepat. Komponen ini menjamin kontinuitas suplai bahan bakar dalam volume yang akurat demi mendukung efisiensi

proses pembakaran yang optimal. Oleh karena itu, keandalan pompa ini sangat krusial; fluktuasi tekanan atau ketidakstabilan debit aliran dapat mengganggu jalannya pembakaran dan menurunkan performa sistem secara keseluruhan.

4) *Ignition system*

Merupakan sistem pemantik memiliki peran krusial dalam menginisiasi proses pembakaran melalui penyalaan campuran udara dan bahan bakar di dalam *burner*. Sistem ini dikembangkan untuk menghasilkan percikan api atau suhu tinggi yang memadai agar reaksi pembakaran dapat dimulai secara cepat dan aman. Mengingat proses pembakaran tidak dapat berjalan tanpa pemicu awal yang efektif, keandalan sistem ini menjadi faktor penentu. Pada berbagai peralatan industri seperti *boiler*, *furnace*, dan *kiln*, sistem pemantik memegang peran kunci dalam menjaga kesinambungan operasional sistem pembakaran.

5) *Combustion chamber*

Merupakan area spesifik tempat berlangsungnya reaksi pembakaran bahan bakar di dalam suatu sistem. Desain ruang ini dibuat dengan tingkat presisi tinggi guna memfasilitasi pencampuran yang optimal antara udara dan bahan bakar. Hal tersebut bertujuan agar proses pembakaran dapat berjalan efisien dan menghasilkan energi termal maksimum untuk memenuhi kebutuhan perangkat industri seperti *boiler*, *furnace*, ataupun *kiln*.

6) *Flow control motor*

Merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem pembakaran yang bertugas meregulasi volume udara yang masuk ke ruang bakar. Melalui perannya dalam mengendalikan laju aliran udara, komponen ini menjamin terbentuknya rasio udara-bahan bakar yang ideal demi tercapainya efisiensi pembakaran yang sempurna. Optimalisasi pencampuran ini tidak hanya memaksimalkan *output* energi termal, tetapi juga berkontribusi langsung dalam menekan emisi gas buang berbahaya seperti nitrogen oksida dan karbon monoksida.

7) *Flame sensor*

Merupakan perangkat krusial dalam sistem pembakaran yang bertugas memantau keberadaan api di dalam ruang bakar melalui deteksi intensitas cahaya yang dipancarkan. Komponen ini diintegrasikan guna

memastikan bahwa seluruh tahapan pembakaran berjalan secara konstan dan api tetap menyala dengan stabil.

8) *Control panel*

Merupakan perangkat regulasi yang dirancang khusus untuk mengawasi dan mengendalikan operasional sistem pembakaran pada *boiler*, *furnace*, atau *kiln*. Bertindak sebagai pusat kendali terpadu, panel ini bertanggung jawab penuh dalam memanajemen berbagai komponen, mulai dari pengaturan laju aliran bahan bakar dan udara, temperatur, tekanan, hingga parameter operasional lainnya. Integrasi sistem kendali ini menjamin proses pembakaran berlangsung secara aman, efisien, serta presisi sesuai spesifikasi industri. Biasanya, perangkat ini dilengkapi dengan fitur-fitur seperti antarmuka digital, kendali manual, indikator status, serta sistem alarm untuk memitigasi kondisi abnormal.

9) *Pressure gauge*

Merupakan instrumen penting yang berfungsi mengukur intensitas tekanan pada aliran bahan bakar maupun udara sebelum memasuki *burner*. Akurasi pengukuran ini sangat krusial, mengingat ketepatan tekanan menjadi parameter utama dalam mewujudkan proses pembakaran yang aman, stabil, dan efisien. Dengan menjaga tekanan pada level nominal, sistem dapat bekerja pada tingkat efisiensi tertinggi sekaligus meminimalkan risiko malfungsi operasional. Alat ukur ini umumnya dilengkapi dengan skala indikator yang presisi, sehingga memudahkan operator untuk memantau fluktuasi tekanan secara langsung.

10) *Temperature control*

Merupakan sistem regulasi krusial yang berfungsi mengendalikan kestabilan suhu selama proses pembakaran pada berbagai mesin industri, termasuk *boiler*, *furnace*, dan *kiln*. Peran utama perangkat ini adalah mempertahankan temperatur pembakaran pada titik nominal yang ditentukan, sehingga operasional sistem berlangsung secara aman, efisien, serta memenuhi spesifikasi teknis yang dibutuhkan. Melalui pengendalian suhu yang presisi, sistem tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi, tetapi juga mengoptimalkan kualitas akhir produk yang dihasilkan.

11) *Exhaust gas outlet*

Merupakan sistem saluran yang berfungsi mengalirkan gas sisa pembakaran (*exhaust gases*) dari ruang bakar menuju atmosfer atau unit pengolahan limbah gas. Komponen ini bertugas mengevakuasi produk sampingan hasil konversi energi bahan bakar. Gas buang tersebut umumnya tersusun atas karbon dioksida, nitrogen oksida, sulfur oksida, dan uap air, serta berpotensi membawa partikulat polutan seperti jelaga dan asap jika terjadi fenomena pembakaran yang tidak sempurna.

12) *Safety device*

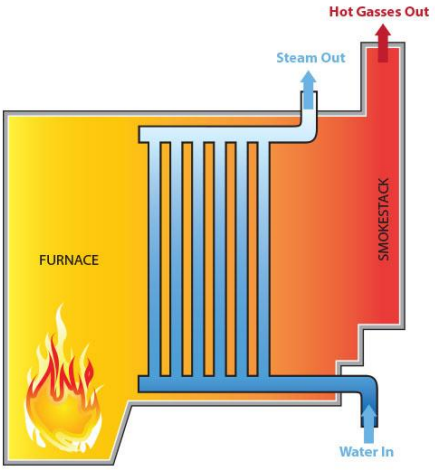
Sistem keselamatan ini bekerja dengan memitigasi serta mencegah berbagai kondisi anomali yang berisiko merusak *burner*, memicu kebakaran, hingga potensi ledakan. Indikasi bahaya tersebut meliputi kebocoran gas, temperatur berlebih (*overheating*), kegagalan suplai bahan bakar, maupun hilangnya nyala api. Proteksi ini didukung oleh serangkaian perangkat seperti *gas leak detectors*, *pressure relief valves*, *temperature cut-off*, dan *flame sensors*. Sebagai contoh, relai keselamatan api (*flame safety relay*) akan memantau kondisi ruang bakar secara kontinu dan memutus aliran bahan bakar secara otomatis jika api padam guna mencegah akumulasi bahan bakar yang mudah meledak. Selain itu, *gas leak detectors* diintegrasikan secara khusus untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas sedini mungkin.

b. *Boiler* berdasarkan konstruksi

Boiler pada desain konstruksinya dibedakan menjadi dua yaitu *boiler* pipa air dan pipa api.

1) *Boiler* pipa air

Pada konstruksi pipa air, air berada di dalam pipa sementara gas panas hasil pembakaran menyelimuti bagian luar pipa tersebut. Panas disalurkan dari ruang bakar melalui dinding pipa untuk memanaskan air yang bersirkulasi di dalamnya hingga berubah menjadi uap. Desain *boiler* pipa air ini memungkinkan beroperasi pada tekanan yang sangat tinggi serta memiliki produksi uap yang besar.



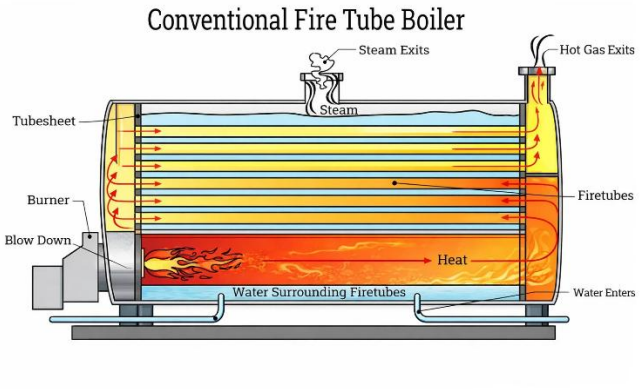
Gambar 2.1

Boiler pipa air

Sumber: Senandityo (2022)

2) *Boiler* pipa api

Sedangkan pada konstruksi pipa api, gas panas hasil pembakaran mengalir di dalam pipa sedangkan air yang akan dipanaskan berada di dalam drum dan air merendam pipa tersebut. Panas dari gas pembakaran melewati rangkaian pipa kemudian dihantarkan ke air di sekelilingnya secara konduksi melalui dinding pipa. Desain *boiler* pipa api ini memiliki konstruksi yang lebih sederhana dan perawatan yang lebih mudah, akan tetapi produksi uap yang dihasilkan tidak sebesar pada *boiler* pipa air.



Gambar 2.2

Boiler pipa api

Sumber: Senandityo (2022)

c. Sistem kerja pada *boiler*

Pada MV. PAN JINJU jenis *boiler* yang digunakan adalah *boiler* pipa api. Pada sistem kerjanya, *boiler* terdiri dari beberapa komponen yang bekerja saling berkaitan untuk bisa memproduksi uap yang dibutuhkan untuk operasional di kapal.

1) Sistem air pengisian adalah rangkaian komponen yang berfungsi untuk menyediakan air secara terus menerus ke dalam *water drum* guna menggantikan air yang telah berubah menjadi uap.
2) Sistem bahan bakar adalah rangkaian komponen yang berfungsi untuk menyuplai bahan bakar dari tangki penyimpanan yang kemudian akan didistribusikan melewati filter untuk menyaring kotoran berupa partikel kecil kemudian bahan bakar dipompa dengan pompa bahan bakar. Bila viskositas bahan bakar terlalu tinggi maka *electric heater* akan bekerja untuk menaikan suhu dari bahan bakar yang kemudian akan menurunkan viskositas.
3) Sistem pembakaran adalah rangkaian dari proses pencampuran tiga komponen kimia utama yang menjadi sumber terjadinya pembakaran dengan mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas melalui reaksi oksidasi.
4) Sistem distribusi uap adalah sistem penyaluran uap melalui perpipaan dan katup uap utama dari *boiler* menuju ke berbagai sistem permesinan kemudian kembali menjadi air untuk disirkulasi lagi.
5) Sistem operasi adalah pusat kendali yang memungkinkan operator untuk memantau, mengatur, dan mengoperasikan seluruh parameter *boiler* dari *engine control room.*
6) Sistem pengaman adalah rangkaian komponen mekanis yang dirancang untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, kerusakan material. *Boiler* bekerja dengan tekanan dan suhu yang sangat tinggi, sehingga sistem ini bekerja sebagai alat keselamatan.

2. Pengertian *Burner*

Burner merupakan komponen pada *boiler* yang berperan dalam proses pembakaran. Di mana pada proses ini terjadi pencampuran antara bahan bakar dengan udara yang mana bahan bakar diubah atau diatomisasi menjadi partikel kecil seperti kabut. Kemudian panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memanaskan air dan mengubahnya menjadi uap. Ichsandi Yanto et al. (2025), *burner* sebagai salah satu komponen inti dalam sistem *boiler,* memegang peranan krusial dalam memfasilitasi proses pembakaran bahan bakar, khususnya yang berbasis bahan bakar minyak.

Melalui proses atomisasi, *burner* bekerja dengan mengubah bahan bakar cair menjadi butiran kabut halus agar dapat tercampur secara optimal dengan udara. Proses pengabutan yang berkualitas ini sangat krusial untuk menghasilkan pembakaran yang efisien serta penyebaran panas yang konstan di dalam *boiler.* Ketika distribusi panas berlangsung secara ideal, kinerja *boiler* akan meningkat pesat, konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat, dan emisi berbahaya dapat dikurangi. Oleh karena itu, efisiensi komponen *burner* dalam mencampur bahan bakar dan udara secara stabil berdampak langsung pada keandalan serta keamanan operasional seluruh sistem *boiler*.

a. Jenis-jenis *burner*

Pada proses atomisasi atau pengabutan pada *burner* dibedakan menjadi dua metode yaitu:

1) *Pressure jet burner*

Jet burner adalah jenis alat pengabut yang bekerja dengan cara menekan bahan bakar cair melalui sebuah lubang kecil atau *nozzle* dengan tekanan yang sangat tinggi. Prinsip utamanya adalah mengubah energi tekan menjadi energi kinetik. Saat bahan bakar keluar dari lubang sempit tersebut, terjadi penurunan tekanan mendadak yang menyebabkan cairan pecah menjadi butiran kabut halus (atomisasi) yang siap bercampur dengan udara.

2) *Rotary cup burner*

Rotary cup burner adalah jenis alat pengabut di mana bahan bakar dialirkan ke dalam sebuah cangkir (*cup*) yang berputar pada kecepatan tinggi. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cangkir tersebut melemparkan bahan bakar ke pinggiran cangkir, membentuk lapisan film

tipis yang kemudian pecah menjadi butiran kabut halus saat bertemu dengan aliran udara.

b. Sistem pembakaran *burner*

Sheng et al. (2022) rotary cup burner menghasilkan atomisasi bahan bakar melalui gaya sentrifugal sehingga terbentuk droplet halus yang mudah bercampur dengan udara dan menghasilkan pembakaran yang lebih efisien. *Burner* bekerja dengan mencampur bahan bakar dengan udara dengan rasio yang sesuai, kemudian menyemprotkan dan mengatomisasikannya melalui rotary cup kemudian menyalakannya dengan elektroda untuk menghasilkan nyala api yang terkontrol dan melepaskan panas ke ruang bakar, semua diatur oleh sistem kontrol elektronik untuk efisiensi dan keamanan maksimal. Berikut sistem-sistem yang bekerja pada *burner*:

1) Pasokan bahan bakar

Bahan bakar disalurkan dari tangki penyimpanan menuju *burner* melalui pompa kemudian melewati pemanas untuk memastikan viskositas bahan bakar tetap stabil untuk memudahkan dalam proses atomisasi.

2) Pasokan udara

Udara pembakaran disuplai menggunakan *blower* dengan jumlah yang dikontrol oleh *air damper* untuk memastikan pasokan udara sesuai dengan rasio pembakaran di dalam ruang bakar.

3) Pencampuran dan atomisasi

Bahan bakar dialirkan melalui pipa stasioner ke dalam *cup* berbentuk kerucut. Akibat putaran tinggi bahan bakar merambat menuju tepi *cup*. Dalam proses ini, bahan bakar membentuk lapisan film yang sangat tipis dan merata diseluruh permukaan cawan. Lapisan film tersebut kemudian terhempas ke udara akibat putaran *cup* yang sangat cepat dan membentuk butiran halus. Inilah yang disebut dengan atomisasi.

4) Pengapian

Setelah bahan bakar teratomisasi menjadi butiran halus di ujung *cup* proses pengapian dilakukan melalui penyalaan pada *Ignition burner*. Api dari *pilot burner* diarahkan tepat ke zona pencampuran antara kabut bahan bakar (hasil atomisasi *rotary cup*) dan udara. Panas dari api *ignition burner* akan menaikkan suhu butiran halus bahan bakar hingga mencapai titik nyala

begitu kabut bahan bakar terbakar, api akan menyebar dengan cepat ke seluruh zona pembakaran di dalam ruang bakar.

5) Kontrol keamanan

Segera setelah pengapian terjadi, sensor api (*flame* sensor) akan mendeteksi keberadaan cahaya atau panas api. Jika sensor tidak mendeteksi api dalam hitungan detik, sistem *Control Panel* akan segera menutup aliran bahan bakar secara otomatis untuk mencegah ledakan akibat penumpukan bahan bakar yang tidak terbakar.

c. Pembakaran

Pembakaran secara ilmiah adalah reaksi kimia yang terjadi secara cepat antara bahan bakar dan oksidator. Reaksi ini menghasilkan pelepasan energi berupa panas dan cahaya. Ridhuan et al. (2019) menyatakan pembakaran didefinisikan sebagai serangkaian reaksi kimia yang terjadi antara bahan bakar, udara, dan panas. Reaksi ini menghasilkan energi panas serta sering kali memancarkan cahaya dalam bentuk pendaran atau api. Pada fenomena pembakaran sempurna, seluruh unsur yang terkandung dalam bahan bakar akan bereaksi secara penuh dengan zat pengoksidasi, sehingga menghasilkan produk berupa senyawa baru dari masing-masing elemen penyusunnya. Agar pembakaran dapat terjadi maka diperlukan tiga elemen utama yang dibutuhkan. Tiga elemen tersebut dijelaskan dalam teori segitiga api, teori ini merupakan model sederhana untuk memahami tiga elemen dasar yang harus ada secara bersamaan agar pembakaran dapat terjadi. Jika salah satu elemen ini dihilangkan, maka api tidak akan terjadi atau jika api dalam keadaan menyala maka api tersebut akan padam. Berikut penjelasan dari tiga elemen kimia penyusun:

1) Bahan bakar

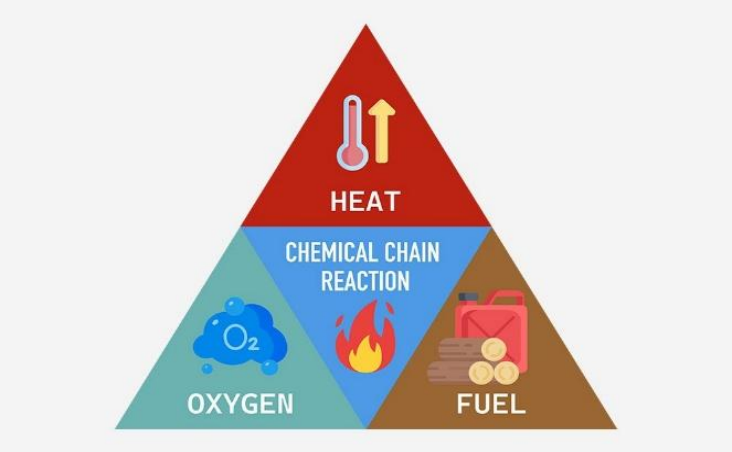
Maridjo et al. (2019) menyatakan bahan bakar adalah bahan atau material apapun yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan jika di oksidasikan atau dibakar. Bahan bakar juga merupakan zat yang dioksidasi untuk bisa menghasilkan pembakaran zat ini bisa berbentuk padat, cair, maupun gas. Untuk operasional di kapal umumnya menggunakan bahan bakar cair dalam proses kerja *boiler*. Agar pembakaran terjadi, bahan bakar cair harus di ubah menjadi uap atau butiran kecil melalui proses atomisasi.

2) Udara

Suhartawan et al. (2024) udara adalah campuran gas-gas di atmosfer yang memiliki komposisi terdiri dari 78% nitrogen, 21% oksigen, 0,03% argon, dan sejumlah kecil gas-gas lain seperti karbon dioksida, neon, helium, dan uap air.

3) Panas

Adalah energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu bahan bakar hingga mencapai titik nyala pengapian bisa dihasilkan dari percikan elektroda, suhu tinggi pada ruang bakar yang sudah panas, atau dari kompresi tinggi pada ruang bakar.



Gambar 2.3
Komposisi segitiga api
Sumber: Gustavb (2006)

Kualitas pembakaran ditentukan oleh seberapa baik bahan bakar bercampur dengan oksigen. Pembakaran yang optimal dan pembakaran yang tidak optimal bisa dilihat dari hasil reaksi pembakaran yang terjadi. Yunianto et al. (2014) dalam sistem termal, proses pembakaran dikategorikan menjadi dua jenis berdasarkan emisi yang dihasilkan. Pembakaran sempurna dicirikan dengan emisi gas buang yang hanya terdiri dari karbon dioksida dan air. Sementara itu, pembakaran tidak sempurna ditandai dengan munculnya polutan tambahan di samping kedua gas tersebut, yang meliputi gas beracun seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrogen oksida, serta materi partikel padat lainnya.

Pembakaran optimal atau secara teknis disebut pembakaran stoikiometri, terjadi ketika jumlah oksigen yang dipasok tepat sesuai dengan kebutuhan untuk membakar seluruh kandungan karbon dan hidrogen dalam bahan bakar. Ketika seluruh unsur karbon dan hidrogen habis bereaksi dengan oksigen maka hasil reaksi hanya menghasilkan karbondioksida, uap air, dan energi panas maksimal dengan ciri visual berupa cahaya yang menyala terang serta tidak adanya asap yang keluar. Reaksi ini menghasilkan efisiensi yang tinggi karena seluruh potensi energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi panas.

Berbeda dengan pembakaran yang tidak sempurna, pembakaran ini terjadi ketika pasokan oksigen tidak mencukupi atau ketika pencampuran antara udara dan bahan bakar tidak merata. Karena kekurangan oksigen, atom karbon tidak dapat teroksidasi sepenuhnya menjadi karbondioksida sebagian besar justru berubah menjadi gas beracun karbon monoksida atau tetap menjadi partikel karbon yang padat. Hasil reaksi menghasilkan karbon monoksida, karbon, sedikit karbondioksida, uap air, dan energi panas yang jauh lebih rendah. Ciri visual yang bisa diamati adalah cahaya api yang redup, terjadinya jelaga atau karbon, serta asap hitam yang keluar.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Pada Tabel 2.1 menunjukkan beberapa jurnal yang digunakan penulis sebagai sumber penelitian terdahulu.

Tabel 2.1

Beberapa penelitian sebelumnya

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1	Analisis Kinerja Pembakaran *Nozzle Burner* pada *Auxiliary*	MA Dwisaputra (2025)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kinerja pembakaran nozzle *burner* pada MV. Pan Kristine dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu: penyumbatan *nozzle* akibat endapan sludge dan karbon,

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
	Boiler di MV. Pan Kristine		tekanan bahan bakar tidak stabil, kualitas bahan bakar yang kurang baik, suplai udara pembakaran tidak optimal, dan kurangnya perawatan preventif. Dampaknya adalah pembakaran tidak sempurna, meningkatnya konsumsi bahan bakar, serta terbentuknya asap hitam pada cerobong. Penelitian merekomendasikan pembersihan *nozzle* secara berkala dan pengontrolan rasio udara–bahan bakar. Novelty dari penulis secara mendalam mengintegrasikan analisis kerenggangan jarak elektroda pengapian, yang tidak dibahas dalam penelitian Dwisaputra.
2	Analisis Gagalnya Pembakaran Awal pada *Burner Boiler* di atas Kapal MT. Enduro dengan Metode FTA	NL Ulya (2024)	Penelitian pada MT Enduro menunjukkan bahwa kegagalan pembakaran awal disebabkan oleh tiga faktor utama: (1) gangguan sistem bahan bakar (tekanan rendah, suhu tidak sesuai, *nozzle* tersumbat), (2) gangguan sistem udara (*blower* tidak optimal, damper tidak sesuai, rasio udara–bahan bakar tidak seimbang), dan (3) gangguan sistem pengapian (elektroda aus, tegangan ignition lemah). Kegagalan ini berdampak pada keterlambatan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			produksi uap dan peningkatan risiko keselamatan akibat akumulasi bahan bakar tidak terbakar. Novelty dari penulis berfokus pada penurunan kinerja burner secara keseluruhan dalam mempertahankan kontinuitas proses pembakaran, Sementara Ulya berfokus pada fase pengapian awal menggunakan metode FTA, penelitian
3	Analisis Gagalnya Pembakaran pada *Boiler* di Kapal MT Gas Kalimantan	S Dai Robbi & RWI Mahendra (2024)	Hasil penelitian pada MT Gas Kalimantan menunjukkan bahwa kegagalan pembakaran disebabkan oleh kualitas bahan bakar yang rendah, tekanan bahan bakar tidak stabil, suplai udara pembakaran tidak mencukupi, serta kurang optimalnya sistem atomisasi *burner*. Dampak yang ditimbulkan adalah pembakaran tidak sempurna, pembentukan jelaga berlebih, efisiensi *boiler* menurun, dan meningkatnya konsumsi bahan bakar. Penelitian menyarankan peningkatan kontrol parameter operasional dan perawatan rutin sistem pembakaran. Novelty penulis memiliki kebaruan dalam mengidentifikasi fenomena getaran mekanis konstan berfrekuensi tinggi

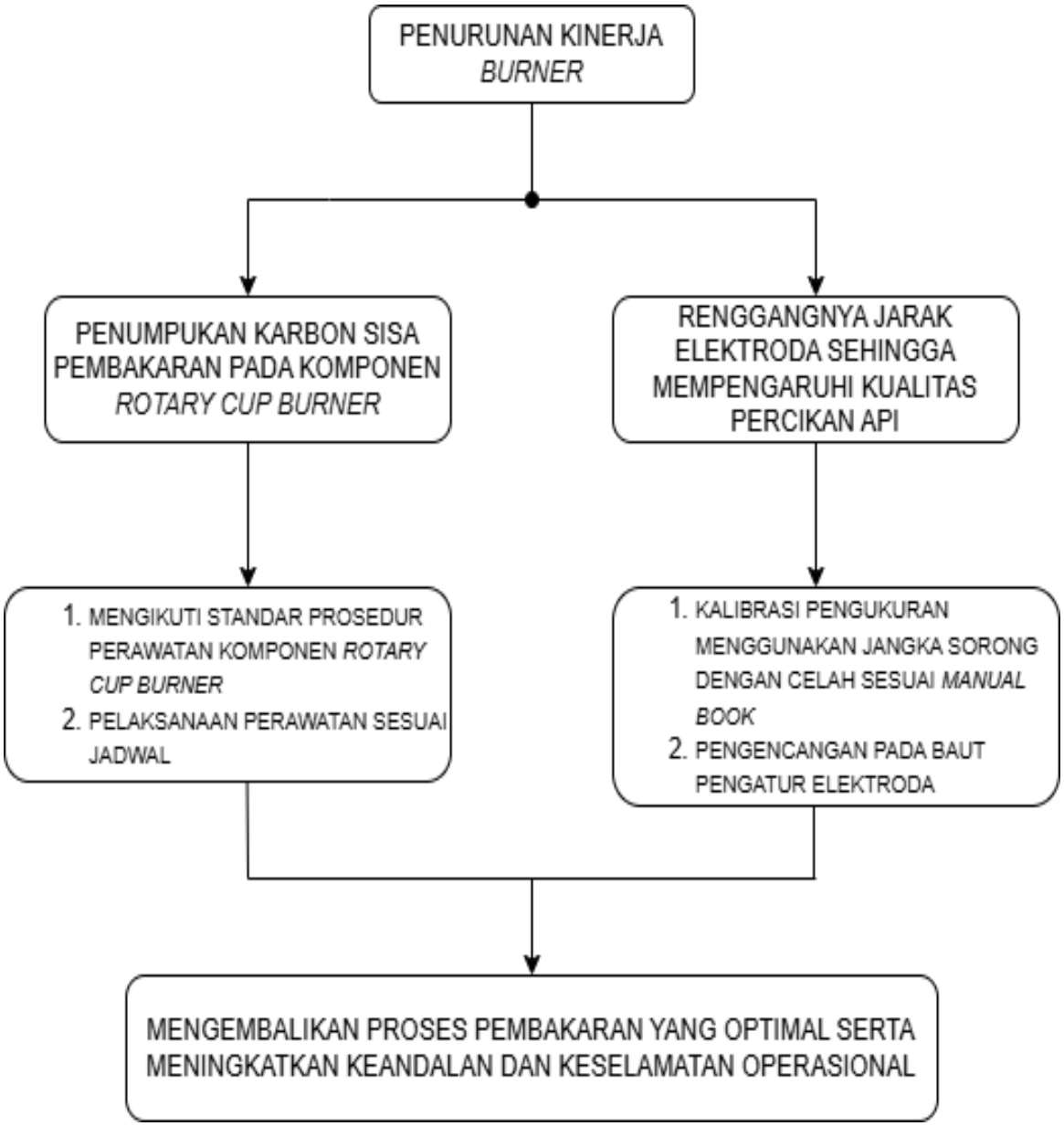
No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			dan fluktuasi suhu ekstrem yang memicu pemuaian material tidak merata sebagai penyebab utama longgarnya *setting screw* elektroda pengapian.
4	*Enhancing Steam Boiler Efficiency through Comprehensive Energy and Exergy Analysis: A Review*	Mohamed Elwardany (2024)	Zona pembakaran merupakan sumber utama irreversibilitas (kehilangan eksergi) yang menurunkan kinerja *burner*. Faktor rasio udara berlebih, karakteristik bahan bakar, dan kondisi uap utama berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pembakaran. Penelitian penulis bersifat **s**tudi kasus empiris (*field research*) yang berbasis data primer langsung dari hasil observasi, wawancara, dan praktik laut nyata selama satu tahun di kapal.
5	*Analyzing Burner Performance and Combustion Phenomenon in an Olefin Plant's Industrial Furnace: A CFD Study*	M. Fattahi, Saeed Ebrahimi, Masoud Rahimi, dkk. (2024)	Ditemukan bahwa penyumbatan (c*logging*) pada lubang kecil *burner* menyebabkan penurunan kinerja pembakaran, ketidakseimbangan distribusi panas, penurunan efisiensi termal, serta perubahan pola nyala api. Desain dan kebersihan lubang *burner* sangat mempengaruhi performa termal sistem. Novelty Penulis tidak menggunakan simulasi komputer (CFD) , melainkan melakukan evaluasi tindakan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
			korektif nyata melalui kalibrasi fisik presisi menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*) dengan standar celah elektroda 3–4 mm dan jarak ke *atomizer* 10 mm sesuai *manual book*

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman dalam skripsi ini, penulis menyajikan uraian singkat dalam bentuk kerangka pemikiran yang menjelaskan latar belakang sebagai dasar dilakukan penelitian serta alasan pemilihan judul skripsi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis dapat mengidentifikasi dan memahami terjadinya penurunan kinerja *burner.*

Adapun kerangka pemikiran dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.4

Kerangka penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengamatan langsung, serta analisis yang telah dilakukan menggunakan Diagram *Fishbone* mengenai penyebab turunnya kinerja *burner* dalam mempertahankan proses pembakaran optimal pada *boiler* di MV. PAN JINJU, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Permasalahan penumpukan karbon sisa pembakaran pada komponen *rotary cup burner* merupakan isu krusial yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran pada *boiler* dan berpotensi menyebabkan kegagalan sistem kerja (*failure system*) jika tidak segera ditangani. Berdasarkan hasil observasi selama praktik laut di MV. PAN JINJU, ditemukan bahwa faktor utama penumpukan kerak karbon tersebut disebabkan oleh faktor utama dan beberapa faktor lainnya. Faktor utama tersebut adalah prosedur operasional dalam perawatan tidak dilaksanakan secara rutin sesuai jadwal dan standar prosedur, serta faktor lain yang turut mempengaruhi pembakaran tidak sempurna antara lain proses atomisasi bahan bakar yang buruk akibat kurangnya tekanan suplai bahan bakar, ketidakstabilan suhu dan viskositas bahan bakar, serta minimnya pemahaman teknisi terhadap sistem operasional *boiler*. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah dengan mempertimbangkan hasil kelebihan dan kekurangan yang paling efektif dan efisien adalah dengan melakukan pembersihan terhadap komponen *rotary cup burner*. Berdasarkan tindakan keseluruhan tersebut, didapatkan hasil bahwa proses pembersihan mampu mengembalikan proses pembakaran yang optimal serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional.

2. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa faktor utama renggangnya jarak elektroda adalah getaran konstan dengan frekuensi tinggi secara terus menerus disertai pemuaian termal komponen yang tidak merata sehingga melonggarkan kerapatan antar komponen dan mengubah jarak struktural elektroda. Berdasarkan hasil alternatif pemecahan masalah dengan mempertimbangkan hasil evaluasi yang paling efektif dan efisien adalah adalah dengan melakukan kalibrasi pengukuran jarak elektroda menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*) secara teliti dan hati-hati sesuai petunjuk *manual book*. Berdasarkan tindakan penyetelan tersebut, didapatkan hasil bahwa proses kalibrasi yang benar dan sesuai prosedur mampu menghasilkan percikan api yang besar dan mengembalikan proses pembakaran yang optimal serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional**.**

B. SARAN

Sebagai tindak lanjut rekonstruktif dari temuan penelitian ini, penulis menyarankan beberapa poin taktis dan strategis agar keandalan operasional *boiler* tetap terjaga secara optimal. Saran dari penulis sebagai berikut:

1. Saran penulis untuk kepada teknisi untuk memberlakukan pemeliharaan dan pembersihan komponen *rotary cup* sesuai jadwal dan standar prosedur menggunakan cairan kimia khusus (*carbon remover*). Dengan dilakukannya pembersihan sesuai jadwal dan sesuai prosedur maka penumpukan karbon dapat diminimalisir. Serta pemantauan terhadap tekanan pompa suplai bahan bakar juga perlu diperhatikan. Tujuan pemberlakuan ini untuk memaksimalkan terjadinya pembakaran, dengan pembakaran yang baik maka karbon yang dihasilkan sedikit.
2. Penulis juga menyarankan melakukan pengecekan jarak elektroda sebelum pengoperasioan *boiler* serta mengoptimalkan kalibrasi posisi elektroda secara hati-hati menggunakan alat ukur presisi jangka sorong (*vernier caliper*) karena ketika pengoperasian dimulai *rotary cup burner* akan berputar sangat kencang dan menghasilkan getaran dengan frekuensi tinggi, dengan memastikan jarak celah ujung elektroda berada pada angka 3–4 mm serta jarak ujung elektroda ke lubang *atomizer* tepat di 10 mm sesuai instruksi spesifikasi *manual book.*

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, N. S., Adha, M. A., Sumarsono, R. B., & Sultoni, S. (2020). Strategy to Determine the Priority of Teachers' Quality Problem Using USG (Urgency, Seriousness, Growth) Matrix. *International Research-Based Education Journal*, *2*(2), 54-62.

Babcock & Wilcox. (2015). *Steam: Its Generation and Use* (42nd ed.). Babcock & Wilcox.

Basuki. (2011). *Sistem Boiler Kapal*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan Nasional.

Dwisaputra, M. A. (2025). *Analisis Kinerja Pembakaran Nozzle Burner pada Auxiliary Boiler di MV. Pan Kristine*.

Elwardany, M. (2024). Enhancing steam boiler efficiency through comprehensive energy and exergy analysis: A review. *Journal of Energy and Thermal Sciences*.

Fatimura Muhrinsyah. (2015). Tinjauan Teoritis Permasalahan Boiler FeedWater Pada Pengoperasian Boiler Yang Dipergunakan Dalam Industri. *Jurnal Media Teknik*, *12*, 24–32.

Fattahi, M., Ebrahimi, S., Rahimi, M., dkk. (2024). Analyzing burner performance and combustion phenomenon in an olefin plant's industrial furnace: A CFD study. *International Journal of Thermal Sciences*

Hasibuan, M. P., Azmi, R., Arjuna, D. B., & Rahayu, S. U. (2023). Analisis pengukuran temperatur udara dengan metode observasi. *Jurnal Garuda Pengabdian Kepada Masyarakat*, *1*(1), 8-15.

Ichsandi Yanto, W., Alhaq, H., Sari, R. S., & Juanda, M. (2025). Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi. *Teknologi Dan Informasi*, *4*(2).

Ishikawa, K. (1986). *Guide to quality control* (2nd rev. ed.). Asian Productivity Organization.

Maridjo, I. Y., & Angga, R. (2019). Pengaruh pemakaian bahan bakar premium, pertalite dan pertamax terhadap kinerja motor 4 tak. *Jurnal Teknik Energi*, *9*(1), 73-78.

Maydana, A., & Akbar, A. (2024). Boosting Boiler Efficiency Through Strategic Interventions. *Procedia of Engineering and Life Science*, *7*, 592–594.

Muammar, N., & Mosyofa, A. (2024). Kebijakan Maritim Indonesia Dalam Menunjang Sistem Keamanan Transportasi Laut. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 46-50.

Rafly, N. (2023). Optimalisasi kinerja burner guna menunjang kelancaran pengoperasian ketel bantu di MV. Manalagi Dasa(Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).

Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *8*(1), 69–78.

Robbi, S. D., & Mahendra, R. W. I. (2024). *Analisis Gagalnya Pembakaran pada Boiler di Kapal MT Gas Kalimantan*.

Sheng, Y., Liu, H., He, L., & Xiang, J. (2022). *An Investigation of Rotary Cup Burner Assembly with Three Vehicle-Mounted Cooking Stoves by Numerical Evaluation Method.* Processes, 10(2), 186.

Sugiharto, A. (2020). Perhitungan Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung pada Boiler Pipa Api. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, *10*(2), 51–57.

Suhartawan, B., & MT, M. (2024). Kualitas Udara. *Pengantar Teknik Lingkungan*, *15*.

Sulianta, F., & Widyatama, U. (2024). Diagram Fishbone untuk Berbagai Kebutuhan. *no. November*, 1-11.

Ulya, N. L. (2024). *Analisis Gagalnya Pembakaran Awal pada Burner Boiler di atas Kapal MT. Enduro dengan Metode FTA*.

Yuliani, W. (2018). Metode penelitian deskriptif kualitatif dalam perspektif bimbingan dan konseling. *QUANTA: Kajian Bimbingan dan Konseling dalam Pendidikan*, *2*(2), 83-91.

Yunianto, B., Sinaga, N., & S.A.K, R. (2014). Pengembangan Disain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen. *Rotasi*, *16*(1), 28.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Ship's Particular* MV. PAN JINJU

Ship's Particulars (M/V PAN JINJU)

1. Particulars

Ship's Name	: PAN JINJU		
Ex. Ship's Name	: K.YOUNGHUNG	Nationality	: S. KOREA
Call Sign	: D7PM	Port of Registry	: JEJU
Registry No.	: 2025-94	Suez Canal ID (SCID)	:
IMO No.	: 9708590	MMSI	: 441328000
E-Mail Address	: panjinju@panocean.com	Official No.	: JJR-251046
Vsat Bridge No.	: (82)70-7998-8966	Vsat Master No.	: (82)70-7998-8966
Sat-C No. (Telex)	: 444-132-810		

2. Ship's Class (Ship Type : 151,000 DWT Class Bulk Carrier)
KR (Korean Register)

3. Builder	: Sungdong Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd. (Tongyeong, S.Korea)		
Keel Laid	: 02nd, Feb. 2015	Launched Date	: 22nd, Jun. 2015
Delivery Date	: 04th, Aug. 2015	Last Dry Dock	: 19th, Sep. 2020

4. Type of Main Engine / Generator Engine
Main Engine : Doosan-MAN B&W 5G70ME-C9.2 / MCR - 11,550kw x 66.0rpm / NCR - 9,875kw x 82.6rpm
Generator Engine : 6L23/30H Mk2 x 720RPM, 3 sets

5. Owner (Name / Address)	: Pan Ocean Co Ltd Tower8, 7, Jong-ro 5-gil, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea
Operator (Name / Address)	: Pan Ocean Co Ltd Tower8, 7, Jong-ro 5-gil, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea
Technical Operator (Name / Address)	: Pos SM Co ltd 102, Jungang-Daero, Jung-Gu, Busan, Republic of Korea

6. SHIP'S DIMENSIONS

LOA	: 273.00 m	Height	: 57.970 m (Keel to Top of Mast)
LBP	: 265.00 m	Depth Moulded	: 22.70 m
		Breadth Moulded	: 46.00 m
Bow to bridge	: 230.55 m	Bow to Gangway	: 253.8 m

Size of Hatch Cover : No.1 - 17.86m x 17.00m / No.2 ~ No. 7 - 17.86m x 22.95m
Keel to H/Cover Top : 25.2m (Camber 0.5m)

Bridge to FWD	: 236.20 m	Bridge to AFT	: 36.80 m
International GRT	: 79,340 Tons	International NRT	: 48,824 Tons
Suez GRT	: 80,233.96 Tons	SUEZ NRT	: 74,197.13 Tons

Freeboard Particular		Draft (Ext.)	Displacement	Deadweight	Freeboard
Tropical Fresh	TF	17.243 m	177,973.2 mt	155,256.4 mt	5.517 m
Fresh	F	16.899 m	174,056.9 mt	151,340.1 mt	5.861 m
Tropical	T	16.869 m	178,058.6 mt	155,341.8 mt	5.891 m
Summer	**S**	**16.525 m**	**174,052.1 mt**	**151,335.4 mt**	**6.235 m**
Winter	W	16.181 m	170,053.3 mt	147,336.5 mt	6.579 m

TPC (Summer Draft)	: 116.35 MT	Light Ship	: 22,716.8 Tons
Ballast Tank Total Capa.	: 49,757.5 ㎥ (Including No.4 Hold Ballast, 74,586.9 ㎥)		
Grain Capacity	: 167,733.1 ㎥ (Cargo Holds including Hatch Coaming)		
LSFO Tank	: 3,033.6 ㎥	Marine Gas Oil Tank	: 460.3 ㎥
FW Tank	: 481.2 ㎥		

8. Pump & Eductor

Ballast Pump	: 2,500 m³/h x 2 sets	Bilge, Fire & G/S Pump	: 390/120m³/h, 30/90m TH, 2 sets
Ballast Eductor	: 300 m³/h x 1 set	Bilge Eductor	: 90m³/h x 1 set

9. Additional Informations
Provisions Crane : SWL (P) 8.0 Tons / (S) 4.0 Tons
Mooring Rope : 65mm Dia. x 200m x 16 Coils / MBL 80 Tons
P&I Club :
Date of Expiry.
DPA : Lee Kyong Ju +82-10-3761-9683 / leekj@possm.com
CSO : Kim Seup-Gyun +82-10-4983-0197 / sgkim@possm.com
Propeller : Dia 9.000m / Tip End 9.200m

Captain, KIM TAE JU
Master of M/V PAN JINJU

Lampiran 2 IMO *Crew List*

1. Name of ship			2. Port of ~~Arrival~~ / Departure			3. Date of ~~Arrival~~ / Departure		
M/V PAN JINJU								
4. Nationality of ship			5. Port of ~~Arrival from~~ / Destination			12. Passport Number and Expiry Date	13. Seaman's Book Number & Expiry Date	14. Joining Place / Date
7. No.	8. Family name, given names	9. Rank	10. Nationality	11. Date and place of birth				
1	KIM TAE JU	Master	Republic of Korea	24-OCT-1965	Yangsan, Republic of Korea	M09925395 07-AUG-2027	BS070-02602 Unlimited	Newcastle, Australia 21-FEB-2025
2	SHIN WOOJIN	C/O	Republic of Korea	06-OCT-1993	Busan, Republic of Korea	M64607440 29-APR-2031	BS122-04199 Unlimited	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
3	ADI JENDRI SOEKI	2/O	Indonesia	24-JUN-1995	Kupang, Indonesia	E0790002 01-NOV-2032	H 001393 13-APR-2027	Yeongheung, Korea 05-DEC-2024
4	MUHAMMAD RAFLY RAMDHANI	3/O	Indonesia	09-DEC-2000	Makassar, Indonesia	E09632402 15-DEC-2033	F 337851 18-AUG-2027	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
5	YUN DOYOUNG	C/E	Republic of Korea	27-APR-1980	Busan, Republic of Korea	M83880672 30-APR-2029	BS135-04270 Unlimited	Newcastle, Australia 21-FEB-2025
6	KANG SEUNGWAN	1/E	Republic of Korea	06-JAN-1988	Busan, Republic of Korea	M33641056 30-JUN-2026	MP062-00883 Unlimited	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
7	EDI SUGIYARTO	2/E	Indonesia	27-MAR-1997	Kab Semarang, Indonesia	E8450172 13-DEC-2033	H 020389 19-MAY-2027	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
8	ALFI ROHMANA FIRDAUS	3/E	Indonesia	28-NOV-1998	Madiun, Indonesia	E7155937 19-MAR-2034	F 203376 20-MAR-2026	Yeongheung, Korea 05-DEC-2024
9	YAKUB TAPPI KANDARI	Bosun	Indonesia	06-OCT-1973	Nanggala, Indonesia	D0205405 31-OCT-2032	I 000369 18-NOV-2027	Samcheonpo, Korea 02-MAY-2025
10	ARIF SAKTIYANTO	ABA	Indonesia	01-OCT-1987	Kab Semarang, Indonesia	C9008323 03-JUN-2027	L 001640 26-MAR-2028	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
11	DHANIEL ALMAARIF	ABB	Indonesia	15-MAR-1984	Bangkalan, Indonesia	E8266421 14-AUG-2034	H 064975 04-AUG-2027	Samcheonpo, Korea 02-MAY-2025
12	ROMARIO KAWIHING	ABC	Indonesia	27-AUG-1989	Jakarta, Indonesia	E1801026 09-JAN-2033	I 003433 17-JAN-2026	Samcheonpo, Korea 02-MAY-2025
13	MOCHAMAD AMRI SYARIFUDIN	O/S	Indonesia	17-AUG-1998	Tegal, Indonesia	C8427826 26-JAN-2027	I 057287 07-JUN-2026	Yeongheung, Korea 05-DEC-2024
14	TEDY HERYANTO SUTOPO	No.1 Oiler	Indonesia	16-MAR-1968	Jakarta, Indonesia	X4855269 27-FEB-2035	I 119013 29-DEC-2026	Samcheonpo, Korea 02-MAY-2025
15	SOBIRIN	Oiler	Indonesia	18-MAY-1969	Bangkalan, Indonesia	E4638474 09-AUG-2033	F 269420 09-OCT-2026	Yeongheung, Korea 02-FEB-2025
16	RONAL ADIE	Oiler	Indonesia	04-JAN-1981	Jakarta, Indonesia	E5593641 11-JAN-2034	I 004183 31-JAN-2028	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
17	GIYANTO SLAMET SUMARTO	Oiler	Indonesia	06-APR-1965	Klaten, Indonesia	X4969773 31-JAN-2035	L 014038 24-APR-2028	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
18	AHMAD ZAINI	C/CK	Indonesia	05-MAY-1976	Banyuwangi, Indonesia	C8426521 11-JAN-2027	I 025869 08-FEB-2026	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
19	RIO HENDRAWAN	M/M	Indonesia	19-JAN-1995	Jakarta, Indonesia	C9662028 20-JUL-2027	I 025869 14-MAR-2026	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
20	BONARDO MARANG GITO SIMANULLANG	D/C	Indonesia	01-NOV-2004	Jakarta, Indonesia	E5596984 24-FEB-2034	J 039113 27-MAY-2027	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
21	MUHAMMAD NAUFAL ALTHOF BAKHTIAR	E/C	Indonesia	22-MAY-2003	Sragen, Indonesia	E5596753 23-FEB-2034	J 040000 06-JUN-2027	Yeosu, Korea 27-MAY-2025
	- Nothing Follows -							
15. Date and signature by ~~Master / authorized agent or officer~~								IMO FAL Form 5

Lampiran 3 *All Crew* MV. PAN JINJU



Lampiran 4 *Ship Picture* MV. PAN JINJU



Lampiran 5 *Specification Boiler*

SPEC TYPE : SDR-1.5	SUNFLAME BURNING APPARATUS	No. KR-1408	DATE 2014/4/11
		CHIEF	CHARGE Noguchi
		HISTORY Rev.	DATE

1. General specification

1-1	Rule	KR	
1-2	Control system	Full automatic, ON/OFF & PI control system	
1-3	Fuel oil		
.1.	For cold-starting		
		Marine gas oil	2 [mm^2/s at 40℃]
.2.	For usually	Marine heavy fuel oil	700 [mm^2/s at 50℃]
		Calorific value (Low)	40.2 [MJ/kg-fuel]
.3.	Environment friendly	Marine gas oil	2 [mm^2/s at 40℃]
1-4	Electric source		
.1.	Input power source	AC440V, 60Hz, 3ϕ	
.2.	Control source	AC220V	60Hz 1ϕ by down transformer
		DC24V	by AC/DC converter
1-5	Air temperature	45 ℃	
1-6	The others		
.1.	Unit	SI (Pressure: Metric)	
.2.	Name plate	English	
	Caution plate	English	
.3.	Painting color	RAL7032	

2. Boiler specification

.1.	Maker name	KANGRIM HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.		
.2.	Number	1	[boiler/ship]	
.3.	Evaporation	1600	[kg/h]	
.4.	Steam pressure	Design	8	[kg/cm2]
		Normal	6	[kg/cm2]
.5.	Steam temperature	Saturated temperature		
.6.	Feed water temp.	80	[℃]	
.7.	Furnace pressure	60	[mmAq]	
.8.	F.O. consumption	116.6	[kg-fuel/h]	

Lampiran 6 *Specification Burner*

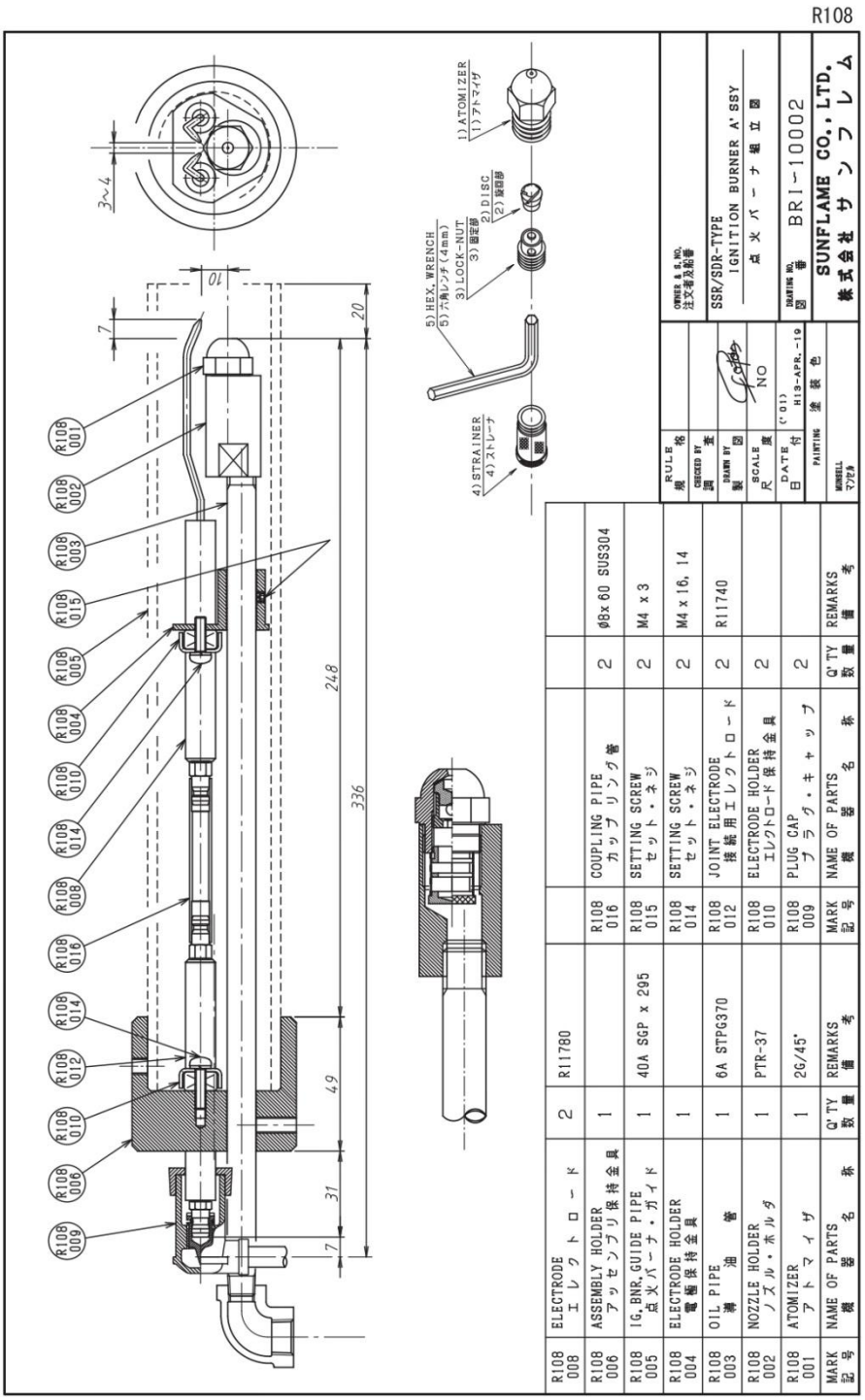
3. Burner specification

.1.	Name	FORCED DRAFT ROTARY-CUP ATOMIZING SYSTEM	
.2.	Burner type	SDR-1.5	
.3.	Rated capacity of combustion	120 [kg-fuel/h]	132 [L-fuel/h]
.4.	F.O. pressure	3 [kg/cm2] at burner inlet	
		This value will have to change according to the resistance of piping.	
.5.	Viscosity of F.O.	Under 50 [mm^2/s] Normal 19 [mm^2/s] for atomizing	
		Under 250 [mm^2/s] for inlet of equipment	

4. Equipment on the burner

4-1	Rotary cup burner (R102)		1[set]
.1.	Type	SDR-1.5	
.2.	Rotary cup	ϕ59 x L98	
4-2	Cup motor (R441)		1[p.c]
.1.	Specification	DC24V 120W direct drive	
4-3	Main solenoid valve (R608)		2[p.cs]
.1.	Type	GMV-H303G	
4-4	M.G.O. mixing device		1[set]
4-4-1	M.G.O. mixing solenoid valve (R609)		1[p.c]
.1.	Type	EV210B-4.5B	
4-4-2	Check valve (R247)		
4-5	Ignition device		1[set]
4-5-1	Ignition burner unit (R108)		1[p.c]
.1.	Type	IB-25	
.2.	Atomizer	2G / 45deg	
.3.	Fuel	Marine diesel oil , Normal pressure is 7 [kg/cm2]	
4-5-2	Ignition burner solenoid valve (R606)		1[p.c]
.1.	Type	EV210B-4.5B	
4-5-3	Ignition transformer (R403)		1[p.c]
.1.	Type	EBI4MS052F4045	
.2.	Secondary voltage	15,000 V	
4-6	F.O. flow control device		1[set]
4-6-1	F.O. flow regulator (R231)		1[p.c]
.1.	Type	FSQ-1	
4-6-2	Control motor (R408)		1[p.c]
.1.	Type	CM-101RPCC	
.2.	Specification	90[deg], 18[s], 12.5[N-m]	
.3.	Control signal	C.W. / C.C.W.	
.4.	Position feed back	135[ohm]	
.5.	Internal switch	Use for start position	
4-7	Combustion air flow control device		1[set]
4-7-1	Flow control device		
.1.	Type	Inlet vane (damper) in the wind box	
4-7-2	Control motor	Same as 4-6-2 (Connected by the link)	

Lampiran 7 *Ignition Burner Component*



MARK 記号	NAME OF PARTS 機器名称	Q'TY 数量	REMARKS 備考
R108 008	ELECTRODE エレクトロード	2	R11780
R108 006	ASSEMBLY HOLDER アッセンブリ保持金具	1	
R108 005	IG.BNR.GUIDE PIPE 点火バーナ・ガイド	1	40A SGP x 295
R108 004	ELECTRODE HOLDER 電極保持金具	1	
R108 003	OIL PIPE 導油管	1	6A STPG370
R108 002	NOZZLE HOLDER ノズル・ホルダ	1	PTR-37
R108 001	ATOMIZER アトマイザ	1	2G/45°

MARK 記号	NAME OF PARTS 機器名称	Q'TY 数量	REMARKS 備考
R108 016	COUPLING PIPE カップリング管	2	ø8x 60 SUS304
R108 015	SETTING SCREW セット・ネジ	2	M4 x 3
R108 014	SETTING SCREW セット・ネジ	2	M4 x 16, 14
R108 012	JOINT ELECTRODE 接続用エレクトロード	2	R11740
R108 010	ELECTRODE HOLDER エレクトロード保持金具	2	
R108 009	PLUG CAP プラグ・キャップ	2	

Lampiran 8 *Ignition Burner Maintenance*

The cleaning procedure(caution: be careful not to scald yourself)

A) Turn off the burner and wait for hours until cool down.

B) Swing out the burner to access to furnace.

C) Open drain valve and access door of smoke uptake.

D) Jet directly the pin tubes with fresh water (6bar, 50 l/min).

E) Check that drain pipe is blocked and repeat water washing.

F) After all washing water is drained away, close the drain valve and door.

G) Turn on the burner (Approx. 5 minutes).

H) Open the drain valve to remove residual water.

I) Close the valve and turn on the burner (Approx. 15 minutes).

J) Check that the flue gas temperature correct . And check that all door and valve are closed.

5.8 Cleaning of smoke tubes

A) Check the Main engine is stopped again.

B) Open the Boiler exhaust gas side drain valve and exhaust gas inlet chamber drain valve.

C) Check accumulated soot through exhaust gas in/outlet access door.

D) Cover main engine turbo charger side to prevent the cleaning water go into that.

E) Cleaning the soot by water washing nozzle. 5~10 liter water for 1m^3 heating surface is is proper.

F) Cleaning the inside of each tube efficiently.

G) Remove the scale on tube by flat bar or wire brush.

H) Check drainage through drain valve.

I) Check cleaned section and repeat above procedure for unclean section.

J) Close the water nozzle after cleaning.

K) Close exhaust gas in/outlet access door tightly to avoid outflow of exhaust gas.

5.9 Period of soot cleaning

Period od soot cleaning : 1 time per 1 voyage(or 1 time per 1 month) or below cases.

- Oil fired section : when the flue gas temperature is over 20˚C from normal operation temperarture.
- Exh. gas section : when the drop loss pressure is over 130 mmAq.

Lampiran 9 Data Pemakaian Bahan Bakar *Boiler*

Events	HOURS	R/C	RPM	REV.	DIST. ENG.	DIST. OBS.	SLIP %	AVE. SPEED	LOAD %	ME F/M	GE F/M	BLR F/M	LSFO			
													ME	G/E	BLR	TOTAL
NEW VOY 002																
COMM. BUNKER CHANGE M/E ,G/E 19.05	0.1	175863280	46.67	280	1					15433.29	713.43	129.02	0.0	0.0	0.0	0.0
R/UP ENGINE 19.18	0.2	175863860	48.33	580	2				44.1	15433.48	713.55	129.02	0.2	0.1	0.0	0.3
NOON	16.7	175913420	49.46	49560	193	176	8.81	10.54	43.6	15449.53	715.33	129.02	14.8	1.6	0.0	16.4
S/B ENGINE 04.00 LT	16	175962390	51.01	48970	191	181	5.24	11.31	43.1	15464.80	717.02	129.09	14.1	1.6	0.1	15.7
PILOT ON BOARD 10.50 LT	6.8	175973130	26.32	10740	42	37	11.90	5.44		15467.01	718.20	129.33	2.0	1.1	0.2	3.3
NOON 12.00 LT	1.2	175973700	7.92	570	2	2	0.00	1.67		15467.13	718.32	129.42	0.1	0.1	0.1	0.3
ALL LINE LET GO / F.W.E 12.12 LT	0.2	175973770	5.83	70	0					15467.14	718.43	129.43	0.0	0.1	0.0	0.1
MORNING										15467.14	720.55	130.86	0.0	2.0	1.3	3.3
NOON										15467.14	720.96	131.21	0.0	0.4	0.3	0.7
MORNING										15467.14	723.05	132.68	0.0	1.9	1.4	3.3
NOON										15467.14	723.79	133.02	0.0	0.7	0.3	1.0
MORNING										15467.14	727.09	134.54	0.0	3.0	1.4	4.4
NOON										15467.14	727.49	134.87	0.0	0.4	0.3	0.7
MORNING										15467.14	729.88	136.41	0.0	2.2	1.4	3.6
NOON										15467.14	730.61	136.74	0.0	0.7	0.3	1.0
MORNING										15467.14	733.74	138.41	0.0	2.9	1.5	4.4
NOON										15467.14	734.19	138.75	0.0	0.4	0.3	0.7
MORNING										15467.14	736.42	140.40	0.0	2.0	1.5	3.5
NOON										15467.14	736.88	140.74	0.0	0.4	0.3	0.7
RECAIVED BUNKER I.SMGO -200 I.SHFO -260										15467.14	736.91	140.74	0.0	0.0	0.0	0.0
MORNING										15467.14	739.16	142.38	0.0	2.0	1.5	3.5
NOON										15467.14	739.69	142.74	0.0	0.5	0.3	0.8

Lampiran 10 Wawancara dengan teknisi MV. PAN JINJU

Cadet: “Selamat siang, Bass. Saya ingin bertanya mengenai kondisi burner yang beberapa waktu lalu mengalami penurunan kinerja. Saat itu produksi steam terasa lebih lama dari biasanya padahal konsumsi bahan bakarnya cukup banyak. Menurut Bass, apa penyebab utamanya?”

Third Engineer: “Siang, Cadet. Betul, waktu itu memang ada indikasi penurunan kinerja burner. Tanda paling jelasnya adalah tekanan steam naik sangat lambat, sementara burner bekerja lebih sering dan bahan bakar yang dipakai justru lebih banyak.”

Cadet: “Apakah kondisi itu langsung terlihat dari nyala api burner, Bass?”

Third Engineer: “Iya. Saat saya melakukan pengecekan melalui sight glass, warna api terlihat kurang terang dan terkadang tidak stabil. Itu menandakan proses pembakaran yang terjadi tidak sempurna.”

Cadet: “Kalau pembakaran tidak sempurna, faktor apa saja yang biasanya menyebabkan hal tersebut?”

Third Engineer: “Ada beberapa faktor. Yang pertama adalah penumpukan karbon pada rotary cup burner. Karbon yang menempel membuat proses atomisasi bahan bakar tidak sempurna sehingga bahan bakar tidak berubah menjadi kabut halus secara merata.”

Cadet: “Berarti kualitas atomisasi sangat berpengaruh terhadap pembakaran ya, Bass?”

Third Engineer: “Benar. Kalau atomisasi buruk, pencampuran udara dan bahan bakar juga tidak sempurna. Akibatnya sebagian bahan bakar tidak terbakar dan berubah menjadi jelaga atau karbon.”

Cadet: “Selain rotary cup yang kotor, apakah ada faktor lain yang mempengaruhi?”

Third Engineer: “Ada. Tekanan bahan bakar juga harus stabil. Saat filter bahan bakar mulai kotor, aliran menuju burner menjadi terganggu. Tekanan yang turun membuat kualitas semprotan bahan bakar tidak maksimal.”

Cadet: “Jadi walaupun bahan bakar tetap dipompa, hasil pembakarannya belum tentu baik?”

Third Engineer: “Betul sekali. Banyaknya bahan bakar yang masuk tidak menjamin panas yang dihasilkan juga besar. Yang penting adalah kualitas pembakarannya.”

Wawancara dengan Second Engineer

Cadet: “Bass, saat kejadian produksi steam menurun itu, Bass ikut melakukan pemeriksaan langsung pada burner ya?”

Second Engineer: “Iya, saya ikut melakukan inspeksi bersama Third Engineer. Waktu itu kami melihat boiler membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai tekanan kerja normal.”

Cadet: “Apa yang pertama kali Bass curigai saat melihat kondisi tersebut?”

Second Engineer: “Saya curiga pada sistem pembakaran. Karena burner bekerja terus-menerus tetapi tekanan steam tidak naik sesuai yang seharusnya.”

Cadet: “Apa hasil pemeriksaan yang ditemukan?”

Second Engineer: “Setelah burner dibongkar, ditemukan cukup banyak penumpukan karbon pada bagian rotary cup. Karbon tersebut mengganggu proses penyebaran bahan bakar saat burner beroperasi.”

Cadet: “Menurut Bass, apa yang menyebabkan karbon itu bisa menumpuk?”

Second Engineer: “Biasanya karena pembakaran tidak sempurna. Penyebabnya bisa dari kualitas bahan bakar, viskositas yang terlalu tinggi, tekanan bahan bakar yang tidak stabil, atau suplai udara yang kurang optimal.”

Cadet: “Bagaimana dengan sistem udara pembakaran, Bass?”

Second Engineer: “Sistem udara juga sangat penting. Kalau blower tidak menghasilkan udara yang cukup atau damper tidak berada pada posisi yang sesuai, maka rasio udara dan bahan bakar menjadi tidak seimbang.”

Cadet: “Apa dampaknya jika rasio udara dan bahan bakar tidak sesuai?”

Second Engineer: “Pembakaran menjadi tidak sempurna. Api terlihat redup, muncul asap hitam, konsumsi bahan bakar meningkat, dan produksi steam menjadi lebih lambat.”

Cadet: “Apakah kondisi elektroda juga berpengaruh terhadap kinerja burner?”

Second Engineer: “Sangat berpengaruh. Waktu pemeriksaan kami juga menemukan jarak elektroda mulai renggang. Percikan api yang dihasilkan menjadi lebih lemah sehingga proses ignition tidak maksimal.”

Cadet: “Jadi bisa dikatakan ada beberapa faktor yang saling berkaitan ya, Bass?”

Second Engineer: “Betul. Penumpukan karbon, suplai bahan bakar yang tidak stabil, ketidakseimbangan udara pembakaran, dan kondisi elektroda semuanya dapat menyebabkan burner kehilangan efisiensinya.”