

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER* DI
ATAS KAPAL MV. TANTO ABADI**



I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO
NIT. 09.21.009.1.02

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER* DI
ATAS KAPAL MV. TANTO ABADI**



I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO
NIT. 09.21.009.1.02

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Gede Widhyantara Erix Nugroho

Nomor Induk Taruna : 09.21.009.1.02

Program Studi : Diploma IV Teknika

Menyatakan bahwa KIT Yang saya tulis dengan judul :

ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER* DI ATAS KAPAL MV.

TANTO ABADI

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 21 Juli 2025



I Gede Widhyantara Erix Nugroho

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : **ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER*
DI ATAS KAPAL MV. TANTO ABADI**

Program Studi : **Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal**

Nama : **I Gede Widhyantara Erix Nugroho**

NIT : **09.21.009.1.02**

Jenis Tugas Akhir : **Karya Ilmiah Terapan**

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

Surabaya, 24 April 2025

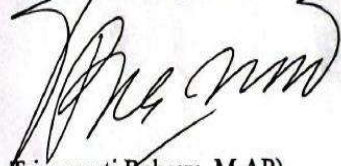
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Agus Prawoto, Si.T, MM)
NIP. 19780817 200912 1 001

Dosen Pembimbing II



(Dr. Trisnowati Rahayu, M.AP)
NIP. 19660216 199303 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemersinan Kapal



(Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E, M.Pd.)
NIP. 19690531 200312 1 001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER*
DI ATAS KAPAL MV. TANTO ABADI
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
PEMESINAN KAPAL
Nama : I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO
NIT : 0921009102
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir
Surabaya, 15 Juli 2025

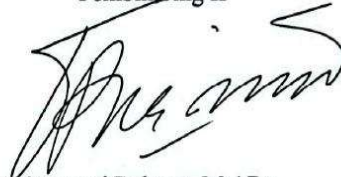
Menyetujui

Pembimbing I



(Agus Prawoto, Si.T, MM)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19780817 200912 1 001

Pembimbing II



(Dr. Trisnowati Rahayu, M.AP.)
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19660216 199303 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Rekayasa Permesinan Kapal



(Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E, M.Pd)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19690531 200312 1 001

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER* DI ATAS KAPAL
MV. TANTO ABADI**

Disusun oleh:

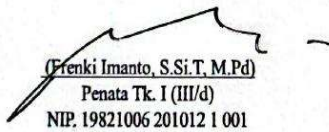
I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO
NIT. 0921009102

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

Surabaya, 07 Juli 2025

Mengesahkan,

Penguji I


(Frenki Imanto, S.Si.T, M.Pd)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19821006 201012 1 001

Penguji II


(Agus Prawoto, Si.T, MM)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19780817 200912 1 001

Penguji III


(Rika Fitriani, S.Pd, M.Pd)
Penata TK.I (III/d)
NIP. 19810731 200312 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi TRPK
Politeknik Pelayaran Surabaya


(Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E, M.Pd)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19690531 200312 1 001

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN *BURNER BOILER* DI ATAS KAPAL MV.
TANTO ABADI**

Disusun oleh:

I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO
NIT. 0921009102

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

Surabaya, 21 Juli 2025

Mengesahkan,

Penguji I



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

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 196905312003121001

Penguji II



(Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E)

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197605282009122002

Penguji III



(Agus Prawoto, S. Si. T, MM)

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197808172009122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi TRPK
Politeknik Pelayaran Surabaya



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

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 196905312003121001

ABSTRAK

I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO, Analisis Sistem Pembakaran *Burner Boiler* di atas Kapal MV. Tanto Abadi. Dibimbing oleh Bapak Agus Prawoto, S,Si.T,MM.Mar.E. dan Ibu Dr. Trisnowati Rahayu,M.AP.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pembakaran *burner boiler* guna menunjang produktivitas steam di kapal MV. Tanto Abadi. *Burner boiler* memiliki peran penting dalam menyediakan energi uap yang digunakan untuk berbagai kebutuhan operasional kapal, seperti sistem propulsi, pemanas, dan penggerak pompa. Namun, permasalahan yang sering terjadi adalah ketidakseimbangan rasio udara dan bahan bakar, tingginya emisi gas buang, serta kurang optimalnya sistem kontrol pembakaran. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara dengan kru kapal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio udara dan bahan bakar yang tidak seimbang serta kondisi komponen *burner* yang tidak optimal menjadi faktor utama penurunan efisiensi sistem pembakaran. Rekomendasi yang diusulkan mencakup pemanfaatan sensor pemantauan *real-time*, sistem kontrol otomatis, dan perawatan rutin guna meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas buang, serta mendukung operasional kapal yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci : *Burner Boiler*, Sistem Pembakaran, *Steam*

ABSTRACT

I GEDE WIDHYANTARA ERIX NUGROHO, *Analysis of Boiler Burner Combustion System on Ship MV. Tanto Abadi. Supervised by Mr. Agus Prawoto, S. Si.T, MM.Mar.E. and Mrs. Dr. Trisnowati Rahayu, M.AP.*

This research aims to analyze the boiler burner combustion system to support steam productivity on MV ships. Tanto Abadi. Boiler burners have an important role in providing steam energy which is used for various ship operational needs, such as propulsion systems, heating and pump drives. However, the problems that often occur are an imbalance in the air and fuel ratio, high exhaust emissions, and a less than optimal combustion control system. This research uses a qualitative descriptive method by collecting data through direct observation and interviews with ship crew.

The research results show that the unbalanced air and fuel ratio and the condition of the burner components that are not optimal are the main factors in reducing the efficiency of the combustion system. The proposed recommendations include the use of real-time monitoring sensors, automatic control systems, and routine maintenance to increase energy efficiency, reduce exhaust emissions, and support more environmentally friendly ship operations.

Keywords: *Boiler Burner,, Combustion System, Steam*

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas penelitian tentang Analisis Sistem Pembakaran *Burner Boiler* di Atas Kapal MV. Tanto Abadi dapat dilaksanakan.

Saya berharap karya tulis ini dapat memberikan wawasan yang bermanfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi pembaca. Tentunya karya ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang.

Dalam proses penyusunan karya tulis ini, saya menyadari bahwa terdapat banyak pihak yang telah memberikan bantuan. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian karya ini.

Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada :

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Poltekpel Surabaya yang telah memberikan fasilitas kepada peneliti.
2. Bapak Dr, Antonius Edy Kristiyono, M. Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah memfasilitasi akademik peneliti.
3. Bapak Agus Prawoto, S, Si.T., MM. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan terkait materi dalam KIT ini.
4. Dr. Trisnowati Rahayu, M.AP Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikkan bimbingan terkait penulisan KIT ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan ilmu dan juga bimbingan selama peneliti menempuh pendidikan.
6. Orang tua saya, Bapak I Made Dara, S.H. dan Ibu Sophia Agustina Irene Porat yang selalu memberi doa restu dan semangat serta motivasi sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
7. Seluruh Taruna-Taruni Politeknik Pelayaran Surabaya yang selalu memberikan semangat dan saran dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini, terutama Angkatan XL.

Demikian, semoga penelitian ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya,2025

I Gede Widhyantara Erix Nugroho
09.21.009.1.02

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN KELAYAKAN.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR POPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	7
C. Kerangka Berpikir.....	40

BAB III METODE PENELITIAN	41
A. Jenis Penelitian.....	41
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	41
C. Jenis dan Sumber Data	42
D. Teknik Pengumpulan Data.....	43
E. Teknik Analisis Data.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
A. Gambaran Umum Objek Penelitian	49
B. Hasil Penelitian	50
C. Pembahasan.....	61
BAB V PENUTUP.....	65
A. Simpulan	65
B. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya	6
Tabel 4. 1 Tekanan F.o dan Uap <i>Boiler</i> Sebelum Diperbaiki	52
Tabel 4. 2 Tekanan F.O dan Uap Boiler Setelah Diperbaiki.....	53
Tabel 4. 3 Jarak Electrode <i>Pilot Burner</i>	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Boiler</i>	11
Gambar 2. 2 <i>Burner Boiler</i>	12
Gambar 2. 3 <i>Steam Drum Boiler</i>	23
Gambar 2. 4 <i>Furnace Boiler</i>	25
Gambar 2. 5 <i>Economizer Boiler</i>	27
Gambar 2. 6 <i>Superheater Boiler</i>	28
Gambar 2. 7 <i>Water Wall Tube Boiler</i>	29
Gambar 2. 8 <i>Air Preheater Boiler</i>	30
Gambar 2. 9 <i>Safety Valve</i>	32
Gambar 2. 10 <i>Feedwater Pump</i>	33
Gambar 2. 11 <i>Gauge Glass</i>	34
Gambar 2. 12 <i>Deaerator</i>	38
Gambar 2. 13 <i>Kerangka Berfikir</i>	40
Gambar 4. 1 <i>Foto Kapal</i>	50
Gambar 4. 2 <i>Nozzle Burner Boiler</i> Sebelum Dibersihkan	51
Gambar 4. 3 <i>Nozzle Burner Boiler</i> Setelah Dibersihkan	53
Gambar 4. 4 <i>Electrode Burner Boiler</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Ship Particular</i> Kapal	70
Lampiran 2 <i>Manual Book Boiler</i>	71
Lampiran 3 Hasil Wawancara	75
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian <i>Burner Boiler</i>	81

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pembakaran pada *burner boiler* memegang peranan yang sangat penting dalam mendukung proses produksi *steam* yang menjadi sumber energi utama di atas kapal. *Steam* ini tidak hanya digunakan sebagai tenaga penggerak turbin untuk sistem propulsi kapal, tetapi juga memiliki berbagai fungsi penting lainnya, seperti sebagai media pemanas ruangan, penggerak pompa, serta dalam proses pengolahan air. Dengan peran yang begitu vital, efisiensi dan stabilitas sistem pembakaran *burner boiler* menjadi faktor krusial yang harus dijaga guna memastikan kelancaran operasional kapal.

Dalam praktiknya, pengoperasian sistem pembakaran pada *burner boiler* menghadapi berbagai tantangan teknis. Ketidakseimbangan rasio antara udara dan bahan bakar merupakan salah satu masalah yang sering muncul, yang dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna serta penurunan efisiensi *boiler*. Selain itu, tingginya emisi gas buang, seperti karbon dioksida (CO₂) dan nitrogen oksida (NO_x), menjadi perhatian serius karena berdampak negatif terhadap lingkungan dan regulasi emisi yang semakin ketat. Tantangan lain yang kerap ditemui adalah penumpukan endapan karbon yang dapat menghambat kinerja *boiler*, sehingga memerlukan perawatan intensif dan meningkatkan biaya operasional kapal.

Seiring dengan perkembangan teknologi modern, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk mengatasi tantangan ini dan meningkatkan efisiensi

sistem pembakaran *burner boiler*. Beberapa solusi yang telah diterapkan meliputi penggunaan sensor canggih untuk pemantauan kinerja sistem secara real-time, penerapan sistem kontrol otomatis untuk menjaga rasio udara dan bahan bakar yang optimal, serta analisis gas buang untuk memastikan proses pembakaran yang lebih bersih dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengimplementasikan metode yang tepat guna meningkatkan efisiensi, kinerja, dan keberlanjutan sistem pembakaran *burner boiler* pada kapal MV. Tanto Abadi.

Dengan perkembangan teknologi modern, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi sistem pembakaran pada *burner boiler*. Inovasi tersebut mencakup penggunaan sensor canggih untuk memantau parameter pembakaran secara *real-time*, penerapan sistem kontrol otomatis yang mampu mengatur rasio udara dan bahan bakar dengan presisi tinggi, serta teknologi analisis gas buang untuk memastikan pembakaran yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Seiring dengan meningkatnya tuntutan terhadap efisiensi energi dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, penerapan teknologi ini menjadi semakin penting di industri perkapalan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sistem pembakaran pada *burner boiler* untuk menunjang produktivitas *steam* di atas kapal MV. Tanto Abadi, dengan memanfaatkan teknologi modern yang ada, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan solusi yang mendukung operasional kapal yang lebih efisien, hemat energi, serta meminimalkan emisi gas buang sesuai dengan standar internasional.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas maka rumusan masalah yang penulis ambil :

1. Apa penyebab terjadinya kegagalan awal pembakaran pada *burner boiler*?
2. Apa saja dampak yang terjadi akibat kegagalan pembakaran pada *burner boiler*?
3. Bagaimana cara mengatasi kegagalan pembakaran pada *burner boiler* untuk menunjang produksi *steam*?

C. Batasan Masalah

Untuk mencegah terjadinya pelebaran pembahasan maka peneliti akan memberikan batasan masalah. Batasan masalah penelitian ini hanya untuk menganalisis apa penyebab terjadinya kegagalan pembakaran pada *burner boiler* serta faktor-faktor teknis yang memengaruhi kinerja *burner boiler* dan menyusun strategi yang tepat agar sistem bekerja lebih efisien dan handal di atas kapal MV. Tanto Abadi.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah memenuhi persyaratan sebagai syarat memperoleh ijazah sarjana terapan, selain memenuhi tugas diklat kepelautan Diploma IV juga agar kita mempelajari tentang kinerja *burner boiler* sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan awal pada *burner boiler* di atas kapal MV Tanto Abadi.

2. Untuk mengetahui dampak apa saja yang terjadi akibat kegagalan pembakaran pada *burner boiler*.
3. Untuk mengetahui cara mengatasi kegagalan pembakaran pada *burner boiler* guna menunjang produksi *steam*.

E. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Dengan berfokus pada sistem pemanas *boiler* yang digunakan pada kapal, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada sistem pembakaran *burner boiler*. Penelitian ini akan memberikan wawasan baru tentang komponen yang mempengaruhi efisiensi pembakaran, seperti rasio udara dan bahan bakar, suhu pembakaran, dan jenis bahan bakar yang digunakan.

Penelitian ini juga akan menemukan cara terbaik untuk mengatasi masalah meningkatkan efisiensi energi *boiler* dan mengurangi emisi gas buang yang merugikan lingkungan. Hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi pembakaran *boiler* yang lebih efisien dan ramah lingkungan dengan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang komponen teknis yang mempengaruhi sistem pembakaran.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini dapat menawarkan solusi praktis untuk

masalah pengoperasian kapal dengan berkonsentrasi pada efektivitas kinerja *burner boiler*, yang berdampak langsung pada efisiensi produksi *steam*. Studi ini diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui berbagai faktor yang memengaruhi sistem pembakaran, seperti rasio udara dan bahan bakar, suhu pembakaran, dan kontrol aliran bahan bakar, untuk mencapai proses pembakaran yang lebih efisien. Sehingga, konsumsi bahan bakar dapat diminimalkan secara signifikan, yang berarti bahwa biaya operasional kapal dapat dikurangi dan perusahaan dapat memperoleh keuntungan finansial yang lebih besar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.1 Review Penelitian Sebelumnya

Sumber: Rafly Novelardy (2023), Maulana (2023), Robbi et al., (2024)

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan Penelitian
1	Rafly Novelardy (2023), Optimalisasi Kinerja <i>Burner</i> guna Menunjang Kelancaran Pengoperasian Ketel Bantu di MV. Manalagi Dasa.	Penelitian ini membahas faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan pembakaran pada <i>boiler</i> di kapal MV. Manalagi Dasa, seperti perawatan yang tidak sesuai dengan PMS (<i>Planned Maintenance System</i>), perangkat pendukung yang tidak optimal, dan keterbatasan pengetahuan kru kapal. Upaya yang disarankan penulis meliputi perawatan rutin sesuai prosedur dan peningkatan pengetahuan kru mengenai sistem pembakaran.	Penelitian saya berfokus pada analisis sistem pembakaran pada <i>burner boiler</i> guna meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas buang, ketidakseimbangan rasio udara dan bahan bakar di atas kapal MV. Tanto Abadi.
2	Anton Maulana (2023), Optimalisasi Perawatan Ketel Uap Terhadap Pembakaran di MV. Tanto Sukses.	Penelitian ini fokus pada perawatan ketel uap untuk mencegah pembakaran terbalik dan kurangnya produksi uap yang dapat membahayakan awak kapal serta mengganggu operasi normal kapal. Penulis menekankan pentingnya pemeliharaan sistem pembakaran <i>boiler</i> untuk memastikan kelancaran operasional kapal.	Lebih fokus pada kinerja sistem pembakaran <i>burner boiler</i> untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas buang, ketidakseimbangan rasio udara dan bahan bakar, perlunya sistem kontrol otomatis.
3	Shofa Dai Robbi (2024), Analisis Gagalnya Pembakaran Pada <i>Boiler</i> di Kapal MT Gas Kalimantan.	Penelitian ini membahas tentang kegagalan pembakaran pada <i>boiler</i> kapal MT Gas Kalimantan disebabkan oleh kotornya filter <i>nozzle</i> serta faktor kelalaian perawatan dan kualitas bahan bakar. Penulis menekankan bahwa perawatan rutin dan penggantian komponen yang rusak, kinerja <i>boiler</i> dapat	Penelitian saya mengarah pada penerapan teknologi modern dalam sistem pembakaran kapal besar serta mengusulkan penggunaan sensor canggih, sistem kontrol otomatis, dan analisis emisi gas buang untuk pembakaran yang lebih efisien.

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Hasil Penelitian	Perbandingan Penelitian
		kembali optimal dan risiko kecelakaan dapat diminimalkan.	

B. Landasan Teori

1. Analisis

Menurut Komaruddin dalam Septian (2020), pengertian analisis adalah kegiatan berpikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen sehingga dapat mengenal tanda-tanda komponen, hubungannya satu sama lain dan fungsi masing-masing dalam satu keseluruhan yang terpadu.

Analisis adalah proses atau kegiatan berpikir yang sistematis, logis, dan objektif untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi bagian-bagian terkecil agar dapat memahami sifat, hubungan, dan fungsi masing-masing bagian dalam kesatuan tersebut. Analisis dilakukan untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya, sebab-musabab, dan duduk perkara suatu peristiwa atau objek yang diamati.

Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui seberapa efisien boiler bekerja dalam mengubah energi bahan bakar menjadi energi panas dan uap, serta mengidentifikasi kerugian energi yang terjadi selama proses pembakaran dan pemindahan panas.

2. Sistem Pembakaran

Menurut Setiawan (2022), sistem pembakaran merupakan suatu sistem terintegrasi yang melibatkan berbagai komponen utama seperti suplai bahan bakar, udara sebagai oksidator, ruang bakar, dan sistem

pembuangan gas hasil pembakaran. Sistem ini dirancang untuk mengatur dan mengendalikan proses pembakaran agar berlangsung secara efisien, stabil, dan aman di dalam mesin atau peralatan tertentu, seperti mesin pembakaran dalam, *boiler*, atau turbin gas. Tujuan utama dari sistem pembakaran adalah mengubah energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar menjadi energi panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga mekanis atau energi listrik.

Menurut Wijaya (2021), sistem pembakaran adalah serangkaian proses mekanis dan kimiawi yang berlangsung di dalam ruang tertutup atau terbuka, yang dirancang untuk mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas. Proses ini terjadi melalui reaksi oksidasi cepat, yaitu reaksi antara bahan bakar dan oksigen yang menghasilkan panas dan sering kali juga cahaya. Dalam sistem pembakaran, reaksi ini berlangsung secara terkendali untuk memastikan efisiensi energi yang tinggi serta kestabilan proses.

Maka dapat disimpulkan, sistem pembakaran adalah suatu rangkaian proses mekanis dan kimiawi yang terintegrasi, di mana bahan bakar bereaksi dengan oksigen (udara) dalam ruang bakar untuk menghasilkan energi panas melalui reaksi oksidasi cepat. Sistem ini dirancang untuk memastikan pembakaran berlangsung secara efisien, stabil, dan aman, serta bertujuan untuk mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi panas yang dapat dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak atau pembangkit energi.

Dalam konteks *burner boiler* di atas kapal, sistem pembakaran memiliki peran sangat penting untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi

yang digunakan untuk berbagai kebutuhan operasional, seperti pemanas bahan bakar, penggerak pompa, hingga keperluan domestik di kapal. Komponen-komponen utama seperti *nozzle*, *blower*, *ignition system*, dan ruang bakar bekerja sama dalam proses atomisasi bahan bakar, pencampuran dengan udara, hingga penyalaan api yang stabil. Efisiensi dan keandalan dari sistem pembakaran ini akan secara langsung memengaruhi produksi *steam*, konsumsi bahan bakar, serta keselamatan operasi kapal secara keseluruhan.

Oleh karena itu, pemahaman tentang prinsip dasar sistem pembakaran dan penerapannya pada *burner boiler* menjadi sangat penting bagi perwira mesin dan kadet dalam menjaga efisiensi energi serta mendukung operasional kapal yang berkelanjutan.

3. *Burner Boiler*

a. Pengertian *Boiler*

Menurut Rizqi Andromeda Suhail (2023) *Boiler* adalah perangkat penting yang dirancang untuk memanaskan air hingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi melalui proses pembakaran bahan bakar. Proses ini melibatkan transfer energi panas dari bahan bakar, seperti batu bara, minyak, gas, atau biomassa, ke air dalam sistem *boiler*. Uap yang dihasilkan memiliki berbagai fungsi kritis, termasuk mendukung kebutuhan operasional di sektor industri, seperti penggerak turbin untuk pembangkit listrik, proses pemanasan dalam produksi kimia, serta pengeringan dalam industri tekstil dan kertas.

Dalam sektor transportasi, *boiler* digunakan di kapal untuk menghasilkan uap yang menggerakkan turbin atau menyediakan sistem pemanas bahan bakar. Selain itu, *boiler* juga dimanfaatkan dalam aplikasi rumah tangga, seperti menyediakan air panas dan sistem pemanas ruangan. Dengan kemajuan teknologi, *boiler* modern kini dilengkapi dengan fitur kontrol otomatis dan sistem efisiensi energi yang lebih baik, memungkinkan penghematan bahan bakar, pengurangan emisi gas buang, serta peningkatan keamanan dan keandalan operasional. Hal ini menjadikan *boiler* sebagai komponen vital dalam berbagai bidang yang membutuhkan energi termal dalam bentuk uap.

Menurut Saidur et.al. (2023) *Boiler* didefinisikan sebagai perangkat yang dirancang untuk menghasilkan uap dengan cara memanaskan air menggunakan energi panas yang diperoleh dari proses pembakaran bahan bakar. Proses ini melibatkan konversi energi kimia dalam bahan bakar, seperti batu bara, gas, minyak, atau biomassa, menjadi energi termal yang ditransfer ke air dalam sistem *boiler*. Uap yang dihasilkan dari *boiler* memiliki berbagai fungsi penting, mulai dari menggerakkan turbin di pembangkit listrik hingga mendukung proses produksi di industri manufaktur, kimia, dan tekstil. Efisiensi *boiler* menjadi faktor kunci yang menentukan kinerja dan hematnya penggunaan bahan bakar, serta dapat dipengaruhi oleh desain *boiler* yang optimal, kondisi operasi seperti tekanan dan suhu kerja, serta kualitas bahan bakar yang digunakan.

Boiler adalah perangkat yang mengubah air menjadi uap bertekanan melalui proses pembakaran. Uap ini digunakan untuk berbagai keperluan, seperti menggerakkan turbin dan pemanas.

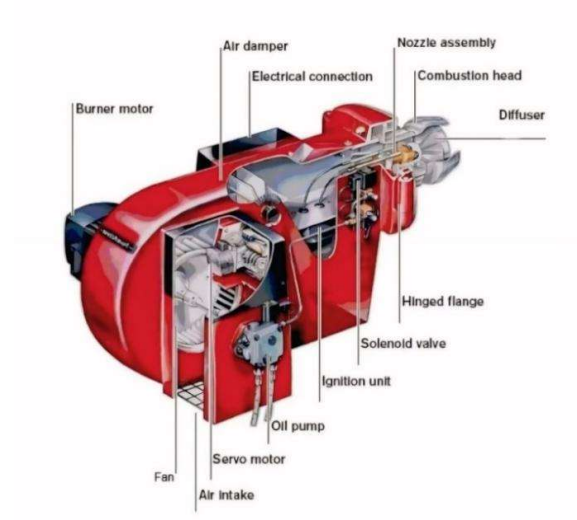


Gambar 2. 1 *Boiler*

Sumber : <https://mitraboiler.com/steam-boiler-kapastas-750-kg-1000-kg-1500-kg-2000-kg-boiler-lokal-vertikal/>

b. Fungsi *Burner*

Menurut Rofiq Syaiful (2019), *Burner* merupakan salah satu komponen utama dalam sistem *boiler* yang memiliki fungsi penting dalam proses pembakaran bahan bakar, khususnya bahan bakar minyak. Fungsi utama *burner* adalah mengubah bahan bakar cair menjadi partikel-partikel kabut halus (proses atomisasi), sehingga memudahkan pencampuran yang optimal dengan udara. Proses ini sangat penting karena pengabutan yang baik memungkinkan terjadinya pembakaran yang lebih efisien dan sempurna, serta menghasilkan panas yang lebih stabil dan merata di dalam ruang bakar *boiler*.



Gambar 2. 2 Burner Boiler

Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/One-stage-dual-fuel-gas-and-60724396759.html>

Dengan distribusi panas yang optimal, *boiler* dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi, konsumsi bahan bakar yang lebih rendah, dan emisi gas buang yang lebih bersih. Oleh karena itu, peran *burner* tidak hanya memastikan efisiensi pembakaran, tetapi juga mendukung performa dan keamanan operasional *boiler* secara keseluruhan. *Burner boiler* bertugas mencampur bahan bakar dan udara untuk menghasilkan pembakaran yang stabil dan efisien. Efisiensi *burner* sangat memengaruhi kinerja *boiler* secara keseluruhan.

c. Komponen-komponen *Burner*

Menurut Rafly Novelardy (2023), ada beberapa bagian komponen yang menunjang kinerja *boiler* dalam suatu pembakaran. Komponen-komponen tersebut yang membentuk suatu sistem pembakaran (*burner*) yang digunakan untuk membakar bahan bakar dalam berbagai aplikasi industri, seperti *boiler*, *furnace*, kiln, atau pembangkit listrik. Setiap

komponen memiliki peran tertentu dalam memastikan bahwa pembakaran berjalan efisien, aman, dan optimal.

Berikut adalah penjelasan mengenai komponen-komponen utama dalam *burner*:

1) *Nozzle*

Nozzle merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pembakaran, terutama pada *burner* yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti *boiler*, kiln, dan *furnace*. Fungsi utama *nozzle burner* adalah mengatur aliran dan penyemprotan bahan bakar, baik dalam bentuk cair maupun gas, sehingga bercampur dengan udara secara optimal untuk menghasilkan pembakaran yang efisien dan sempurna.

Proses atomisasi yang dilakukan oleh *nozzle* memecah bahan bakar menjadi partikel-partikel kecil, yang memungkinkan permukaan kontak antara bahan bakar dan udara menjadi lebih luas. Hal ini penting untuk memastikan *proses* pembakaran berlangsung dengan cepat dan lengkap, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi gas buang.

2) Blower (*Fan*)

Blower (*fan*) burner merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pembakaran yang berfungsi untuk menghasilkan aliran udara yang cukup dan terkontrol ke dalam ruang pembakaran. Blower ini bekerja dengan menciptakan tekanan udara yang membantu mencampur udara dengan bahan bakar secara optimal,

sehingga memastikan proses pembakaran berlangsung secara efisien dan sempurna.

Aliran udara yang dihasilkan oleh blower harus memiliki kecepatan dan tekanan yang sesuai agar rasio udara-bahan bakar tetap berada dalam kondisi yang ideal, yang merupakan faktor penting dalam menghasilkan nyala api yang stabil serta mengurangi pembentukan gas emisi berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x).

3) *Fuel Pump*

Fuel pump adalah komponen vital dalam sistem pembakaran yang berfungsi untuk memompa bahan bakar dari tangki penyimpanan ke *nozzle burner* dengan tekanan yang sesuai. Pompa ini memastikan bahan bakar dapat disuplai secara stabil dan dalam jumlah yang tepat agar proses pembakaran berlangsung secara efisien dan optimal. Keandalan *fuel pump* sangat penting dalam menjaga kestabilan aliran bahan bakar, karena fluktuasi aliran atau tekanan yang tidak konsisten dapat mengganggu proses pembakaran dan menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Pompa bahan bakar melakukan banyak hal untuk mengatasi perbedaan ketinggian atau jarak antara tangki bahan bakar dan pemanas. Dengan menghasilkan tekanan yang cukup tinggi, pompa ini memungkinkan bahan bakar mengalir dengan lancar melewati hambatan atau jalur pipa yang panjang. Berbagai jenis bahan bakar, seperti bahan bakar cair seperti surya, minyak berat, atau bahkan

bahan bakar campuran, biasanya dapat diproses oleh pompa bahan bakar.

4) *Ignition System*

Ignition system adalah sistem yang memiliki peran vital dalam proses pembakaran, yaitu untuk menyalakan campuran bahan bakar dan udara di dalam *burner* sehingga menghasilkan nyala api yang stabil dan efisien. Sistem ini dirancang untuk menciptakan percikan atau suhu tinggi yang cukup guna memulai reaksi pembakaran secara cepat dan aman. Keandalan *ignition system* sangat penting karena proses pembakaran tidak akan berjalan tanpa adanya pemantik awal yang efektif. Dalam berbagai aplikasi industri seperti *boiler*, *furnace*, dan kiln, *ignition system* memainkan peran kunci dalam menjaga kontinuitas operasional sistem pembakaran.

Komponen utama sistem pembakaran terdiri dari *ignition electrode*, yang berfungsi untuk menghasilkan percikan api, *ignition transformer*, yang meningkatkan tegangan listrik untuk menghasilkan percikan yang kuat, dan *spark plug*, yang menyalurkan percikan ke dalam ruang pembakaran. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan sensor untuk mengetahui apakah nyala api berhasil atau tidak dan memastikan bahwa proses pembakaran berlangsung pada tingkat yang diinginkan.

5) *Combustion Chamber*

Combustion chamber adalah ruang atau tempat di mana proses pembakaran bahan bakar berlangsung dalam sebuah sistem

pembakaran. Ruang ini dirancang dengan presisi untuk memastikan bahwa bahan bakar dapat bercampur dengan udara secara optimal, sehingga pembakaran berlangsung secara efisien dan menghasilkan energi panas yang maksimal sesuai kebutuhan aplikasi, seperti pada *boiler*, *furnace*, atau kiln.

Efisiensi pembakaran yang terjadi di *combustion chamber* sangat penting karena akan mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan, termasuk kualitas energi yang dihasilkan dan tingkat emisi gas buang yang dihasilkan. Dirancang untuk menahan suhu dan tekanan tinggi yang dihasilkan selama proses pembakaran, ruang pembakaran harus memiliki material yang tahan panas dan tahan terhadap oksidasi. Ini memastikan daya tahan yang tinggi selama penggunaan yang lama. Selain itu, desain di dalam ruang pembakaran dimaksudkan untuk mengarahkan aliran udara dan bahan bakar secara merata untuk menghasilkan nyala api yang stabil dan pembakaran yang sempurna.

6) *Air Damper*

Air damper adalah salah satu komponen penting dalam sistem pembakaran yang berfungsi untuk mengatur jumlah udara yang masuk ke ruang pembakaran. Dengan perannya sebagai pengontrol aliran udara, *air damper* memastikan terciptanya rasio udara dan bahan bakar yang ideal, yang merupakan faktor kunci untuk mencapai pembakaran yang efisien dan sempurna. Proses pencampuran yang optimal ini tidak hanya menghasilkan energi

panas yang maksimal tetapi juga membantu mengurangi emisi gas buang yang berbahaya, seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x).

Air damper dapat berupa klep atau flap yang dapat diatur secara manual atau otomatis melalui sistem kontrol yang terintegrasi. Sistem pembakaran modern biasanya memiliki aktuator dan sensor yang dapat mengubah aliran udara sesuai dengan perubahan beban operasional. Teknologi ini memastikan sistem berjalan dengan efisien dan hemat energi serta membantu menjaga stabilitas proses pembakaran.

7) *Flame Sensor*

Flame sensor adalah perangkat penting dalam sistem pembakaran yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan api di dalam ruang pembakaran. Sensor ini dirancang untuk memastikan bahwa proses pembakaran berlangsung dengan baik dan api tetap menyala secara stabil.

Peran *flame sensor* sangat vital dalam menjaga keamanan dan efisiensi operasional sistem pembakaran, karena memastikan bahwa pembakaran tidak mengalami gangguan yang dapat menyebabkan risiko kegagalan sistem atau kerugian energi. Perangkat pemadaman api mendeteksi fitur api seperti suhu, radiasi ultraviolet (UV), atau sinyal inframerah (IR). Jika sensor mendeteksi bahwa api padam atau tidak menyala sesuai parameter yang ditentukan, perangkat ini secara otomatis akan memberikan sinyal ke sistem kontrol untuk

menghentikan aliran bahan bakar. Mekanisme ini memastikan bahwa bahan bakar tidak bocor, yang dapat menyebabkan ledakan atau kebakaran yang tidak terkendali.

8) *Control Panel*

Control panel adalah perangkat kontrol yang dirancang untuk mengatur dan memantau operasional sistem pembakaran, seperti *burner* yang digunakan pada *boiler*, *furnace*, atau kiln. Panel ini berfungsi sebagai pusat kendali yang bertanggung jawab dalam mengelola berbagai komponen *burner*, termasuk pengaturan aliran bahan bakar dan udara, suhu, tekanan, serta parameter operasional lainnya.

Dengan adanya *control panel*, proses pembakaran dapat berjalan secara aman, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan operasional industri. Panel kontrol *burner* biasanya memiliki banyak fitur, seperti layar tampilan digital, tombol kontrol manual, indikator status operasi, dan alarm peringatan untuk mendeteksi kondisi abnormal dalam sistem pembakaran. Teknologi modern memungkinkan panel ini terintegrasi dengan sistem kontrol otomatis, yang mampu mengatur proses pembakaran secara *real-time* berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor di berbagai komponen *burner*.

9) *Pressure Gauge*

Pressure gauge adalah alat penting yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem pembakaran, khususnya pada aliran

bahan bakar atau udara yang masuk ke *burner*. Pengukuran tekanan ini sangat krusial karena tekanan yang tepat merupakan salah satu faktor utama untuk mencapai pembakaran yang efisien, stabil, dan aman. Dengan memastikan tekanan berada pada level yang sesuai, sistem dapat beroperasi dengan efisiensi optimal dan risiko gangguan operasional dapat diminimalkan. *Pressure gauge* biasanya dilengkapi dengan skala pengukuran yang jelas dan akurat, memungkinkan operator untuk memantau kondisi tekanan secara *real-time*.

Dalam sistem pembakaran yang lebih canggih, *pressure gauge* dapat terhubung dengan sistem kontrol otomatis yang memberikan peringatan jika terjadi penyimpangan tekanan yang signifikan dari parameter yang telah ditentukan. Jika tekanan terlalu rendah, pembakaran mungkin tidak sempurna, menghasilkan emisi gas beracun dan kehilangan efisiensi. Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sistem atau bahkan kegagalan operasional yang berbahaya.

10) *Temperature Control*

Temperature control adalah sistem atau perangkat yang sangat penting dalam mengatur dan mengontrol suhu dalam proses pembakaran di berbagai aplikasi industri, seperti *boiler*, *furnace*, kiln, dan mesin lainnya yang menggunakan *burner*. Fungsi utama dari *temperature control burner* adalah untuk menjaga suhu pembakaran pada level yang tepat, sehingga proses pembakaran

dapat berjalan efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan spesifik aplikasi.

Dengan mengatur suhu secara akurat, sistem pembakaran dapat beroperasi pada kondisi ideal yang tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga mengoptimalkan kualitas produk yang dihasilkan. Sistem pengatur suhu bekerja dengan memantau suhu di berbagai titik penting dalam ruang pembakaran, serta pada bagian penting seperti *burner* dan *heat exchanger*. Data ini kemudian digunakan untuk menyesuaikan aliran bahan bakar, udara, atau ventilasi secara otomatis untuk menjaga suhu tetap stabil dan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Dalam beberapa aplikasi, pengatur suhu dapat terintegrasi dengan sistem otomatis lainnya.

11) *Exhaust Gas Outlet*

Exhaust gas outlet adalah saluran atau sistem yang digunakan untuk mengalirkan gas hasil pembakaran (*exhaust gases*) dari ruang pembakaran *burner* ke atmosfer atau sistem pembuangan lainnya. Dalam sistem pembakaran, *exhaust gas outlet* berfungsi untuk membuang gas sisa pembakaran yang dihasilkan selama proses pembakaran bahan bakar. Gas-gas ini mengandung zat yang telah terbakar, seperti karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), dan uap air, serta mungkin juga mengandung partikel atau polutan lain, seperti jelaga dan asap, yang terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna.

Sangat penting untuk membuang gas-gas ini melalui *exhaust*

gas outlet untuk menjaga kualitas udara di sekitar fasilitas dan mencegah akumulasi polutan berbahaya. Oleh karena itu, desain *exhaust gas outlet* harus mempertimbangkan efisiensi aliran gas, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan kemampuan untuk menahan korosi yang disebabkan oleh gas buang asam atau mengandung elemen agresif. Saluran ini sering memiliki peralatan tambahan, seperti filter atau *scrubber*, yang menyaring atau menangkap partikel padat sebelum dilepaskan ke atmosfer.

12) *Safety Device*

Safety device adalah perangkat atau sistem yang dirancang untuk melindungi *burner* dan seluruh sistem pembakaran dari potensi bahaya atau kegagalan yang dapat terjadi selama proses pembakaran. Perangkat keselamatan ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem beroperasi dalam kondisi aman dan stabil, serta mencegah terjadinya kecelakaan atau kerusakan yang dapat menimbulkan kerugian besar, baik dari segi finansial maupun keselamatan personel.

Safety device bekerja dengan mendeteksi dan mencegah kondisi berbahaya, seperti kebakaran, kebocoran gas, suhu berlebih, kehilangan api, atau kegagalan aliran bahan bakar, yang bisa berpotensi menyebabkan kerusakan pada *burner*, kebakaran, atau bahkan ledakan. *Gas leak detectors*, *pressure relief valves*, *temperature cutoffs*, dan *flame sensors* adalah beberapa contoh perangkat keselamatan dalam sistem pembakaran. Relai

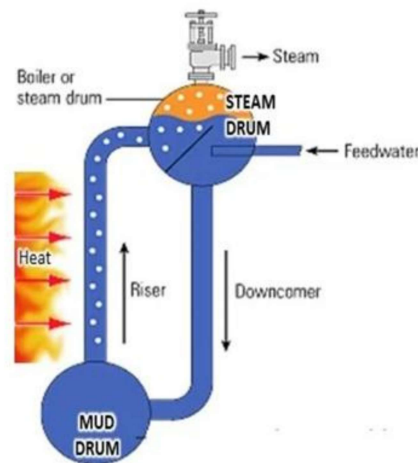
keselamatan api memantau api di dalam ruang pembakaran dan akan secara otomatis menghentikan aliran bahan bakar jika api padam, mencegah kebocoran bahan bakar yang dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. *Gas leak detectors* juga mendeteksi kebocoran bahan bakar.

d. Komponen *Boiler*

1) *Steam Drum Boiler*

Menurut Perry and Green (2023), *Steam Drum Boiler* merupakan salah satu komponen utama dalam sistem *boiler* yang memiliki fungsi krusial dalam proses pengoperasiannya. Secara khusus, *drum* ini berperan sebagai wadah utama untuk memisahkan uap dari air melalui mekanisme pemisahan mekanis dan gravitasi. Proses pemisahan ini melibatkan penggunaan perangkat seperti *cyclone separator* atau demister, yang dirancang dengan presisi tinggi untuk memastikan bahwa uap yang dihasilkan bebas dari partikel air, kotoran, atau kontaminan lainnya.

Dengan demikian, kualitas uap yang dihasilkan tetap terjaga sesuai dengan standar operasional yang ketat, sehingga uap tersebut aman dan siap digunakan untuk berbagai aplikasi industri maupun kelautan, di mana konsistensi dan kualitas uap menjadi faktor penting untuk efisiensi operasional dan keselamatan.



Gambar 2. 3 *Steam Drum Boiler*

Sumber : <https://www.eonchemicals.com/artikel/fungsi-komponen-boiler-dan-prinsip-kerjanya/>

Selain berfungsi sebagai tempat pemisahan, *drum* uap juga berperan penting dalam menjaga kestabilan tekanan di seluruh sistem *boiler*. *Drum* ini menyeimbangkan tekanan dalam sistem, memungkinkan *boiler* beroperasi dengan stabil meskipun terjadi perubahan besar dalam beban operasi, yang sangat penting untuk menjaga kinerja *boiler* tetap optimal karena ketidakstabilan tekanan dapat berdampak pada efisiensi produksi uap dan keselamatan *boiler*.

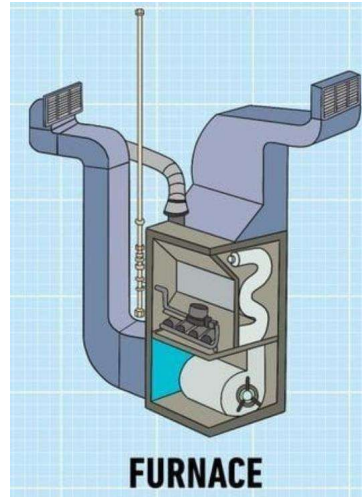
Selain itu, pompa air berfungsi untuk mengontrol tingkat air dalam sistem *boiler*. Kelebihan tingkat air yang tidak terpisahkan dengan baik dapat merusak pompa air.

2) *Furnace*

Menurut Smith et al. (2023), *furnace* adalah komponen utama dalam sistem *boiler* yang memainkan peran penting sebagai ruang pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan panas yang

dibutuhkan dalam proses pemanasan air atau fluida. Fungsi utama *furnace* adalah menyediakan lingkungan yang terkendali untuk proses pembakaran, di mana energi termal dihasilkan dari bahan bakar seperti batu bara, gas, atau minyak. Proses pembakaran ini menjadi inti dari efisiensi operasional *boiler* karena panas yang dihasilkan oleh *furnace* kemudian disalurkan ke berbagai bagian sistem, seperti *water wall tube* dan *superheater*, untuk menghasilkan uap atau energi termal lainnya yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri atau pembangkit tenaga listrik.

Desain *furnace* menjadi faktor krusial dalam memastikan pembakaran berjalan secara efisien. Sebuah *furnace* yang dirancang dengan baik harus mampu mendistribusikan udara secara merata ke seluruh ruang pembakaran, sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna dan efisien. Pendekatan yang baik dalam distribusi udara ini penting untuk menciptakan rasio udara-bahan bakar yang optimal, yang akan menghasilkan pembakaran yang lebih lengkap dan efisien. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi bahan bakar tetapi juga membantu menjaga suhu pembakaran yang stabil dan ideal. Dengan pembakaran yang lebih sempurna, nyala api yang dihasilkan akan lebih stabil, yang berkontribusi pada pengurangan emisi gas berbahaya, seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x), serta mengurangi pemborosan energi.



Gambar 2. 4 *Furnace Boiler*

Sumber : <https://www.familyhandyman.com/article/boiler-vs-furnace/>

Selain itu, desain *boiler* harus mempertimbangkan hal-hal lain seperti pengendalian suhu dan tekanan, aliran gas buang, dan ketahanan material terhadap suhu tinggi yang dihasilkan selama pembakaran. Dengan desain yang efisien dan efektif, *boiler* dapat menghasilkan jumlah panas yang optimal, meningkatkan kinerja sistem *boiler* secara keseluruhan, dan memastikan keberlanjutan operasional yang lebih baik dengan dampak lingkungan yang lebih rendah.

3) *Economizer*

Menurut Muhammad Afirio (2023), *economizer boiler* adalah komponen penting dalam sistem *boiler* yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan panas sisa dari gas buang yang dihasilkan selama proses pembakaran di *furnace boiler*.

Meskipun gas buang ini sudah mengalami penurunan suhu

setelah melewati proses pembakaran, ia masih mengandung sejumlah besar energi termal yang, jika tidak dimanfaatkan dengan baik, akan terbuang percuma ke atmosfer, sehingga mengurangi efisiensi keseluruhan sistem *boiler*. *Economizer* berfungsi untuk menangkap dan menyerap panas sisa ini melalui serangkaian pipa atau plat logam yang dipasang di saluran gas buang.

Panas yang ditangkap oleh *economizer* digunakan untuk memanaskan air umpan yang akan masuk ke dalam *boiler*. Dengan demikian, suhu air umpan dapat ditingkatkan sebelum memasuki *drum boiler*, mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan yang dilakukan oleh *burner boiler*. Hal ini tidak hanya mengurangi konsumsi bahan bakar, tetapi juga mengurangi beban kerja pada *burner*, sehingga memperpanjang umur operasional komponen tersebut dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.

Proses ini mengurangi pemborosan panas, meningkatkan kinerja termal sistem, dan mengoptimalkan penggunaan energi *boiler*. *Economizer* adalah bagian yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan dari operasi *boiler* karena penggunaan panas sisa yang lebih efisien mengurangi kebutuhan bahan bakar yang lebih besar, sehingga mengurangi emisi gas buang.



Gambar 2. 5 *Economizer Boiler*

Sumber : <https://grabcad.com/library/economizer-for-steam-boiler1>

4) *Superheater*

Menurut Saidur et al. (2023), *Superheater boiler* merupakan salah satu perangkat esensial dalam sistem pembangkit uap yang dirancang untuk meningkatkan suhu uap jenuh yang dihasilkan oleh *boiler*. Uap jenuh, meskipun telah berada dalam kondisi tekanan tinggi, masih memiliki suhu yang relatif rendah dibandingkan dengan yang dibutuhkan untuk aplikasi optimal. *Superheater* bekerja dengan memanfaatkan panas sisa dari gas buang atau menggunakan panas langsung untuk memanaskan uap di dalam ruang khusus yang disebut ruang *superheater*. Proses ini bertujuan untuk menaikkan suhu uap hingga mencapai tingkat yang lebih tinggi, menghasilkan uap superpanas yang memiliki kualitas energi lebih baik.

Proses ini dilakukan dengan mengalirkan uap jenuh melalui pipa atau saluran di dalam ruang *superheater* yang terpapar langsung pada aliran gas panas. Panas yang dihasilkan dari gas buang atau sumber panas lainnya kemudian meningkatkan suhu uap hingga

mencapai titik super panas, yang jauh lebih tinggi dari suhu uap jenuh pada kondisi normal. Uap super panas, yang telah mencapai titik ini, memiliki kualitas energi yang jauh lebih baik daripada uap jenuh pada kondisi normal.



Gambar 2. 6 *Superheater Boiler*

Sumber : <https://www.boilermart.co.id/product-page/boiler-superheater-tube>

Sistem pembangkit uap dengan *superheater* dapat meningkatkan efisiensi termal, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan mengoptimalkan kinerja pembangkit energi. Selain itu, uap superpanas memiliki manfaat tambahan karena meningkatkan tekanan dan suhu sistem, yang menghasilkan daya output yang lebih tinggi dan kinerja yang lebih baik dalam berbagai aplikasi industri. Oleh karena itu, *superheater* sangat penting untuk menjamin kinerja *boiler* yang efisien dan memenuhi kebutuhan energi yang lebih besar dengan lebih hemat.

5) *Water Wall Tubes*

Menurut Rizqi Andromeda Suhail (2023), *Water wall tube* adalah komponen integral dalam sistem *boiler* yang dirancang untuk menyerap panas radiasi langsung dari ruang bakar (*furnace*).

Komponen ini terdiri dari serangkaian pipa yang dipasang di sepanjang dinding *furnace* dan berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air yang akan dipanaskan hingga mencapai kondisi uap.

Air yang mengalir melalui pipa-pipa ini menyerap panas dari radiasi api dan gas panas yang dihasilkan selama proses pembakaran, sehingga terjadi konversi energi termal menjadi energi uap dengan efisiensi tinggi. Proses pemanasan air ini sangat penting untuk memastikan bahwa *boiler* dapat menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu yang diperlukan untuk berbagai aplikasi industri atau pembangkit tenaga listrik. Selain fungsi utamanya sebagai penukar panas, *water wall tube* juga memainkan peran krusial dalam melindungi struktur *furnace* dari dampak langsung api dan gas panas yang sangat ekstrem selama pembakaran.



Gambar 2. 7 *Water Wall Tube Boiler*

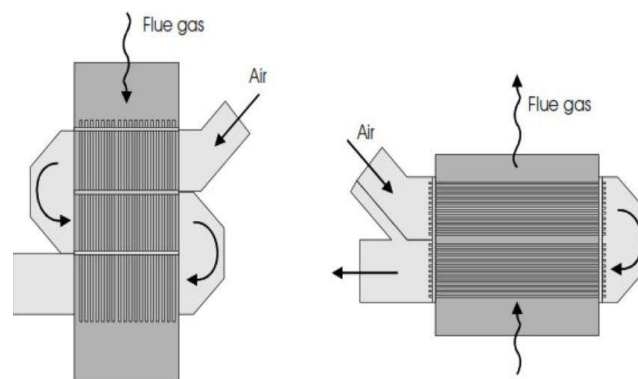
Sumber : <https://www.yoyikscm.com/boiler-water-cooling-wall-tube-of-power-plant-product/>

6) *Air Preheater*

Menurut Smith et al. (2022), *Air preheater* adalah komponen penting dalam sistem *boiler* yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi termal dengan memanfaatkan energi panas yang tersisa dari

gas buang. Alat ini berfungsi dengan cara memanaskan udara segar yang akan digunakan dalam proses pembakaran bahan bakar di *furnace*. Udara yang dipanaskan ini akan memasuki ruang bakar dengan suhu yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran. Dengan udara yang lebih panas, pembakaran bahan bakar dapat terjadi lebih cepat dan lebih merata, yang pada gilirannya menghasilkan energi panas yang lebih maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah.

Efisiensi pembakaran yang ditingkatkan ini tidak hanya berdampak pada pengurangan konsumsi bahan bakar tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Dengan udara yang lebih hangat, pembakaran berlangsung lebih sempurna, mengurangi pembentukan polutan seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon yang dapat merusak kualitas udara dan memperburuk dampak lingkungan. Dengan demikian, *air preheater* memainkan peran penting dalam mendukung operasi *boiler* yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 2. 8 *Air Preheater Boiler*

Sumber : <https://pttensar.com/2024/05/14/air-preheater-pada-boiler-pembangkit-listrik-tenaga-uap/>

Selain meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi, *air preheater* juga memberikan keuntungan dalam hal pemeliharaan dan keandalan sistem. Dalam aplikasi modern, *air preheater* sering dilengkapi dengan teknologi canggih seperti kontrol otomatis, yang memungkinkan pengaturan suhu udara masuk secara *real-time* berdasarkan kondisi operasional *furnace*. Teknologi ini memastikan bahwa suhu udara selalu berada pada level yang optimal untuk mendukung proses pembakaran, bahkan dalam kondisi beban yang fluktuatif.

7) *Safety Valve*

Menurut Perry and Green (2023), *Safety valve boiler* merupakan perangkat keselamatan yang memiliki peran kritis dalam melindungi sistem *boiler* dari bahaya yang timbul akibat tekanan berlebih. Katup ini dirancang untuk beroperasi secara otomatis, melepaskan tekanan berlebih melalui katup pelepas ketika tekanan di dalam *boiler* melebihi batas aman yang telah ditentukan.

Mekanisme pelepasan tekanan ini berfungsi untuk menjaga kestabilan operasional *boiler*, memastikan bahwa sistem tetap berada dalam kondisi yang aman dan menghindari kerusakan pada komponen-komponen vital *boiler* yang dapat terjadi jika tekanan terus meningkat. Tanpa adanya *safety valve*, tekanan yang berlebihan dapat menyebabkan kegagalan struktural pada *boiler*, yang dalam kasus ekstrem bisa berakibat pada ledakan yang sangat berbahaya.

Safety valve dirancang dengan presisi tinggi untuk memastikan respons yang cepat dan efektif dalam kondisi darurat. Katup ini mampu mendeteksi kenaikan tekanan dengan sangat sensitif dan segera membuka untuk melepaskan gas atau uap berlebih, sehingga mencegah kerusakan lebih lanjut pada sistem. Hal ini menjadi sangat penting, terutama pada *boiler* yang beroperasi dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi, di mana risiko kegagalan dapat meningkat. Selain itu, *safety valve* juga berfungsi untuk mengatur dan menstabilkan tekanan dalam sistem, menjaga agar tekanan *boiler* tetap berada dalam parameter yang aman dan efisien.



Gambar 2. 9 *Safety Valve*

Sumber : <https://www.boilermart.co.id/product-page/safety-valve>

8) *Feedwater Pump*

Menurut Saidur et al. (2023), *Feedwater pump* adalah komponen kunci dalam sistem *boiler* yang dirancang untuk memasok air umpan ke dalam *boiler* dengan tekanan tinggi, sehingga memastikan bahwa proses konversi air menjadi uap dapat berlangsung secara kontinu dan stabil. Pompa ini sangat penting

untuk kelancaran operasi *boiler*, karena berfungsi untuk menyediakan pasokan air dalam jumlah yang tepat dan dengan tekanan yang cukup untuk melawan tekanan uap di dalam *boiler*. Dengan cara ini, *feedwater pump* memastikan bahwa proses pemanasan air dalam *boiler* tidak terhenti atau terganggu, sehingga sistem dapat menghasilkan uap sesuai dengan kebutuhan operasionalnya, baik untuk aplikasi industri, pembangkit listrik, maupun aplikasi lainnya.

Feedwater pump berperan dalam menjaga keseimbangan energi di dalam sistem, karena ia bertanggung jawab untuk memastikan bahwa air umpan yang masuk ke *boiler* memiliki tekanan yang cukup untuk melawan tekanan uap yang tinggi di dalam *boiler*. Tanpa pasokan air yang tepat, atau dengan tekanan yang terlalu rendah, sistem *boiler* bisa mengalami kerusakan atau penurunan kinerja yang signifikan, bahkan berpotensi menyebabkan kegagalan operasional. Oleh karena itu, *feedwater pump* mendukung kelangsungan operasi *boiler* dengan memastikan pasokan air yang stabil dan optimal.

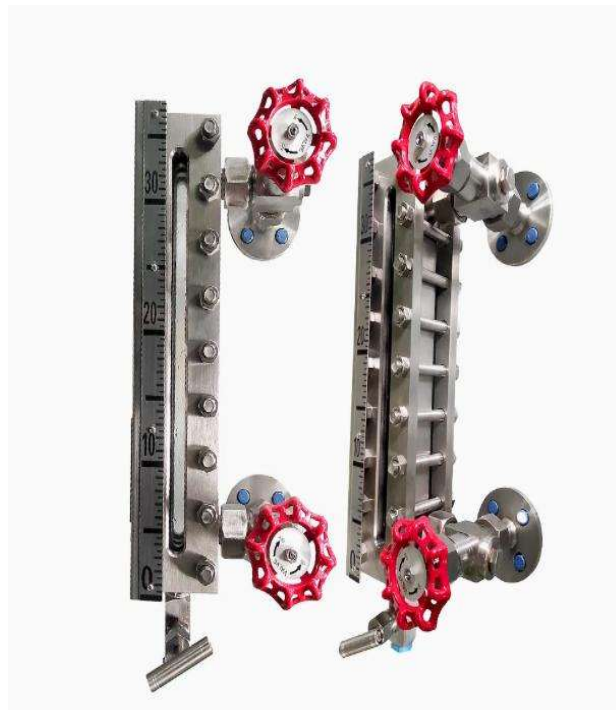


Gambar 2. 10 *Feedwater Pump*

Sumber : <https://www.ant21.co.id/Produk/8-Agitator-and-Pump/-Boiler-Feed-Water-Pump/-Boiler-Feed-Water-Pump.html>

9) *Gauge Glass*

Menurut Muhammad Afirio (2023), *Gauge glass* adalah perangkat yang sangat penting dalam sistem *boiler*, karena memberikan indikasi visual langsung mengenai level air di dalam *boiler* selama operasi berlangsung. Alat ini biasanya dibuat dengan material transparan yang tahan panas, seperti kaca atau akrilik khusus, yang memungkinkan operator untuk melihat level air secara jelas dan akurat. Dengan adanya *gauge glass*, operator dapat dengan mudah memantau ketinggian air dalam *boiler*, memastikan bahwa air berada dalam rentang yang aman dan optimal, yang sangat krusial untuk menjaga kestabilan dan kinerja *boiler*.



Gambar 2. 11 *Gauge Glass*

Sumber : <https://ui-deal.en.madeinchina.com/product/KnYUrSVyagpP/China-Purchase-Quality-Sight-Glass-LevelGauge-Boiler-Sight-Glass-Reflex-Level-Gauge.html>

Pengawasan terhadap level air *boiler* sangat vital karena fluktuasi level air yang tidak terkendali dapat mengarah pada potensi masalah operasional yang serius. Jika level air terlalu rendah, pompa air dan elemen pemanas bisa terpapar udara, yang menyebabkan *overheating*, kerusakan pada komponen internal *boiler*, bahkan kegagalan sistem. Sebaliknya, jika level air terlalu tinggi, proses pembentukan uap bisa terganggu, dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pemanas atau menyebabkan penurunan efisiensi operasional secara keseluruhan. Oleh karena itu, *gauge glass* tidak hanya berfungsi untuk pengamatan visual, tetapi juga sebagai alat pendukung yang sangat penting untuk menjaga keselamatan operasional dan efisiensi *boiler*.

10) *Control System*

Menurut Rizqi Andromeda Suhail (2023) *Control system boiler* adalah sistem elektronik yang berfungsi untuk mengatur dan memonitor semua parameter yang mempengaruhi kinerja *boiler*, seperti pembakaran bahan bakar, pengaturan aliran air umpan, suhu, tekanan, dan sistem pembuangan gas. Sistem ini dilengkapi dengan sensor canggih yang secara *real-time* mendeteksi perubahan dalam kondisi *boiler*, dan menggunakan aktuator untuk melakukan penyesuaian otomatis, sehingga memastikan proses pembakaran berlangsung optimal. Selain itu, pengaturan aliran air umpan juga dijaga agar sesuai dengan kebutuhan *boiler*, sehingga proses konversi air menjadi uap dapat berlangsung dengan efisien dan

aman.

Dengan teknologi modern yang terintegrasi dalam *control system*, seperti penggunaan perangkat lunak berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) dan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga mengurangi emisi gas buang, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan. Kemampuan untuk memantau dan mengontrol kinerja *boiler* secara otomatis juga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi kerusakan atau ketidaksesuaian dalam operasi, yang dapat mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan lebih lanjut pada *boiler*.

11) *Chimney* (Cerobong)

Menurut Rizqi Andromeda Suhail (2023) Cerobong pada *boiler* adalah saluran penting yang dirancang untuk mengalirkan gas buang hasil pembakaran dari sistem *boiler* ke atmosfer secara efisien dan aman. Komponen ini tidak hanya berfungsi sebagai jalur pembuangan, tetapi juga memanfaatkan prinsip aliran termal untuk menciptakan draft alami, yang memainkan peran kunci dalam mendukung kelancaran proses pembakaran di ruang bakar atau *furnace*. Draft alami ini membantu meningkatkan aliran udara segar ke dalam *furnace*, sehingga memperbaiki efisiensi pembakaran dan mengurangi konsumsi bahan bakar. Selain itu, cerobong *boiler* sering kali dirancang dengan pertimbangan teknis seperti tinggi, diameter, dan material konstruksi yang mampu menahan suhu tinggi

dan tekanan gas buang.

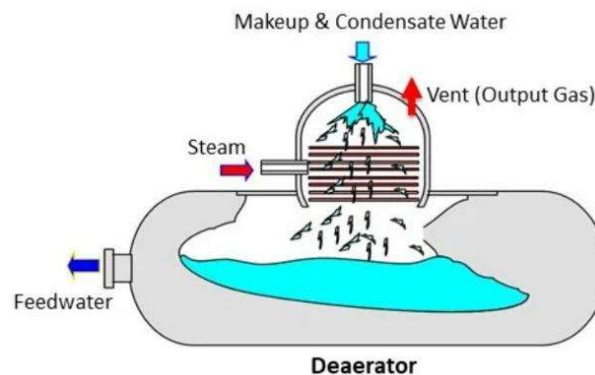
Desain yang optimal memastikan aliran gas buang berlangsung tanpa hambatan, meminimalkan penumpukan residu, dan mengurangi dampak polusi lingkungan. Dalam sistem modern, cerobong *boiler* juga dapat dilengkapi dengan perangkat pengendali emisi, seperti *scrubber* atau filter, untuk menangkap partikel berbahaya dan mengurangi pelepasan gas rumah kaca, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan sekaligus memenuhi standar regulasi emisi yang ketat.

12) *Deaerator*

Menurut Muhammad Afirio (2023), *Deaerator* merupakan salah satu komponen yang sangat vital dalam sistem *boiler*, berfungsi untuk memproses air umpan dengan cara mengurangi atau menghilangkan kadar oksigen serta gas-gas terlarut lainnya, seperti karbon dioksida, yang dapat menyebabkan korosi pada pipa, drum, dan berbagai komponen lain dalam sistem *boiler*. Korosi yang disebabkan oleh gas-gas terlarut ini dapat mempercepat kerusakan struktural pada *boiler*, mempengaruhi kualitas uap yang dihasilkan, dan mengurangi efisiensi keseluruhan sistem. Oleh karena itu, penghilangan gas-gas ini menjadi langkah krusial dalam menjaga keberlanjutan operasi dan keandalan sistem *boiler* dalam jangka panjang.

Proses penghilangan gas-gas ini dilakukan melalui kombinasi dua mekanisme utama, yaitu pemanasan air hingga mendekati titik

dididih dan pengaturan tekanan parsial yang memungkinkan gas-gas terlarut tersebut terlepas dari air umpan. Proses pemanasan ini mendorong gas-gas yang terlarut untuk menguap, sementara pengaturan tekanan dalam *deaerator* membantu memisahkan gas tersebut agar dapat dibuang dengan efisien. Dengan demikian, air umpan yang masuk ke dalam *boiler* menjadi lebih bersih dan tidak mengandung oksigen bebas yang berpotensi menyebabkan korosi, sehingga sistem dapat beroperasi dengan lebih aman dan efisien.



Gambar 2. 12 *Deaerator*

Sumber : <https://www.conchemicals.com/artikel/fungsi-komponen-boiler-dan-prinsip-kerjanya/>

e. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Sistem Pembakaran

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pembakaran *boiler* termasuk berbagai komponen yang dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas proses pembakaran. Faktor pertama adalah kualitas bahan bakar, yang memiliki nilai kalori tinggi dan kadar air rendah akan membakar lebih efisien.

Faktor kedua adalah rasio udara dan bahan bakar yang penting untuk memastikan pembakaran yang sempurna karena rasio yang tidak

tepat dapat menyebabkan pemborosan. Selain itu, keberhasilan pembakaran *boiler* sangat dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan operasi yang tepat. Temperatur yang terlalu rendah atau tekanan yang tidak stabil dapat mengurangi efisiensi pembakaran.

1) Kualitas Bahan Bakar

Kualitas bahan bakar sangat memengaruhi kinerja pembakaran pada *boiler*. Bahan bakar yang tidak sesuai spesifikasi, seperti bahan bakar yang mengandung kadar air tinggi atau kotoran, dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna dan meningkatkan emisi gas buang. Rizqi Andromeda Suhail (2023) menyatakan bahwa bahan bakar dengan nilai kalori yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak energi panas, yang meningkatkan efisiensi pembakaran.

2) Rasio Udara dan Bahan Bakar

Menurut Muhammad Afirio (2023) menekankan bahwa pengaturan rasio udara dan bahan bakar yang tepat memungkinkan proses pembakaran terjadi secara sempurna, mengurangi pemborosan bahan bakar dan menghindari emisi berbahaya. Rasio yang tidak tepat dapat menyebabkan pembakaran tidak lengkap, yang mengakibatkan emisi CO₂ dan gas berbahaya lainnya.

3) Kondisi dan Pemeliharaan *Burner*

Kondisi *nozzle* dan sistem *burner* yang baik sangat mempengaruhi efisiensi pembakaran. Taufiq Hidayat (2023) menjelaskan bahwa *nozzle* yang kotor atau aus dapat mengganggu

distribusi bahan bakar, menyebabkan pembakaran tidak merata dan menurunkan efisiensi *boiler*. Pemeliharaan rutin dan pembersihan *nozzle* serta bagian lainnya dari sistem pembakaran sangat diperlukan untuk menjaga kinerja *burner* tetap optimal.

C. Kerangka Berfikir

Kerangka teoritis ini membantu pembaca memahami bagaimana konsep-konsep yang digunakan dalam penelitian berhubungan satu sama lain dan bagaimana teori-teori yang ada dapat digunakan untuk memecahkan masalah penelitian. Kerangka teoritis juga memberikan pembaca dasar pemikiran yang kuat tentang alasan dan pentingnya penelitian ini.

Dalam konteks ini, penulis akan menggambarkan beberapa kerangka pikiran penelitian bentuk diagram alur untuk menjawab dan menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan, sebagai berikut :



Gambar 2.13 Kerangka Berfikir

Sumber: Peneliti

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Menurut Sarwono (2012:239), prinsip pokok teknik analisis kualitatif ialah mengolah dan menganalisis data-data yang terkumpul menjadi data yang sistematis, teratur, terstruktur, dan mempunyai makna. Dalam hal ini setelah seluruh data dari hasil penelitian diperoleh, dilaksanakan teknik analisa data. Metode ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan kinerja sistem pembakaran *burner boiler* guna menunjang produksi *steam* yang efisien di atas kapal MV. Tanto Abadi.

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan pengambilan data secara langsung di lingkungan operasional *burner boiler* pada kapal MV. Tanto Abadi. Penelitian akan dilakukan dengan mengukur berbagai parameter yang mempengaruhi efisiensi pembakaran dan produksi *steam*.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan penulis pada saat melaksanakan praktik berlayar diatas kapal. Dalam penelitian ini, penulis secara aktif melakukan observasi terhadap sistem pembakaran *burner boiler*, mengumpulkan data melalui wawancara dengan *crew* kapal yang bertanggungjawab atas operasional dan perawatan *boiler*, serta mendokumentasikan berbagai aspek

yang berkaitan dengan efisiensi dan kinerja sistem pembakaran, penelitian ini juga mencakup analisis terhadap factor-faktor yang mempengaruhi produksi *steam*, termasuk pemantauan rasio udara dan bahan bakar, kondisi komponen *burner*, serta tingkat emisi gas buang selama kapal beroperasi.

2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada saat peneliti melakukan praktik berlayar, selama praktek ini peneliti secara langsung mengamati, menganalisis dan mengumpulkan data terkait sistem pembakaran *burner boiler* guna mengoptimalkan produksi *steam*. Proses penelitian mencakup pemantauan operasioanal harian, wawancara dengan *crew* kapal yang bertanggungjawab atas sistem *boiler*, serta dokumentasi terhadap kondisi dan kinerja *burner boiler* selama kapal beroperasi.

C. Jenis Dan Sumber Data

Data yang digunakan dan dikumpulkan dalam penyusunan proposal ini terdiri dari informasi yang diperoleh penulis melalui pengamatan langsung, wawancara maupun dokumentasi. Penulis mengumpulkan data dari sumber-sumber ini untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang topik yang diteliti. Berikut adalah jenis data yang diperoleh dari sumber-sumber tersebut:

1. Data Primer

Menurut Iriyadi et. al (2017), data primer ialah data yang berasal dari sumber asli atau pertama. Data ini tidak tersedia dalam bentuk terkompilasi ataupun dalam bentuk file-file. Data ini merupakan data yang di kumpulkan sendiri oleh penulis dengan cara melakukan pengamatan

secara langsung yaitu dengan hasil observasi. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengumpulkan data primer yaitu dengan melibatkan observasi, wawancara, serta dokumentasi terkait pengoprasian, perawatan dan perbaikan *burner boiler*.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data (Iriyadi et. al, 2017). Data sekunder merupakan data yang dapat di peroleh dengan cara tidak langsung dan tidak melakukan sebuah pengamatan langsung dengan objek yang akan di teliti. Data sekunder ini dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya yang peneliti jadikan referensi untuk menyusun penelitian ini.

D. Teknik Pengumpulan Data

Berikut ini adalah beberapa teknik atau metode pengumpulan data yang penulis gunakan:

1. Teknik Observasi (pengamatan)

Menurut Sugiyono (2016 : 145), Observasi sebagai teknik pengumpulan data mempunyai ciri yang spesifik bila dibandingkan dengan teknik yang lain.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa metode observasi melibatkan pengumpulan data dengan mengamati secara langsung kegiatan yang dilakukan terhadap proses pembakaran dalam *burner boiler*, termasuk suhu pembakaran, tekanan, dan emisi gas buang, serta, inspeksi kondisi fisik

komponen *burner*, seperti *nozzle*, *blower*, *fuel pump*, dan sistem control otomatis, untuk mengetahui apakah ada kerusakan atau penyumbatan yang mempengaruhi kerja.

2. Teknik Wawancara (interview)

Menurut Sugiyono (2016 : 137), wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menentukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga apabila peneliti ingin mengetahui hal – hal dari responden yang lebih mendalam dan jumlah respondennya sedikit/kecil.

Peneliti dapat langsung menanyakan kepada *crew* kapal yang bertugas di atas kapal. Dalam penelitian ini, peneliti mewawancarai KKM selaku penanggungjawab keseluruhan *engine room*, masinis 3 yang mempunyai tugas merawat *burner boiler* serta *oiler* yang berperan langsung dalam pemeliharaan harian dan pengoperasian sistem pembakaran *burner boiler*.

3. Teknik Dokumentasi

Menurut sugiyono (2016 : 240), metode dokumentasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengumpulkan dokumen-dokumen yang relevan, baik dalam bentuk tulisan, gambar, atau rekaman yang mendukung penelitian.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa metode pengumpulan data dengan hal ini peneliti mengambil dokumen dengan bentuk dokumen seperti proses pengoptimalan kinerja *burner boiler*, termasuk kondisi sebelum dan sesudah perawatan serta mencatat data terkait kinerja *burner boiler*, konsumsi bahan bakar, dan parameter pembakaran di

atas kapal MV. Tanto Abadi.

4. Studi Pustaka

Menurut sugiyono (2016 : 291), studi kepustakaan ini berkaitan dengan kajian teoritis dan referensi yang lainnya berkaitan dengan nilai, budaya dan norma yang berkembang pada keadaan sosial yang akan diteliti. Data yang diperoleh adalah data yang relevan terhadap permasalahan yang akan diteliti dengan melakukan studi pustaka lainnya seperti buku, jurnal, dan artikel.

Pada penelitian ini studi kepustakaan diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya yang peneliti jadikan referensi untuk menyusun kajian teori yang berkaitan dengan *burner boiler*.

E. Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan penulis adalah deskriptif kualitatif dalam analisis data. Data yang sudah dikumpulkan sebagai bahan yang dijadikan acuan dalam pembahasan mengenai rumusan masalah yang akan dibahas guna mendapatkan solusi tentunya perlu dilakukan analisa terhadap bahan atau informasi yang diterima, dengan demikian menganalisa data perlu dibutuhkan suatu teknik agar data menjadi lebih akurat dan aktual sebagai bentuk efektifitas suatu informasi yang krusial dalam penentuan solusi yang akan dibahas menjadikan hasil final dari penelitian ini bisa dipertanggung jawabkan.

Adapun analisis data pada penelitian ini menggunakan metode *Miles and Hubberman* yaitu dengan reduksi data, penyajian data, dan kesimpulan.

1. Pengumpulan Data

Proses awal yaitu mengumpulkan data. Proses pengumpulan data ini dilakukan peneliti selama melaksanakan praktik laut di atas kapal MV. Tanto Abadi. Terdapat dua jenis data yang akan peneliti kumpulkan yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer melalui observasi, wawancara dan dokumentasi. Observasi pada penelitian ini dilakukan dengan mengamati secara langsung segala kegiatan yang berkaitan dan berpengaruh terhadap proses pembakaran dalam *burner boiler*. Wawancara dilakukan dengan menanyakan secara langsung terkait *burner boiler* kepada KKM, Masinis III serta *Oiler*. Serta dokumentasi oleh peneliti terhadap segala proses pengoperasian, perawatan dan perbaikan *burner boiler* di atas kapal. Adapun pengumpulan data sekunder yang bersumber dari buku-buku serta jurnal ilmiah terkait landasan teori yang dibutuhkan peneliti dalam menyusun penelitian ini.

2. Reduksi Data

Reduksi data adalah langkah awal yang penting dalam proses pengolahan data, khususnya dalam penelitian ini yang bersifat deskriptif kualitatif. Data yang telah dikumpulkan dari hasil wawancara dengan perwira mesin di atas kapal, observasi langsung terhadap sistem pembakaran *burner boiler*, serta dokumentasi manual operasi dan *maintenance* akan disusun ulang agar lebih sederhana dan mudah dianalisis.

Langkah ini dimulai dengan menuliskan ulang hasil wawancara dan observasi ke dalam bentuk narasi yang lebih jelas. Kemudian, data tersebut dibaca kembali dan dicocokkan dengan teori sistem pembakaran dan

efisiensi *boiler* untuk mengetahui apakah ada kendala atau potensi perbaikan. Hasil reduksi ini akan menjadi dasar dalam mengembangkan solusi guna mengoptimalkan kinerja sistem pembakaran, sehingga proses produksi *steam* di atas kapal MV. Tanto Abadi bisa berjalan lebih efisien dan stabil.

3. Penyajian Data

Setelah data dari wawancara, observasi, dan dokumentasi diringkas, tahap selanjutnya adalah menyajikan data tersebut dengan cara yang sistematis. Data disusun dalam bentuk tabel performa *burner*, diagram alur sistem pembakaran, dan foto dokumentasi sistem *boiler* agar lebih mudah dipahami. Penyajian ini bertujuan untuk menunjukkan secara jelas permasalahan dan kondisi aktual di lapangan, seperti *delay* pemanasan, konsumsi bahan bakar berlebih, atau ketidakseimbangan suplai udara. Dengan tampilan data yang terstruktur, pembaca atau pihak teknis kapal dapat dengan cepat memahami bagian mana yang perlu ditingkatkan dalam sistem pembakaran.

4. Kesimpulan (*conclusion*)

Kesimpulan dari penelitian ini merupakan hasil dari analisis terhadap data yang dikumpulkan dan disajikan sebelumnya. Berdasarkan hasil wawancara dengan perwira mesin, observasi langsung pada proses pembakaran, serta penelaahan dokumentasi operasional, peneliti menyimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor teknis yang dapat diperbaiki untuk meningkatkan efisiensi *burner boiler*. Penarikan kesimpulan ini dilakukan secara deskriptif, mengacu pada fakta yang ditemukan di

lapangan dan dikaitkan dengan teori pembakaran. Dengan kesimpulan ini, diharapkan sistem pembakaran pada *burner boiler* kapal MV. Tanto Abadi dapat bekerja lebih optimal dalam mendukung produksi *steam* yang berkelanjutan dan efisien di atas kapal.