

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KERAK KOTORAN PIPA AIR TERHADAP
MENURUNNYA PRODUKSI *STEAM AUXILIARY BOILER* DI
KAPAL GAS PETROL**



ALDO BINTANG FERDINAN JAYA
NIT. 22.36.306.3.002

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KERAK KOTORAN PIPA AIR TERHADAP
MENURUNNYA PRODUKSI *STEAM AUXILIARY BOILER* DI
KAPAL GAS PETROL**



ALDO BINTANG FERDINAN JAYA
NIT. 22.36.306.3.002

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ALDO BINTANG FERDINAN JAYA

Nomor Induk Taruna : 22 36306 3 002

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya tulis dengan judul:

PENGARUH KERAK KOTORAN PIPA AIR TERHADAP MENURUNNYA PRODUKSI *STEAM AUXILIARY BOILER* DI KAPAL GAS PETROL

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

Surabaya, 10 Juni 2026



ALDO BINTANG FERDINAN JAYA
NIT. 22 36306 3 002

ABSTRAK

JAYA, ALDO BINTANG FERDINAN, 2026. “Pengaruh Kerak Kotoran Pipa Air Terhadap Menurunnya Produksi *Steam Auxiliary Boiler* Di Kapal Gas Petrol” Dibimbing oleh Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. Selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E., M.Ak. Selaku Dosen Pembimbing II.

Boiler, berasal dari kata "*boil*" yang artinya mendidih. *Boiler* menghasilkan uap, mengubah energi kimia dari bahan bakar padat, cair, atau gas menjadi energi panas melalui pemanasan. Uap yang dihasilkan berasal dari transformasi air menjadi uap atau gas dengan memanaskannya di dalam *boiler*, dan membutuhkan sejumlah energi tertentu untuk sepenuhnya terbentuk. Pemanasan air mempercepat pergerakan molekul, menyebabkannya keluar dari medan molekul dan mengubahnya menjadi uap. *Boiler* adalah mesin bantu yang penting di kapal, salah satu fungsinya adalah memanaskan bahan bakar. Bahan bakar kapal umumnya memiliki nilai viskositas yang tinggi, jika viskositas bahan bakar tidak dikurangi bahan bakar mengental dan menjadi sulit dipompa ke ruang bakar. Pemanas digunakan untuk mengurangi viskositas bahan bakar, dikarenakan pemanasan langsung menggunakan api dapat beresiko tinggi terbakar, digunakan *boiler* yang mampu menghasilkan uap panas bertekanan tinggi. Oleh karena itu, pemeliharaan *boiler* sangat penting untuk memastikan kelancaran operasional, permasalahan yang umum terjadi termasuk kerusakan pada komponen penting seperti katup, keran, atau sensor yang mengontrol aliran air dan uap dalam *boiler*. Kerusakan atau kebocoran pipa boiler juga umum terjadi, menyebabkan kehilangan air atau uap panas, yang berpotensi menyebabkan kerusakan serius. Air yang digunakan untuk membentuk uap dalam *boiler* juga sangat mempengaruhi operasinya, karena zat pencemar dan kontaminan yang terlarut dalam air dapat menyebabkan kerusakan pada pipa *boiler*, sementara endapan *scale* dan mineral dalam *boiler* mengurangi efisiensi pemanasan, mengganggu aliran air dan uap, menyebabkan tekanan yang tidak stabil atau bahkan kerusakan komponen internal dan korosi, yang berujung pada kebocoran pipa. Hal di atas merupakan penggambaran tentang *boiler*, yang dimana kerak kotoran atau *scale* berpengaruh terhadap produksi *steam* yang dihasilkan. Dalam hal ini *boiler* merupakan permesinan bantu yang digunakan untuk memproduksi *steam* untuk menunjang operasional kapal.

Kata Kunci: *Boiler*, pengaruh kerak kotoran, stabilitas operasional

ABSTRACT

JAYA, ALDO BINTANG FERDINAN, 2024. *"The Influence of Scale Deposits in Water Pipes on the Decrease of Steam Auxiliary Boiler Production on Ships"* Guided by Mr. DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd. as Advisor I and Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, S.E., M.Ak. as Advisor II.

"Boiler" originates from the word "boil," indicating the process of boiling. Boilers produce steam, converting the chemical energy from solid, liquid, or gaseous fuel into heat energy through heating. The steam produced results from the transformation of water into vapor or gas by heating it within the boiler, requiring a certain amount of energy to fully form. Heating water accelerates molecular movement, causing it to escape the molecular field and convert into steam. Boilers are essential auxiliary machinery on ships, with one of their functions being fuel heating. Ship fuels generally have high viscosity values, and if fuel viscosity is not reduced, the fuel thickens and becomes difficult to pump into the combustion chamber. Heaters are used to decrease fuel viscosity, as direct heating using fire poses a high risk of combustion, high-pressure boilers capable of producing hot steam are utilized. Therefore, boiler maintenance is crucial to ensure smooth operation, common issues including damages to critical components such as valves, taps, or sensors controlling water and steam flow within the boiler. Boiler pipe damage or leakage is also common, resulting in loss of water or hot steam, potentially causing serious damage. The water used to form steam in the boiler also significantly affects its operation, as dissolved impurities and contaminants in the water can cause damage to boiler pipes, while scale and mineral deposits within the boiler reduce heating efficiency, disrupt water and steam flow, leading to unstable pressure or even internal component damage and corrosion, ultimately resulting in pipe leakage. The above description illustrates boilers, where scale or dirty deposits affect the production of steam. In this regard, boilers are auxiliary machinery used to produce steam to support ship operations.

Keywords: *Boiler, the influence of dirty deposits, operational stability*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur disampaikan kepada Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan dengan judul :

“PENGARUH KERAK KOTORAN PIPA AIR TERHADAP MENURUNNYA PRODUKSI *STEAM AUXILIARY BOILER* DI KAPAL GAS PETROL”

Salah satu syarat bagi taruna untuk menyelesaikan studi di program Sarjana Terapan adalah menyusun Laporan Tugas Akhir karya ilmiah terapan. Laporan Tugas Akhir ini berfungsi sebagai pembekalan bagi Taruna dalam menjalani Praktek Laut di atas kapal. Karena itu, dengan rasa hormat yang tinggi, peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak MOEJIONO, M.T., M.Mar.E., selaku Direktur yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya
2. Bapak Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi TRPK yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, terutama Progam Studi TRPK.
3. Bapak DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I, yang membimbing dalam mengembangkan materi Karya Ilmiah Terapan ini.
4. Ibu Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, S,E, M.Ak., selaku Dosen Pembimbing II, yang membimbing dalam mengembangkan penelitian Karya Ilmiah Terapan ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, terutama di lingkungan program studi TRPK, yang telah memberikan ilmu dan wawasan sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
6. Kedua orangtua peneliti, Bapak Purnomo dan Ibu Sumarsih yang selalu memberikan dukungan dan semangat sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
7. Seluruh Taruna/I Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah membantu dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini.

Demikian akhir kata peneliti berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi peneliti khususnya. Semoga Allah Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 2026

ALDO BINTANG FERDINAN JAYA
NIT.22.36.306.3.002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	10
B. Landasan Teori	13
1. Kualitas air	13

2. Boiler.....	16
C. Kerangka Pikir Penelitian	28
D. Hipotesis.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
C. Populasi dan Sampel Penelitian	32
D. Definisi Operasional Variabel	33
E. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data.....	34
F. Teknik Analisis Data	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	39
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian/Subjek Penelitian.....	39
B. Hasil Penelitian	39
C. Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP.....	57
A. Simpulan	57
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Permasalahan terkait kerak kotoran pipa boiler	6
Tabel 2. 1 <i>Review</i> Penelitian sebelumnya	10
Tabel 4. 1 <i>Water Test</i> boiler before maintenance	43
Tabel 4. 2 <i>Water Test</i> boiler after maintenance	44
Tabel 4. 3 Hasil Uji Deskriptif	45
Tabel 4. 4 Hasil Uji Normalitas.....	46
Tabel 4. 5 Hasil Uji Multikolineritas.....	47
Tabel 4. 6 Hasil Uji t parsial.....	48
Tabel 4. 7 Hasil Uji F simultan	50
Tabel 4. 8 Hasil koefisien determinasi R^2	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ketel pipa api	18
Gambar 2. 2 Ketel pipa air	19
Gambar 2. 3 Drum ketel uap	20
Gambar 2. 4 <i>Steam stop valve</i>	21
Gambar 2. 5 <i>Steam stop valve</i>	21
Gambar 2. 6 Katup pengaman (<i>Safety valve</i>).....	22
Gambar 2. 7 Gelas penduga (<i>Water gauge</i>)	23
Gambar 2. 8 Pengukur tekanan (<i>Pressure gauge</i>).....	24
Gambar 2. 9 <i>Burner</i>	24
Gambar 2. 10 <i>Blow down valve</i>	25
Gambar 2. 11 <i>Manhole</i>	26
Gambar 2. 12 Kerangka Pikir.....	29
Gambar 4. 1 Uji Heteroskedastisitas.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Deskriptif	61
Lampiran 2 Hasil Uji Normalitas	61
Lampiran 3 Hasil Uji Multikolineritas	61
Lampiran 4 Hasil Uji t parsial	62
Lampiran 5 Hasil Uji f	62
Lampiran 6 Hasil Koefisien determinasi R^2	62
Lampiran 7 <i>Pressure Gauge Boiler</i> sebelum perawatan	63
Lampiran 8 <i>Pressure Gauge Boiler</i> sesudah perawatan	63
Lampiran 9 kondisi <i>steam drum boiler</i> kapal Gas Petrol	64
Lampiran 10 <i>water test boiler</i> kapal gas petrol	64

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Indonesia menempati posisi geografis di antara Benua Asia dan Australia serta berada dalam kawasan yang diapit oleh Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Kondisi wilayah tersebut memberikan keuntungan strategis bagi Indonesia. Perkembangan teknologi yang berlangsung semakin pesat turut memperkuat pengenalan Indonesia di tingkat internasional, khususnya dalam bidang pelayaran. Selain itu, letaknya pada jalur dua samudra, yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, menjadikan Indonesia sebagai salah satu kawasan penting dalam lalu lintas pelayaran internasional. Untuk mengoptimalkan potensi tersebut, dibutuhkan armada yang mampu menunjang berbagai layanan transportasi barang maupun penumpang. Terlebih lagi, kebutuhan pasar terhadap perpindahan dari satu wilayah ke wilayah lain saat ini terus meningkat. (Branasta dan Irawan, 2020).

Transportasi laut menjadi pilihan yang populer karena harganya terjangkau yang menghemat anggaran konsumen. Indonesia memiliki wilayah perairan yang luas, sehingga transportasi laut menjadi pilihan utama, terutama dalam industri. Perairan Indonesia dikenal sebagai jalur perdagangan dunia karena wilayah perairannya yang luas, yang memudahkan ekspor dan impor melalui jalur laut. Dalam aktivitas perdagangan, transportasi laut memiliki kedudukan yang sangat penting karena termasuk salah satu moda angkutan yang paling efisien. Melalui transportasi laut, barang maupun penumpang dapat

dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang jauh dengan biaya yang relatif lebih rendah. Peran tersebut tidak hanya berlaku pada perdagangan dalam negeri, tetapi juga pada perdagangan antarnegara. Sebagian besar kegiatan ekspor dan impor masih mengandalkan kapal laut sebagai sarana pengangkutan utama, meskipun pada rute tertentu tersedia alternatif transportasi darat, seperti truk dan kereta api. Pilihan penggunaan kapal laut sebagai sarana pengangkutan barang dipilih karena berbagai alasan, termasuk kapasitas pengangkutan yang lebih besar serta biaya pengangkutan yang lebih terjangkau. (Fitriani dan Imtiyaz, 2023).

Kapal merupakan alat transportasi yang kehadirannya telah ada sejak zaman dahulu, seperti sampan atau perahu yang lebih kecil. Seiring berjalannya waktu, kapal telah menjadi sarana yang vital bagi manusia dalam menjelajahi sungai atau lautan. Awalnya, manusia menggunakan kano, rakit, atau perahu kecil, namun seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan kapasitas angkut yang lebih banyak, dibuatlah kapal yang lebih besar. Zaman dahulu, pembuatan kapal menggunakan berbagai bahan seperti kayu, bambu, dan kemudian logam seperti besi atau baja, untuk memenuhi kebutuhan akan kekuatan. Penggerak kapal awalnya bergantung pada tenaga manusia dengan menggunakan dayung, kemudian menggunakan angin dengan bantuan layar, dan menggunakan mesin uap. (Jafar, 2021).

Kapal laut berperan penting dalam menghubungkan masyarakat di pulau-pulau Indonesia. Sejarah perkapalan Nusantara masih minim bukti, tetapi kedatangan bangsa Eropa membuka wawasan baru terhadap bangsa Indonesia. Catatan dan lukisan Eropa memungkinkan rekonstruksi bentuk kapal Nusantara

dari abad ke-16 hingga ke-18, pengaruh asing mempercepat kemajuan industri kapal Indonesia. (Fiqri, 2020).

Berbagai teknologi dan sistem permesinan digunakan di atas kapal untuk menunjang operasionalnya, salah satunya ialah ketel uap yang hingga kini masih banyak dimanfaatkan. Pada masa awal penggunaannya, ketel uap dipakai sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin uap, kemudian turbin tersebut memutar baling-baling kapal. Namun, seiring berkembangnya teknologi permesinan kapal, penggunaan mesin uap torak sebagai penggerak *propeller* semakin jarang dijumpai. Selain pernah digunakan dalam sistem penggerak kapal pada periode sebelumnya, ketel uap atau *boiler* hingga kini banyak dimanfaatkan pada kapal tanker untuk kebutuhan pemanasan bahan bakar, ruangan, air, serta keperluan dapur. Secara asal kata, istilah boiler berasal dari bahasa Inggris “*boil*” yang memiliki arti mendidih. *Boiler* dapat didefinisikan sebagai peralatan penghasil uap yang bekerja dengan mengubah energi kimia dari bahan bakar padat, cair, maupun gas menjadi energi panas melalui proses pendidihan.

Uap dihasilkan ketika air di dalam ketel menerima panas hingga berubah wujud menjadi gas, dan perubahan tersebut memerlukan energi tertentu agar dapat berlangsung secara sempurna. Selama proses pemanasan, molekul air bergerak lebih cepat sampai mampu melepaskan diri dari ikatan antarmolekul dan berubah menjadi uap. Oleh karena itu, air yang berada dekat dengan sumber panas akan mempunyai temperatur lebih tinggi dibandingkan air yang letaknya lebih jauh, sehingga air panas naik dan air dingin turun. Siklus ini berlangsung

terus-menerus, dan uap yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai keperluan operasional kapal.

Boiler termasuk permesinan bantu yang berperan penting dalam menunjang operasional kapal, salah satunya sebagai pemanas bahan bakar. Secara umum, bahan bakar yang digunakan pada kapal memiliki tingkat viskositas cukup tinggi karena berhubungan langsung dengan kekentalannya. Jika viskositas tersebut tidak dikurangi, bahan bakar akan menjadi semakin pekat sehingga sulit dialirkan atau dipompa menuju ruang bakar. Untuk menurunkan kekentalan bahan bakar, digunakan pemanas atau heater. Dalam proses ini, pemanasan secara langsung menggunakan api perlu dihindari karena bahan bakar memiliki risiko mudah terbakar yang tinggi. *Boiler* dimanfaatkan untuk menghasilkan uap panas bertekanan atau *steam*. Dalam proses pemanasan bahan bakar, *steam* dari boiler dialirkan melalui pipa-pipa yang ditempatkan di dalam tangki bahan bakar maupun pada jalur aliran bahan bakar menuju mesin penggerak utama. Selain digunakan untuk memanaskan bahan bakar, boiler juga berfungsi sebagai pemanas minyak pelumas.

Boiler di atas kapal juga digunakan sebagai akomodasi, diantaranya untuk pemanas ruangan, pemanas air dan keperluan yang ada di dapur kapal. Oleh sebab itu *boiler* harus dilakukan perawatan untuk menunjang operasionalnya tetap lancar, masalah-masalah yang sering terjadi pada *boiler* diantaranya kerusakan pada bagian penting *boiler* seperti katup, klep atau sensor yang mengontrol aliran air dan uap dalam *boiler*. Kerusakan atau kebocoran pipa *boiler* juga sering terjadi yang mengakibatkan kehilangan air atau uap panas yang berpotensi menyebabkan kerusakan serius, air yang digunakan untuk

membentuk uap didalam *boiler* juga sangat berpengaruh pada operasional *boiler*, andungan air dan kotoran yang ikut terbawa masuk ke dalam boiler dapat menimbulkan kerusakan pada pipa-pipa di bagian dalam boiler. Kerak serta endapan mineral yang terbentuk di dalam *boiler* dapat menurunkan efisiensi pemanasan, menghambat aliran air dan uap, menyebabkan tekanan menjadi tidak stabil, bahkan merusak komponen internal. Kondisi tersebut juga dapat memicu korosi yang berpotensi menimbulkan kebocoran pada pipa-pipa *boiler*.

Berdasarkan hasil pengamatan selama praktik laut, ditemukan bahwa tekanan steam auxiliary boiler mengalami penurunan yang berpengaruh pada produksi *steam*, dari kondisi normal sebesar 6 bar menjadi 4,9 bar. Penurunan ini diduga disebabkan oleh kualitas air boiler yang ditandai dengan meningkatnya nilai alkalinity dan chloride serta ketidakseimbangan pH, yang memicu terbentuknya kerak pada pipa air *boiler*. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya proses perpindahan panas sehingga produksi *steam* menjadi tidak optimal. Perawatan *boiler* kapal perlu dilakukan secara optimal karena boiler termasuk komponen penting yang berperan dalam mendukung kelancaran operasional kapal. Dengan memahami urgensi perawatan *boiler*, operator kapal dapat menentukan tindakan yang tepat untuk mempertahankan kondisi boiler agar tetap baik sehingga operasional kapal dapat berjalan lancar.

Betapa pentingnya peran *boiler* di kapal untuk menjaga agar dapat menghasilkan uap, oleh sebab itu sudah sewajarnya apabila *boiler* sebagai alat produksi uap harus mendapat perhatian yang serius, ada beberapa penyebab menurunnya kinerja *boiler*. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja boiler adalah kualitas air umpan. Kandungan air seperti *P-Alkalinity*, *Chloride*, dan *pH*

yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan gangguan operasional, termasuk penurunan tekanan *steam*. Mengingat pentingnya perawatan dan besarnya bahaya yang dapat ditimbulkan maka peneliti tertarik untuk mengambil judul: **“PENGARUH KERAK KOTORAN PIPA AIR TERHADAP MENURUNNYA PRODUKSI *STEAM AUXILIARY BOILER* DI KAPAL GAS PETROL”**.

Tabel 1. 1 Permasalahan terkait kerak kotoran pipa *boiler*

No.	Permasalahan	Dampak
1.	Timbul kerak kotoran pada pipa <i>boiler</i> .	Kerak dan endapan mineral yang terbentuk di dalam <i>boiler</i> dapat menyebabkan kerusakan pada pipa-pipa <i>boiler</i> . Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan efisiensi pemanasan, tetapi juga menghambat sirkulasi air dan uap. Akibatnya, tekanan menjadi tidak stabil, komponen internal berisiko mengalami kerusakan, serta korosi dapat terjadi hingga menimbulkan kebocoran pada pipa-pipa <i>boiler</i> . Gangguan tersebut pada akhirnya dapat menghambat kelancaran operasional kapal.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah *Ph*, *P-Alkalinity* dan *chloride* berpengaruh terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*?
2. Upaya apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab timbulnya kerak di dalam pipa air *boiler*?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini diarahkan pada kajian mengenai penurunan tekanan boiler yang terjadi selama peneliti menjalani praktek di atas kapal Gas Petrol selama 12 bulan. Untuk menjaga agar pembahasan tetap berada pada ruang lingkup

yang telah ditetapkan, peneliti menentukan sejumlah batasan dalam penelitian ini. Batasan tersebut disusun agar arah kajian lebih terfokus dan tidak keluar dari tujuan yang hendak dicapai. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada *auxiliary boiler* yang digunakan selama praktik laut di kapal Gas Petrol.
2. Parameter kualitas air boiler yang diteliti meliputi *pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride* yang dalam penelitian ini digunakan sebagai indikator pembentukan kerak (*scale*) pada pipa air *boiler*, tanpa melakukan pengukuran kerak secara langsung.
3. Data pada penelitian ini diambil selama periode bulan November 2024 sampai Agustus 2025.
4. Analisis data dilakukan menggunakan metode regresi linier berganda.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji, menganalisis, serta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai permasalahan yang dibahas. Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh kualitas air boiler (*pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride*) sebagai indikator pembentukan kerak terhadap penurunan tekanan *steam auxiliary boiler*.
2. Untuk mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyebab timbulnya kerak di dalam pipa air *boiler*.

E. Manfaat Penelitian

Kajian ini membahas *auxiliary boiler* yang mengalami penurunan produksi steam akibat terbentuknya kerak kotoran. Kondisi tersebut terjadi karena kualitas air yang kurang baik sehingga menimbulkan endapan pada pipa *boiler*. Manfaat yang hendak diperoleh peneliti melalui penelitian ini meliputi:

1. Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber pembelajaran dan menambah wawasan, khususnya bagi prodi teknik, mengenai pentingnya perawatan serta pemeriksaan air pada *auxiliary boiler* dalam mendukung kelancaran operasional kapal.

a. Bagi taruna prodi teknika

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bacaan untuk memperluas pemahaman, wawasan, dan pengetahuan terkait perawatan *auxiliary boiler* agar operasional kapal dapat berjalan dengan baik.

b. Bagi masinis

Temuan dalam penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi masinis untuk meningkatkan pengetahuan serta menentukan langkah pencegahan terhadap permasalahan tersebut.

2. Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi rekan seprofesi, perusahaan kapal, serta pembaca lainnya dalam upaya mencegah permasalahan yang berhubungan dengan *auxiliary boiler*. Bagi perusahaan pelayaran, hasil kajian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dan

masuk dalam menangani gangguan pada auxiliary boiler, sehingga operasional kapal tetap berjalan lancar dan perkembangan perusahaan pelayaran pada masa mendatang dapat lebih didukung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Literature review termasuk salah satu teknik yang dapat diterapkan dalam proses penelitian. Melalui *literature review*, peneliti dapat memahami arah perkembangan suatu topik serta mengidentifikasi teori dan metode yang sesuai dengan kajian yang dilakukan (Cahyono et al., 2019). Dalam penyusunannya, pengumpulan berbagai referensi dari penelitian terdahulu yang relevan dengan topik kajian menjadi langkah penting, sebab bidang yang diteliti berpotensi memiliki keterkaitan atau kesamaan dengan penelitian sebelumnya.

Temuan dari studi terdahulu dapat dijadikan acuan oleh peneliti sebagai bahan pembanding terhadap penelitian yang sedang dilaksanakan. Dalam konteks ini, referensi dari penelitian sebelumnya dapat membantu peneliti untuk lebih memahami tentang *auxiliary boiler*, terutama dalam hal pengaruh kerak kotoran terhadap menurunnya produksi *steam auxiliary boiler*. Karena itu, referensi dari penelitian sebelumnya sangat berharga bagi peneliti untuk menghasilkan penelitian yang lebih relevan dan berkualitas sesuai dengan situasi yang ada di lapangan.

Tabel 2. 1 *Review Penelitian sebelumnya*

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Cynthia Angellina (2023)	Pengaruh kebocoran pipa <i>sunrod</i> terhadap menurunnya produksi <i>steam auxiliary boiler</i> di MT ENDURO.	Permasalahan air pengisi ketel di atas kapal perlu mendapat perhatian serius karena dapat memicu kerusakan pada instalasi yang berkaitan dengan korosi. Oleh sebab itu. Peneliti menyusun beberapa saran yang dapat digunakan sebagai langkah pencegahan terhadap permasalahan pada <i>auxiliary boiler</i> serta sebagai bahan

No.	Peneliti	Judul	Hasil
			pertimbangan. Saran yang dirumuskan adalah sebagai berikut: 1. Perawatan air ketel sebaiknya dilaksanakan secara berkala dengan mengikuti prosedur yang tepat sebagaimana tercantum dalam <i>instruction manual book</i>. 2. Material <i>chemical</i> di atas kapal perlu dipastikan tersedia dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan operasional. 3. Pemahaman mengenai perawatan air ketel sebaiknya ditingkatkan melalui pembacaan dan penguasaan manual book yang tersedia.
2.	Mohammad Navis Tegar Mahayu (2022)	Identifikasi Kebocoran <i>Water Tube Boiler</i> Di MV. DK 02.	1. Kebocoran pipa air boiler dapat dipicu oleh beberapa faktor, seperti pelaksanaan <i>Plan Maintenance System Boiler</i> yang belum dilakukan secara teratur, temperatur pembakaran yang terlalu tinggi, mutu material konstruksi pipa air yang kurang baik, serta kondisi pipa air boiler yang sudah keropos karena usia pemakaian. Selain itu, kualitas air pengisi boiler yang tidak memenuhi standar, keterbatasan pengetahuan <i>crew</i> kapal, kurang efektifnya komunikasi, dan rendahnya keterampilan <i>crew</i> kapal juga menjadi faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kebocoran. 2. Dampak kebocoran pada pipa air <i>boiler</i> dapat mengganggu kelancaran operasional kapal. Produksi steam oleh boiler menjadi tidak optimal, tekanan steam menurun hingga berada di bawah batas minimum, dan <i>burner boiler</i> berisiko mengalami kerusakan akibat tetesan air dari pipa yang bocor. Selain itu, penanganan terhadap kebocoran pipa air <i>boiler</i> dapat menimbulkan kerugian waktu, baik saat kapal berlayar maupun ketika kegiatan bongkar muat berlangsung, karena beberapa mesin harus dihentikan untuk sementara waktu. 3. Kerugian juga terjadi pada penggunaan air tawar karena air pengisian <i>boiler</i> perlu dibuang sebelum proses perbaikan dilakukan.

No.	Peneliti	Judul	Hasil
			4. Upaya pencegahan kebocoran pipa <i>air boiler</i> dapat dilakukan melalui pelaksanaan perawatan dan <i>maintenance</i> secara teratur sesuai PMS (<i>Planned Maintenance System</i>) yang berlaku. Selain itu, peningkatan speed kapal perlu dilakukan secara bertahap dengan durasi yang lebih panjang, terutama ketika kapal akan mencapai kondisi <i>speed full away</i> . Pencegahan lainnya mencakup penggantian pipa-pipa air <i>boiler</i> dengan material yang lebih berkualitas, pemeriksaan pH air pengisi <i>boiler</i> secara rutin, serta kepatuhan terhadap ketentuan yang tercantum dalam <i>manual book</i> di kapal.

Penelitian pertama mengkaji pengaruh kebocoran pipa sunrod terhadap penurunan produksi *steam boiler*; hasil dari penelitian pertama peneliti memberikan saran mengenai perawatan dan langkah-langkah guna menjaga operasional *boiler*. Hasil penelitian kedua membahas tentang kebocoran *water tube boiler*, pada penelitian kedua dapat diketahui faktor penyebab, dampak yang ditimbulkan dari kebocoran *water tube boiler*, dan Langkah pencegahan dilakukan untuk meminimalkan risiko terjadinya kebocoran pada *water tube boiler*. Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa permasalahan pada *auxiliary boiler* banyak dipengaruhi oleh kualitas air dan kondisi pipa, seperti kebocoran maupun pembentukan kerak. Namun, penelitian sebelumnya lebih berfokus pada kebocoran pipa, sedangkan penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh kualitas air sebagai indikator pembentukan kerak terhadap produksi steam, sehingga memiliki kebaruan dalam variabel penelitian.

B. Landasan Teori

1. Kualitas air

Air adalah senyawa kimia yang terbentuk dari ikatan kovalen antara dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Karakter alaminya yang mudah melarutkan berbagai zat membuat air memiliki potensi mengalami kontaminasi. Salah satu penyebab utama pencemaran air tanah dan air permukaan adalah pembuangan limbah cair secara terbuka, yang pada akhirnya dapat menurunkan mutu air. Oleh karena itu, pemeriksaan kualitas air menjadi hal penting untuk dilakukan. (Revansyah *et al.*, 2022).

Auxiliary boiler adalah ketel uap bantu yang digunakan di kapal untuk memproduksi uap atau *steam* sebagai penunjang berbagai kebutuhan operasional, seperti pemanas bahan bakar, pemanas air, dan keperluan akomodasi awak kapal. Sistem ini bekerja dengan memindahkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar ke air hingga air mengalami perubahan menjadi uap bertekanan. Menurut teori perpindahan panas, efisiensi *boiler* sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan perpindahan panas dan kualitas air yang digunakan. Apabila kualitas air tidak terkontrol, maka kinerja *boiler* dapat menurun dan tekanan *steam* menjadi tidak stabil. Produksi *steam* adalah jumlah uap yang dihasilkan oleh *boiler* dalam periode waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam kg/jam. Salah satu indikator utama kinerja *boiler* adalah tekanan *steam (bar)*. Tekanan *steam* yang stabil menunjukkan bahwa proses pembakaran dan perpindahan panas berlangsung dengan baik. Sebaliknya, penurunan tekanan *steam* dapat disebabkan oleh:

- a. Gangguan pembakaran
- b. Kebocoran sistem
- c. Kualitas air yang tidak sesuai standar
- d. Terjadinya pengendapan atau pembentukan kerak

Kualitas air *boiler* merupakan faktor penting dalam menjaga efisiensi dan umur pakai *boiler*. Air yang digunakan pada boiler perlu memenuhi standar tertentu agar tidak menyebabkan gangguan selama proses operasional. Beberapa parameter utama kualitas air boiler yang umumnya dikendalikan meliputi:

a. *P-Alkalinity*

P-Alkalinity menunjukkan tingkat kebasaan air yang berfungsi untuk mencegah korosi serta menjaga kestabilan kimia air *boiler*. Standar umum *alkalinity boiler* berkisar antara: 220 – 260 ppm Apabila nilainya terlalu rendah, kondisi tersebut dapat memicu terjadinya korosi. Sebaliknya, nilai yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya deposit.

b. *Chloride*

Chloride digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi air laut atau zat terlarut lainnya. Standar umum *chloride boiler*: 100 – 180 ppm Kadar *chloride* yang tinggi dapat:

- 1) Mempercepat korosi
- 2) Mengganggu kestabilan tekanan *steam*

c. *pH*

pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Standar *pH boiler*: 6-7 . *pH* yang terlalu rendah menyebabkan korosi dan *pH* yang terlalu tinggi menyebabkan pembentukan deposit.

Kualitas air yang tidak sesuai standar dapat mengganggu proses perpindahan panas di dalam *boiler*. Ketidakseimbangan *alkalinity*, *chloride*, dan *pH* dapat menyebabkan:

- 1) Penurunan efisiensi pemanasan
- 2) Gangguan sirkulasi air
- 3) Pembentukan deposit
- 4) Penurunan tekanan *steam*

Secara teoritis, semakin baik kualitas air, maka semakin stabil tekanan *steam* yang dihasilkan. Kerak adalah lapisan padat yang terbentuk oleh pengendapan partikel mineral pada permukaan peralatan penukar panas, kerak juga dapat berupa tumpukan padat organik atau anorganik yang terbentuk akibat kandungan unsur-unsur seperti natrium, kalsium, klorida, dan sulfat melebihi batas kelarutannya dalam air, mencapai keadaan supersaturasi. Ketika konsentrasi unsur-unsur tersebut melampaui batas kelarutannya, kerak akan mengendap pada permukaan dan akhirnya menumpuk di dalam pipa. (Rahardjo, 2020).

Jenis Kerak *Boiler Scale*, atau kerak *boiler*, seringkali terbentuk pada pipa air atau pipa api, yang dalam konteks pipa api sering disebut sebagai *slag*. Kedua jenis kerak ini dapat merugikan sistem *boiler* dengan menghambat sirkulasi karena penyumbatan pipa. Di bagian dalam pipa,

akibatnya dapat terjadi masalah lainnya seperti korosi yang disebabkan oleh tumpukan deposit.

2. Boiler

a. Pengertian *Boiler*

Ketel uap atau *boiler* merupakan bejana tertutup yang digunakan untuk menyalurkan panas hasil pembakaran menuju air hingga air mengalami kenaikan temperatur dan berubah menjadi uap atau *steam*. Fungsi pokok boiler adalah mengonversi energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas, kemudian memindahkan energi tersebut ke fluida kerja. Pada proses kerjanya, air di dalam boiler menerima panas dari pembakaran maupun sumber panas lainnya, sehingga terjadi perpindahan panas yang menyebabkan suhu air meningkat sampai berubah wujud menjadi uap atau *steam*. Uap yang dihasilkan dari pembakaran dialirkan melalui pipa-pipa untuk keperluan akomodasi dan keperluan lainnya di atas kapal. (Sulistyo, 2022).

Air yang digunakan pada *boiler* diperoleh dari dua sumber di atas kapal, yaitu dari Air tawar yang digunakan dapat berasal dari darat maupun dari Air kondensasi diperoleh dari pesawat bantu *fresh water generator*. Walaupun air tersebut tergolong sebagai air tawar, mutunya tidak selalu sama karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan asal pembentukannya.

Hingga saat ini, instalasi ketel uap masih banyak digunakan pada berbagai kapal, instalasi ketel uap hingga saat ini masih dimanfaatkan di kapal, baik sebagai instalasi induk maupun sebagai instalasi bantu. Uap

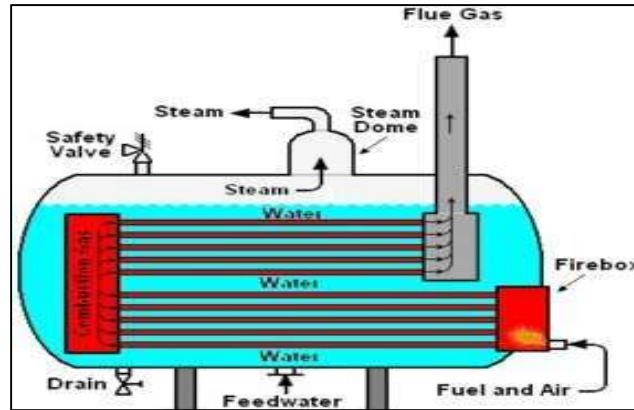
yang diproduksi oleh ketel uap atau boiler digunakan untuk berbagai kebutuhan pemanasan di atas kapal, meliputi pemanas bahan bakar, ruangan, air, kargo, serta keperluan lain yang mendukung kelancaran operasional kapal. Ketel uap, atau yang lebih dikenal dengan istilah boiler, termasuk permesinan bantu kapal yang berfungsi menghasilkan uap bertekanan lebih dari satu atmosfer melalui proses pemanasan air menggunakan gas panas hasil pembakaran bahan bakar (sumber panas lainnya).

b. Jenis-jenis *Boiler*

Ketel uap *boiler* pada kapal terdapat dua jenis, yaitu:

1) Ketel uap pipa api

Ketel uap pipa api atau *fire tube boiler* adalah jenis ketel uap yang memanfaatkan pipa-pipa sebagai lintasan api dalam proses pemanasan air. Pada tipe boiler ini, air yang dipanaskan berada di bagian luar dinding pipa api. Boiler pipa api memiliki sejumlah keunggulan dan kelemahan dalam penggunaannya. Salah satu kelebihanannya terletak pada konstruksi boiler yang relatif sederhana.



Gambar 2. 1 Ketel pipa api

Sumber: All of life (2024). Pengertian boiler (Ketel uap). Diambil dari <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-boiler-ketel-uap/>. (Di akses pada 25 April 2024 pukul 07.30 WIB)

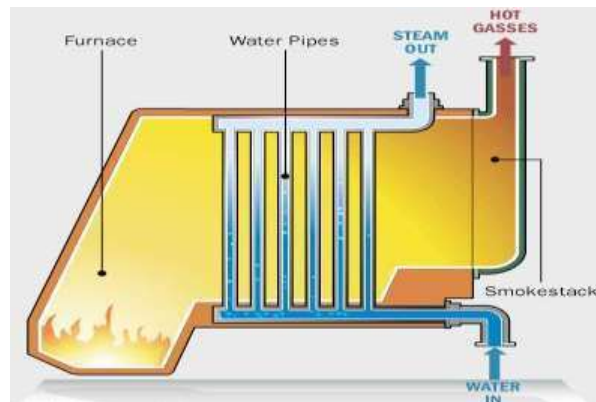
Boiler pipa api tidak memerlukan air pengisi ketel uap dengan kualitas yang terlalu tinggi, sesuai untuk kebutuhan kapasitas uap yang besar, serta memiliki biaya awal yang relatif rendah. Namun, kelemahan pada pipa api ialah waktu start awal yang cukup lama untuk memperoleh kualitas uap yang diharapkan. Selain itu, kapasitas tekanan uap yang dihasilkan berada pada kategori rendah hingga sedang, dan uap yang terbentuk umumnya berupa uap jenuh.

2) Ketel uap pipa air

Ketel uap pipa air atau *water tube boiler* merupakan tipe ketel uap yang menjadikan pipa-pipa berisi air sebagai media utama dalam proses operasinya. Pada sistem ini, air yang bergerak di dalam pipa menerima panas dari gas hasil pembakaran bahan bakar atau sumber panas lain yang berada di luar pipa. *Boiler* pipa air memiliki sejumlah keunggulan dan keterbatasan. Salah satu keunggulannya adalah kemampuan menghasilkan uap dengan tekanan lebih tinggi

dibandingkan *boiler* pipa api, proses pembentukan uap relatif lebih cepat, kualitas uap dapat mencapai uap panas lanjut, serta laju aliran uap lebih besar.

Adapun kelemahannya meliputi biaya perawatan yang relatif tinggi, potensi kerusakan pipa apabila air umpan mengandung debu atau kotoran yang menghambat sirkulasi air, serta munculnya endapan kerak kotoran atau garam pada permukaan bagian dalam pipa. Masalah tersebut sering terjadi pada *boiler* jenis ini karena ukuran pipa air yang kecil menyulitkan proses pembersihan dari sisi dalam.



Gambar 2. 2 Ketel pipa air

Sumber: ResearchGate (2024). Water tube *boiler*. Diambil dari https://www.researchgate.net/figure/Water-tubeboilers_fig2_263878729. (Diakses pada 25 April 2024 pukul 10.20 WIB)

c. Komponen dan kelengkapan *boiler*

Dalam memahami sistem kerja *boiler*, perlu diketahui terlebih dahulu komponen-komponen yang menyusunnya. Sebagai ketel uap yang berfungsi menghasilkan uap bertekanan, boiler memerlukan

berbagai komponen pendukung agar kinerjanya dapat berjalan secara optimal. Komponen *boiler* adalah sebagai berikut:

1) *Drum ketel (Boiler water drum)*

Boiler water drum berada di dalam *body boiler* pada bagian bawah dan berfungsi sebagai ruang penampung air sebelum mengalami perubahan menjadi uap atau *steam*. Di samping itu, *drum* ketel juga berperan sebagai tempat pengendapan kotoran air ketel yang tidak larut dan mengendap di bagian bawah. Kotoran tersebut kemudian dikeluarkan dari dalam ketel melalui proses *blow down*.



Gambar 2. 3 Drum ketel uap

Sumber: LinkedIn (2024) Mesin *Boiler*. Diambil dari <https://id.linkedin.com/pulse/distributor-boiler-pabrik-kelapa-sawit-zaenal-boiler-boiler>. Diakses pada 26 April 2024 pukul 09.30 WIB.

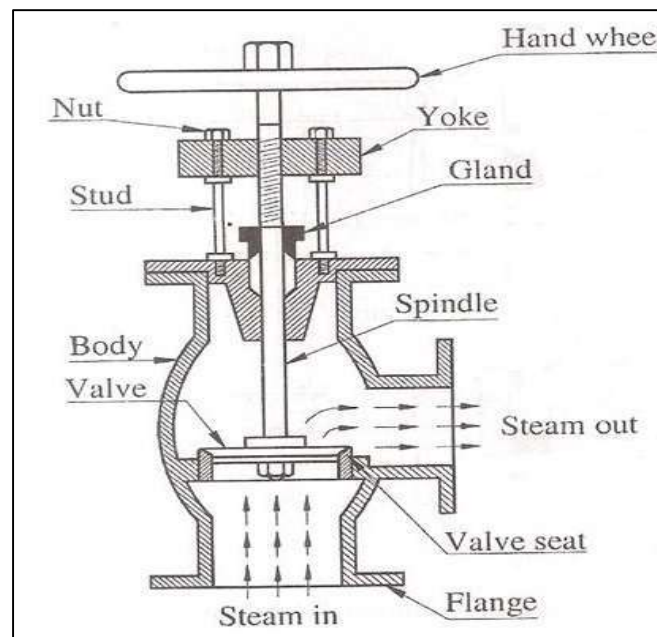
2) Katup uap induk (*Steam stop valve*)

Katup ini berfungsi sebagai pengalir uap dari ketel, mengatur aliran *steam* dari *boiler* ke pipa *steam* atau dari pipa *steam* satu ke pipa lainnya.



Gambar 2. 4 *Steam stop valve*

Sumber: <https://www.exportersindia.com/product-detail/steam-stop-valves-2637681.htm>. (Diakses pada 26 April 2024 pukul 10.00 WIB)



Gambar 2. 5 *Steam stop valve*

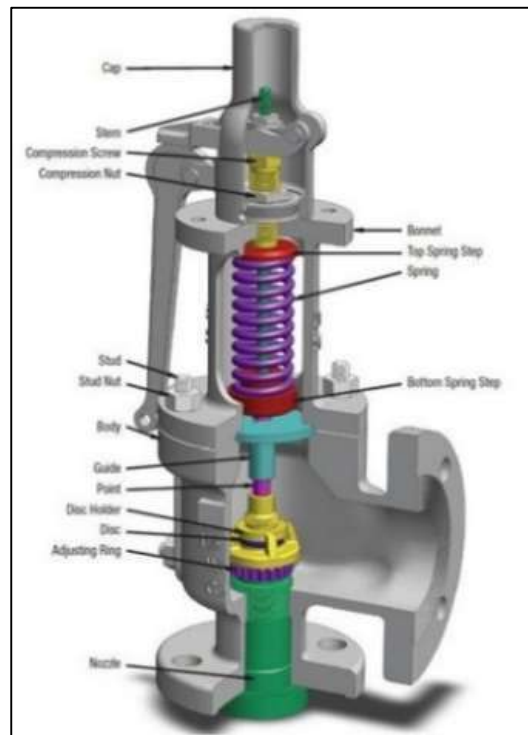
Sumber: *Mechanical Engineering* (2024) Katup penghenti uap. Diambil dari <http://www.mechanical-engineeringbd.com/2016/07/steam-stop-valve.html>. Diakses pada 26 April 2024 pukul 10.05 WIB.

3) Katup pengisian (*Feed water valve*)

Katup pengisian berfungsi untuk mengatur volume air yang dimasukkan ke dalam boiler. Pada sistem ketel, terdapat pula katup air (*water stop valve*) dan katup pengatur pengisian (*feed check valve*) yang digunakan untuk mencegah aliran air kembali ke arah semula.

4) Katup pengaman (*safety valve*)

Katup pengaman adalah komponen yang berperan dalam menjaga keselamatan ketel uap dengan cara membuang uap secara otomatis ketika tekanan uap yang dihasilkan *boiler* melampaui batas tekanan yang telah ditentukan.



Gambar 2. 6 Katup pengaman (*Safety valve*)

Sumber: *Mechanical engineering* (2024) *Safety valve*. Diambil dari <http://www.mecha-engineeringbd.com/2016/07/safety-valve.html>. Diakses pada 30 April 2024 pukul 10.25 WIB.

5) Gelas penduga (*Water gauge*)

Gelas penduga berfungsi sebagai alat untuk menunjukkan level ketinggian air di dalam ketel. Pada *boiler*, gelas penduga memiliki beberapa jenis sesuai dengan penggunaannya. Apabila permukaan air di dalam ketel berada pada posisi terlalu rendah, bagian pemanas dapat mengalami panas berlebih sehingga berpotensi menimbulkan bahaya. Sebaliknya, jika ketinggian air terlalu tinggi, uap yang terbentuk dapat bercampur dengan tetesan air dan mengganggu kinerja mesin. Oleh karena itu, *level* air pada *boiler* harus selalu dijaga agar tetap berada pada batas yang aman.



Gambar 2. 7 Gelas penduga (*Water gauge*)

Sumber: Jual gelas penduga air umpan boiler Tangerang | Indira Mitra Boiler (idmsteamboiler.co.id) Diakses pada 13 Juni 2024 pukul 13.40 WIB.

6) Pengukur tekanan (*Pressure gauge*)

Alat ini berfungsi untuk mengetahui hasil tekanan produksi uap (*steam*) yang di hasilkan oleh *boiler*.



Gambar 2. 8 Pengukur tekanan (Pressure gauge)

Sumber: Depositphotos (2024) Pressure gauge. Diambil dari <https://depositphotos.com/id/photo/dial-with-scale-14019811.html>. Diakses pada 30 April 2024 pukul 15.20 WIB.

7) *Burner*

Burner adalah bagian dari *boiler* yang berfungsi mengubah bahan bakar menjadi bentuk kabut sebelum proses pembakaran berlangsung. Proses pengabutan tersebut diperlukan agar bahan bakar yang masuk ke ruang bakar berbentuk partikel halus seperti embun, sehingga pembakaran dapat terjadi secara lebih merata dan sempurna. Komponen *burner* ditempatkan di bagian luar drum ketel.



Gambar 2. 9 *Burner*

Sumber: Lathroptrotter (2024) *Boiler burner*. Diambil dari <https://www.lathroptrotter.com/blog/boiler-burner-basics/>. (Diakses pada 30 April 2024 pada pukul 15.30 WIB)

8) Katup *Blow down*

Katup ini berfungsi mengalirkan air keluar dari *boiler* sekaligus mengeluarkan kotoran yang mengendap di bagian bawahnya. Proses pembuangan endapan tersebut dilakukan agar kualitas air tetap terjaga, bersih, dan tidak menghambat kinerja *boiler*.



Gambar 2. 10 *Blow down valve*

Sumber: [What Is a Blowdown Valve? Boiler Blow Down Valve | ZECO Valve.](#) (Diakses pada 13 Juni 2024 pada pukul 13.49 WIB)

9) *Manhole*

Lubang ini berfungsi sebagai akses keluar masuk bagi orang ketika dilakukan perbaikan maupun pembersihan. Penggunaannya hanya diperbolehkan saat boiler berada dalam kondisi tidak beroperasi.



Gambar 2. 11 *Manhole*

Sumber: Dokumen pribadi. (Diambil pada 19 Maret 2024 pada pukul 11.12 WIB.)

10) *Alarm*

Alarm pada *boiler* berfungsi sebagai pemberi tanda ketika terjadi ketidak normalan pada saat *boiler* beroperasi.

11) Cerobong asap

Komponen tersebut digunakan untuk menyalurkan gas sisa hasil pembakaran menuju udara bebas. Selain memahami berbagai komponen yang terdapat pada *boiler*, perlengkapan pendukung pada *boiler* juga perlu diketahui. Berbagai kelengkapan yang terpasang pada *boiler* untuk menunjang kinerjanya adalah sebagai berikut:

a) Pemanas lanjut (*superheater*)

Merupakan peralatan yang berfungsi memanaskan uap jenuh yang dihasilkan oleh *boiler*. Dikarenakan uap yang dihasilkan dari *boiler* masih mengandung air (uap jenuh) maka di *superheater* ini uap tersebut dipisahkan dari air yang terbawa oleh uap, sehingga di hasilkan uap panas kering.

b) *Economizer*

Alat ini berfungsi memanaskan air sebelum dialirkan ke dalam boiler dengan memanfaatkan gas panas hasil pembakaran dari main engine, sehingga pemakaian bahan bakar lebih hemat karena air sudah dipanaskan terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam boiler.

c) *Feed water pump*

Peralatan ini digunakan untuk memompa air yang akan masuk ke dalam boiler. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal dengan tiga impeller atau dikenal juga sebagai tree stages centrifugal pump, karena sistem tersebut memerlukan tekanan tinggi dengan kapasitas yang besar.

d. Cara Kerja *Boiler*

Boiler adalah peralatan yang berfungsi membentuk uap dari air melalui proses pemanasan pada pipa-pipa dengan memanfaatkan energi panas hasil pembakaran bahan bakar. Uap yang dihasilkan pada umumnya berupa uap superheat dengan tekanan dan temperatur tinggi. Besarnya produksi uap dipengaruhi oleh beberapa faktor, meliputi luas bidang perpindahan panas, kecepatan laju aliran, serta jumlah panas yang diberikan (Nasution dan Napid, 2022).

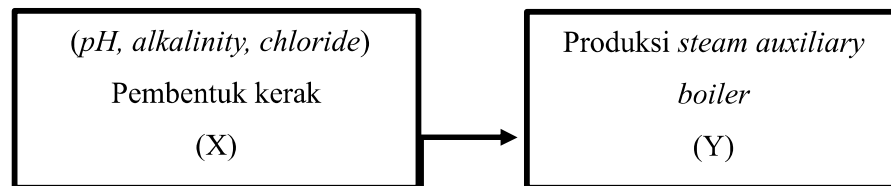
Pada dasarnya, cara kerja *boiler* berlangsung melalui proses perubahan air menjadi uap dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran terjadi secara berkesinambungan di dalam ruang bakar selama terdapat suplai

bahan bakar dan udara dari luar. Dalam sistem operasionalnya, *boiler* memiliki beberapa komponen utama, meliputi sistem air umpan yang bertugas memasukkan air ke dalam *boiler* secara otomatis sesuai kebutuhan uap, sistem uap yang mengendalikan proses pembentukan uap, serta sistem bahan bakar sebagai penyedia energi panas. Saat air dipanaskan pada tekanan satu atmosfer, temperatur air akan meningkat secara bertahap hingga mencapai 100°C. Namun, apabila tekanan melebihi 1 atmosfer, air mampu mencapai suhu lebih dari 100°C sehingga titik didihnya berubah mengikuti besarnya tekanan yang diberikan. Uap panas bertekanan yang dihasilkan dari proses tersebut selanjutnya digunakan untuk mendukung berbagai kebutuhan operasional di kapal. (Panjaitan et al., 2023).

C. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka berpikir merupakan dasar penelitian yang memadukan teori, hasil pengamatan, fakta, serta studi pustaka. Keberadaannya membantu penyusunan karya ilmiah melalui pengorganisasian konsep-konsep yang akan dibahas dalam penelitian. Kerangka pikir penelitian ini didasarkan pada hubungan antara kualitas air *boiler* dengan produksi *steam auxiliary boiler*. Kualitas air menjadi faktor penting yang mempengaruhi kinerja *boiler*, terutama dalam proses perpindahan panas. Parameter yang digunakan meliputi *pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride* sebagai indikator kondisi kimia air yang berpotensi menyebabkan pembentukan kerak pada pipa *boiler*. Nilai *pH* yang tidak normal dapat menimbulkan korosi atau deposit, *alkalinity* yang tinggi mempercepat pengendapan mineral, sedangkan kadar *chloride* yang tinggi menunjukkan

adanya kontaminasi yang dapat memicu korosi dan *fouling*. Kerak yang terbentuk pada pipa boiler akan menghambat perpindahan panas, sehingga proses pembentukan *steam* menjadi tidak optimal. Dampaknya, produksi *steam* menurun yang ditunjukkan dengan menurunnya tekanan *steam auxiliary boiler*. Dengan demikian, kualitas air *boiler* yang tidak sesuai standar dapat berpengaruh terhadap pembentukan kerak dan berakibat pada penurunan tekanan *steam*.



Gambar 2. 12 Kerangka Pikir

Sumber: Dokumentasi peneliti

Keterangan :

X : Variabel Independent / Bebas → Kerak kotoran pipa air

Y : Variabel Dependen / Terikat → Produksi *steam auxiliary boiler*

D. Hipotesis

Hipotesis adalah dugaan sementara terhadap rumusan masalah yang kebenarannya masih harus dibuktikan melalui pengujian dan analisis statistik. Dalam penelitian ini, penyusunan hipotesis didasarkan pada hubungan antara kualitas air boiler, yang ditinjau melalui parameter *pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride*, dengan tekanan *steam auxiliary boiler* sebagai indikator produksi *steam*. Berdasarkan kerangka pikir penelitian, maka hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Parsial (Uji t)

Hipotesis parsial digunakan untuk menilai pengaruh setiap variabel bebas terhadap variabel terikat secara terpisah atau individual.

- a. H1a: Terdapat pengaruh signifikan *pH* terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*.
- b. H1b: Terdapat pengaruh signifikan *P-Alkalinity* terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*.
- c. H1c: Terdapat pengaruh signifikan *Chloride* terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*.

2. Hipotesis Simultan (Uji F)

Hipotesis simultan digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat.

- a. H1: *pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride* secara simultan berpengaruh signifikan terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*.

3. Hipotesis Nol (H0)

Hipotesis nol menunjukkan bahwa variabel bebas tidak memberikan pengaruh terhadap variabel terikat.

- a. H0: *pH*, *P-Alkalinity*, dan **Chloride** tidak memiliki pengaruh signifikan, baik secara parsial maupun simultan, terhadap tekanan *steam auxiliary boiler*.

Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini disusun untuk membuktikan secara empiris pengaruh kualitas air boiler terhadap penurunan tekanan *steam auxiliary boiler*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dipahami sebagai pendekatan penelitian yang memanfaatkan data berbentuk numerik untuk memperoleh informasi serta menganalisis gambaran mengenai objek atau fenomena yang diteliti. (Priadana, 2021). Dalam kajian ini, pendekatan yang diterapkan ialah kuantitatif inferensial. Teknik inferensial merupakan pendekatan dalam ilmu pengetahuan yang digunakan untuk menarik kesimpulan umum mengenai suatu populasi berdasarkan data sampel yang dianggap mewakili populasi tersebut. Tahapan ini mencakup pengujian hipotesis agar dapat diperoleh kesimpulan tentang parameter populasi dengan bertumpu pada informasi yang terdapat dalam sampel. Melalui metode tersebut, peneliti menguji hipotesis yang telah dirumuskan terkait populasi, misalnya untuk melihat adanya perbedaan signifikan antara dua kelompok, menilai hubungan antarvariabel, atau menentukan apakah suatu parameter populasi berbeda dari nilai tertentu.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan saat peneliti mengikuti praktek laut di atas kapal. Kegiatan tersebut merupakan bagian dari program wajib Politeknik Pelayaran Surabaya bagi seluruh taruna-taruni semester V dan VI, yaitu praktek laut (prala) dengan durasi sekitar 12 bulan. Selama menjalani praktek laut di

kapal, peneliti melakukan pengumpulan data yang kemudian digunakan sebagai bahan penelitian dan dianalisis lebih lanjut.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dan sampel dalam penelitian berperan sebagai dasar bagi peneliti untuk menyusun kesimpulan umum mengenai populasi dengan memanfaatkan informasi yang diperoleh dari sampel. Jika sampel yang diteliti dapat merepresentasikan populasi secara proporsional, peneliti akan mampu melakukan inferensi terhadap karakteristik populasi secara keseluruhan. Oleh sebab itu, data yang diperoleh dari sampel dapat dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan yang lebih luas dan bersifat general.

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data operasional *auxiliary boiler* yang berkaitan dengan kualitas air *boiler* dan tekanan *steam* selama periode penelitian di atas kapal Gas Petrol. Data populasi meliputi hasil pengujian parameter kualitas air *boiler* yang terdiri dari *pH*, *P-Alkalinity*, dan *Chloride*, serta data tekanan *steam auxiliary boiler* yang dicatat secara berkala selama periode operasional kapal.

2. Sampel

Sampel pada penelitian ini berasal dari bagian populasi yang ditentukan dengan teknik *sampling jenuh (total sampling)*, yakni seluruh data yang tersedia dijadikan sebagai sampel penelitian. Data sampel diambil dari hasil pengujian kualitas air *boiler* dan tekanan *steam* selama periode November 2024 sampai Agustus 2025, dengan frekuensi pengambilan data

setiap satu minggu (hari Jumat). Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 40 data pengamatan, yang terdiri dari:

- a. Data *pH*
- b. Data *P-Alkalinity*
- c. Data *Chloride*
- d. Data tekanan *steam auxiliary boiler*

Penggunaan seluruh data sebagai sampel bertujuan untuk memperoleh hasil analisis yang lebih representatif terhadap kondisi aktual operasional *auxiliary boiler* di kapal.

D. Definisi Operasional Variabel

Dalam penelitian ilmiah, definisi operasional memiliki peranan penting karena digunakan untuk mengubah konsep yang bersifat abstrak menjadi bentuk yang lebih konkret, sehingga dapat diamati maupun diukur secara jelas. Definisi operasional mengatasi masalah ini dengan menghubungkan konsep abstrak tersebut dengan indikator konkret yang dapat diukur atau diamati. Dalam penelitian ini kerak tidak dapat diukur secara langsung, akan tetapi peneliti mengidentifikasi melalui parameter kualitas air *boiler* yang memicu terjadinya pembentukan kerak, dan menggunakan *preassure gauge* yang digunakan untuk mengukur tekanan produksi *steam boiler*. Definisi operasional untuk variabel-variabel yang terlibat adalah sebagai berikut:

1. Variabel (X)

Variabel bebas(X) adalah kualitas air *boiler* yang digunakan sebagai indikator pembentukan kerak, yang terdiri dari:

- a. *pH* (tingkat keasaman air boiler)
- b. *Alkalinity*/tingkat kebasaan air (*ppm*)
- c. *Chloride*/kadar klorida dalam air (*ppm*)

2. Variabel (Y)

Y (Tekanan *Steam*) tekanan *steam auxiliary boiler* (*bar*) sebagai indikator produksi *steam*. Dalam penelitian ini, produksi *steam* diukur menggunakan *pressure gauge* (*bar*), sehingga penurunan tekanan *steam* mencerminkan menurunnya produksi *steam auxiliary boiler*.

E. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data

Sumber data dan teknik pengumpulan data merupakan dua komponen utama dalam penelitian yang saling berkaitan satu sama lain. Sumber data mengacu pada asal atau tempat diperolehnya informasi, seperti melalui survei maupun eksperimen, sedangkan teknik pengumpulan data berkaitan dengan metode yang digunakan untuk mendapatkan informasi dari sumber tersebut, misalnya wawancara atau observasi secara langsung. Kedua aspek tersebut memiliki peranan penting dalam menjamin validitas, reliabilitas, dan relevansi data terhadap analisis maupun penelitian yang dilakukan. Adapun sumber data dan teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Wawancara

Dalam penelitian kuantitatif, wawancara dapat dimanfaatkan sebagai instrumen untuk memperoleh data yang relevan dari responden. Wawancara kuantitatif diarahkan untuk menghasilkan jawaban yang terstruktur sehingga dapat diukur secara kuantitatif. Pelaksanaannya dapat dilakukan

melalui percakapan langsung secara tatap muka dengan kepala kamar mesin, masinis II, masinis III, masinis IV, dengan mengajukan pertanyaan mengenai perawatan dan perbaikan *auxiliary boiler* dikapal Gas Petrol pada saat melaksanakan praktek layar.

2. Pengukuran

Pengumpulan data kuantitatif seringkali melibatkan pengukuran variabel-variabel tertentu, baik itu melalui instrumen yang telah disediakan atau pengukuran langsung oleh peneliti pada saat melaksanakan praktek diatas kapal.

3. Dokumentasi

Dokumentasi termasuk salah satu teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian kuantitatif. Metode ini dilakukan dengan memanfaatkan berbagai dokumen atau catatan yang telah tersedia, seperti laporan, surat, rekam medis, arsip di atas kapal, maupun sumber tertulis lainnya yang diperoleh peneliti selama melaksanakan praktek.

4. Observasi

Melalui pengamatan secara langsung oleh peneliti dapat diketahui bagaimana prinsip kerja, perawatan, dan kendala yang terjadi pada *boiler* serta penanganan terhadap masalah yang terjadi.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan tahapan pengolahan dan pengkajian terhadap data yang telah dikumpulkan guna menghasilkan informasi yang relevan serta mampu menjawab rumusan masalah penelitian. Dalam penelitian

ini, proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan IBM SPSS Statistics agar hasil perhitungan lebih sistematis, akurat, dan mudah untuk dianalisis. Adapun tahapan analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

1. Uji statistik deskriptif

Uji statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai karakteristik data penelitian pada setiap variabel, yang meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata (*mean*), dan standar deviasi. Analisis ini dilakukan sebagai tahap awal untuk memahami kondisi data sebelum dilanjutkan ke pengujian yang lebih mendalam.

2. Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah residual data dalam penelitian berdistribusi normal atau tidak. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi yang diperoleh lebih besar dari 0,05.

3. Uji multikolinearitas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan yang terlalu kuat antarvariabel independen dalam model regresi. Pengujian dilakukan melalui nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF). Model regresi dinyatakan tidak mengalami multikolinearitas apabila nilai *Tolerance* lebih besar dari 0,10 dan nilai VIF kurang dari 10.

4. Uji heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk mengidentifikasi adanya

perbedaan varians residual dalam model regresi. Pengujian dilakukan dengan mengamati grafik *scatterplot* antara nilai residual dan nilai prediksi. Apabila titik-titik pada grafik menyebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu, maka model regresi dapat dinyatakan bebas dari heteroskedastisitas.

5. Uji regresi linier berganda

Regresi linear berganda adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis serta mengukur pengaruh dua atau lebih variabel independen terhadap satu variabel dependen. Teknik ini tidak hanya digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh antarvariabel, tetapi juga untuk menunjukkan arah hubungan, baik positif maupun negatif, serta besarnya kontribusi masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat. (Prasmono&Ahdika, 2022). Secara umum, persamaan regresi linear berganda dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y=a+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$$

Y = Produksi steam

a = konstanta

b1, b2, b3 = koefisien pengaruh masing-masing variabel

X1 = pH

X2 = alkalinity

X3 = chloride

6. Uji t parsial

Uji t dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara terpisah. Variabel dinyatakan

memiliki pengaruh signifikan apabila nilai signifikansi yang diperoleh lebih kecil dari 0,05.

7. Uji F simultan

Uji F digunakan untuk menguji apakah seluruh variabel independen secara bersama-sama berpengaruh terhadap variabel dependen. Jika nilai signifikansi yang dihasilkan kurang dari 0,05, maka variabel independen secara simultan dinyatakan memberikan pengaruh yang signifikan.

8. Koefisien determinasi

Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengetahui kemampuan variabel independen dalam menjelaskan perubahan yang terjadi pada variabel dependen. Semakin besar nilai R^2 , maka semakin kuat pula kemampuan model dalam menjelaskan hubungan antar variabel.