

SKRIPSI

**ANALISIS TIDAK OPTIMALNYA PEMBAKARAN
PADA *INCINERATOR* DI KAPAL
MV TANGGUH PALUNG**



MOCHAMMAD RAJA AR'RAFI

NIT 21.42.034

TEKNIKA

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
PELAYARAN POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
MAKASSAR TAHUN 2025**

**ANALISIS TIDAK OPTIMALNYA PEMBAKARAN
PADA *INCINERATOR* DI KAPAL
MV TANGGUH PALUNG**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oleh

MOCHAMMAD RAJA AR'RAFI

NIT. 21.42.034

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
PELAYARAN POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
MAKASSAR TAHUN 2025**

SKRIPSI
ANALISIS TIDAK OPTIMALNYA PEMBAKARAN PADA
INCINERATOR DI KAPAL MV TANGGUH PALUNG

MOCHAMMAD RAJA AR'RAFI

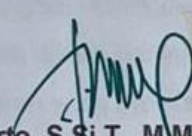
NIT. 21.42.034

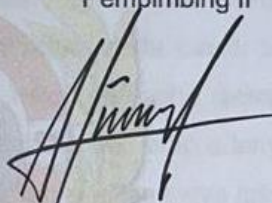
Telah dipertahankan di depan Panitia Seminar Skripsi
Pada Tanggal, 7 November 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 19760409 200604 1 001


Arifuddin Danduru, S.Si.T., M.M, M.Mar.E
NIP. 19790312 202321 1 007

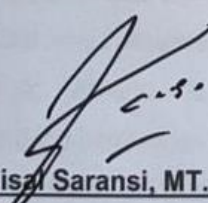
Mengetahui:

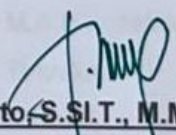
a. n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika


Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar.
NIP. 19750329 199903 1 002


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 19760409 200604 1 001

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun serta menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Tidak Optimalnya Pembakaran pada *Incinerator* di Kapal MV Tangguh Palung”.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi oleh seluruh Taruna/i Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran (S.Tr.Pel).

Penulis menyadari bahwa keterbatasan waktu dan kompetensi membuat skripsi ini belum sepenuhnya sempurna serta masih terdapat kekurangan. Meskipun demikian, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunannya. Untuk itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun guna meningkatkan kualitas karya tulis ini.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam serta penghargaan yang setulusnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta doa dalam proses penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar. selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Ir. Alberto, S. SI.T., M.Mar.E., M.A.P., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Ketua Program Studi Teknika.
4. Bapak Arifuddin Danduru, S.Si.T, M.M, M.Mar.E selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak dan Ibu dosen Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah mendidik dan membimbing kami.

6. Terima kasih yang mendalam penulis persembahkan kepada Ayahanda Kasiman, Ibunda Yasmini, kakakku tercinta Atikah Firdaus dan Nabilah Nur Aini, serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan dan mendukung penulis hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
7. *Captain, Chief Engineer*, serta seluruh kru kapal MV Tangguh Palung yang telah memberikan izin, bantuan, dan kerja sama selama proses pengumpulan data dan observasi di atas kapal.
8. Terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak, baik langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas doa, dukungan, dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.

Penulisan ini disusun guna mengetahui seberapa dalam pengetahuan Taruna/I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar terutama program studi Teknik tentang tidak optimalnya pembakaran pada *Incinerator* di kapal MV Tangguh Palung agar mengetahui pengetahuan mengenai hal tersebut.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan pada bagian pendahuluan skripsi ini. Penulis menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penulisan, sehingga dengan rendah hati memohon maaf apabila terdapat kata atau penyajian yang kurang berkenan. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang.

Makassar, 7 November 2025



Mochammad Raja Ar'Rafi

21.42.034

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Mochammad Raja Ar'Rafi

NIT : 21.42.034

Program Studi : Teknika

Dengan ini penulis menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul:

ANALISIS TIDAK OPTIMALNYA PEMBAKARAN PADA *INCINERATOR* DI KAPAL MV TANGGUH PALUNG

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya asli yang disusun secara mandiri. Segala kutipan maupun gagasan yang terdapat di dalamnya merupakan pemikiran penulis sendiri, kecuali apabila secara jelas dicantumkan sumbernya.

Penulis bersedia menanggung konsekuensi berupa sanksi dari Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar apabila pernyataan ini tidak benar.

Makassar, 7 November 2025



Mochammad Raja Ar'Rafi

NIT. 21.42.034

ABSTRAK

Mochammad Raja Ar'Rafi, 2025. "ANALISIS TIDAK OPTIMALNYA PEMBAKARAN PADA *INCINERATOR* DI KAPAL MV TANGGUH PALUNG" (Dibimbing oleh Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P. dan ARIFFUDIN DANDURU, S.Si.T., M.M, M.Mar.E.)

Pencemaran sampah dan minyak kotor di laut merupakan suatu masalah besar yang susah dihadapi dikarenakan banyaknya pelanggaran-pelanggaran yang disebabkan oleh oknum yang yang tidak bertanggung jawab. Pentingnya mencegah pencemaran yang terjadi di laut adalah salah satu kewajiban yang harus dilakukan semua orang terutama awak kapal. Penulis menemukan permasalahan mengenai tidak optimalnya pembakaran pada *Incinerator* di kapal yang dapat mempengaruhi efektivitas. *Incinerator* adalah permesinan bantu yang digunakan untuk membakar minyak kotor, sampah padat dan semua jenis sampah yang mudah terbakar selain sampah plastik dan material selain logam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari faktor penyebab dan upaya pencegahan dari kurang optimalnya kerja dari *incinerator* di kapal MV. Tangguh Palung. Metode penelitian yang peneliti gunakan adalah metode kualitatif. Berdasarkan hasil penelitian, faktor penyebab kurang optimalnya kerja pada *incinerator* di MV. Tangguh Palung disebabkan oleh kandungan air pada *waste oil* terlalu banyak, tersumbatnya *nozzle burner* oleh karbon hasil pembakaran, dan jarak pemantik pada *nozzle* tidak terpasang *proper*.

Kata kunci: *Incinerator*, tidak optimal.

ABSTRACT

Mochammad Raja Ar'Rafi, 2025. "ANALYSIS OF NON-OPTIMAL COMBUSTION IN THE INCINERATOR ON BOARD MV TANGGUH PALUNG" (Mentored by Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P. and ARIFFUDIN DANDURU, S.Si.T., M.M, M.Mar.E.)

Garbage and oil pollution in the pollution in the sea is a big problem that is difficult to deal with because of the many violations committed by irresponsible individuals. The importance of preventing pollution that occurs at sea is one of the obligations that must be carried out by everyone, especially the crew. obligations that must be carried out by everyone, especially the crew of the ship. The author found problem regarding the non-optimal combustion of the Incinerator on the ship, which can affect its effectiveness. which can affect effectiveness. Incinerator is auxiliary machinery used to burn dirty oil, solid waste and all types of combustible waste other than plastic waste and materials. all types of combustible waste other than plastic waste and materials other than metal. The purpose of this research is to find the causal factors and prevention efforts from the less than optimal work of the incinerator on the ship MV. Tangguh Palung. The research method that researchers use is a qualitative method. Based on the research results, factors causing less than optimal work on the incinerator on the MV. Tangguh Palung is caused by water content in the waste oil is too much, clogging of the burner nozzle by carbon from combustion, and the distance the lighter on the nozzle is not installed properly.

Keywords: Incinerator, not optimal.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	II
HALAMAN PENGESAHAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
KATA PENGANTAR	IV
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRACT	VIII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Marpol 1973/78	5
B. Pengertian <i>Waste Oil</i>	8
C. Pengertian Pesawat Bantu <i>Incinerator</i>	9
D. Fungsi Pesawat Bantu <i>Incinerator</i>	10
E. Komponen Pada <i>Incinerator</i>	12

F. Cara Kerja Pesawat Bantu <i>Incinerator</i>	19
G. Prosedur Pembakaran Limbah Padat Maupun <i>Waste Oil</i>	21
H. Prosedur Perawatan	23
I. Kerangka Pikir	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Jenis dan Lokasi Penelitian	26
B. Definisi Konsep	27
C. Unit Analisis	28
D. Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian	28
E. Jenis dan Sumber Data	31
F. Teknik Analisis Data	33
G. Jadwal Penelitian	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
A. Gambaran Umum Penelitian	37
B. Hasil Penelitian	45
C. Pembahasan	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. Kesimpulan	58
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Pesawat Bantu <i>Incinerator</i>	9
Gambar 2. 2. Komponen Pesawat Bantu <i>Incinerator</i>	12
Gambar 2. 3. Kerangka Pikir	25
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Mv Tangguh Palung	39
Gambar 4. 2. Mv Tangguh Palung	40
Gambar 4. 3. Waste Oil Service & Settlink Tank	45
Gambar 4. 4. Sludge Nozzle & Burner	48
Gambar 4. 5. Pemantik Pada Buner	50
Gambar 4. 6 Jarak Elektroda Dengan Nozzle	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian	35
Tabel 4. 1. Tabel Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Perbaikan	56

DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1 Wawancara 1	62
Lampiran 2 Wawancara 2	64
Lampiran 3 Wawancara 3	67
Lampiran 4 <i>Oil Record Book</i>	70
Lampiran 5 <i>Garbage Record Book</i>	71
Lampiran 6 <i>Emission Management System</i>	72
Lampiran 7 <i>Engine Log Book 1</i>	73
Lampiran 8 <i>Engine Log Book 2</i>	74
Lampiran 9 <i>Crew List</i>	75
Lampiran 10 <i>Ship Particular</i>	76
Lampiran 11 <i>Piping Diagram Waste Oil</i>	77
Lampiran 12 Foto Penulis Diatas Kapal	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam era globalisasi saat ini, lingkungan maritim memegang peranan yang sangat strategis dan krusial. Kawasan ini mencakup muara, wilayah pesisir, hingga laut lepas. Di wilayah-wilayah tersebut, manusia memanfaatkan berbagai sumber daya, baik hayati maupun nonhayati. Lingkungan maritim memiliki sifat yang dinamis, ditandai dengan adanya perubahan berkelanjutan melalui berbagai proses fisik, kimia, dan biologis yang terjadi di laut. Pemanfaatan potensi maritim telah menjadi bagian penting dalam program pembangunan di berbagai negara. Bagi negara-negara pesisir, lingkungan maritim berperan sebagai sistem pendukung kehidupan yang esensial bagi kelangsungan negara serta kesejahteraan masyarakatnya. Namun, meskipun memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, pemanfaatan lingkungan maritim juga menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan yang perlu mendapat perhatian serius.

Dewasa ini, lautan menjadi jalur transportasi yang semakin padat dan berkembang pesat seiring kemajuan teknologi. Hal tersebut tercermin dari meningkatnya jumlah kapal, baik skala kecil maupun besar, yang beroperasi di perairan. Aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan dampak terhadap lingkungan laut, khususnya dalam bentuk pencemaran. Limbah minyak (waste oil), bahan bakar, dan sampah merupakan sumber pencemar yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap ekosistem laut. Pencemaran ini umumnya disebabkan oleh pembuangan limbah dan minyak bekas yang tidak dikelola sesuai prosedur maupun ketentuan yang berlaku.

(Kuncowati, 2019) Sebagaimana telah diatur dalam MARPOL 73/78 Annex I, yaitu mengenai peraturan-peraturan untuk pencegahan pencemaran oleh minyak. Oleh karena itu, perawatan terhadap *incinerator* perlu dilakukan. (Hakim et al., 2020) Dengan melakukan perawatan dan perbaikan secara rutin serta sesuai prosedur yang benar, perusahaan akan mendapatkan keuntungan secara ekonomis sekaligus berkontribusi dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan laut.

Dengan mempertimbangkan pentingnya peran pesawat bantu *incinerator* di atas kapal, diperlukan pemahaman serta pengetahuan yang mendalam mengenai pengoperasiannya. Di samping itu, pemeriksaan dan perawatan rutin menjadi hal yang esensial untuk menjamin kondisi serta kinerja *incinerator* tetap optimal sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Namun, dalam praktiknya di lapangan, pengoperasian *incinerator* tidak selalu berjalan sesuai harapan. Berdasarkan pengalaman penulis selama melaksanakan praktik di atas kapal, proses pembakaran sampah maupun minyak bekas kerap mengalami hambatan, seperti pembakaran yang tidak optimal sehingga memerlukan waktu lebih lama dari waktu normal, bahkan dalam beberapa kasus *incinerator* tidak dapat beroperasi sama sekali. Kondisi tersebut tentu berpengaruh terhadap efisiensi kerja kru kapal.

Contohnya, saat kapal berlayar dari Osaka menuju Bintuni pada bulan Januari 2024, Masinis 4 selaku *person in charge* ingin membakar minyak kotor (*waste oil*) menggunakan *incinerator*. Namun, proses pembakaran berlangsung lebih lama dari biasanya. Di mana umumnya untuk membakar *waste oil* sebanyak 1 m³ hanya membutuhkan waktu 10 jam, pada saat itu memerlukan waktu hingga 13 jam. Akibatnya, kru harus menambah jam jaga sampai proses pembakaran selesai, yang tentunya menurunkan efektivitas pekerjaan secara keseluruhan.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penulis terdorong untuk mengkaji faktor-faktor penyebab kurang optimalnya proses pembakaran pada *incinerator* serta mencari langkah pencegahan yang tepat guna meningkatkan efisiensi kerja. Kajian ini dituangkan dalam bentuk skripsi dengan judul “**Analisis Tidak Optimalnya Pembakaran pada *Incinerator* di Kapal MV Tangguh Palung.**”

B. Rumusan Masalah

Kerusakan pada permesinan bantu, khususnya *incinerator*, dapat muncul dalam berbagai bentuk. Salah satu yang paling sering terjadi adalah penurunan kinerja *burner* sehingga proses pembakaran tidak berjalan optimal. Berdasarkan kondisi tersebut, penulis merumuskan pokok permasalahan dalam skripsi ini agar pembahasan lebih terarah sekaligus memudahkan dalam pencarian solusi. Adapun permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor apa saja yang menyebabkan tidak optimalnya pembakaran pada pesawat bantu *Incinerator*?
2. Upaya apakah yang dapat dilakukan untuk mencegah tidak optimalnya pembakaran pada *incinerator*?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai acuan dalam upaya mengatasi permasalahan yang terjadi pada *incinerator*. Selain itu, tujuan utama dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tidak optimalnya pembakaran pada *incinerator*.
2. Untuk mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah tidak optimalnya pembakaran pada *incinerator*.

D. Manfaat Penelitian

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat, tidak hanya bagi penulis sendiri, tetapi juga bagi pihak-pihak lain yang berkepentingan.

1. Manfaat secara teoritis

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat serta menjadi bahan masukan bagi rekan-rekan seprofesi dalam melakukan perawatan *incinerator*.
- b. Penelitian ini melatih penulis dalam mengungkapkan gagasan dan ide melalui bahasa deskriptif yang sistematis serta dapat dipertanggungjawabkan.
- c. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan penulis mengenai permesinan bantu, khususnya *incinerator*.

2. Manfaat secara praktis

- a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi penulis maupun pembaca mengenai kerusakan *incinerator*, dampaknya terhadap pengoperasian mesin bantu, serta langkah-langkah perbaikannya.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tambahan bagi para taruna serta civitas akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Marpol 1973/78

1. Pengertian *MARPOL*

Konvensi MARPOL (Marine Pollution) adalah perjanjian internasional yang disusun oleh *International Maritime Organization* (IMO) untuk mencegah terjadinya pencemaran laut yang berasal dari kapal, baik secara operasional maupun karena kecelakaan. Konvensi MARPOL diadopsi pada tanggal 2 November 1973 di kantor pusat IMO. Protokol 1978 diadopsi sebagai tanggapan atas banyaknya kecelakaan kapal tanker yang terjadi antara tahun 1976 dan 1977. Karena Konvensi MARPOL 1973 belum berlaku, Protokol MARPOL 1978 menyerap Konvensi asli. Instrumen baru mulai berlaku pada tanggal 2 Oktober 1983. Pada tahun 1997, Protokol untuk mengubah Konvensi diadopsi dan Lampiran VI baru ditambahkan, yang mulai berlaku pada tanggal 19 Mei 2005. Selama bertahun-tahun, Konvensi MARPOL telah mengalami beberapa kali pembaharuan melalui penggabungan amandemen.

Hal ini juga ditambahkan oleh (Karianga et al., 2019) yang mengatakan bahwa, konvensi MARPOL harus terus diperbarui mengikuti standar operasional terbaru dan standar lingkungan yang berkembang. Negara anggota konvensi MARPOL harus bertanggung jawab atas inspeksi kapal yang beroperasi dibawah otoritas negara anggota konvensi, dan terlepas wilayah dimana kapal berlayar, kapal yang menggunakan bendera negara anggota konvensi MARPOL harus tetap tunduk kepada peraturan konvensi MARPOL.

2. Sejarah *MARPOL* 1973/78

Latar belakang lahirnya konvensi ini dipicu oleh meningkatnya kekhawatiran dunia terhadap insiden pencemaran laut yang masif, seperti tumpahan minyak besar dari kapal tanker selama dekade

1960-an dan 1970-an, termasuk tragedi tenggelamnya kapal *Torrey Canyon* pada tahun 1967 di lepas pantai Inggris yang menyebabkan lebih dari 100.000 ton minyak mentah tumpah.

MARPOL pertama kali diadopsi pada tahun 1973 dengan nama *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL 1973). Namun, karena belum cukup negara yang meratifikasi konvensi tersebut, maka konvensi tidak segera berlaku. Sebagai respon terhadap kecelakaan kapal tanker beruntun di akhir 1970-an, IMO mengadopsi Protokol 1978, yang kemudian digabungkan dengan MARPOL 1973 menjadi MARPOL 73/78. Konvensi ini mulai berlaku secara resmi pada tanggal 2 Oktober 1983.

Sejak saat itu, MARPOL telah mengalami berbagai pembaruan dan penambahan lampiran (Annex) untuk mencakup berbagai jenis pencemaran, seperti minyak (Annex I), bahan kimia cair (Annex II), bahan berbahaya dalam kemasan (Annex III), limbah domestik kapal (Annex IV), sampah (Annex V), dan emisi udara dari kapal (Annex VI). MARPOL saat ini menjadi dasar hukum utama dalam pengelolaan lingkungan laut secara global dan wajib diterapkan oleh semua negara anggota IMO.

3. Isi Ringkasan *MARPOL 1973 / 78*

Peraturan pencemaran yang diatur oleh *Marpol 1973/78* dapat dibagi dalam tiga kategori:

- a. Peraturan untuk mencegah terjadinya pencemaran.
- b. Peraturan untuk menanggulangi pencemaran.
- c. Peraturan untuk melaksanakan ketentuan tersebut

Sehubungan dengan maraknya pencemaran yang terjadi di laut, maka organisasi internasional yang berwenang di bawah perserikatan bangsa-bangsa membentuk suatu badan internasional yang khusus menangani masalah-masalah kemaritiman yang diakui secara internasional dengan nama *Internasional Maritime Organization* (IMO).

(Abirami, 2024) Terdapat enam Annex pada MARPOL, yang masing-masing membahas bentuk pencemaran laut yang berbeda:

- Annex I : Peraturan untuk pencegahan pencemaran oleh Minyak. (Prevention of Pollution by Oil).
- Annex II : Peraturan untuk pengendalian polusi oleh zat cair berbahaya dalam jumlah besar. (Prevention of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk).
- Annex III : Pencegahan pencemaran oleh zat-zat berbahaya yang dibawa melalui laut dalam bentuk kemasan. (Prevention of Pollution by Harmful Substances in Packaged Form).
- Annex IV : Pencegahan polusi oleh limbah dari kapal. (Prevention of Pollution by Sewage from Ships).
- Annex V : Pencegahan polusi oleh sampah dari kapal. (Prevention of Pollution by Garbage from Ships).
- Annex VI : Pencegahan polusi udara dari kapal. (Prevention of Air Pollution from Ships).

Selain keenam Annex tersebut, terdapat juga Annex VII yang membahas tentang pengelolaan air *ballast* kapal (*Ballast Water Management*). Annex ini belum resmi menjadi bagian dari MARPOL, tetapi ketentuannya sudah diterapkan melalui *Ballast Water Management Convention* (BWM Convention) pada 2004 yang dibuat oleh IMO . Beberapa negara seperti Australia, Kanada, Finlandia, Panama, Qatar, dan China (termasuk Hong Kong) telah menerapkan konvensi ini untuk mencegah penyebaran organisme laut asing yang dapat merusak ekosistem laut mereka.

Berdasarkan klasifikasi tersebut, Annex I dan Annex V menjadi fokus penelitian penulis. Diperlukan *incinerator* untuk mengolah oli bekas dan limbah agar tidak mencemari lingkungan, dengan tetap memperhatikan gas buang sesuai ketentuan Annex VI.

B. Pengertian *Waste Oil*

Sebelum membahas mengenai *incinerator*, penting untuk memahami terlebih dahulu pengertian dari *waste oil*. *Waste oil* merupakan salah satu jenis limbah cair yang dihasilkan dari berbagai aktivitas operasional di atas kapal dan wajib dikelola dengan benar agar tidak mencemari lingkungan laut.

Waste oil adalah limbah minyak yang berasal dari proses kerja sistem mesin induk, generator, *purifier*, serta peralatan bantu lainnya. Limbah ini biasanya berupa campuran antara pelumas bekas, *sludge* hasil pemurnian bahan bakar dan pelumas, serta residu dari pembakaran yang telah terkontaminasi air atau partikel padat lainnya.

Menurut ketentuan MARPOL Annex I, *waste oil* dikategorikan sebagai *oily residues* (*sludge*), yaitu sisa pemisahan air dan kotoran dari minyak bahan bakar maupun pelumas. Limbah ini bersifat berbahaya bagi lingkungan laut jika tidak ditangani secara tepat, karena berpotensi mencemari perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem laut.

Di atas kapal, *waste oil* umumnya disimpan dalam *waste oil tank* atau *sludge tank*, sebelum kemudian diproses lebih lanjut melalui *incinerator*, fasilitas penerimaan di darat (*shore reception facility*), atau sistem *Oil Discharge Monitoring Equipment* (ODME) melalui OWS (*Oil Water Separator*) apabila memenuhi batas kandungan oli yang diperbolehkan untuk dibuang. Seluruh proses penanganan dan pembuangan *waste oil* harus dicatat dalam *Oil Record Book* (ORB) sebagai bentuk kepatuhan terhadap peraturan internasional dan untuk mencegah praktik pembuangan ilegal ke laut.

C. Pengertian Pesawat Bantu *Incinerator*

(Syailendra et al., 2024) Pengertian dari pesawat bantu *incinerator* yaitu sebuah permesinan bantu atau *auxiliary engine* di atas kapal yang memiliki fungsi sebagai pembakar *waste oil* atau minyak kotor serta sampah padat yang ada di atas kapal. Hal ini ditambahkan pula oleh (Tami, 2021) yang mengartikan bahwa *Incinerator* merupakan alat yang digunakan untuk membakar limbah dalam bentuk padat dan dioperasikan dengan memanfaatkan teknologi pembakaran pada suhu tertentu. Teknologi ini merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi timbunan limbah. Karena melibatkan pembakaran dengan suhu tinggi, energi panas yang dihasilkan bisa dimanfaatkan menjadi sumber listrik.



Gambar 2. 1. Pesawat Bantu *Incinerator*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Sedangkan menurut Latief AS (PRATAMA, 2021) *Incinerator* adalah tungku pembakaran digunakan untuk mengolah limbah padat, memproses perubahan materi padat (sampah) ke dalam bentuk rupa menjadi materi gas (*botton dan fly ash*). Insinerasi merupakan bagian pada proses pengolahan *incinerator* yaitu pengolahan limbah bersifat padat dengan pembakaran pada temperature lebih dari 800°C untuk

mengurangi sampah yang mudah dibakar (*combustible*) dengan sampah yang tidak dapat didaur ulang.

Proses pembakaran pada *incinerator* hanya dapat berlangsung apabila terpenuhi unsur-unsur dalam segitiga api. Segitiga api mencakup tiga elemen utama, yaitu bahan bakar, energi panas, dan udara (oksigen). Pembakaran akan terjadi ketika ketiga unsur tersebut bertemu dalam konsentrasi yang sesuai. Sebaliknya, apabila salah satu unsur tidak terpenuhi, maka proses pembakaran tidak akan terjadi.

D. Fungsi Pesawat Bantu *Incinerator*

Incinerator merupakan salah satu peralatan bantu yang memiliki peranan vital di atas kapal. Alat ini berfungsi untuk memusnahkan limbah padat maupun cair yang dihasilkan dari kegiatan operasional kapal melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Limbah yang dibakar umumnya berupa *oily rags*, *sludge oil*, sisa makanan, kertas, kain, dan material organik lainnya yang tidak dapat dibuang langsung ke laut sesuai ketentuan MARPOL Annex V. Pembakaran tersebut bertujuan untuk mengurangi volume limbah dikapal secara signifikan serta mengubahnya menjadi bentuk yang lebih aman, seperti abu dan gas buang yang sudah melalui proses penyaringan dan pendinginan.

Dalam praktiknya, *incinerator* membantu kapal untuk mengelola limbah secara mandiri tanpa perlu terlalu sering membuang limbah ke pelabuhan atau menyimpannya dalam waktu lama. Hal ini tentu sangat bermanfaat bagi kapal yang berlayar dalam jangka waktu panjang atau melintasi perairan internasional yang menerapkan peraturan ketat terkait pembuangan limbah.

Meskipun *incinerator* merupakan alat bantu yang sangat penting dalam pengelolaan limbah di kapal, penggunaannya tetap harus dilakukan dengan mengikuti prosedur yang benar dan peraturan yang berlaku sesuai ketentuan internasional maupun regulasi perusahaan pelayaran. Pengoperasian *incinerator* tanpa memperhatikan standar keselamatan dan batasan jenis limbah yang diizinkan dapat

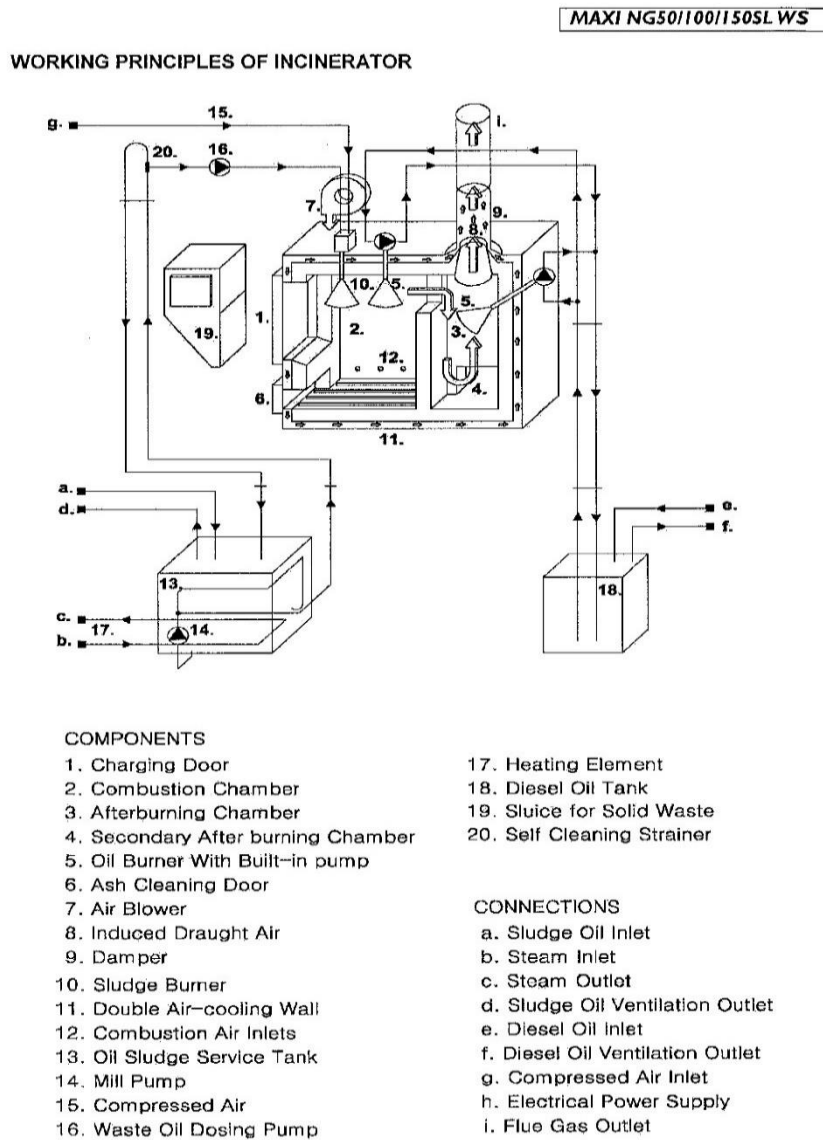
menimbulkan risiko serius bagi kesehatan awak kapal serta pencemaran lingkungan laut dan udara.

Beberapa jenis limbah seperti plastik, aerosol, baterai, cat, bahan kimia berbahaya, serta limbah yang mengandung logam berat tidak diperbolehkan dibakar di dalam *incinerator*, karena proses pembakarannya dapat menghasilkan emisi beracun seperti dioksin dan furan yang berbahaya bagi manusia maupun ekosistem laut. Oleh karena itu, operator *incinerator* perlu memahami dengan baik jenis limbah yang boleh dan tidak boleh dibakar, serta memastikan setiap proses pembakaran dilakukan dengan pengawasan dan pencatatan yang tepat.

Dengan demikian, fungsi pesawat bantu *incinerator* tidak hanya sebatas sebagai alat pembakar limbah, tetapi juga sebagai bagian dari sistem pengelolaan limbah terpadu di atas kapal yang mendukung keberlangsungan pelayaran yang ramah lingkungan dan sesuai regulasi internasional.

E. Komponen Pada *Incinerator*

Berikut ini adalah beberapa komponen yang terdapat pada *incinerator* berdasarkan *Manual Book Incinerator – Hyundai Marine Machinery Co., Ltd.*, sebagai berikut:



INSTRUCTION BOOK FOR INCINERATOR
 Hyundai Marine Machinery Co., Ltd.
 602-15, GAJWA DONG, SEO GU, INCHEON CITY, KOREA
 Tel : 032 583 0671 Fax : 032 583 0674 URL : <http://www.hmmco.co.kr>

Page 7

Gambar 2. 2. Komponen Pesawat Bantu *Incinerator*

Sumber : *Manual Book MV. Tangguh Palung*

1. Charging Door

Charging door adalah pintu yang berfungsi sebagai jalur masuk limbah ke dalam ruang pembakaran *incinerator*. Pintu ini dirancang dengan bahan tahan panas dan dilengkapi dengan sistem pengunci agar aman saat proses pembakaran berlangsung. Saat *incinerator* sedang beroperasi, *charging door* harus tetap tertutup rapat untuk mencegah keluarnya asap atau panas ke luar ruang bakar.

2. Combustion Chamber

Combustion chamber adalah ruang utama dalam *incinerator* tempat terjadinya proses pembakaran limbah. Ruangan ini dilapisi dengan bahan tahan api (fire brick atau refractory material) untuk menahan suhu tinggi selama pembakaran. *Combustion chamber* dirancang agar panas tersebar merata dan memungkinkan pembakaran limbah berlangsung secara efisien dan sempurna, sehingga menghasilkan sisa abu yang minimal.

3. Afterburning Chamber

After burning chamber adalah ruang lanjutan setelah *combustion chamber* yang berfungsi untuk memastikan pembakaran gas-gas sisa berlangsung secara sempurna. Di ruangan ini, gas hasil pembakaran awal dibakar kembali pada suhu tinggi agar emisi yang dihasilkan lebih bersih dan tidak berbahaya. *After burning chamber* juga membantu mengurangi kandungan karbon monoksida (CO) dan zat berbahaya lainnya sebelum gas dibuang melalui cerobong.

4. Secondary After Burning Chamber

Secondary After Burning Chamber adalah ruang pembakaran tahap akhir yang berfungsi untuk membakar sisa-sisa gas berbahaya yang belum terbakar secara sempurna di *after burning chamber* sebelumnya. Ruangan ini memastikan bahwa emisi yang keluar dari *incinerator* telah memenuhi standar lingkungan dengan

menurunkan kadar zat beracun seperti hidrokarbon dan karbon monoksida. Suhu di dalam *chamber* ini dijaga tetap tinggi agar proses pembakaran gas berlangsung maksimal.

5. Oil Burner with Built-in Pump

Oil Burner with Built-in Pump adalah komponen pembakar yang dilengkapi dengan pompa internal untuk menyuplai bahan bakar ke ruang pembakaran. *Burner* ini menggunakan bahan bakar seperti *diesel oil* atau *sludge oil* untuk menghasilkan nyala api yang dibutuhkan dalam proses pembakaran limbah. Dengan adanya pompa bawaan, suplai bahan bakar menjadi lebih stabil dan efisien, sehingga pembakaran dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan.

6. Ash Cleaning Door

Ash Cleaning Door adalah pintu khusus yang digunakan untuk mengeluarkan abu sisa pembakaran dari dalam *incinerator*. Pintu ini biasanya terletak di bagian bawah ruang pembakaran dan dirancang agar mudah dibuka-tutup saat proses pembersihan. Dengan adanya *ash cleaning door*, proses pengangkatan abu menjadi lebih aman dan efisien tanpa mengganggu komponen lain dari *incinerator*.

7. Air Blower

Air Blower adalah komponen yang memiliki fungsi untuk menyuplai udara ke dalam ruang pembakaran *incinerator*. Udara yang dialirkan sangat penting untuk mendukung proses pembakaran yang sempurna, karena oksigen membantu membakar limbah secara efisien. *Air blower* juga membantu menjaga tekanan dan suhu dalam ruang bakar agar tetap stabil selama proses operasi berlangsung.

8. *Induced Draught Air*

Induced Draught Air adalah sistem hisap udara yang berfungsi untuk mengeluarkan gas hasil pembakaran dari dalam *incinerator* melalui cerobong asap. Sistem ini beroperasi dengan menciptakan tekanan negatif di dalam ruang pembakaran, sehingga aliran gas buang dapat tersedot keluar secara lebih efisien. *Induced draught air* juga membantu mengontrol aliran udara dan menjaga kestabilan proses pembakaran serta mencegah kebocoran gas berbahaya ke area sekitar.

9. *Damper*

Damper adalah katup atau penutup yang digunakan untuk mengatur aliran udara atau gas buang di dalam sistem *incinerator*. Dengan mengontrol bukaan damper, operator dapat menyesuaikan jumlah udara pembakaran atau mengatur kecepatan aliran gas buang. *Damper* berperan penting dalam menjaga efisiensi pembakaran dan mengoptimalkan tekanan serta suhu di dalam ruang pembakaran.

10. *Sludge Burner*

Sludge Burner adalah komponen pembakar khusus yang digunakan untuk membakar *sludge oil* atau campuran limbah minyak dan air yang berasal dari sistem pelumasan atau bahan bakar kapal. *Burner* ini dirancang untuk menangani bahan bakar dengan viskositas tinggi dan kualitas rendah. *Sludge burner* membantu mengurangi jumlah limbah minyak di kapal dengan cara membakarnya secara langsung di dalam *combustion chamber* sebagai sumber energi tambahan.

11. *Double Air-cooling Wall*

Double air-cooling wall adalah dinding berlapis ganda pada *incinerator* yang dirancang untuk mendinginkan ruang pembakaran menggunakan aliran udara. Udara dari *blower* mengalir di antara

dua lapisan dinding sebelum masuk ke ruang bakar sebagai udara pembakaran. Sistem ini berfungsi melindungi dinding dari suhu tinggi, meningkatkan efisiensi pembakaran, serta memperpanjang umur *incinerator*. Dengan sistem ini, panas dapat dimanfaatkan secara optimal sekaligus menjaga kestabilan suhu struktur *incinerator*.

12. Combustion Air Inlets

Combustion Air Inlets adalah saluran masuk udara yang dirancang untuk mensuplai udara segar ke dalam ruang pembakaran *incinerator*. Udara yang masuk melalui *inlets* ini sangat penting untuk mendukung reaksi pembakaran yang sempurna, karena menyediakan oksigen yang dibutuhkan untuk proses tersebut. Posisi dan jumlah *air inlet* diatur sedemikian rupa agar distribusi udara merata dan efisiensi pembakaran tetap optimal.

13. Oil Sludge Service Tank

Oil Sludge Service Tank adalah tangki penampungan sementara yang digunakan untuk menyimpan *sludge oil* sebelum dialirkan ke *sludge burner* dalam *incinerator*. *Sludge* yang berasal dari pemisahan minyak di *purifier* atau dari sistem *drainase* mesin dikumpulkan di tangki ini. Tangki ini biasanya dilengkapi dengan sistem pemanas agar *sludge* tetap dalam kondisi cair dan mudah dipompa menuju *burner* untuk proses pembakaran.

14. Mill Pump

Mill Pump adalah pompa yang digunakan untuk memompa *waste oil / sludge* dari *Oil Sludge Service Tank* ke sistem pembakaran *incinerator*. Pompa ini dirancang untuk menangani *fluida* dengan viskositas tinggi dan memastikan aliran *waste oil* yang stabil dan konsisten menuju *burner*. *Mill pump* bekerja secara otomatis untuk menjaga proses pembakaran tetap efisien dengan memastikan pasokan bahan bakar yang cukup.

15. Compressed Air

Compressed Air adalah udara yang dipadatkan dan disimpan dalam sistem untuk digunakan dalam berbagai fungsi di *incinerator*, seperti menggerakkan komponen mekanis, membantu proses pembakaran, dan mengoperasikan alat kontrol otomatis. Udara terkompresi juga digunakan untuk membersihkan *filter* atau komponen lain yang memerlukan pemeliharaan, serta untuk sistem pengendalian asap dan gas buang.

16. Waste Oil Dosing Pump

Waste Oil Dosing Pump adalah pompa yang berfungsi untuk menyalurkan minyak bekas (*waste oil*) ke dalam sistem *incinerator* dengan laju aliran yang terkontrol. Pompa ini memastikan aliran minyak bekas yang stabil dan presisi, yang kemudian akan digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran. Dengan pengaturan dosis yang tepat, pompa ini membantu memaksimalkan efisiensi pembakaran dan mengurangi limbah minyak yang tidak terpakai.

17. Heating Element

Heating Element merupakan komponen pemanas yang berfungsi memanaskan *waste oil* pada *waste oil service tank* maupun *waste oil settling tank*, sehingga kandungan air di dalamnya dapat berkurang melalui proses penguapan (evaporasi). Elemen pemanas ini bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi panas yang diperlukan untuk mencapai suhu yang dibutuhkan dalam ruang pembakaran. *Heating element* sangat berguna untuk memanaskan *sludge oil* atau bahan bakar lainnya yang memiliki viskositas tinggi, sehingga memudahkan proses pembakaran yang efisien.

18. Diesel Oil Tank

Diesel Oil Tank merupakan tangki penyimpanan yang berfungsi menampung bahan bakar diesel yang akan digunakan sebagai suplai energi bagi *incinerator*. Tangki ini dilengkapi dengan sistem pemantauan level bahan bakar dan dilindungi oleh sistem keselamatan untuk mencegah kebocoran atau kebakaran. *Diesel oil* yang disimpan di dalam tangki akan dipompa ke *oil burner* untuk proses pembakaran yang membantu mencapai suhu yang diperlukan dalam ruang pembakaran.

19. Sluice for Solid Waste

Sluice for Solid Waste adalah saluran atau sistem yang digunakan untuk mengalirkan dan memindahkan limbah padat dari area pengumpulan ke dalam *incinerator* untuk proses pembakaran. *Sluice* ini dirancang untuk menangani volume limbah yang besar dengan efisien, sehingga limbah padat dapat dimasukkan dengan mudah ke dalam ruang pembakaran tanpa menyebabkan hambatan atau gangguan dalam sistem. Biasanya, *sluice* ini dilengkapi dengan mekanisme pengendalian untuk memastikan aliran limbah tetap lancar.

20. Self Cleaning Strainer

Self Cleaning Strainer adalah perangkat penyaring otomatis yang berfungsi untuk memisahkan kotoran atau partikel asing dari cairan yang mengalir melalui sistem, seperti bahan bakar atau air dalam *incinerator*. Sistem ini dilengkapi dengan mekanisme pembersihan otomatis yang memungkinkan saringan tetap bersih tanpa memerlukan intervensi manual. Dengan demikian, *strainer* ini menjaga aliran cairan tetap lancar dan mencegah terjadinya penyumbatan atau kerusakan pada sistem yang lebih sensitif.

F. Cara Kerja Pesawat Bantu *Incinerator*

Menurut Lukman, (2010) cara kerja *incinerator* adalah kotoran minyak lumpas yang ada pada *waste oil tank* terlebih dahulu harus di cek apakah kotoran minyak lumpas tersebut dapat dibakar atau tidak, apabila dapat dibakar, cara pengaturan sebelum dibakar maka kotoran minyak lumpas dan lumpur di *waste oil settling tank* terlebih dahulu dipanaskan kira-kira 90-95°C. Jika kotoran minyak lumpas sangat tinggi viscositasnya maka harus dipanasi kira-kira 95-100°C tetapi temperatur pemanasnya juga sangat ditentukan oleh karakteristik minyak tersebut. Langkah awal dalam pengoperasian *incinerator* adalah menutup sistem *heater* pada *waste oil service tank* dan *settling tank*. Namun, pada beberapa kapal, *heater waste oil* tetap dioperasikan selama proses pembakaran untuk menjaga temperatur agar *waste oil* tetap mudah terbakar, terutama ketika kapal berlayar di wilayah dengan suhu lingkungan yang rendah. Selanjutnya dilakukan proses *line up*, yaitu penyusunan dan pembukaan jalur pipa dari *waste oil service tank* menuju *incinerator*, serta penyiapan jalur bahan bakar MGO/MDO sebagai sumber bahan bakar utama untuk mendukung proses pembakaran di dalam *incinerator*, kemudian nyalakan *mill pump* untuk mensirkulasi *sludge* dari *waste oil service tank* kembali ke *waste oil service tank*, nyalakan *fan* terlebih dahulu, kemudian aktifkan *solenoid pump* untuk mengalirkan bahan bakar MGO (Marine Gas Oil) ke *auxiliary burner*, serta pasokan udara juga diberikan ke *auxiliary burner* agar proses pembakaran dapat berjalan dengan baik. Setelah sepuluh menit, jalankan *waste oil pump* untuk menghisap *waste oil* dan mengarahkannya ke *waste oil burner*, setelah *waste oil burner* bekerja dengan sempurna kita matikan *solenoid pump* agar bahan bakar yang digunakan hanya *waste oil*. Kemudian, pantau secara berkala temperatur awal pembakaran, dan naikkan setting suhu secara bertahap hingga mencapai kisaran 650-850°C pada *primary combustion chamber* dan 850-950°C pada *secondary combustion*

chamber. Kisaran temperatur tersebut diterapkan untuk pembakaran *waste oil*, dengan tujuan memastikan proses pembakaran berlangsung sempurna dan tidak menghasilkan emisi berbahaya. Standar suhu ini ditetapkan untuk memenuhi ketentuan International Maritime Organization (IMO) melalui MARPOL Annex VI Regulation 16, yang mengatur bahwa *incinerator* kapal harus beroperasi pada suhu minimal 850°C, serta mencapai 950°C apabila limbah termasuk *waste oil* mengandung senyawa halogen organik. Namun tetap memperhatikan temperatur gas buang dibawah 350°C, setelah temperatur stabil sesuai pada settingan maka ubah dari mode manual ke mode otomatis maka jika terjadi kondisi abnormal pada *Incinerator* alarm kamar mesin akan berbunyi.

Menurut Fadul F.M., (2019) pada *incinerator* terdapat 2 ruang bakar, yang terdiri dari *Primary Chamber* dan *Secondary Chamber*.

1. Primary Chamber

Berfungsi sebagai tempat pembakaran limbah. Kondisi pembakaran dirancang dengan jumlah udara untuk reaksi pembakaran kurang dari semestinya, sehingga disamping pembakaran juga terjadi reaksi pirolisa. Pada reaksi pirolisa material organik terdegradasi menjadi karbon monoksida dan metana. Suhu dalam *primary chamber* diatur pada rentang 650°C-850°C dan untuk mencapai suhu tersebut, pemanasan dalam *primary chamber* dibantu oleh energi dari *burner* dan energi pembakaran yang timbul dari limbah itu sendiri. Udara (oksigen) untuk pembakaran di suplai oleh *blower* dalam jumlah yang terkontrol. Padatan sisa pembakaran di *primary chamber* dapat berupa padatan tak terbakar (logam, kaca) dan abu (mineral), maupun karbon berupa arang. Tetapi arang dapat diminimalkan dengan pemberian suplai oksigen secara *continue* selama pembakaran berlangsung. Sedangkan padatan tak terbakar dapat diminimalkan dengan melakukan pensortiran limbah terlebih dahulu

2. Secondary Chamber

Gas hasil pembakaran dan pirolisa perlu dibakar lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan. Pembakaran gas-gas tersebut dapat berlangsung dengan baik jika terjadi pencampuran yang tepat antara oksigen (udara) dengan gas hasil pirolisa, serta ditunjang oleh waktu tinggal (retention time) yang cukup. Udara untuk pembakaran di *secondary chamber* disuplai oleh *blower* dalam jumlah yang terkontrol. Selanjutnya gas pirolisa yang tercampur dengan udara dibakar secara sempurna oleh *burner* didalam *secondary chamber* dalam temperatur sekitar 850°C-950°C. Sehingga gas-gas pirolisa (Metana, Etana dan Hidrokarbon lainnya) terurai menjadi gas CO₂ dan H₂O.

G. Prosedur Pembakaran Limbah Padat Maupun Waste Oil

Incinerator adalah peralatan bantu vital di atas kapal yang berfungsi untuk melakukan pembakaran termal terhadap limbah padat maupun limbah cair (waste oil). Pengoperasian *incinerator* harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai prosedur standar guna menjamin efisiensi pembakaran serta keselamatan kerja. Berikut ini prosedur pembakaran pada *incinerator* berdasarkan *Manual Book Incinerator – Hyundai Marine Machinery Co., Ltd.*, sebagai berikut:

1. Persiapan Untuk Menghidupkan Incinerator

Sebelum menghidupkan *Incinerator*, hal berikut harus dilakukan:

- a. Buka semua katup masuk dan keluar untuk bahan bakar.
- b. Buka semua katup masuk dan keluar untuk limbah minyak dan udara.
- c. Pastikan tidak ada penghalang untuk masuknya udara ke *primary blower* maupun keluaran gas buang.

2. Menghidupkan Incinerator Dengan Program Limbah Padat

- a. Pastikan saklar berada pada posisi “waste oil off”

- b. Aktifkan saklar utama pada panel kontrol
- c. Reset lampu alarm dengan menekan tombol “reset alarm”
- d. Pastikan semua lampu menyala dengan menekan tombol “*lamp test*”
- e. Untuk menghidupkan *Incinerator*, aktifkan saklar “*incinerator-start*”
- f. *Incinerator* akan mulai beroperasi secara otomatis dengan mengaktifkan *secondary burner* di *secondary combustion chamber*, bersamaan dengan *blower* yang juga akan menyala secara otomatis untuk menyuplai udara pembakaran dan menjaga kestabilan proses pembakaran.
- g. Setelah sekitar 25 menit, *secondary combustion chamber* akan mencapai suhu 550°C, dan *primary burner* di *primary combustion chamber* akan diaktifkan. *Incinerator* kemudian beroperasi pada suhu yang telah ditentukan yaitu 850-950°C.
- h. Jika api di *Incinerator* padam, *Incinerator* harus direset dengan menggunakan “*reset flame failure burner*”
- i. Tambahkan limbah padat ke *primary combustion chamber* melalui *sluice door*. Pastikan temperatur dan tekanan ruang bakar aman untuk menghindari *back pressure*.

3. Menghidupkan *Incinerator* Dengan Program *Waste Oil*

- a. Pastikan saklar berada pada posisi “*waste oil on*”.
- b. Sebelum menghidupkan *Incinerator*, ikuti langkah-langkah yang diberikan pada poin “2”, item “b” hingga “g”. Ketika suhu *secondary combustion chamber* mencapai 550°C, *primary burner* di *primary combustion chamber* akan diaktifkan. Setelah masa pemanasan selama 25 detik, *waste oil burner* akan menyala secara otomatis dan beroperasi pada set point yang ditentukan secara bertahap sampai 850-950°C.

Jika “*delay primary burner*” diatur ke posisi AUTO (Otomatis), *primary burner* akan beroperasi selama 25 detik untuk menyalakan *sludge burner* secara otomatis.

Jika “*delay primary burner*” diatur ke posisi manual MAN (Manual), *primary burner* akan beroperasi terus-menerus bersama *sludge burner*.

4. Penambahan Limbah Padat

Sebelum menambahkan limbah padat baru, periksa apakah *Incinerator* siap menerima lebih banyak limbah atau tidak dengan melihat melalui temperature dan tekanan pada ruang bakar untuk menghindari *back pressure* dari tekanan berlebih.

5. Menghentikan *Incinerator*

- a. Tekan saklar “*incinerator stop*”
- b. Ketika suhu di *Incinerator* turun di bawah 100°C, *Incinerator* akan berhenti secara otomatis.
- c. Ketika *Incinerator* telah berhenti, “*switch off*” panel utama setelah sirkulasi oleh *blower* selama 30 menit.

H. Prosedur Perawatan

Berikut ini prosedur perawatan *incinerator* berdasarkan *Manual Book Incinerator – Hyundai Marine Machinery Co., Ltd.*, sebagai berikut:

1. Harian

- a. Periksa ruang bakar. Bersihkan semua abu dan kerak setelah pembakaran selesai.
- b. Catatan: Saluran masuk udara ruang bakar di bagian bawah harus selalu dibersihkan.
- c. Periksa tekanan minyak diesel. Pembacaan normal 16 bar.
- d. Periksa tekanan oli bekas (lumpur). Pembacaan normal 0,5 bar.

2. Mingguan

- a. Celem photo resistor pada *burner*.
- b. Periksa saluran masuk udara pembakaran dan saluran masuk udara pendingin bebas dari halangan. Bersihkan jika perlu.

3. Bulanan

- a. Periksa sabuk kipas dan tegangannya.
- b. Periksa kondisi *refractory*.
- c. Periksa pembakar minyak diesel.
- d. Periksa pembakar minyak limbah (lumpur).
- e. Periksa penahan percikan api (jika terpasang) dan bersihkan jika perlu.

4. 6 bulanan

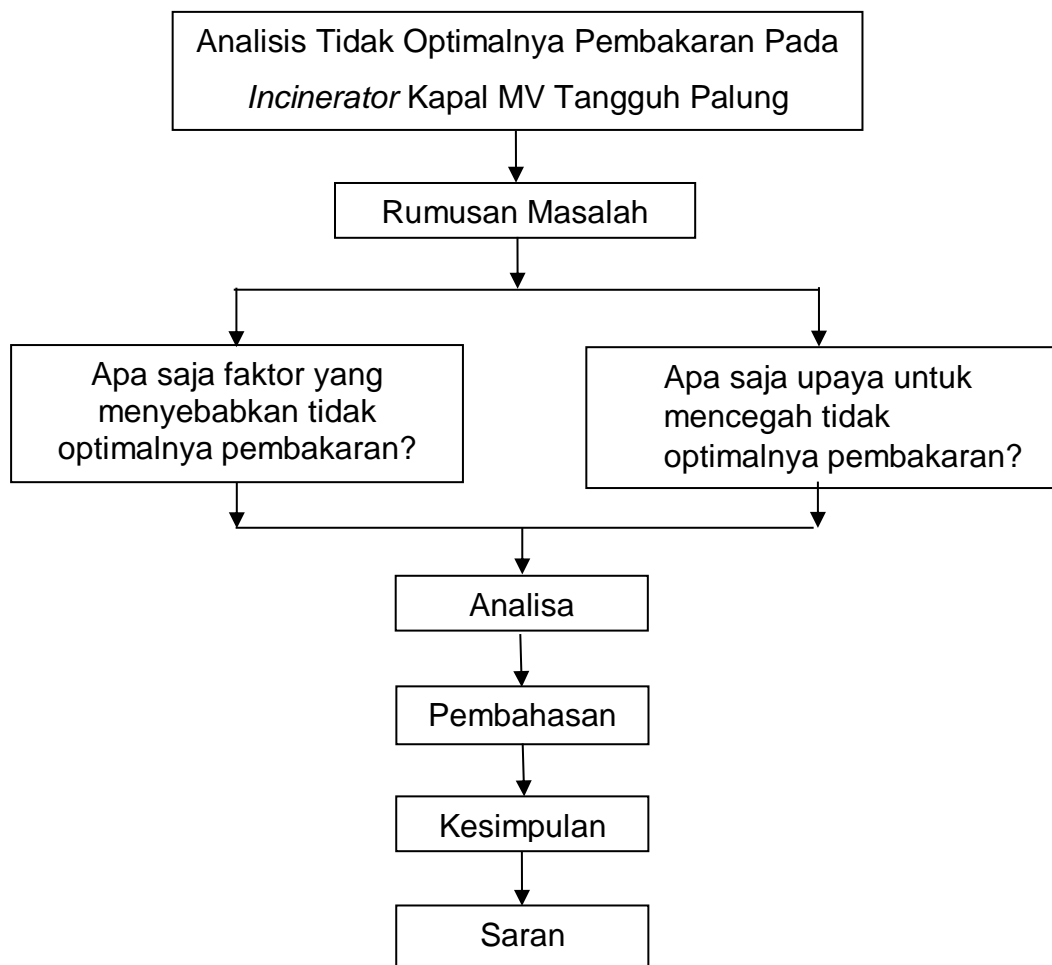
- a. Periksa *filter* pada pompa minyak diesel dan bersihkan jika perlu
- b. Periksa *filter* pada saluran minyak diesel dan bersihkan jika perlu.
- c. Periksa rotor dan katup pelepas pada pompa takaran oli limbah (lumpur).
- d. Ganti pelumas pada bantalan kipas gas buang.
- e. Periksa secara visual termokopel untuk ruang bakar.

5. Tahunan

- a. Periksa pekerjaan cat. Pastikan cat tidak terkelupas atau tergores.
- b. Periksa sistem kontrol dan alarm sesuai dengan "Uji fungsi dan perangkat keselamatan"
- c. Periksa semua perangkat keselamatan dan kalibrasi jika perlu.
- d. Periksa semua katup pada sistem oli dari kebocoran.
- e. Periksa semua katup solenoid dari kebocoran.
- f. Ganti *nozzle* untuk pembakar D.O. dengan yang baru.

I. Kerangka Pikir

Kerangka pikir adalah suatu diagram yang menyajikan gambaran umum mengenai alur pemikiran dalam pelaksanaan sebuah penelitian. Penyusunannya didasarkan pada rumusan pertanyaan penelitian dan merepresentasikan kumpulan konsep serta keterkaitan antar konsep tersebut.



Gambar 2. 3. Kerangka Pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Lokasi Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, di mana peneliti secara langsung mengamati berbagai peristiwa dan fenomena yang berhubungan dengan objek penelitian. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, dan kajian literatur. Penelitian ini difokuskan pada metode dan kondisi operasional di atas kapal dalam rangka mengidentifikasi penyebab serta upaya pencegahan terhadap menurunnya kinerja pembakaran *incinerator*. Seluruh proses penelitian dilakukan selama penulis menjalani praktik laut (prala), yang secara umum menjadi dasar utama dalam pelaksanaan studi ini.

2. Lokasi Penelitian

Praktek laut yang menjadi dasar dari penelitian ini dilaksanakan oleh penulis selama kurun waktu 13 bulan 20 hari di atas kapal MV. Tangguh Palung, yang dioperasikan oleh perusahaan *K Marine Ship Management Pte. Ltd.* Kapal ini merupakan salah satu armada pengangkut gas alam cair (LNG) yang beroperasi secara internasional dan melayani pelayaran ke berbagai pelabuhan dunia.

Selama praktik laut, penulis bertugas sebagai kadet mesin dan terlibat dalam operasi serta perawatan sistem permesinan utama, sistem bantu, dan peralatan pendukung di ruang mesin kapal Tangguh Palung. Pengalaman tersebut menjadi dasar penyusunan laporan ini. Seluruh kegiatan dan pengamatan yang dilakukan di atas kapal Tangguh Palung menjadi dasar utama dalam penyusunan laporan ini.

B. Definisi Konsep

Incinerator adalah salah satu peralatan bantu di kapal yang berfungsi untuk mengolah limbah demi mencegah pencemaran laut. Karena perannya yang sangat vital dalam mendukung operasional kapal, sistem kerja *incinerator* harus selalu dalam kondisi optimal agar tidak menimbulkan hambatan terhadap kelancaran pelayaran. Setiap permasalahan atau kendala yang muncul pada sistem operasional *incinerator* perlu diidentifikasi, dipahami, dan ditangani dengan tepat.

Definisi konsep dalam penelitian ini merujuk pada pemahaman terhadap peran dan fungsi *incinerator* sebagai pesawat bantu di atas kapal yang dipergunakan untuk mengolah limbah padat ataupun cair seperti *garbage*, *oily rags* dan *waste oil* melalui proses pembakaran bersuhu tinggi. Proses ini bertujuan untuk mengurangi volume limbah serta mencegah pencemaran laut sebagaimana diatur dalam Konvensi MARPOL 73/78, khususnya *Annex I* dan *Annex V*.

Konsep ini juga mencakup pentingnya pengoperasian *incinerator* secara efisien dan sesuai prosedur, mengingat adanya potensi penurunan performa akibat faktor teknis seperti kandungan air dalam *waste oil* yang tidak ideal, tersumbatnya *sludge nozzle* oleh karbon sisa pembakaran, dan kesalahan dalam pemasangan pemantik *burner*. Hal ini berdampak pada efisiensi pembakaran, keselamatan kerja, serta kepatuhan terhadap regulasi perlindungan lingkungan laut.

Dengan demikian, definisi konsep dalam penelitian ini menyatukan pemahaman teknis tentang kinerja *incinerator* dan prinsip-prinsip perlindungan lingkungan berdasarkan ketentuan MARPOL yang relevan.

C. Unit Analysis

Penelitian ini berfokus pada unit analisis berupa *incinerator*, yaitu salah satu mesin bantu yang digunakan di atas kapal MV Tangguh Palung dengan merek *Hyundai Marine Machinery*, yang digunakan untuk membakar limbah padat dan cair sesuai ketentuan MARPOL. Fokus utama berada pada kinerja komponen-komponen utama *incinerator*, seperti *burner*, *nozzle*, dan pemantik, serta kualitas *waste oil* yang berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran *incinerator*.

Selain aspek teknis, unit analisis juga mencakup implementasi prosedur operasional dan perawatan *incinerator* oleh awak kapal dalam rangka pemenuhan persyaratan MARPOL Annex I (pencemaran oleh minyak) dan Annex V (pencemaran oleh sampah). Penelitian ini berfokus pada identifikasi faktor-faktor penyebab ketidak efisienan proses pembakaran serta tindakan preventif yang dapat diterapkan untuk memastikan *incinerator* berfungsi secara optimal dan ramah lingkungan.

D. Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data dengan tujuan memperoleh informasi yang akurat dan relevan sesuai dengan objek penelitian. Pengumpulan data dilakukan secara langsung selama masa praktik laut (On the Job Training) yang berlangsung selama 13 bulan 20 hari di atas kapal LNG/C Tangguh Palung milik perusahaan *K Marine Ship Management Pte. Ltd.* Di mana penulis secara aktif terlibat membantu *4th Engineer* selaku *person in charge* dalam pengoperasian, pemeliharaan, dan inspeksi *incinerator* yang digunakan untuk memusnahkan limbah padat dan cair hasil operasional kapal.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan sejumlah teknik pengumpulan data yang diuraikan sebagai berikut:

1. Observasi

Menurut (Ismail, 2020) Observasi dapat diartikan sebagai salah satu teknik pengumpulan data yang sifatnya lebih spesifik dibanding teknik lainnya. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan secara langsung oleh peneliti terhadap mesin *incinerator* merek *Hyundai Marine Machinery* yang digunakan di atas kapal Tangguh Palung. Penulis mengamati cara kerja *incinerator*, proses pembakaran limbah, suhu ruang bakar dan gas buang, durasi pembakaran, serta parameter operasional seperti tekanan oli, suhu burner, dan kondisi pompa bahan bakar limbah (sludge).

2. Studi Literatur

Menurut (Salmaa, 2023) Studi literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya. Dengan kata lain, istilah studi literatur ini juga sangat familiar dengan sebutan studi pustaka.. Penulis mempelajari *manual book incinerator* serta referensi teknis lainnya yang menjelaskan prosedur pengoperasian secara standar, sistem kontrol, dan aspek keselamatan dalam penggunaan *incinerator* di kapal.

3. Wawancara

Menurut (Kusuma, 2023) Wawancara adalah sebuah proses komunikasi yang melibatkan dua pihak atau lebih, di mana satu pihak bertanya dan pihak lainnya memberikan jawaban. Tujuan utamanya adalah untuk mengumpulkan informasi dari orang yang memiliki pengetahuan atau pengalaman tentang topik tertentu.

. Penulis melakukan wawancara dengan *chief engineer*, *second engineer* dan *fourth engineer* selaku PIC (Person In Charge) yang memiliki pengalaman langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan *incinerator*. Wawancara difokuskan pada prosedur

start-up/shutdown, pemeliharaan mesin, masalah umum yang sering terjadi, penyebab kegagalan pembakaran, serta langkah-langkah penanganannya. Maka dari itu penulis akan lampirkan hasil wawancara penulis dengan *engineer* diatas pada halaman lampiran.

4. Dokumentasi

Menurut (Rizeki, 2022) Dokumentasi adalah aktivitas atau proses yang sistematis dalam melakukan pengumpulan, pencarian, penyelidikan, pemakaian, dan penyediaan dokumen. Tujuannya adalah untuk mendapatkan keterangan, penerangan pengetahuan dan bukti serta menyebarkannya kepada pengguna. Dokumentasi dalam penelitian ini dilakukan melalui pengambilan gambar oleh peneliti sebagai pendukung hasil penelitian. Metode dokumentasi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data pendukung yang bersifat visual dan tertulis selama pelaksanaan praktik laut di atas kapal Tangguh Palung. Dokumentasi mencakup pencatatan data operasional *incinerator* pada *Oil Record Book*, seperti pencatatan waktu pengoperasian, lokasi pengoperasian, dan jumlah limbah cair/padat yang dibakar, serta catatan harian dari *engine logbook* yang berkaitan dengan pengoperasian *incinerator*. Selain itu, peneliti juga mengumpulkan bukti visual berupa foto-foto kondisi fisik *incinerator*, panel kontrol, serta proses pembersihan *burner* dan ruang bakar sebagai bentuk penguatan terhadap hasil observasi dan wawancara. Dokumentasi juga mencakup catatan dari *Oil Record Book*, *Garbage Record Book*, *engine log book*, dan *emission record book* selama proses pembakaran limbah dilakukan, yang dilampirkan pada bagian lampiran untuk mendukung validitas data operasional *incinerator*. Semua dokumen tersebut berfungsi sebagai bahan pendukung untuk analisis data dan pembuktian validitas hasil penelitian, terutama dalam menggambarkan kondisi nyata operasional *incinerator* di atas kapal selama pelayaran.

Melalui pendekatan ini, penulis berhasil mengumpulkan data primer dan sekunder yang relevan untuk menganalisis kinerja *incinerator* di kapal serta mengidentifikasi masalah operasional yang sering terjadi.

E. Jenis dan Sumber Data

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kualitatif, yang ditandai dengan sifatnya yang deskriptif dan berbentuk penjelasan naratif. Data tersebut menggambarkan fenomena yang diamati, baik melalui pengamatan langsung maupun secara tidak langsung. Data kualitatif dipilih karena sejalan dengan tujuan penelitian ini, yaitu memperoleh pemahaman mendalam mengenai proses kerja, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tidak optimalnya pembakaran pada *incinerator*, serta menggali upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya permasalahan tersebut.

Data kualitatif yang dikumpulkan mencakup berbagai informasi seperti pemahaman teknis perwira mesin tentang cara kerja *incinerator*, pelaksanaan prosedur operasional standar, pemeliharaan alat, serta persepsi mereka terhadap efektivitas *incinerator* dalam mengurangi limbah padat dan cair. Selain itu, data juga diperoleh melalui dokumentasi visual dan catatan teknis dari kegiatan praktik laut yang berlangsung selama 13 bulan 20 hari di atas kapal Tangguh Palung. Dengan pendekatan kualitatif, peneliti dapat menangkap konteks dan kompleksitas sistem kerja mesin *incinerator* serta bagaimana faktor-faktor teknis dan manusia berinteraksi dalam operasional di atas kapal.

2. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terbagi dalam dua kategori utama, yaitu data primer dan data sekunder, yang keduanya saling mendukung untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang objek yang diteliti:

a) Data Primer

Data primer adalah data utama yang diperoleh peneliti secara langsung dari lapangan, melalui hasil observasi serta interaksi yang dilakukan selama berada di atas kapal MV Tangguh Palung. Data ini dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap sistem *incinerator* selama dioperasikan, baik saat proses *start-up*, pembakaran limbah, maupun saat *shutdown* dan perawatan. Selain itu, data diperoleh melalui wawancara dengan *chief engineer*, *second engineer* dan *fourth engineer* selaku *person in charge*, yang memiliki tanggung jawab utama atas pengelolaan permesinan dan limbah kapal.

Dalam wawancara, peneliti berupaya menggali informasi mengenai faktor-faktor penyebab kurang optimalnya pembakaran pada *incinerator*, langkah penanganan yang dilakukan terhadap permasalahan tersebut, serta upaya pencegahan maupun perawatan yang dapat diterapkan agar *incinerator* tetap beroperasi secara optimal. Data primer ini bersifat autentik karena diperoleh langsung dari narasumber yang terlibat dalam operasional harian sistem *incinerator*, sehingga memiliki nilai yang tinggi dalam mendukung analisis penelitian.

b) Data Sekunder

Selain mengandalkan data primer, peneliti juga menggunakan data sekunder sebagai bahan pelengkap dan pembanding. Sumber data sekunder berasal dari sejumlah literatur yang dianggap relevan dan mendukung pembahasan penelitian ini, seperti *manual book* di kapal, jurnal ilmiah, materi kuliah,

pendapat para ahli, dan laporan teknis dari perusahaan pelayaran, serta dokumen peraturan dan pedoman internasional seperti MARPOL Annex I dan V yang mengatur pencegahan pencemaran oleh oli dan limbah diatas kapal.

Data sekunder ini membantu peneliti dalam membangun kerangka teoritis serta menempatkan temuan lapangan dalam konteks yang lebih luas. Selain itu, data ini juga berguna untuk melakukan validasi dan triangulasi terhadap data primer yang telah dikumpulkan, sehingga hasil penelitian menjadi lebih kuat dan dapat dipertanggung jawabkan secara akademik.

F. Teknik Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah kualitatif, di mana proses analisis difokuskan pada penafsiran data, pendalaman makna, serta pemaparan fenomena berdasarkan konteks yang melatarbelakanginya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dalam mengolah serta menyajikan data yang bersumber dari observasi, wawancara, studi literatur, dan dokumentasi selama praktik laut di kapal Tangguh Palung, dengan fokus pada sistem kerja mesin incinerator.

Analisis dilakukan dengan cara menelaah setiap data yang terkumpul, kemudian disusun menjadi uraian naratif yang sistematis dan runtut. Dalam proses analisis, peneliti melakukan reduksi data dengan cara menyeleksi serta menyaring informasi yang dianggap relevan dengan fokus penelitian, kemudian mengelompokkannya berdasarkan tema-tema utama seperti faktor penyebab gangguan pada *incinerator*, upaya penanganan, serta langkah pencegahan dan perawatan yang dilakukan oleh awak mesin. Setelah itu, data dikaji secara mendalam untuk ditafsirkan dalam konteks operasional sistem *incinerator* dan dampaknya terhadap pengelolaan limbah kapal serta aspek lingkungan.

Metode ini digunakan dengan tujuan agar peneliti dapat memahami secara mendalam kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan, sekaligus menjadi acuan dalam merumuskan langkah-langkah penyelesaian masalah. Dengan metode kualitatif, peneliti dapat melihat hubungan antara berbagai faktor dengan lebih mudah dan menyesuaikannya dengan situasi nyata. Hasil analisis ini diharapkan tidak hanya menjelaskan masalah, tetapi juga bisa diterapkan dalam praktik kerja di bidang permesinan kapal.

G. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2022											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pengumpulan Data												
2.	Pemilihan Judul												
3.	Bimbingan												
No	Kegiatan	Tahun 2023											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Bimbingan												
2.	Seminar Proposal												
3.	Perbaikan Seminar Proposal												
4.	Pengambilan Data												
No	Kegiatan	Tahun 2024											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pengambilan Data												
No	Kegiatan	Tahun 2025											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pengolahan Data Dan Bimbingan Hasil Skripsi												
2.	Seminar Hasil												
3.	Perbaikan dan Bimbingan Seminar Tutup												
4.	Seminar Tutup												