

Penyebab Ketel Uap Mengalami Kegagalan dalam Proses Pembakaran di KM.Binaiya

Robert Panji Nugroho^{1*}, Muh. Haeruddin Syam², Santun Irawan³, Haryadi Wijaya⁴, Hendro Purnomo⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara, Indonesia

Alamat: Jl. Trans Sulawesi KM. 80, Desa Tawaang Timur, Kec. Tenga, Kab. Minahasa Selatan, Sulawesi Utara

Korespondensi penulis: robertpanjinugroho@gmail.com*

Abstract: A boiler is a closed container and can produce hot steam with a pressure of more than one atmosphere. The steam produced is the result of the process of heating fresh water. Hot steam is very necessary to support the operation of the main engine and auxiliary aircraft which require hot, pressurized steam, auxiliary aircraft such as boilers can experience failure in operation, in this case the need for the hot steam produced cannot be met for some reason, it could be due to the maintenance process which does not comply with the manual, incorrect installation or other reasons. So the combustion process in the boiler is not normal. The purpose of this research is to identify the causes of boiler combustion failures, find out what steps to overcome them, and find out the various impacts they cause. This research uses a qualitative descriptive method. This method describes qualitative research as research that uses scientific methods to reveal a phenomenon by describing data and facts through words as a whole regarding the research subject. From this research it can be concluded that the cause of boiler combustion failure is an error in installing the nozzle and a shift in the distance between the two electrodes which results in the boiler not being able to burn. When carrying out boiler maintenance, it must be carried out carefully and in accordance with the manual book so that combustion failure does not occur in the boiler.

Keywords: Boiler, Hot steam, Combustion Failure

Abstrak: Boiler merupakan wadah yang tertutup dan dapat menghasilkan uap panas yang bertekanan lebih dari satu atmosfer, uap yang diproduksi merupakan hasil dari proses memanaskan air tawar. Uap panas sangat diperlukan untuk mendukung pengoperasian mesin induk maupun pesawat bantu yang memerlukan uap panas yang bertekanan, pada pesawat bantu seperti boiler dapat mengalami kegagalan dalam pengoperasiannya, dalam hal ini kebutuhan uap panas yang dihasilkan tidak dapat dipenuhi karena suatu hal, bisa disebabkan karena proses perawatan yang tidak sesuai dengan manual book, pemasangan yang salah atau sebab lainnya. Sehingga proses pembakaran pada boiler tidak normal. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya boiler gagal pembakaran, mengetahui bagaimana langkah-langkah dalam mengatasi, dan mengetahui berbagai macam dampak yang di timbulkan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, metode ini mendeskripsikan penelitian kualitatif sebagai penelitian yang menggunakan metode ilmiah untuk mengungkapkan suatu fenomena dengan cara mendeskripsikan data dan fakta melalui kata-kata secara menyeluruh terhadap subjek penelitian. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya boiler gagal pembakaran adalah terjadinya kesalahan dalam pemasangan nozzle dan terjadinya pergeseran jarak pada kedua elektroda yang mengakibatkan tidak dapat terjadinya pembakaran pada boiler. Dalam melakukan perawatan boiler harus dilakukan secara teliti dan sesuai dengan manual book supaya tidak terjadinya gagal pembakaran pada boiler.

Kata kunci: Boiler, Uap Panas, Gagal Pembakaran

1. LATAR BELAKANG

Dalam perkembangan saat ini, dalam hal transportasi laut, termasuk kapal penumpang, yaitu dapat memudahkan penumpang mencapai tujuan melalui laut atau sungai, menjadi sangat penting. Supaya terwujudnya keberhasilan dalam pelayaran, terdapat berbagai hal yang harus diperhatikan dan dilaksanakan, contohnya perawatan mesin yang sesuai *manual book* pada mesin penggerak utama atau *main engine* dan pesawat bantu, untuk menunjang pengoperasian mesin induk, sehingga menjamin

kelancaran dan tidak ada kendala yang bisa menghambat ketika berlayar. Jika pada kapal terdapat kerusakan pada pesawat bantu yang dapat mengganggu kelancaran operasional kapal, maka hal ini dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan pelayaran dan konsumen kapal yang menunjang operasional pelayaran.

Terdapat berbagai pesawat bantu, seperti *boiler*, generator, pompa-pompa, dll, digunakan untuk membantu pengoperasian supaya kapal berjalan dengan normal. Diantaranya yaitu *boiler* dioperasikan untuk memanaskan bahan bakar, pemanas awal mesin induk, untuk kebutuhan dapur dan banyak fungsi lainnya. Uap panas sangat diperlukan untuk mendukung pengoperasian mesin induk maupun pesawat bantu yang memerlukan uap panas yang bertekanan, pada pesawat bantu seperti *boiler* dapat mengalami kegagalan dalam pengoperasiannya, dalam hal ini kebutuhan uap panas yang dihasilkan tidak dapat dipenuhi karena suatu hal, bisa disebabkan karena proses perawatan yang tidak sesuai dengan *manual book*, pemasangan yang salah atau sebab lainnya. Sehingga proses pembakaran pada *boiler* tidak normal.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab, mengetahui bagaimana langkah-langkah dalam mengatasi dan mengetahui berbagai macam dampak yang di timbulkan bila boiler gagal pembakaran.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembakaran

Pembakaran yang baik adalah pembakaran yang melepaskan seluruh panas yang terbakar dalam bahan bakar. Agar mencapai pembakaran yang baik/sempurna, dilakukan pengontrolan 3T, yaitu:

- a. *Temperature* yang mencukupi untuk proses penyalaan serta menjaga bahan bakar tetap terbakar.
- b. *Turbulence*/percampuran antara oksigen dan bahan bakar yang homogen sesuai rasio pembakaran.
- c. *Time*/waktu Artinya untuk mencapai fase pembakaran harus memenuhi waktu penyalaan

Proses Pembakaran

Proses pembakaran bisa terjadi disebabkan 3 unsur yaitu oksigen, panas dan material yang mudah terbakar biasanya disebut dengan segitiga api, pembakaran terjadi didalam tungku bakar dengan proses bahan bakar yang disemprotkan melalui *nozzle*

dengan ketentuan bahan bakar yang disemprotkan dalam bentuk kabut, selanjutnya terjadinya percikan atau bunga api yang dihasilkan oleh *elektroda* dan terdapat fan untuk menghisap udara yang disalurkan menuju tungku bakar.

Pengertian Boiler

Menurut Sugiharto Agus (2016), *Boiler* adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang terbuat dari baja dan digunakan untuk menghasilkan uap (*steam*). Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Pada umumnya boiler memakai bahan bakar cair, padat, atau gas.

Menurut Sutikno, D. (2011), Boiler adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, yang terdiri atas dua bagian penting yaitu dapur pemanasan untuk menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan *boiler* proper untuk mengubah air menjadi uap.

Jenis-Jenis Pada Boiler

a. Fire Tube Boiler

Boiler jenis ini bisa disebut juga dengan *boiler* pipa api, *boiler* terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian tempat timbulnya api dan bagian tempat air. Jenis pada pengapian *boiler* ini dapat memproduksi *steam* yang rendah dan efisiensinya yang rendah. Proses pembakaran yang menghasilkan gas panas langsung dialirkan menuju pipa-pipa api dan sekeliling pipa-pipa api dialiri dengan air.

b. Water Tube Boiler

Tipe ini memiliki struktur yang mirip dengan tipe *fire tube* yang terdiri dari pipa-pipa dan barel, yang membedakan hanyalah salah satu sisi pipa diisi air dan sisi barel tersebut merupakan tempat api berada. Keunggulan pada tipe ini adalah memberikan hasil uap yang relatif banyak. Proses pembakaran terjadi di luar pipa sehingga menyebabkan panas diserap oleh air yang mengalir ke dalam pipa. Memiliki kapasitas *steam* yang besar, kapasitas yang relatif tinggi, dan tungku mudah dijangkau untuk dibersihkan.

Komponen Yang Menunjang Pada Pembakaran di *Boiler*

a) *Elektroda*

Elektroda merupakan bagian komponen pada *boiler*, *elektroda* terletak di dalam burner yang posisinya berdekatan dengan *nozzle*. *Elektroda* berfungsi sebagai pemancing awal dalam pembakaran yang nantinya menghasilkan percikan bunga api.

b) *Nozzle*

Nozzle yang digunakan pada boiler dengan *nozzle* yang lain memiliki fungsi yang sama yaitu bahan bakar yang mengalir lalu menuju ke *nozzle* yang akan mengalami proses penekanan yang mengubah bahan bakar menjadi tekanan yang kuat lalu dikeluarkan dalam bentuk kabut.

c) *Filter Bahan Bakar*

Filter ini berfungsi untuk mencegah masuknya kotoran ataupun partikel-partikel kecil yang di bawah oleh bahan bakar supaya tidak terjadi penyumbatan yang bisa mengakibatkan aliran bahan bakar yang diperlukan untuk terjadinya pembakaran akan menjadi tidak maksimal dalam proses pembakarannya.

d) *Solenoid Valve*

Solenoid valve berfungsi sebagai pengatur untuk pembuka dan penutup aliran bahan bakar yang masuk ke burner secara elektrik, supaya bahan bakar yang masuk dapat dikontrol sedikit maupun banyak saat dialirkan.

e) *Fun*

Alat ini berfungsi menghisap udara di sekitarnya lalu di alirkan menuju ruang bakar yang nantinya akan terjadi proses pembakaran, karena proses terjadinya pembakaran seperti pemahaman segitiga api yang memelurkan udara, bahan bakar dan panas.

f) *Photo Cell*

Photo Cell berfungsi untuk mengetahui bahwa burner dapat terjadinya pembakaran di ruang bakar yang nantinya akan memantulkan cahaya pembakaran yang berada di ruang bakar.

Boiler Water Treatment

Boiler water treatment adalah bagian dari program perawatan boiler dengan chemical yang nantinya dituangkan pada condensat yang terisi air yang nantinya air tersebut mengalir menuju ke tungku atau boiler. Adapun jenis chemical yang dipakai

dalam *water treatment* tersebut meliputi *chemical* untuk penjernihan air, penghambat kerak, penghambat korosi, mengontrol pH.

3. METODE PENELITIAN

Menurut Moleong (2017:6) penelitian kualitatif adalah penelitian yang bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek penelitian seperti perilaku, persepsi, motivasi, tindakan dan lain-lain secara holistik dan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa, pada suatu konteks khusus yang alamiah dengan memanfaatkan berbagai metode alamiah.

Menurut (Mulyana, 2008) mendeskripsikan penelitian kualitatif sebagai penelitian yang menggunakan metode ilmiah untuk mengungkapkan suatu fenomena dengan cara mendeskripsikan data dan fakta melalui kata-kata secara menyeluruh terhadap subjek penelitian.

Menurut Mukhtar (2013: 10) metode penelitian deskriptif kualitatif adalah sebuah metode yang digunakan peneliti untuk menemukan pengetahuan atau teori terhadap penelitian pada satu waktu tertentu. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif. Melalui metode ini penulis mencoba mengungkapkan penyebab terjadinya boiler gagal pembakaran di KM.Binaiya. Adapun analisis kesalahan akan dideskripsikan melalui kata-kata. Metode penelitian deskriptif ini digunakan dalam penelitian bahasa untuk mengumpulkan data dan menggambarannya secara alamiah. Langkah kerja dari metode ini adalah menganalisis dan mendeskripsikan penyebab terjadinya boiler gagal pembakaran di KM.Binaiya.

Waktu dan Tempat Penelitian

KM.BINAIYA yang merupakan salah satu kapal penumpang milik PT Pelayaran Nasional Indonesia atau PT PELNI (Persero) yang beralamatkan di Jl. Gajah Mada No.14, RT.6/RW.2, Petojo Utara, Kecamatan Gambir, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10130. Penulis melakukan penelitian di kapal KM.Binaiya. Waktu penelitian dilaksanakan selama praktek laut dari 06 Agustus 2023 sampai dengan 12 bulan.

Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Metode pengumpulan data melalui observasi dimana peneliti melakukan pengamatan ketika terjadinya *boiler* gagal pembakaran di KM.Binaiya supaya mendapatkan informasi yang relevan secara langsung di tempat kejadian dan peneliti dapat melihat secara langsung dan mencatat beberapa informasi yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi.

b. Wawancara

Pada metode pengumpulan data melalui wawancara, peneliti menggunakan jenis wawancara terstruktur yang dimana peneliti mengajukan beberapa pertanyaan dengan tertuju pada satu masalah. Peneliti mengajukan pertanyaan kepada satu responden yaitu Masinis IV selaku penanggung jawab dalam perawatan *boiler*.

c. Dokumentasi

Dengan menggunakan metode pengumpulan data melalui dokumentasi, peneliti mengambil beberapa foto saat terjadinya permasalahan di boiler, beberapa foto komponen-komponen yang ada di boiler, foto *manual book boiler* dan beberapa video.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Perusahaan

Dalam penelitian ini, Penulis melakukan praktek laut di KM.Binaiya sehingga penulis menjadikan kapal tersebut sebagai obyek penelitian, KM. Binaiya yang dibangun pada tahun 1994, adalah salah satu kapal penumpang yang dioperasikan oleh PT Pelayaran Nasional Indonesia (Pelni). Kapal ini dibuat sebagai bagian dari upaya Pelni untuk memperkuat armada mereka dalam menyediakan layanan transportasi laut yang vital bagi negara kepulauan Indonesia.

Hasil

a. Spesifikasi *Boiler*

Boiler yang terdapat di KM.Binaiya merupakan *boiler* berjenis *water tube boiler* atau disebut juga *boiler* pipa air, jenis *boiler* ini di dalamnya memiliki dua bagian yaitu bagian bawah yang disebut tungku pembakaran yang digunakan untuk proses pembakaran dari burner, untuk bagian atas dinamakan tungku air atau tungku untuk pengisian air yang disalurkan dari condensate menuju tungku air tersebut, lalu

akan dipanaskan melalui tungku pembakaran dan tungku yang berisikan air akan menguap dan menghasilkan uap panas yang akan digunakan untuk keperluan operasional dapur dan pemanas awal main engine. Berikut ini spesifikasi sesuai dengan manual book boiler di KM.Binaiya.



Gambar 1. Boiler di KM. Binaiya

Keterangan: Boiler di KM.Binaiya

Sumber: Data Pribadi (2024)

Tabel 1. Spesifikasi Boiler

ON	: 91 – 32582
Customer	: Meyer Werft, Papenburg
Newb.	: 633
Oilburner type	: L 5 2
Boiler type	: AQ 12
Date	: NOV 1992
Made by	: HCh / IBr / 4530
1) Boiler type	: AQ 12
2) Steam production	: 700 kg/h
3) Working pressure	: 7,0 kg/cm ²
4) Design pressure	: 9,0 kg/cm ²
5) Safety valve open at	: 8,5 kg/cm ²
6) Feed water temperature	: 50 ⁰ C
7) Air temperature	: 40 ⁰ C
8) Thermal boiler efficiency	: 81%
9) Gas exit temperature	: 380 ⁰ C
10) Flue gas flow	: appr. 1000 kg/h
11) Boiler draft loss MAX	: 60 mm WG
12) Burner capacity MIN/MAX	: 36/57 kg/h
13) Fuel oil viscosity	: Diesel Oil
14) Electric power source	: 3 x 380V 50 Hz
15) Electric control source	: 1 x 220V 50 Hz

16) El.power consump. At full load	: appr. 8,0 kw
17) Flame tube	: M5/1a 125 x 40
18) Nozzle I	: 8,0 USG/h
19) Nozzle II	: 3,0 USG/h
20) Oil pump pressure	: 12-14 kg/cm ²

Sumber: Data Pribadi (2024)

Pembahasan

a. Faktor penyebab

Dari faktor penyebab permasalahan yang terjadi pada kapal KM.Binaiya, yang dimana boiler mengalami gagal pembakaran, permasalahan ini terjadi ketika sudah selesai dilakukannya perawatan mingguan dengan Masinis IV dan akan dilakukan penyalaan pada burner. Ketika burner dinyalakan tidak terjadinya pembakaran yang dapat dilihat dari photo cell yang tidak menyala dan dilakukannya beberapa kali saat menghidukan burner tersebut tetap saja tidak ada cahaya merah atau terjadinya pembakaran yang dapat dilihat melalui photo cell.



Gambar 2. Photo Cell

Keterangan: Photo Cell ketika ada pembakar di dalam tungku pembakaran

Sumber: Data Pribadi (2024)

Setelah dilakukan berulang kali dan tidak dapat terjadi pembakaran, maka masinis IV sebagai penanggungjawab dalam perawatan boiler melakukan beberapa tindakan dalam mengatasi terjadinya boiler gagal pembakaran, dengan cara melakukan pengecekan kembali pada komponen-komponen yang sebelumnya sudah dilakukan perawatan.

b. Dampak

Boiler merupakan mesin bantu yang menghasilkan uap panas yang bertekanan, yang hasil uap panasnya digunakan untuk akomodasi didapur dan sebagai pemanas awal untuk main engine, pemanas awal main engine dilakukan ketika kapal sandar supaya main engine tetap pada titik panas yang sudah ditentukan dalam proses pembakaran. Bila tidak segera dilakukannya pengecekan dari penyebab terjadinya boiler gagal pembakaran akan mengganggu akomodasi pada dapur karena kapal KM.Binaiya merupakan kapal penumpang yang dimana pada operasional dapur untuk menyajikan makanan untuk penumpang akan terganggu karena masalah tersebut dan kapal sedang perjalanan menuju Pelabuhan Pare-pare yang beberapa jam lagi akan tiba dan akan dilakukannya pemanas untuk main engine.

c. Solusi

Maka dilakukannya beberapa pemeriksaan pada bagian-bagian yang dapat menjadi sebab terjadinya boiler gagal pembakaran.

1) Pemeriksaan terhadap nozzle

Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuka burner, setelah burner dibuka dapat ditemukan dengan hasil nozzle mengalami kebocoran, nozzle tersebut meneteskan bahan bakar, maka dapat dipastikan saat dilakukannya penyetelan pada nozzle mengalami human error atau kelalaian ketika pemasangan yang dilakukan, maka langkah yang di ambil Masinis IV melakukan penyetelan ulang pada nozzle supaya tidak terjadi kebocoran, karena bila terjadi kebocoran dan apabila boiler bisa terjadi pembakaran akan menyebabkan resiko bahaya yang lebih besar, yang dimana bahan bakar akan terus menetes dan beberapa waktu kemudian bahan bakar yang menetes tersebut akan menjadi banyak dan bila terkena api dari burner akan terjadi ledakan pada boiler.

2) Pemeriksaan pada jarak dari kedua elektroda

Langkah kedua yang dilakukan Masinis IV adalah penyetelan ulang pada jarak kedua elektroda karena setelah dilakukan pengecekan pada jarak kedua elektroda dengan menggunakan feeler gauge dapat diketahui jarak elektroda 1 ke 2 yang diperoleh 3 cm dan jarak ke bawah nozzle 1cm. Dari hasil yang ditemukan dapat menyebabkan pembakaran pada burner tidak optimal, maka dari itu dilakukan penyetelan ulang pada jarak elektroda 1 ke 2 dengan jarak 2 cm dan jarak ke bawah nozzle 0,5 cm. supaya terjadinya pembakaran yang optimal karena bergesernya sedikit pun pada jarak tersebut mengakibatkan pembakaran yang tidak optimal dan

ketika melakukan pembersihan pada kawat elektroda dan sekitarnya harus berhati-hati supaya tidak menyenggol elektroda tersebut supaya jaraknya tidak berubah. Setelah selesai dilakukannya penyetelan ulang pada nozzle dan jarak kedua elektroda dan akan dilakukannya penyalaan pada burner kembali dengan hasil burner tidak lagi mengalami gagal pembakaran dan dapat berjalan dengan optimal, dalam penanganan masalah tersebut secara langsung tidak menimbulkan dampak yang merugikan begitu besar karena penanganan yang secara cepat dan tepat,

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Bahwa kegagalan pembakaran pada boiler KM.Binaiya disebabkan oleh kebocoran nozzle dan kesalahan penyetelan elektroda yang tidak sesuai prosedur, yang mengakibatkan pembakaran tidak optimal. Setelah dilakukan pengecekan, penyetelan ulang pada nozzle dan elektroda dilakukan untuk mengembalikan fungsi boiler. Penundaan penanganan masalah ini dapat berdampak negatif pada operasional kapal, karena boiler berperan penting dalam menyediakan uap panas untuk dapur dan pemanas awal motor induk.

Saran

Bahwa perawatan nozzle dan elektroda harus dilakukan dengan memperhatikan pemasangan yang benar dan jarak antara elektroda, agar tidak perlu dilakukan perawatan ulang. Penyelarasan nozzle dan pengaturan jarak elektroda harus sesuai prosedur untuk memastikan pembakaran optimal. Jika terjadi masalah pada boiler, tindakan segera diperlukan untuk menghindari kerugian operasional kapal akibat gangguan pasokan uap panas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh Crew dapertemen mesin KM.Binaiya yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga bisa dijadikan sebagai penambah wawasan atau pengentauan bagi pembaca. Penulis menyadari penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna karena terbatasnya ilmu yang dimiliki penulis. Maka, penulis berharap ada pembahasan lagi terkait masalah yang sama sehingga bisa dijadikan bahan acuan referensi bagi para pembaca.

DAFTAR REFERENSI

- Bayu Mahendra Putra, Y. U. D. H. A. (2022). *Analisis terjadinya kegagalan pembakaran awal pada main boiler di kapal Pertamina Gas 1* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar).
- Dai Robbi, S., Mahendra, R. W., & Triyono, A. (2024). Analisis gagal pembakaran pada boiler di kapal MT Gas Kalimantan. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(3), 6331–6346.
- E&I. (2018, Oktober). Fungsi boiler di atas kapal: Komponen boiler. Diakses dari <https://dimensipelaut.blogspot.com/2018/10/fungsi-boiler-pada-kapal-serta-komponen.html?showComment=1564554427218#>
- E&I. (2022, Februari). Kegagalan pembakaran pada boiler kapal. Diakses dari <https://dimensipelaut.blogspot.com/2022/02/kegagalan-pembakaran-pada-boiler-kapal.html>
- Eka, D., Rusdiantoro, M., & Saleh, A. (2021). Studi penurunan pressure steam pada auxiliary boiler di MV. Situ Mas yang mempengaruhi kinerja main engine. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 23(1), 81–85.
- Fiantika, F. R., et al. (2022). *Metodologi penelitian kualitatif*. Sumatera Barat: PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Mochamad, S. (2023). *Analisis terjadinya gagal pembakaran pada ketel uap di KM. Nggapulu* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Moleong, L. J. (2013). *Metodologi penelitian kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Mukhtar. (2013). *Metode praktis penelitian deskriptif kualitatif*. Jakarta Selatan: Referensi (GP Press Group).
- PGN LNG Indonesia. (2023, November 19). Fungsi, komponen, jenis, dan cara kerja boiler. Diakses dari <https://pgnlng.co.id/berita/wawasan/apa-itu-boiler/>
- Pujo, W. A. (2022). *Analisis tidak menyalanya pembakaran pada burner auxiliary boiler di MV. HI 02* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Shafiq, H. (2023). *Analisa penyebab terjadinya kegagalan pembakaran awal pada ketel uap bantu di kapal LPG/C Arimbi* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).