



# Analisis kerusakan dan strategi perawatan pada ketel uap pipa air Miura Eh – 750F di *Workshop* Politeknik Pelayaran Sumatera Barat

Syamsyir<sup>1✉</sup>, Melda Yanti<sup>2</sup>, Hasri Devin<sup>3</sup>

Program Studi Teknologi Nautika, Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, Indonesia<sup>(1,2,3)</sup>

DOI: 10.31004/jutin.v7i4.34428

✉ Corresponding author:  
[syamsir08.sr@gmail.com]

## Article Info

## Abstrak

*Kata kunci:*  
*Pompa Sentrifugal;*  
*Efisiensi Pompa;*  
*Daya Hidrolis;*  
*Impeller;*  
*Kata kunci 5*

Pompa sangat berperan penting dalam hal memindahkan cairan, dari suatu tempat ketempat yang lain, di dalam penelitian ini pompa yang di gunakan jenis sentrifugal Ebara 125 x 100 FS4KA. Hal hal yang membuat tertarik penulis melakukan penelitian ini akibat dari berkurangnya kinerja pompa sentrifugal untuk mensirkulasikan air dari kolam latihan ke bak penampung dan kembali lagi ke kolam, maksud tujuan ini untuk mengetahui faktor penyebab penurunan kinerja pompa sentrifugal. Motode yang digunakan observasi melalui pengambilan data dan pengolahan data, data yang di dapat dari lapangan yaitu keausan diameter impeller sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa. Sebelum pompa diperbaiki dengan diameter impeller 245 mm, maka kapasitas pompa sebesar 78 m<sup>3</sup>/jam, Daya Hidrolis pompa sebesar 5.8 Kw, Head pompa sebesar 27.4 m, Efisiensi pompa sebesar 43.20 % dan Kecepatan Fluida sebesar 1.014 m/det. Setelah melakukan perbaikan pompa sentrifugal Ebara 125 x 100 FS4KA dengan mengganti impeller *size* sebesar 250 mm, maka kinerja pompa sentrifugal Ebara 125 x 100 FS4KA adalah menjadi meningkat sebesar 80 m<sup>3</sup>/jam, Daya Hidrolis pompa 6.04 KW, Head pompa sebesar 28 m, Efisiensi pompa sebesar 45.24 % dan Kecepatan Fluida sebesar 1.032 m/det.

*Keywords:*  
*Centrifugal Pump;*  
*Efficiency;*  
*Hidrolic Power;*  
*Impeller;*

## Abstract

Pumps play an important role in moving fluids from one place to another. In this study, the Ebara 125 x 100 FS4KA centrifugal pump was used. The thing that made the author interested in conducting this research was the reduction in the performance of the centrifugal pump to circulate water from the training pool to the holding tank and back to the pool. The aim of this was to determine the factors causing the decline in the performance of the centrifugal pump. The method used is observation through data collection and data processing, data obtained from the field, namely wear and tear on the impeller diameter, which greatly influences pump performance. Before the pump was repaired with an impeller diameter of 245 mm, the pump capacity was 78 m<sup>3</sup>/hour, the pump hydraulic power was 5.8 Kw, the pump head was 27.4 m, the pump efficiency was 43.20%, and the fluid speed was 1,014 m/sec. After repairing the Ebara 125 x 100 FS4KA centrifugal pump by replacing the impeller size by 250 mm, the performance of the Ebara 125 x 100 FS4KA centrifugal pump increased by 80 m<sup>3</sup>/hour, pump hydraulic power 6.04 KW, pump head 28 m, pump efficiency of 45.24%, and fluid velocity of 1,032 m/sec.

## 1. PENDAHULUAN

Ketel uap adalah sebuah bejana tertutup pembentuk uap pada tekanan lebih dari 1 (satu) atmosfer atau satu bar. Dengan memanaskan air di dalam tabung tertutup tersebut oleh gas panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di dalam dapur ketel, maka dapat menghasilkan uap panas yang bertekanan tinggi. Dalam industri pelayaran ketel uap banyak disebut sebagai pesawat bantu dimana tanpa pesawat bantu maka mesin penggerak utama tidak akan bisa bekerja secara normal *operational*, dalam perkembangan ketel uap banyak juga digunakan pada industri – industri baik secara berskala besar maupun kecil (Dewantara, 2010). Ketel – ketel uap di kapal motor digunakan sebagai mesin penggerak utama di atas kapal atau pesawat bantu lainnya maupun pemanas di atas kapal yaitu berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin uap yang bertekanan rendah yang digunakan untuk menggerakkan pesawat bantu di atas kapal seperti turbin penggerak motor listrik (*steam turbine generator*), *cargo pump*, mesin jangkar (*windlass*), pemanas bahan bakar (*fuel oil heater*) dan lain sebagainya (Miller, 2018). Sementara itu di *workshop* Politeknik Pelayaran Sumatera Barat uap *steam* yang dihasilkan dari ketel uap di gunakan untuk menggerakkan sudu-sudu *steam marine turbin*, dimana digunakan untuk keperluan pembelajaran dan pendidikan bagi Taruna Taruni di lingkungan Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.

Proses produksi uap sangat dipengaruhi efisiensi dan jumlah pemakaian bahan bakar sehingga menjadi pertimbangan matang diperhitungkan sesuai dengan kapasitas industri. Pada umumnya *ketel uap* pipa api menggunakan bahan bakar solar dan gas, oleh sebab itu kebutuhan pemakaian bahan bakar solar maupun gas perlu di analisa untuk mengetahui jenis bahan bakar yang bisa meningkatkan efisiensi *ketel uap*. Proses pengoperasian *ketel uap* memerlukan kecermatan dan ketelitian operator. Potensi kerusakan mesin *ketel uap* harus diminimalisir sedini mungkin agar menghindari kerusakan yang lebih fatal. Perlu diperhatikan bahwa, apabila air level ketel tidak mengisi pada tanda yang ditentukan, maka mesin akan otomatis mati dan alarm *emergency* akan berbunyi, sampai batas level maksimum.

Kapasitas terpasang pada *boiller* Pipa Air Miura Eh – 750F, namun pada operasional lapangan, kapasitas maksimal sering tidak tercapai karena sering mengalami *trouble*, dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui turunnya kapasaitas ketel uap. Berdasarkan pengamatan awal penurunan kinerja ketel uap tersebut disebabkan oleh korosi yang terjadi pada pipa – pipa ketel, dimana korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Natasya\* et al., 2021). Korosi pada *Ketel uap* timbul dari bahan-bahan pengotor yang terkandung dalam kondensat. Bahan-bahan kondensat tersebut biasanya terdiri karbondioksida, oksigen, dan garam-garam terlarut, terutama garam-garam natrium yang terambil oleh uap air. Selapis kerak pada permukaan logam, sehingga pemindahan panas turun dan menimbulkan distorsi, yang bila tidak dilakukan pencegahan akan menimbulkan korosi pada pipa-pipa ketel uap (Wilastari & Hidayat, 2021). Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dirancang perumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa faktor penyebab kebocoran pipa air pada ketel uap Miura.EH-750F?
2. Bagaimana dampak terhadap kebocoran pipa-pipa air ketel uap Miura EH-750F?
3. Apa tindakan yang dilakukan untuk mengatasi penyebab utama kebocoran pipa-pipa air pada ketel uap Miura EH-750F?

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam menyelesaikan kegiatan penelitian ini dilakukan dengan metode perencanaan di *workshop* yang bertempat di Lab Poltekel Sumbar. Penelitian dilakukan mulai 01 Februari sampai 30 April 2024. Prosedur penelitian ini adalah:

1. Pemeriksaan awal  
Sebelum operasionalisasi ketel uap, perlu dilakukan:
  - a. Semua benda asing harus dibuang dari ketel uap
  - b. Pintu ketel uap sudah tertutup dengan rapat dan aman.
  - c. Ketel uap telah terisi air secara penuh.
  - d. Celah antara pintu dan burner telah diisi dengan insulation material wool.
  - e. Pompa sirkulasi ketel uap berfungsi dengan baik.
  - f. Katup/valve bahan bakar telah terbuka.
  - g. Kualitas air harus sesuai standard yang telah ditentukan.
  - h. Parameter ketel uap sebelum di operasikan

**Table 1 Tekanan, suhu (panas), level air sebelum operasi**

No	Nama	Sebelum Operasi	Sesudah Operasi	Action
1	Tekanan / <i>pressure</i>	0,05 M.Pa	0,65 M.Pa	
2	Suhu / <i>temperature</i>	0°C	25°C	
3	<i>Water Level</i>	20 Cm	45 Cm	

2. Pemanasan Awal

Ketel uap harus dipanaskan secara perlahan, hal ini dikarenakan ketika temperature ketel uap meningkat, ketinggian air akan naik bersamaan dengan ekspansi. Batas ketinggian air ini harus dijaga dengan membuka expansion tank.

### 3. *Standard Operational Procedure Boilre*

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengoperasian control panel ketel uap yaitu:

1. Putar main *switch* ke posisi ON.
  2. Pastikan MCB juga dalam keadaan ON.
  3. Jika terdengar bunyi alarm, segera tekan tombol horn OFF untuk mematikan bunyi tersebut.
  4. Pastikan *circulation pump switch* berada di posisi ON.
  5. Pastikan valve bahan bakar telah terbuka.
  6. Periksa semua lampu *trouble* (warna kuning) pada panel.
  7. Putar *switch burner* ke posisi reset hingga lampu *lock out* OFF.
  8. Kemudian putar *switch burner* ke posisi OFF lalu ke posisi *burner* ON.
  9. Bila lampu *flame failure* menyala, maka tekan tombol *unlocking*.
  10. Ketel uap telah beroperasi dengan normal.
  11. Perhatikan Parameter *ketel uap* saat di operasikan, pada parameter ini kita dapat melakukan pengumpulan data sebagai berikut:
    - a. *Water Level Gauge* atau petunjuk level air.
    - b. *Pressure Gauge* atau Penunjuk Tekanan.
    - c. *Blow Down Valve*.
    - d. *Water Feed Valve* atau Kran Pengisian Air Umpan.
    - e. *Steam Stop Valve* atau Kran Stop Uap.
    - f. *Safety Valve* atau *Pressure Safety Valve*.
4. Pengolahan data  
Adapun pengolahan data tersebut meliputi:
- a. Mencermati / mengamati parameter - parameter hasil pengolahan data terutama tekanan, hiperatif, level air.
  - b. Mengamati hasil pemeriksaan visual pada komponen - komponen ketel uap terutama pada pipa api.
  - c. Berdasarkan pengamatan hasil pengumpulan data selanjutnya dilaksanakan analisis penyebab turunnya kapasitas ketel uap. Mencari penyebab kebocoran pipa api berdasarkan hasil pengamatan parameter dan visual.
  - d. Menganalisis dampak yang ditimbulkan akibat kebocoran pipa api.
  - e. Merekomendasikan tindakan - tindakan perawatan yang akan dilakukan.
- Data yang diolah, yaitu sampel dari data Performance test sebelum *overhaul* dan sesudah *overhaul* untuk mengetahui pipa bermasalah :
- a. Pemeriksaan *Visual*
  - b. Pemeriksaan Ketebalan Dinding (*Wall Thickness*)
  - c. Melakukan uji padat (*Hydrostatic test*)
  - d. Uji Uap (*Steam Test*).

## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1. *Pemeriksaan Visual*

Pemeriksaan visual terhadap Ketel Uap Pipa Air Miura Eh – 750F di *Workshop* Politeknik Pelayaran Sumatera Barat adalah sebagai berikut:

**Table 2 Data Pemeriksaan Visual**

No	Bagian yang diperiksa	Kerusakan	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Pondasi	Tidak Ada	Baik	-
2	Support/ Penompang	Tidak Ada	Baik	-
3	Dinding Plat (Shell/Head)	Tidak Ada	Baik	-
4	Lubang Pemeriksaan	Ada	Baut Pengikat dalam kondisi Aus	Baut Pengikat diganti, Gasket/Rames Packing diganti
5	Lubang lalu orang (Man Hole)	Tidak Ada	Baik	Gasket/Rames Packing diganti
6	Kondisi & Fungsi Kontrol Panel	Tidak Ada	Baik	-
7	Pedoman Tekanan (Pressure Gauge)	Tidak Ada	Baik	-
8	Pedoman Suhu (Temperature Gauge)	Tidak Ada	Baik	-
9	Sistem Pengaman	Ada	Safety Valve Patah	Safety valve di ganti 2 unit
10	Pipa Instalasi dan Pembuangan	Ada	Karat/ Korosi	Cat ulang
11	Ruang nyala	Tidak Ada	Baik	-
12	Gelas Penduga	Tidak Ada	Baik	-
13	Plat Nama	Tidak Ada	Baik	-
14	Pompa air (Water Pump)	Tidak Ada	Baik	-
15	Pluit Bahaya (Alarm)	Tidak Ada	Baik	-

No	Bagian yang diperiksa	Kerusakan	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
16	Cerobong asap	Tidak Ada	Baik	-
17	Penyalur Petir	-	-	NA
18	Kran Buangan (Spui/ Blow down)	Tidak Ada	Baik	-
19	Burnner	Tidak Ada	Baik	-
20	Pipa – pipa api	Ada	Bocor 4 Pcs	Ditutup (blank)
21	Lorong Api	Tidak Ada	Baik	-
22	Peti api	Tidak Ada	Baik	-
23	Penutup/Deksel muka & Belakang	Tidak Ada	Baik	-

(sumber:Data analisa)

### 3.2. Hasil Pengujian

#### 3.2.1. Uji Padat (*Hydrostatic Test*).

1. Ketel uap di isi dengan air dingin sampai penuh
2. Selanjutnya Ketel Uap ditekan sampai tekanan 2 kg/cm<sup>2</sup> ditahan selama 10 menit dan udara tersembunyi dibuang melalui kedua katup pengaman dilaksanakan pengecekan keseluruhan tidak terdapat kebocoran
3. Tekanan dinaikan menjadi P=4 kg/cm<sup>2</sup> ditahan 10 menit di cek terdapat rembesan pada manhole diperbaiki sampe tidak mengalami rembes setelah itu tekanan dinaikan menjadi P=6 kg/cm<sup>2</sup> di tahan 10 menit hasilnya tidak terdapat kebocoran serta penurunan tekanan.
4. Pada tekanan P=9.0 kg/cm<sup>2</sup> katup pengaman sebelah kiri membuka (*ambblaszen*) dan pada tekanan 10.0 kg/cm<sup>2</sup>
5. Hasil pengujian *Hydrostatic test* sepanjang pemeriksaan tidak terdapat kebocoran atau pun rembesan.

#### 3.2.2. Uji Uap (*Steam Test*)

1. Ketel uap diberikan tekanan menggunakan uap secara betahap dan dilakukan pengamatan
2. Tahap ke 1, Ketel uap pada kondisi tidak bertekanan diberikan tekanan uap yang dihasilkan dari api burner sampai mencapai tekanan 2 bar, waktu yang dibutuhkan untuk menaikan tekanan uap sampai mencapai 2 Bar adalah selama 30 menit, kemudian api burner dimatikan. Lalu dilakukan penahanan waktu (Holding time) selama 15 menit lalu dlakukan pengamatan. Hasil pengamatan adalah sebagai berikut:
  - a. Tidak terjadi penurunan tekanan
  - b. Tidak ditemukan kebocoran
  - c. Tidak terjadi perubahan bentuk, dan tidak terjadi ketidak normalan lainnya yang bisa menyebabkan gangguan pada operasional Ketel uap
3. Tahap ke 3 tekanan uap dinaikan dengan cara menyalakan api burner sampai mencapai tekanan 6 Bar, waktu yang dibutuhkan untuk menaikan tekanan uap smpai mencapai 6 Bar adaah selama 7 menit, lalu api burner dimatikan dan dilakukan penahanan waktu selama 15 menit dan dilakukan pengamatan Hasil Pengamatan adalah sebagai berikut:
  - a. Tidak terjadi penurunan tekanan
  - b. Tidak ditemukan kebocoran
  - c. Tidak terjadi peerubahan bentuk dan tidak terjadi ketidaknormalan lainnya yang bias menyebabkan gangguan pada operasional Ketel uap
4. Tahap ke 4 tekanan uap dinaikan dengan cara menyalakan api burner sampe safety valve #1 amblas (pop up) yaitu pada tekann 8,1 bar. Waktu yang dibutuhkan untuk menikan tekanan uap sampai mencapai safety valve amblas bar adalah selama 5 menit, kemudian api burner dimatikan pada tekanan 7,7 bar safety valve #1 menutup (closed) dan dilakukan pengamatan, hasil pengmatan adalah sebagai berikut:
  - a. Tidak terjadi penurunan tekanan
  - b. Tidak ditemukan kebocoran
  - c. Tidak terjadi perubahan bentuk dan tidak terjadi ketidaknormalan lainnya yang bisa menyebabkan gangguan pada operasioanl Ketel uap
  - d. Hasil pengujian system test menunjukkan angka membuka dan menutup Ketel uap sudah sesuai dengan standar ASME

### 3.3. Analisa Kerusakan Pada Pipa Ketel uap

Berdasarkan pipa-pipa sirkuasinya (*Type Tube*), Ketel uap yang beroperasi di RSUP adalah jenis Ketel uap *Firetube* (Ketel uap Pipa Api). Pada ketel uap *firetube*, pipa-pipa sirkulasi diisi oleh gas yang menyala (gas panas). Transfer energi panas dari pipa-pipa tersebut ditransfer segera ke air dalam bidang pemanas melalui dinding pipa panas. Dalam hal ini, air dan pipa berada dalam satu bejana. Tujuan desain pipa ini adalah untuk memudahkan distribusi panas pada air.

Ketel uap beroperasi secara terus menerus untuk menghasilkan uap sesuai kebutuhan, bagian-bagian ketel uap bekerja terberat adalah pipa dan lorong api yang bisa menyebabkan kegagalan pada pipa atau lorong api. Umumnya kegagalan terjadi pada bagian pipa api adalah berupa kebocoran atau menipisnya dinding pipa.

Terjadinya kebocoran pada pipa-pipa Ketel uap disebabkan oleh beberapa hal. Salah satu penyebab kebocoran pada pipa-pipa ketel uap adalah berupa *long term overheating* yang diakibatkan oleh kerak/scale yang menempel pada permukaan pipa di dalam sisi api. Scale yang ditemukan hasil proses oksidasi pada temperature tinggi adalah reaksi termal antara pipa dengan lingkungan sekitar. Selain dari proses reaksi oksidasi, kerak yang ada di bagian permukaan luar pipa disebabkan oleh air umpan yang tidak memenuhi kualitas, yaitu adanya padatan berupa garam-garam mineral. Jika terdapat banyak padatan dalam air umpan, padatan tersebut akan mengendap. Apabila padatan telah mencapai tingkat konsentrasi tertentu akan menimbulkan Endapan juga mengakibatkan terbentuknya kerak di bagian dalam ketel uap, sehingga mengakibatkan pemanasan setempat menjadi berlebih dan akhirnya menyebabkan kegagalan pada pipa ketel uap. Kualitas air umpan ketel uap yang sebaiknya dipenuhi antara lain (ISO 16528. Ketel uaps and Pressure Vessels Performance Requirements (Part 1), 2020):

Table 3 Kualitas Air Umpan

No	ppm	hingga	21 – 39	40 – 59
1	Total besi maksimal	0,05	0,02	0,01
2	Total tembaga maksimal	0,01	0,01	0,01
3	Total silika maksimal	1,00	0,30	0,10
4	Oksigen maksimal	0,02	0,02	0,01

Dari data pengujian air umpan yang dihasilkan menunjukkan bahwa total besi adalah 0,026 ppm, Tembaga 0,003, memenuhi batas standar yang dipersyaratkan. Untuk data Total silica dan oksigen data tidak tersedia. Nilai pH hasil uji adalah sebesar 7,34, sedangkan Rekomendasi air umpan menurut IS10392, 1982 adalah sebesar 8,8-9,2 (pada temperatur 25°C). Hal ini menjadi potensi penyebab kerusakan pada ketel uap, karena air umpan bersifat kurang basa atau bisa dikatakan memiliki sifat korosif.

Kerak-kerak yang diakibatkan oleh korosi oksidasi pada temperatur tinggi atau endapan padatan mengakibatkan perpindahan panas dari api ke air atau uap di dalam pipa menjadi terganggu. Tidak lancarnya perpindahan panas menyebabkan proses pengubahan air menjadi uap yang dipanaskan tidak efisien.

Solusi agar kegagalan pipa tidak terjadi adalah dengan cara sebagai berikut:

1. Melakukan pembersihan kerak secara berkala pada bagian pipa-pipa api, baik sisi api maupun sisi air, dan lorong api. Proses pembersihan kerak pada bagian sisi air dilakukan dengan menggunakan chemical treatment, sedangkan pada bagian sisi air dengan cara mekanikal.
2. Melakukan kontrol excess air sesuai SOP, dan melakukan uji lab sehingga kadar air umpan ketel uap memenuhi standar.
3. Lakukan proses demineralisasi, sehingga gas-gas yang terdapat dalam air dapat diminimalkan. Proses demineralisasi dilakukan dalam deaerator yang merupakan bagian dari sistem umpan. Di deaerator gas-gas yang terlarut dalam air dihilangkan, terutama oksigen merupakan penyebab utama korosi. Deaerator ini tidak dapat menghilangkan keseluruhan gas terlarut, oleh karena itu perlu ditambahkan suatu bahan kimia khususnya untuk mengusir gas-gas yang ada sampai batas yang diperbolehkan untuk masuk kedalam ketel uap. Gas-gas ini dapat dihilangkan oleh deaerator karena gas mempunyai kelarutan kecil pada temperatur tinggi.
4. Lakukan proses blowdown secara rutin pada saat pengoperasian ketel uap sehingga padatan-padatan yang tidak larut terbuang.

### 3.4. Perawatan Ketel uap

Perawatan *Ketel uap* adalah suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga *ketel uap* dan melakukan perbaikan atau penggantian peralatan yang diperlukan agar *Ketel uap* bisa dioperasikan kembali sesuai dengan yang direncanakan. Adapun yang menjadi tujuan dari perawatan suatu peralatan dalam proses produksi atau operasional adalah untuk menekan kerugian akibat kerusakan alat produksi, dengan biaya yang rendah diharapkan mendapat hasil yang tinggi. Bila dijabarkan lagi, maka tujuan perawatan yang paling efektif dan optimal adalah tercapainya keadaan-keadaan sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kemampuan produksi.
- b. Menjaga kualitas produksi tanpa mengganggu kelancaran produksi.
- c. Menjaga agar *ketel uap* dapat bekerja dengan aman.
- d. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
- e. Agar komponen-komponen dapat mencapai umur yang panjang sesuai dengan umur / *life time* peralatan tersebut.
- f. Menekan biaya *maintenance* atau perawatan dengan cara melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif.

Untuk mencapai tujuan perawatan seperti tersebut di atas perlu diambil, langkah- langkah antara lain

- a. Peningkatan hasil kerja (*performance*) dari personil/operator, serta proses *maintenance* yang dilakukan secara menyeluruh.
- b. Pemanfaatan suku cadang secara efisien.
- c. Pengembangan teknik modifikasi dalam penggantian peralatan yang dilakukan selama proses operasi.

## 5. CONCLUSION

1. Faktor penyebab kebocoran pipa air pada ketel uap Miura.EH-750F disebabkan oleh:
  - a. Korosi
  - b. Tekanan Berlebih
  - c. Overheating (Panas Berlebih)
  - d. Kelelahan Material (*Fatigue*)
  - e. Kualitas Material yang Kurang Baik
  - f. Endapan dan Kotoran
  - g. Pemasangan yang Tidak Tepat
  - h. Vibrasi atau Getaran
2. Dampak dari Kebocoran Pipa Air pada Ketel Uap Miura EH-750
  - a. Penurunan efisiensi operasional
  - b. Kerusakan pada komponen lain seperti isolasi termal, permukaan logam, atau sistem kontrol otomatis.
  - c. Meningkatnya biaya perawatan dan penggantian komponen, serta potensi *downtime* yang lebih lama untuk perbaikan.
  - d. Memperpendek umur komponen logam dan meningkatkan frekuensi penggantian suku cadang.
  - e. Penurunan kualitas uap
  - f. Resiko keselamatan
  - g. Kegagalan total sistem
3. Tindakan yang dilakukan untuk mengatasi penyebab utama kebocoran pipa-pipa air pada ketel uap Miura EH-750F
  - a. Mengatasi Korosi
  - b. Mengatasi Tekanan Berlebih
  - c. Mengatasi *Overheating* (Panas Berlebih)
  - d. Mengatasi Kelelahan Material (*Fatigue*)
  - e. Mengatasi Kualitas Material yang Kurang Baik
  - f. Mengatasi Endapan dan Kotoran
  - g. Mengatasi Pemasangan yang Tidak Tepat
  - h. Mengatasi Getaran atau Vibrasi

## 6. ACKNOWLEDGMENTS (Optional)

Penelitian ini dibiayai oleh Dana DIPA Politeknik Pelayaran Sumatera Barat Tahun Anggaran 2024 Sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Politeknik Pelayaran Sumatera Barat Nomor 022-12.1.419172/2024 Tanggal 28 November 2023

## 7. REFERENCES

- Dewantara, B. (2010). *Ketel Uap dan Komponen Utamanya*. Penerbit Maju.
- Manahan, P. T. (2004). *Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan Peralatan Industri*. Penerbit Alfabeta.
- Miller, S. G. (2018). *Steam and Gas Turbines*. McGraw-Hill Education.
- Natasya\*, T., Muthia Embun Khairafah, Murna Sari Br Sembiring, L. N., & Hutabarat. (2021). Corrosion Factors on Nail. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 5(1), 47–50. <https://media.neliti.com/media/publications/397803-corrosion-factors-on-nail-8a8d7073.pdf>
- ISO 16528. Ketel uaps and pressure vessels Performance requirements (Part 1), (2020).
- Wilastari, S., & Hidayat, T. N. (2021). Pencegahan Kerak Dan Korosi Umpan Ketel Uap Di PG Mojo Sragen. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 3(1), 41–47. <https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v3i1.32>