

## Perawatan Korektif Dinding *Draft tube* dan Katup Kupu-kupu Pada Pembangkit Listrik

Canda Lesmana Ginting<sup>1\*</sup>, Djoko Setyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

### Article Info

Article history:

Received  
22 November 2024

Accepted  
28 November 2024

Keywords:  
Engineering  
Maintenance, Valve  
Butterfly, Draft tube,  
K3, Welding

### Abstract

*Preventive maintenance plays a crucial role in ensuring the reliability and efficiency of power plants. This study examines the implementation of K3 practices in technical maintenance, focusing on the replacement of draft tube walls in hydroelectric power plants and the repair of butterfly valves in steam power plants. The main challenges include managing confined spaces, selecting corrosion-resistant materials, and addressing component wear due to exposure to high-pressure water. The replacement of draft tube walls with stainless steel 304 was designed to enhance corrosion resistance, while the butterfly valve repair was conducted through precise disc welding. The methods employed included visual inspection, cutting damaged plates and bolts using acetylene techniques, and enforcing strict K3 measures, including the use of APD. The results indicate that these measures not only extend the lifespan of the components but also restore the system's optimal performance. Strict adherence to K3 protocols proved effective in minimizing accident risks and ensuring smooth operation.*

### Article Info

Article history:

Diterima  
22 November 2024

Disetujui  
28 November 2024

Kata Kunci:  
Pemeliharaan Teknik,  
Katup Kupu-kupu, *draft tube*, K3, pengelasan

### Abstrak

Preventive maintenance memainkan peran penting dalam menjaga keandalan dan efisiensi pembangkit listrik. Penelitian ini mengkaji penerapan K3 dalam pemeliharaan teknis, dengan fokus pada penggantian dinding *draft tube* di pembangkit listrik tenaga air dan perbaikan katup kupu-kupu di pembangkit listrik tenaga uap. Tantangan utama meliputi pengelolaan ruang terbatas, pemilihan material tahan korosi, dan penanganan komponen yang mengalami keausan akibat paparan air bertekanan tinggi. Proses penggantian dinding *draft tube* menggunakan stainless steel 304 dirancang untuk meningkatkan ketahanan korosi, sementara perbaikan katup kupu-kupu dilakukan melalui pengelasan cakram yang presisi. Metode yang digunakan mencakup inspeksi visual, pemotongan pelat dan baut yang rusak dengan teknik asetilin, serta penerapan langkah-langkah K3 yang ketat, termasuk penggunaan APD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa langkah-langkah ini tidak hanya memperpanjang usia komponen, tetapi juga mengembalikan performa optimal sistem. Penerapan protokol K3 secara disiplin terbukti efektif dalam meminimalkan risiko kecelakaan dan memastikan pekerjaan berlangsung lancar.

## 1. PENDAHULUAN

Pengembangan kapasitas pembangkit tenaga listrik di Indonesia bertujuan untuk memenuhi pertumbuhan kebutuhan listrik dan mengatasi kekurangan pasokan di beberapa wilayah. Selain itu, pengembangan ini juga bertujuan meningkatkan keandalan pasokan listrik dengan memprioritaskan pemanfaatan energi lokal, terutama energi terbarukan. Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT), serta program 35.000 MW. Pembangkit listrik yang memenuhi kebutuhan beban puncak diupayakan tidak menggunakan bahan bakar minyak (BBM), sehingga PLN memprioritaskan penggunaan gas (LNG, mini LNG, CNG) dan pembangkit hidro seperti PLTA dengan reservoir dan pumped storage (Kementerian ESDM, 2017). (Sibeua, 2018)

PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air) merupakan pembangkit listrik EBT (Energi Baru Terbarukan) yang memanfaatkan air sebagai sumber energi primer. PLTA mempunyai peran yang sangat penting dalam menyeimbangkan stabilitas sistem jaringan. Dalam meningkatkan stabilitas sistem jaringan, PLTA dioperasikan pada jangkauan beban yang lebar, sering ngetrip dan beban yang bervariasi. Fungsi lainnya juga adalah sebagai penyangga beban puncak dan cadangan sistem jika terjadi gangguan di sistem jaringan. Turbin Francis adalah turbin yang paling banyak digunakan dan memiliki efisiensi maksimum 93-95%. Permasalahan yang terkait dengan pengoperasian PLTA adalah ketidakstabilan operasional, kavitasi, gerakan memutar, kerusakan, guncangan tekanan, getaran dan kebisingan yang biasanya menyebabkan kegagalan sistem turbin. *Draft tube* adalah komponen penting dari turbin francis. *Draft tube* terletak dibawah runner yang berfungsi memperlambat kecepatan aliran yang keluar dari runner sehingga merubah energi kinetik yang cukup besar menjadi kenaikan tekanan statis. Oleh karena itu *draft tube* dapat meningkatkan efisiensi dari turbin air. (Syah & Zakinura, 2019)

PLTU Pangkalan Susu menggunakan air laut sebagai pendingin utama untuk mengkondensasi uap dari turbin di kondensor. Air laut dipompa ke kondensor oleh Pompa Air Sirkulasi (CWP), yang juga memasok air untuk sistem pembangkit listrik dan pengolahan air demineralisasi. Motor CWP dilengkapi peralatan keselamatan untuk melindungi motor dari gangguan dan memastikan keamanannya. Katup kupu-kupu eksentrik digunakan dalam sistem untuk mengontrol aliran sesuai kebutuhan suhu dan tekanan fluida. Laju aliran dikendalikan oleh piringan yang berputar dari 0 hingga 90 derajat, tergantung pada torsi. Kondisi seperti torsi berlebihan, korosi, dan suhu tinggi dapat mempengaruhi kinerja segel katup, yang harus dijaga integritasnya, terutama dalam aplikasi berisiko tinggi seperti pembangkit energi dan pemrosesan minyak. (Prasetyo et. al, 2023)

Perkembangan dunia industri manufaktur saat ini sangat mengalami kemajuan yang pesat seiring dengan berkembangnya pembangunan industri manufaktur secara global (Kementerian ESDM, 2017). Sejalan dengan hal ini pastinya berdampak pula pada para produsen atau pemasok. perusahaan dituntut untuk selalu memberikan kepuasan terhadap konsumen atau pelanggan yaitu dengan cara menyediakan pelayanan dan memberikan produk dengan kualitas terbaik.

Produk yang baik tentu saja dihasilkan melalui sebuah proses yang terbaik juga (Suryadi et. al, 2018). Peningkatan produktivitas pada system produksi hal mutlak yang harus dilakukan. Untuk mencapai produktivitas produksi, yaitu dengan cara meningkatkan atau rehabilitas dari mesin mesin produksi pada perusahaan. Dalam memproduksi sebuah produk, kegiatan perawatan sangatlah diperlukan (Simbolon et. al., 2022). Perawatan adalah suatu kegiatan untuk menjaga keandalan dari suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan semestinya dan siap difungsikan (Cahyadi et, al., 2023). Perawatan yang teratur diharapkan dapat memperpanjang umur mesin

produksi agar tidak mengalami kerusakan dan tidak mengganggu aktivitas produksi (Sadikin et. al., 2018).

## 2. MATERIAL DAN METODE

Pelaksanaan kegiatan praktik keinsinyuran dilakukan dipembangkit listrik tenaga air dan dipembangkit listrik tenaga uap, lokasi yang memiliki fokus yang sama, yaitu pada sektor energi. Setiap lokasi pelaksanaan memiliki tantangan dan keunikan tersendiri terkait perawatan mesin dan penerapan K3 yang dikombinasikan dalam proses perawatan mesin.

### 2.1. Material

Bahan material yang digunakan dalam perawatan komponen pembangkit listrik ini disesuaikan dengan karakteristik operasional setiap jenis pembangkit. Kegiatan praktik keinsinyuran ini dilaksanakan di beberapa tempat, seperti pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), yang masing-masing memiliki spesifikasi material dan standar pemeliharaan khusus untuk menjaga efisiensi serta daya tahan komponen pembangkit. Material dan spesifikasi yang digunakan pada dinding *draft tube* dan *bolt anchor* di PLTA.

**Tabel 1**

Spesifikasi dinding *draft tube*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Material	ST60
2	Dimensi	6830mm x 10.500mm
3	Type	Segmental, 2 output flow
4	Type sambungan	Welded Joint
5	W total	19.2 Ton
6	Jumlah segment	15 segment
7	Volume	2420731506.4862mm
8	Berat <i>draft tube</i>	19,03 Ton

**Tabel 2**

Spesifikasi *bolt anchor*

	Spesifikasi	Keterangan
1	Pelat Stainless	SUS 304-L
2	Panjang	1200mm
3	Lebar	300 mm
4	Tebal	10mm
5	Berat Pelat	28kg
6	Gaya Yang Diizinkan	856,5 N

Material dan spesifikasi yang digunakan pada katup kupu-kupu yang terdapat di PLTU, dipilih dan diterapkan secara khusus untuk memastikan ketahanan dan kekuatan operasional dalam kondisi yang ada.

**Tabel 3**

## Spesifikasi katup kupu-kupu

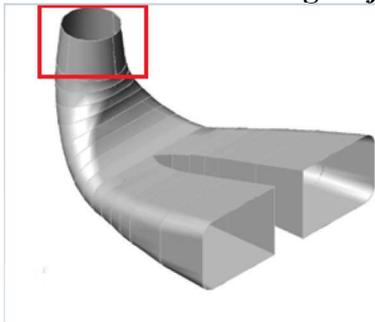
	Spesifikasi	Keterangan
1	Body Katup	WCB
2	Cakram	WCB
3	Area kontak rubber	SS 410
4	Shaft	WCB
5	Packing	Karet NBR
6	Ring Adjuster	SS 410
7	Pressure Nominal	6 Bar
8	Suhu	20°C

## 2.2. Metode yang Digunakan

Metode pemeliharaan yang diterapkan meliputi pemeliharaan *preventif maintenance*, di mana perawatan dilakukan sebelum terjadi kerusakan untuk memastikan mesin tetap dalam kondisi optimal; pemeliharaan *korektif (corrective maintenance)*, yang mencakup perbaikan atau penggantian komponen mesin yang rusak atau tidak berfungsi; inspeksi berkala, yang bertujuan mengidentifikasi potensi masalah seperti korosi pada dinding *draft tube* dan kebocoran pada katup kupu-kupu; dan penerapan K3, di mana semua kegiatan pemeliharaan dilakukan dengan memperhatikan protokol keselamatan kerja, seperti penggunaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan, serta pengawasan ketat dalam lingkungan berisiko tinggi, misalnya pada dinding *draft tube* maupun katup kupu-kupu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut dari kegiatan praktik keinsinyuran yang dilakukan di PLTA dan PLTU, terutama pada proses perbaikan dinding *draft tube* dan perbaikan katup kupu-kupu.

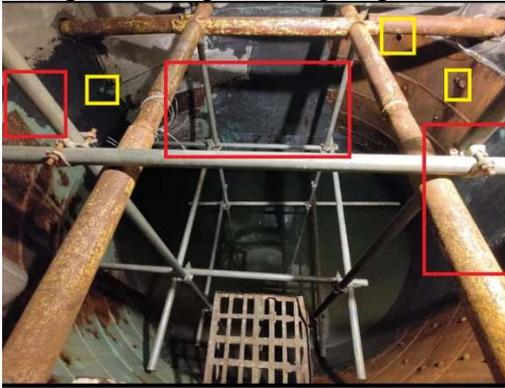
3.1. Perbaikan dinding *draft tube***Gambar 1.**

Gambar area dinding *draft tube* yang akan melakukan perawatan

Dinding *draft tube* segmental dengan dua aliran keluar (dual output flow) yang digunakan pada sebuah pembangkit listrik tenaga air (PLTA). *Draft tube* ditanam di dalam gua atau struktur bawah tanah, sebuah lokasi yang dirancang untuk melindungi struktur dari kondisi lingkungan luar dan memberikan kestabilan. Lokasi gua tersebut berada di area operasi pembangkit yang berfungsi untuk mengalirkan air keluar dari turbin sambil menunggu sebagian energi tekanan sebelum air dibuang.

Pada dinding *draft tube*, material asli berupa baja karbon (ST 60) telah diganti dengan stainless steel SUS 304-L untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi di lingkungan basah dan lembap. Dimensi keseluruhan *draft tube* adalah 6.830 mm x 10.500 mm, dengan

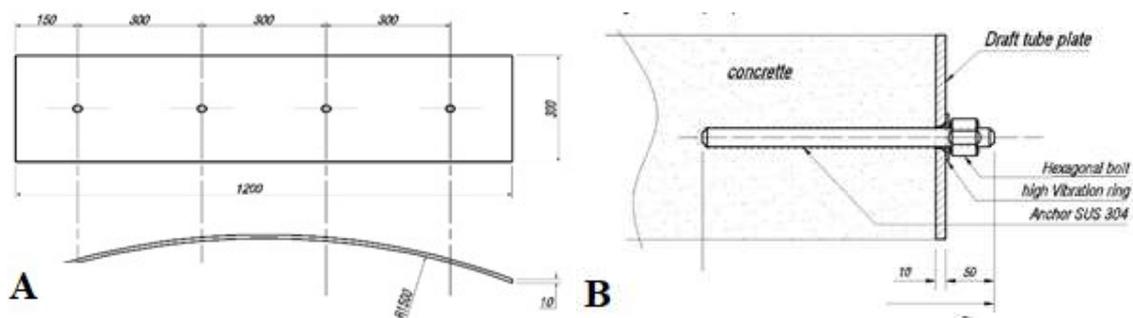
berat total sekitar 19,2ton yang terdiri dari 15 segmen. Area yang ditandai dengan kotak merah merupakan bagian inlet (saluran masuk air) yang menjadi fokus utama dalam preventive maintenance. Perawatan rutin di area ini melibatkan inspeksi, pengelasan ulang jika ada kerusakan, dan perlakuan khusus pada permukaan untuk memastikan aliran air tetap lancar dan efisien. Desain melengkung dan segmentalnya dirancang untuk mempermudah pemasangan, perawatan, serta memberikan efisiensi aliran yang optimal.



**Gambar 2.**

Gambar dinding *draft tube* yang mengalami korosi

Kondisi bagian dalam dinding *draft tube* pada MI Unit 1 UBP, di mana kotak merah menyoroti area dinding yang mengalami korosi parah akibat paparan air dalam waktu lama dan kurangnya perlindungan material. Kerusakan ini dapat menurunkan integritas struktural *draft tube*, sehingga diperlukan tindakan perbaikan seperti pelapisan ulang dan penggantian material dengan stainless steel SUS 304-L untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Sementara itu, kotak kuning menandai posisi *bolt anchor* yang rusak akibat korosi, yang berpotensi mengganggu kestabilan sambungan dan fungsi penahan struktur. Perbaikan pada *bolt anchor* meliputi penggantian komponen dengan bahan yang lebih tahan korosi atau perbaikan lokal melalui pengelasan dan pelapisan anti-karat. Kondisi ini menekankan pentingnya preventive maintenance secara rutin untuk menjaga keandalan struktur dan memastikan kinerja optimal sistem *draft tube*.



**Gambar 3.**

Sketsa gambar pelat dinding *draft tube* [a] dan *bolt anchor* [b]

Sketsa komponen utama dinding *draft tube*, yang terdiri dari pelat dinding *draft tube* [A] dan *bolt anchor* [B]. Komponen [A] adalah pelat baja melengkung yang berfungsi sebagai dinding utama *draft tube*, dirancang untuk menahan tekanan air yang keluar dari turbin. Pelat ini memiliki dimensi spesifik dengan jarak antar lubang yang diatur sedemikian rupa untuk memastikan distribusi beban yang merata. Pelat ini sering kali

dibuat dari material baja karbon seperti ST 60, tetapi dalam upaya meningkatkan ketahanan terhadap korosi, material ini dapat digantikan dengan stainless steel SUS 304-L.

Komponen [B] adalah bolt anchor, yang berfungsi untuk mengikat pelat *draft tube* pada struktur beton di sekitarnya. Desain *bolt anchor* mencakup baut heksagonal yang dilengkapi high vibration ring, untuk mengurangi dampak getaran dari aliran air atau operasi turbin. Anchor ini terbuat dari bahan tahan korosi, seperti SUS 304, untuk meningkatkan daya tahan terhadap lingkungan basah dan mencegah kerusakan akibat korosi. Sistem pemasangan ini dirancang agar kokoh dan dapat menahan gaya tarik serta tekanan yang terjadi selama operasi pembangkit listrik.



**Gambar 4.**

Pembongkaran dan pemasangan pelat dinding *draft tube* [a] proses pembuatan pelat dinding *draft tube* [b].

Pembongkaran dan pemasangan pelat dinding *draft tube* yang terdapat pada Gambar 4 [A] dilakukan di dalam area *draft tube*. Kegiatan ini melibatkan tenaga kerja terampil yang dilengkapi dengan alat pelindung diri (APD) lengkap untuk memastikan keselamatan selama proses berlangsung. Pembongkaran dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada struktur sekitar. Tahapan ini meliputi pemotongan pelat lama yang telah mengalami korosi menggunakan alat potong presisi, seperti mesin gerinda atau pemotong plasma.

Proses pembuatan pelat dinding *draft tube* yang baru pada Gambar 4 [B]. Pelat ini dibuat dari bahan stainless steel SUS 304-L untuk menggantikan pelat lama berbahan baja karbon yang telah mengalami korosi. Proses ini mencakup pengukuran, pemotongan, dan pelengkungan pelat sesuai dengan desain segmental *draft tube*. Semua tahapan dilakukan dengan tingkat presisi tinggi untuk memastikan pelat yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dan dapat dipasang dengan sempurna pada struktur *draft tube*.



**Gambar 5.**

Hasil penggantian pelat dinding *draft tube*

Hasil dari dinding *draft tube* setelah proses perbaikan selesai dilakukan. Terlihat jalur pengelasan yang menghubungkan pelat-pelat dinding *draft tube*, di mana pengelasan dilakukan dengan teknik yang tepat untuk memastikan kekuatan sambungan serta ketahanan terhadap tekanan air dan getaran selama operasi turbin. Dinding *draft tube* terdiri dari pelat-pelat stainless steel SUS 304-L yang telah dipasang menggantikan pelat lama yang mengalami korosi, dengan desain segmental untuk mempermudah instalasi dan pemeliharaan. Selain itu, *bolt anchor* yang terbuat dari stainless steel berkualitas tinggi digunakan untuk mengunci pelat-pelat tersebut ke struktur beton sekelilingnya, memberikan stabilitas dan mencegah korosi. Proses ini memastikan bahwa *draft tube* dapat berfungsi optimal sebagai saluran pengeluaran air dari turbin, meminimalkan kebocoran, dan menjaga efisiensi operasional



**Gambar 6**

Hasil akhir dinding *draft tube*

Setelah seluruh proses penggantian dan perbaikan selesai, *draft tube* di pembangkit listrik tenaga air (PLTA) kini telah diperkuat dan diperbarui dengan berbagai langkah penting. *Grouting* dilakukan pada dinding *draft tube* untuk mengisi celah-celah dan menambah stabilitas, sementara perbaikan *manhole* memastikan akses inspeksi yang kedap air dan andal. Pengujian *NDT* (*Non-Destructive Testing*) dilakukan untuk memastikan kualitas sambungan las dan integritas struktur, mendeteksi cacat tersembunyi yang mungkin mempengaruhi kinerja. Hasil akhirnya adalah *draft tube* baru yang terbuat dari stainless steel, dengan struktur yang lebih kokoh dan tahan korosi, sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional dan memperpanjang umur pakai sistem. Dengan pembaruan ini, PLTA dapat beroperasi dengan lebih aman dan optimal, mengurangi kebutuhan perawatan di masa mendatang.

### 3.2. Perbaikan Katup Kupu-Kupu

Katup kupu-kupu adalah jenis katup yang digunakan pada PLTU untuk mengontrol aliran air dalam sebuah sistem perpipaan. Katup ini memiliki mekanisme sederhana berupa cakram berbentuk piringan (*disc*) yang berputar pada porosnya untuk membuka, menutup, atau mengatur aliran fluida untuk spesifikasinya terdapat pada Table 3.

**Gambar 7**

Katup kupu-kupu mengalami korosi yang cukup parah

Kondisi katup kupu-kupu yang mengalami korosi yang cukup parah pada bagian dalam, dengan lapisan karat tebal yang terlihat jelas di permukaan logam, terutama pada area tengah dan tepi katup. Kerusakan ini mengindikasikan pemakaian jangka panjang terhadap fluida korosif atau lingkungan dengan kelembapan tinggi dan selalu terkena air tanpa perlindungan atau perawatan yang memadai. Penumpukan karat tersebut dapat menyebabkan deformasi pada permukaan cakram, mengurangi kemampuan katup untuk menutup rapat dan berpotensi mengakibatkan kebocoran. Selain itu, goresan dan keausan yang terlihat di area seal menunjukkan adanya gesekan atau kontak berlebihan yang mengganggu kinerja katup. Pada bagian ujung cakram, terlihat patahan yang disebabkan oleh karat yang meluas, sehingga meningkatkan risiko kegagalan struktural secara keseluruhan. Untuk mengatasi masalah ini, langkah perbaikan seperti pembersihan karat, pengelasan pada area yang rusak, penggantian seal yang aus, serta perbaikan pada cakram yang patah diperlukan. Sebagai tindakan pencegahan, penggunaan material tahan korosi, pelapisan anti-korosi, dan perawatan rutin dapat diterapkan untuk memperpanjang umur pakai katup dan menjaga kinerjanya tetap optimal.

**Gambar 8.**

Proses perbaikan katup kupu-kupu

Proses perbaikan melibatkan beberapa tahap, dimulai dengan pengelasan ulang pada bagian yang rusak untuk memperbaiki struktur cakram dan mengembalikan fungsinya. Setelah pengelasan, dilakukan pengecekan kebocoran untuk memastikan bahwa area yang

diperbaiki tidak mengalami keretakan atau kebocoran yang dapat mempengaruhi performa katup. Proses pengecekan ini penting untuk memastikan bahwa katup kupu-kupu berfungsi dengan baik dan dapat menahan tekanan fluida sesuai spesifikasi.



**Gambar 9.**  
Hasil perbaikan katup kupu-kupu

Proses pengecatan ulang memberikan perlindungan tambahan terhadap korosi, memastikan bahwa katup mampu bertahan lebih lama dalam menghadapi paparan air bertekanan tinggi dan lingkungan yang lembab. Cat hitam yang diaplikasikan juga terlihat menutupi seluruh permukaan katup secara merata, menunjukkan bahwa proses ini dilakukan dengan baik untuk memastikan tidak ada area yang terbuka yang rentan terhadap karat. Dengan hasil ini, katup kupu-kupu diharapkan dapat kembali berfungsi secara optimal, memberikan kontrol aliran yang baik dan memperpanjang umur pakai katup dalam sistem operasi.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil perawatan di PLTA dan PLTU, ditemukan bahwa perbaikan dinding *draft tube* pada pembangkit listrik tenaga air melibatkan penggantian bagian yang rusak akibat korosi dan retakan. Dinding *draft tube* yang awalnya berbahan baja karbon diganti dengan stainless steel, menggunakan teknik pengelasan yang tepat untuk memastikan kekuatan dan ketahanan struktur. Inspeksi visual dilakukan setelah pengelasan untuk menjamin kualitas dan keamanan operasi. Dalam ruang terbatas, perhatian ekstra diperlukan pada teknik pengelasan dan pengecekan kualitas. Sementara itu, katup kupu-kupu di pembangkit listrik tenaga air membutuhkan perawatan rutin untuk mengatasi keausan dan korosi akibat paparan air bertekanan tinggi. Pemeriksaan dan pengelasan dilakukan untuk mengembalikan fungsionalitasnya, dengan penggunaan teknologi pengelasan yang tepat guna menghindari kerusakan lebih lanjut. Setiap perawatan selalu diakhiri dengan inspeksi visual untuk memastikan keamanan dan efisiensi operasi. Selain itu, penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) secara ketat menjadi elemen penting selama proses perawatan, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) yang harus dipatuhi meskipun terdapat tantangan dalam penerapannya. Pelatihan rutin mengenai K3 diperlukan untuk meningkatkan disiplin dan keselamatan kerja, sementara teknologi uji *nondestruktif* (NDT) dapat digunakan sebagai langkah preventif untuk memastikan kualitas dan integritas hasil pengelasan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing atas dukungan dan arahan yang telah diberikan sehingga penelitian dan praktik keinsinyuran ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim teknis, para ahli, dan rekan-rekan yang terlibat atas kontribusi dan dedikasinya dalam mendukung keberhasilan kegiatan ini. Tidak lupa, penghargaan setinggi-tingginya kepada keluarga dan pihak lain yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan kegiatan. Semoga kerja sama ini memberikan manfaat yang besar dan berkelanjutan bagi pengembangan keinsinyuran di masa mendatang.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian ESDM. (2017). Laporan Tahunan Energi Baru dan Terbarukan. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia..
2. Sibuea, R. T. (2018). Analisis Kavitasasi pada *Draft tube* terhadap Variasi Beban Turbin Francis (Studi Kasus PLTA Cirata). Tesis Magister Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
3. Simbolon, O., Hamdani, & Anisah, S. (2022). Analysis of protection system on motor 6 kV circulating water pump PLTU Pangkalan Susu OMU. *Jurnal Infokum*, 10(3), 310–319.
4. Cahyadi, S., Sukamto, A., Nurachmad, E., Rinaldi, M., & Ramadhan, V. (2023). Perancangan Computer Numerically Controlled Drawing Machine Printed Circuit Board Layout Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Informasi Kesatuan*, 3(2).
5. Syah, F. A. A., & Zakinura, M. (2019). Analisa Perencanaan Waktu Preventif Maintenance pada Mesin Stamping G1-110 di PT. X. Dalam Seminar Nasional Teknik Mesin 2021.
6. Prasetyo, T., Widodo, P., Saragih, H. J. R., Suwarno, P., & Said, B. D. (2023). Optimalisasi Perawatan Rubber Seal Tutup Palka Guna Melancarkan Proses Kegiatan Bongkar Muat Agar Terciptanya Keselamatan Pelayaran di MV. Tanto Terima. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1).
7. Sadikin, M., Maulana, A., & Baihaqi, M. M. (2018). Pemeliharaan dan Pengujian Motor Induksi 3 Phasa Menggunakan Motor Circuit Analysis (MCA) di PT. Dian Swastika Sentosa. *Teknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 14(1).
8. Suryadi, D., Meilianda, R., Suryono, A. F., & Munadi, M. (2018). Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kerusakan Mesin Industri Menggunakan Metode Certainty Factor. *ROTASI*, 20(1)