

**ANALISIS KEGAGALAN PADA *IMPELLER* POMPA ASH DISPOSAL DI
PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*
(RCA)**

SKRIPSI

PURNAMA PUTRA SUGANDI

20210110068



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER, DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA SUKABUMI
2025**

**ANALISIS KEGAGALAN PADA *IMPELLER* POMPA ASH DISPOSAL DI
PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*
(RCA)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Dalam Menempuh Gelar Sarjana Program Studi S1 Teknik Mesin*

PURNAMA PUTRA SUGANDI

20210110068



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER, DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA SUKABUMI
2025**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ANALISIS KEGAGALAN PADA *IMPELLER* POMPA ASH
DISPOSAL DI PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE
ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)

NAMA : PURNAMA PUTRA SUGANDI

NIM 20210110068

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar sarjana teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.



PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS KEGAGALAN PADA *IMPELLER* POMPA ASH
DISPOSAL DI PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE
ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)

NAMA : PURNAMA PUTRA SUGANDI

NIM 20210110068

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui

Sukabumi, 31 Juli 2025

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Pembimbing

Lazuardi Akmal Islami, S.Si., M.Si.

NIDN. 0415039402

Zaid Sulaiman, ST., MT.

NIDN. 0410109701



PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS KEGAGALAN PADA *IMPELLER* POMPA ASH
DISPOSAL DI PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE
ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)

NAMA : PURNAMA PUTRA SUGANDI

NIM 20210110068

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan didepan Dewan penguji pada sidang skripsi tanggal 23 Juli 2025. Menurut pandangan kami, skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sukabumi, 31 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Penguji I

Zaid Sulaiman, ST., MT.

NIDN. 0410109701

Penguji II

Lazuardi Akmal Islami, S.Si., M.Si

NIDN. 0415039402

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Prof. Sivakumar N S, B.E., ME., PhD

NIP. 0120240039

Lazuardi Akmal Islami, S.Si., M.Si.

NIDN. 0415039402

PLH Dekan Fakultas Teknik Komputer dan Desain

(Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.)

NIDN. 0402037401

MOTTO

“Carilah kemampuan yang anda miliki, maksimalkan kemampuan itu dengan sungguh-sungguh maka keberhasilan akan menghampirimu”

Purnama Putra Sugandi

“Keberhasilan bukanlah untuk orang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

Bj Habibi



PERSEMBAHAN

Dengan rasa Syukur yang mendalam, dengan telah di selesaikannya skripsi ini penulis mempersembahkannya kepada:

1. Ayah tercinta Alm. Ugan Sugandi yang telah lebih dulu berpulang ke hadirat Allah SWT. Terima kasih atas setiap doa, pengorbanan, dan kasih sayang yang tak pernah hilang oleh waktu. Meski raga telah tiada, semangat dan nasihatmu akan selalu hidup dalam langkahku.
2. Ibunda tersayang Ea Rukayah terimakasih atas segala doa yang tulus, kasih sayang tanpa batas, serta kesabaran dan pengorbanan dalam mendidik, membimbing, dan memberikan semangat hingga penulis mampu menyelesaikan perjalanan ini.
3. Kakak tercinta terimakasih atas dukungan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan, serta menjadi sumber motivasi dalam setiap proses perjuangan ini.
4. Tante Elik tercinta terimakasih atas segala bantuan, baik dalam bentuk dukungan finansial maupun motivasi yang telah diberikan, sehingga penulis dapat terus berjuang menyelesaikan penelitian ini.
5. Bapak Zaid Sulaiman M.T, selaku dosen pembimbing terimakasih atas segala bimbingan, arahan, dan kesabarannya dalam membantu penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ahmad Yusuf Ali S.T selaku pembimbing lapangan di PLTU Jabar 2 terimakasih atas ilmu, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian di lapangan, sehingga penulis dapat memperoleh pengalaman yang berharga.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah menjadi sahabat, rekan diskusi, sekaligus keluarga kedua dalam melewati suka dan duka selama menempuh pendidikan. Kebersamaan ini adalah kenangan berharga yang akan selalu penulis ingat.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan pada *impeller* pompa Ash Disposal di PLTU Jabar 2 menggunakan pendekatan *Root cause analysis* (RCA). Kegagalan terjadi akibat pengalihan fungsi pompa Ash Disposal untuk memindahkan air konsentrat dari sistem *Continuous Blow Down* (CBD), yang semula ditangani oleh pompa khusus. Kondisi ini menyebabkan pompa bekerja dalam lingkungan fluida yang abrasif dan korosif. Pendekatan RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan melalui observasi lapangan, wawancara teknisi, pengujian material, serta analisis menggunakan *Fishbone Diagram* dan metode *5-Why*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan *impeller* adalah kombinasi fenomena *erosion-corrosion* akibat paparan partikel padat dan senyawa kimia agresif dalam fluida. Selain itu, faktor pendukung lainnya meliputi ketidaksesuaian material *impeller* terhadap lingkungan operasi, tidak adanya sistem filtrasi, serta lemahnya sistem inspeksi dan pemeliharaan rutin. Analisis mendalam mengidentifikasi lima aspek utama penyebab kegagalan, yaitu manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan. Penelitian ini merekomendasikan penerapan sistem *pretreatment* dan *filtrasi*, perbaikan SOP inspeksi, serta pemilihan material *impeller* yang lebih tahan terhadap korosi dan erosi. Dengan pendekatan RCA, penyebab mendasar dapat diidentifikasi secara sistematis sehingga tindakan korektif dapat diterapkan secara tepat untuk meningkatkan keandalan sistem pompa.

Kata Kunci: *Impeller, Root cause analysis (RCA), erosion-corrosion, Fishbone Diagram, pompa Ash Disposal.*

ABSTRACT

This study aims to analyze the failure of the Ash Disposal pump impeller at PLTU Jabar 2 using the Root cause analysis (RCA) method. The failure occurred due to the reassignment of the Ash Disposal pump to transfer concentrate water from the Continuous Blow Down (CBD) system, which was originally handled by a dedicated pump. This change caused the pump to operate in an abrasive and corrosive fluid environment. RCA was applied to identify the root causes of the failure through field observations, interviews with technicians, material testing, and analysis using the Fishbone Diagram and 5-Why method. The results indicate that the main cause of the impeller damage was a combination of erosion-corrosion caused by exposure to solid particles and aggressive chemical compounds in the fluid. Supporting factors include the mismatch of impeller material with the operating environment, the absence of a filtration system, and weak maintenance and inspection procedures. The analysis identified five main contributing factors to the failure: human, material, method, machine, and environment. This study recommends the implementation of pretreatment and filtration systems, revision of inspection SOPs, and selection of more corrosion- and erosion-resistant impeller materials. By using RCA, the fundamental causes can be identified systematically, enabling the application of corrective actions to improve pump system reliability.

Keywords: *Impeller, Root cause analysis (RCA), erosion-corrosion, Fishbone Diagram, Ash Disposal pump.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ANALISIS KEGAGALAN *IMPELLER* POMPA ASH DISPOSAL DI PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN *METODE ROOT CAUSE ANALYSIS* (RCA)”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Pencapaian ini tentu tidak lepas dari dukungan dari berbagai pihak sehingga dapat terlaksana dengan baik dan lancar, oleh karena itu tidak lupa saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Yth :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, panjang umur untuk saya hingga bisa sampai tahap sekarang.
2. Orang tua dan Keluarga yang selalu memberi support secara moral maupun materil, memotivasi dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Kurniawan ST.,M.Si.,MM selaku Rektor Universitas Nusa Putra.
4. Bapak Lazuardi Akmal Islami, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Zaid Sulaiman, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing skripsi.
6. Bapak Dr. Eng. Odi Akhyarsi, S.T., M.Eng. dan Ibu Heppi Familiana, S.ST., M.T selaku dosen penguji.
7. Segenap teman-teman satu perjuangan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki dalam penyusunan skripsi ini sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis selalu mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan dimasa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca terkhusus bagi penulis.

Sukabumi, 31 Juli 2025

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai civitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Purnama Putra Sugandi

NIM 20210110068

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra. **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS KEGAGALAN *IMPELLER* POMPA ASH DISPOSAL DI PLTU JABAR 2 MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS* (RCA), beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Sukabumi

Pada tanggal : September 2025

Yang menyatakan

(Purnama Putra Sugandi)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	viii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ix
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
KATA PENGANTAR.....	xvi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	xvii
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pompa	4
2.2 Pompa Sentrifugal.....	4
2.3 Pompa Ash Disposal.....	7
2.4 <i>Impeller</i>	8
2.5 Baja Tahan Karat (<i>Stainles steel</i>)	9
2.5.1 Baja Tahan Karat Martensik.....	12
2.5.2 Baja Tahan Karat Austenitik	13
2.5.3 Baja Tahan Karat Feritik	15
2.6 Kegagalan dan Analisis Kegagalan	15
2.6.1 Kegagalan.....	15
2.6.2 Analisis Kegagalan.....	18
2.7 Air Limbah.....	19
2.8 Keausan Erosi (<i>Erosion Wear</i>).....	20
2.8 <i>Root cause analysis</i> (RCA).....	20

2.8.1 Tahapan Dalam <i>Root cause analysis</i> (RCA)	20
2.8.2 Metode Dari Pencarian Akar Masalah / <i>Root cause analysis</i> (RCA)	22
2.9 Korosi	23
2.9 Pengamatan Makroskopik	29
2.10 Pengujian <i>Penetrant Test</i>	30
2.11 Pengujian Kekerasan Leeb <i>Hardness tester</i>	31
2.12 <i>Optical emission spectroscopy</i> (OES)	32
2.13 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	33
2.14 Pengujian Kualitas Air	34
2.14.1 pH	34
2.14.2 Daya Hantar Listrik (DHL)	35
2.14.3 Pospat	35
2.14.4 Ion Klorida (Cl)	35
2.14.5 Besi (Fe)	35
2.14.6 Total Suspended Solid (TSS)	35
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1. Diagram Alir Penelitian	36
3.2. Identifikasi Masalah	37
3.3 Metode Penelitian	37
3.4. Material	38
3.5. Alat dan Bahan	38
3.5.1 Alat	39
3.5.2 Bahan	39
3.6 Tahapan Penelitian	39
3.6.1 Pengambilan Data dan Komponen	39
3.6.2 Pengumpulan Data Primer	40
3.6.3 Pengumpulan Data Sekunder	41
3.7 Analisis Data	42
BAB IV	43
HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil	43
4.1.1 Hasil Observasi lapangan	43
4.1.2 Hasil Pengumpulan Data Primer	44
4.1.3 Pengumpulan Data Sekunder	53
4.1.4 Hasil Analisis Penyebab Kerusakan Menggunakan <i>Root cause analysis</i>	

(RCA).....	53
4.2 Pembahasan	55
BAB V.....	59
PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Pompa Sentrifugal [2].....	5
Gambar 2. 2 Dokumentasi Pompa Ash Disposal (Dokumentasi Pribadi).....	8
Gambar 2. 3 Impeller (Dokumentasi Pribadi)	9
Gambar 2. 4 Kelompok Klasifikasi Stainles Steel [19].....	10
Gambar 2. 5 Diagram Kesenjangan Fe-Cr [21]	11
Gambar 2. 6 Diagram Fasa Austenitik Stainles Steel [21].....	12
Gambar 2. 7 Beberapa Resperesantif Kandungan Ni dan Cr dalam Baja Tahan Karat Austenitik [22].....	14
Gambar 2. 13 Ilustrasi Keausan Erosi [28].	20
Gambar 2. 14 Standar Fishbone Diagram [32].....	22
Gambar 2. 15 Metode 5 Whys [29].....	23
Gambar 2. 16 Mekanisme Korosi Fe dan Au [36].	24
Gambar 2. 17 Korosi Seragam Pada Pipa Ballast [37].....	25
Gambar 2. 18 Korosi Sumuran[37]	26
Gambar 2. 19 Korosi Erosi[37]	26
Gambar 2. 20 Korosi Galvanis[37].....	27
Gambar 2. 21 Korosi Celah[37]	27
Gambar 2. 22 Korosi Tegangan [37].....	28
Gambar 2. 23 Korosi Mikrobiologi[37].....	29
Gambar 2. 24 Korosi Lelah [37].....	29
Gambar 2. 25 Mikroskop Digital (Dokumentasi Pribadi)	30
Gambar 2. 26 Alat Leeb Hardness Tester (Dokumentasi Pribadi)	31
Gambar 2. 27 Contoh eksitasi pada OES [42].....	32
Gambar 2. 28 Mesin XRD PAN Analytical Xpert Pro [47].....	34
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3 2 Impeller Pompa Ash Disposal yang mengalami kegagalan (Dokumentasi Pribadi).....	38
Gambar 4. 1 Kondisi Visual Impeller	43
Gambar 4. 2 Skematik Sistem Kerja Pompa Ash Disposal.....	44
Gambar 4. 3 Permukaan yang Terkena Erosi pada Impeller Poma Ash Disposal (Dokumentasi Pribadi).....	46
Gambar 4. 4 Pengamatan Makroskopik Pada Daerah Patahan Impeller Pompa Ash Disposal yang Terkena Erosi (Dokumentasi Pribadi).	46
Gambar 4. 5 Pengamatan Makro Pada Pola (A) Porositas (B) Striasi Impeller....	47
Gambar 4. 6 Hasil Pengujian Penetrant (Dokumentasi Pribadi)	47
Gambar 4. 7 Titik Pengujian Kekerasan (a) Titik Permukaan yang Mengalami Erosi (b) Titik Permukaan yang Mengalami Erosi (Dokumentasi Pribadi).....	48
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan dan Nilai Ketebalan Material	49
Gambar 4. 9 Hasil Uji Xrd [49].....	51
Gambar 4. 10 Diagram Fishbone.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kodifikasi Baja Tahan Karat [20].	11
Tabel 2. 2 Kasus Kegagalan Material Akibat Perawatan Komponen Mesin [18].	16
Tabel 2. 3 Kasus Kegagalan Material Akibat Perawatan Komponen Mesin [18].	17
Tabel 2. 4 Penyebab Kegagalan Komponen Mesin [18]......	18
Tabel 2. 5 Perbedaan Metode 5 Whys dan Diagram Tulang Ikan [33]......	23
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kekerasan Leeb Hardness Tester [53]......	48
Tabel 4. 2 5 Hasil Perbandingan Uji Komposisi Impeller dengan Standar Stainless steel 316L dan 316 [54]......	50
Tabel 4. 3 Senyawa Korosi Hasil Analisa XRD [49]......	51
Tabel 4. 4 Hasil dan Perbandingan Pengujian Kualitas air [55]......	52
Tabel 4.5 Data Operasional dan Spesifikasi Pompa Ash Disposal [54, 55]......	53
Tabel 4. 6 Tahapan Metode 5-Why	54



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), kinerja peralatan yang optimal menjadi kunci utama dalam menjamin kelancaran dan kontinuitas produksi energi listrik. Salah satu sistem vital dalam mendukung proses tersebut adalah sistem pompa ash disposal, yaitu sistem pemindahan air limbah dari kolam limbah (*pool ash*) menuju instalasi pengolahan air limbah (Wastewater Treatment Plant/WWTP). Sistem ini sangat penting untuk menjaga kebersihan area operasional serta mencegah pencemaran lingkungan [1].

Pompa ash disposal termasuk dalam jenis pompa dinamis, lebih spesifik lagi merupakan pompa sentrifugal, yang bekerja dengan prinsip mengubah energi mekanis dari motor menjadi energi hidrolis melalui gaya sentrifugal. Pompa jenis ini banyak digunakan karena struktur yang sederhana, efisiensi yang baik, dan biaya operasional yang relatif rendah [2]. Pompa ini tersusun atas beberapa komponen utama seperti *casing*, *impeller*, *shaft*, bantalan, kopling, *packing* dan *seal*, serta sistem pelumasan. Dari keseluruhan komponen tersebut, *impeller* merupakan bagian yang paling kritis sekaligus paling rentan terhadap kerusakan [3].

Impeller berfungsi sebagai elemen berputar yang mentransfer energi dari motor ke fluida melalui percepatan aliran fluida dari pusat ke arah luar. Dengan demikian, desain dan material *impeller* harus disesuaikan dengan kebutuhan tekanan, laju aliran, dan karakteristik fluida yang dipompa [3] [4]. Kerusakan pada *impeller* secara langsung berdampak pada penurunan performa pompa dalam memindahkan air limbah, yang pada akhirnya dapat mengganggu efisiensi sistem pengolahan limbah.

Pada inspeksi preventive maintenance tanggal 12 April 2024 di PLTU Jabar 2, ditemukan kerusakan serius berupa erosi dan patahnya bilah *impeller*. Kerusakan ini terjadi lebih cepat dari umur rancang *impeller*, yang seharusnya lima tahun, namun mengalami kegagalan dalam tiga tahun. Hal ini menandakan adanya masalah yang lebih dalam dan perlu dianalisis secara menyeluruh.

Pendekatan *Root cause analysis* (RCA) digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan, bukan hanya gejala luarnya. Melalui RCA, faktor-faktor seperti sifat fluida yang abrasif, kondisi aliran, kualitas material *impeller*, serta aspek operasional dianalisis dengan alat bantu seperti *Fishbone Diagram* dan *5-Why Analysis*. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan solusi perbaikan dan pencegahan kegagalan serupa di masa mendatang, sekaligus meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem pompa ash disposal di PLTU [5].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penulisan riset ini yaitu:

1. Apa jenis dan karakteristik kerusakan yang terjadi pada *impeller* pompa ash disposal di PLTU Jabar 2?
2. Apa saja faktor penyebab terjadinya kerusakan tersebut?
3. Bagaimana penerapan metode *Root cause analysis* (RCA) dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan pada *impeller*?

1.3. Batasan Masalah

Ada batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian hanya difokuskan pada kerusakan *impeller* dari pompa yang digunakan dalam sistem ash disposal di PLTU Jabar 2.
2. Jenis pompa yang diteliti adalah pompa sentrifugal yang mengalami kegagalan operasional.
3. Analisis kerusakan dilakukan berdasarkan data lapangan, observasi visual, dan wawancara dengan teknisi lapangan.
4. Metode yang digunakan untuk analisis akar masalah adalah *Root cause analysis* (RCA) dengan pendekatan *Fishbone Diagram* dan *5-Why Analysis*.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan yang hendak dicapai untuk dapat memberikan manfaat. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis dan karakteristik kerusakan yang terjadi pada *impeller* pompa ash disposal.

2. Menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan tersebut menggunakan pendekatan RCA.
3. Menyusun *Fishbone Diagram* dan *5-Why Analysis* untuk menelusuri akar penyebab utama kegagalan.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat luas bagi semua pihak. Mahasiswa yang melakukan penelitian diharapkan dapat mengimplementasikan pengetahuan yang diperoleh, terutama dalam analisis kegagalan. Pihak-pihak yang terlibat dalam sistem pembangkit listrik diharapkan dapat menggunakan hasil penelitian ini untuk:

1. Bagi Industri Memberikan masukan dan solusi untuk meningkatkan keandalan pompa dalam sistem ash disposal serta meminimalkan downtime.
2. Bagi Akademisi Menjadi referensi ilmiah dalam penerapan metode *Root cause analysis* (RCA) pada kasus nyata kegagalan komponen mekanis.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya Sebagai dasar untuk pengembangan penelitian lanjutan yang lebih mendalam, seperti simulasi fluida atau analisis material secara mikrostruktur.



2.1 Pompa





BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu:

1. Penyebab utama kegagalan pada *impeller* pompa Ash Disposal adalah kombinasi dari faktor mekanik dan kimia yang memicu fenomena *erosion-corrosion*. Partikel abrasif dari residu batubara serta senyawa kimia agresif seperti klorida, sulfur, fosfat, dan silika dalam fluida menyebabkan keausan dini pada permukaan *impeller* sebelum mencapai umur rancangannya.
2. Analisis menggunakan metode *Root cause analysis* (RCA), termasuk pendekatan *5-Why* dan *Fishbone* Diagram, menunjukkan bahwa akar penyebab kegagalan berasal dari lima aspek utama: manusia (kurangnya SOP inspeksi dan pencatatan kerusakan), material (komposisi kimia material *impeller* tidak sesuai), metode (tidak ada sistem pretreatment dan filtrasi), mesin (kerusakan akibat penggunaan tidak sesuai fungsi awal), dan lingkungan (fluida agresif).
3. Rekomendasi perbaikan yang relevan meliputi pemasangan sistem filtrasi, revisi SOP pemeliharaan, pemilihan material *impeller* yang lebih tahan terhadap korosi dan erosi. Langkah-langkah ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem dan mencegah kegagalan serupa di masa depan.

5.2 Saran

Saran yang di dapat dari penelitian yaitu:

1. Pasang sistem filtrasi untuk menghilangkan partikel erosif seperti kerikil batu bara sebelum air masuk ke pompa.
2. Gunakan material *impeller* yang lebih tahan terhadap korosi dan erosi, seperti baja tahan karat (*stainles steel*) grade tinggi yaitu *duplex stainles steel*. Material ini memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap serangan kimia dan mekanis.
3. Disarankan agar SOP pemeliharaan diperbarui untuk mencakup inspeksi berkala, pencatatan kondisi komponen, dan pengujian prediktif, guna mencegah kegagalan sebelum terjadi kerusakan fatal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Wibowo, E. Riani, and B. Kurniawan, "Analysis of Fly Ash Disposal Problem in Coal-Fired Steam Power Plant: Study At Pltu Xyz, Indonesia," *J. Ind. Pollut. ...*, vol. 34, no. 1, pp. 1976–1983, 2018, [Online]. Available: <https://www.icontrolpollution.com/articles/analysis-of-fly-ash-disposal-problem-in-coalfired-steampower-plant-study-at-pltu-xyz-indonesia.php?aid=87095>
- [2] B. Ajar, "BAHAN AJAR POMPA DAN KOMPRESOR BAGIAN I : POMPA," 2015.
- [3] P. N. T. dan I. S. Arief, "15650-ID-optimasi-desain-impeller-pompa-sentrifugal-menggunakan-pendekatan-cfd (1)," vol. 4, no. 2, pp. 6–11, 2015.
- [4] J. JAELANI, "ANALISIS KEGAGALAN IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL PADA PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI INDUSTRI TEKSTIL ARTIKEL," 2021.
- [5] Q. Ma, H. Li, and A. Thorstenson, "A big data-driven root cause analysis system: Application of Machine Learning in quality problem solving," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 160, no. July, p. 107580, 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107580.
- [6] I. J. KARASSIK, W. KRUTZSCH., W. H. FRASER, and J. P. MESSINA, *Pump Handbook.*, no. (1976). 1976.
- [7] F. Ghozali, "Analisis Pengaruh Kavitasi Terhadap Main Sea Water Centrifugal Pump Di Km . Labobar Analisis Pengaruh Kavitasi Terhadap Main Sea Water Centrifugal Pump Di Km . Labobar," *Thesis. Progr. Stud. Tek. Diploma IV Politek. Ilmu Pelayaran Semarang*, 2019.
- [8] Agustian, "Tipe Sistem Kendali," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [9] S. Samudra, "Dasar Teori Pompa," *Semarang*, pp. 5–18, 1998, [Online]. Available: http://eprints.undip.ac.id/41326/3/BAB_II.pdf
- [10] P. F. Mcfadyen, K. B. Jenkins, C. K. Hertle, and J. Faithful, "Non-Traditional Approaches for Management of Ash and Transport Water from Down Under," 2023.
- [11] V. Y. Putilov and I. V Putilova, "Modern Approach to the Problem of

- Utilization of Fly Ash and Bottom Ash from Power Plants in Russia,” pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: <http://www.flyash.info/2005/51put.pdf>
- [12] T. Lutz and U. Freitag, “How Dense Slurry Fly Ash Disposal helped Europe ’ s largest Brown Coal Power Station to reduce its Water Consumption by over 90 %,” 2017.
- [13] L. J. Silva, L. A. Bray, J. G. Frye, and M. F. Buehler, “SPENT CATALYST PROCESSING WITH ELECTROCHEMISTRY Portions of this document may be illegible in electronic image products .. Images are produced from the best available original,” no. December, 1994.
- [14] O. Popov *et al.*, “Effect of Power Plant Ash and Slag Disposal on the Environment and Population Health in Ukraine,” *J. Heal. Pollut.*, vol. 11, no. 31, pp. 1–10, 2021, doi: 10.5696/2156-9614-11.31.210910.
- [15] E. Febriyanti, “Analisis Kegagalan Impeller Penyebab Kerusakan Pompa Air Kapal Laut,” *Maj. Ilm. Pengkaj. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 85–94, 2023, doi: 10.29122/mipi.v11i2.1621.
- [16] R. N. Gunn, “Duplex Stainless Steel (Microstructure, Properties, and Applications).,” *Woodhead Publ.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 1997.
- [17] S. -i. Nishida, “Failure Analysis in Engineering Application,” *United Kingdom: Oxford: ButterworthHeinemann.*, p. 6, 1992.
- [18] Z. Tao, X. Q. Wang, M. K. Hassan, T. Y. Song, and L. A. Xie, “Behaviour of three types of stainless steel after exposure to elevated temperatures,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 152, no. February, pp. 296–311, 2019, doi: 10.1016/j.jcsr.2018.02.020.
- [19] Atlas Steels, “The Atlas Steels Technical Handbook of Stainless Steels,” no. May, 2010, [Online]. Available: http://www.atlassteels.co.nz/documents/Atlas_Technical_Handbook_rev_July_2010.pdf
- [20] W. Suherman, “Ilmu Logam I,” *Diktat I.* pp. 1–157, 2003.
- [21] H. K. Bhadeshia, “Steels Microstructure and Properties,” in *Elsevier Ltd.*, 2006.
- [22] H. S. Khatak and B. Raj, “Corrosion of Austenitic Stainless Steels,” *Corros. Austenitic Stainl. Steels*, 2002, doi: 10.1533/9780857094018.

- [23] ASM International, "Stainless Steel for Design Engineers," 2008.
- [24] ASM Handbook Vol 11, "Failure Analysis and Prevention.," in *USA ASM International.*, 2002.
- [25] F. Bloch, H., dan Geitner, "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting.," in *Houston, Texas: Gulf Publishing Company*, 1994, p. .
- [26] A. Razak, "Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Studi Kasus PLTU Muara Karang Sahlan," *J. Power Plant*, vol. lim, 2020.
- [27] S. Gang, F. Fengzhou, and K. Chengwei, "Tribological Performance of Bioimplants: A Comprehensive Review," *Nanotechnol. Precis. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 107–122, 2018, doi: 10.13494/j.npe.20180003.
- [28] Y. Kaelani and B. A. Permana, *Studi Eksperimen Dan Analisa Laju Keausan Material Alternatif Bearing Pada Poros Propeller Kapal*. 2016.
- [29] BRC Global Standards, "Understanding Root Cause Analysis," p. 24, 2012, [Online]. Available: <http://www.brcglobalstandards.com/Portals/0/Books/Rootcause/rootcause.html>
- [30] T. PEBRIANSYA, "Penerapan Root Cause Analysis (Rca) Dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengelolaan Barang Milik Daerah Pada Pemerintah Daerah Di Provinsi Bengkulu," *Digilib.Unila.Ac.Id*, pp. 1–78, 2017.
- [31] R. Wolniak, B. Gajdzik, and W. Grebski, "The usage of Root Cause Analysis (RCA) in Industry 4.0 conditions," *Sci. Pap. Silesian Univ. Technol. Organ. Manag. Ser.*, vol. 2023, no. 190, pp. 223–235, 2023, doi: 10.29119/1641-3466.2023.190.15.
- [32] I. S. Haq and M. A. Purba, "Kajian Penyebab Kerusakan Door Packing pada Tabung Sterilizer Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) di Sungai Kupang Mill," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.36870/jvti.v2i2.177.
- [33] G. Medina Oliva, B. Iung, L. Barberá, P. Viveros, and T. Ruin, "Root cause analysis to identify physical causes," *11th Int. Probabilistic Saf. Assess. Manag. Conf. Annu. Eur. Saf. Reliab. Conf. 2012, PSAM11 ESREL 2012*,

- vol. 1, pp. 671–680, 2012.
- [34] Amalia I., “Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) dan Daun Cengkeh(*Syizigium aromaticum*) Sebagai Inhibitor Organik Pada API 5L Grade B Lingkungan NaCl 3,5% pH4,” pp. 37–40, 2016, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/48860/1/2712100103-Undergraduate-thesis.pdf>
- [35] Darmawi, T. K. Dewi, H. Alian, and K. Ginting, “Ahli Korosi Dasar,” vol. 1, pp. 3–5, 2022, [Online]. Available: www.unsri.unsripress.ac.id
- [36] 1980. Keenan, Charles W., et al. Ilmu kimia untuk universitas. Penerbit Erlangga, “No Title”.
- [37] B. Utomo, “Jenis Korosi Dan Penanggulangannya,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 6, no. 2, pp. 138–141, 2012, doi: 10.14710/kpl.v6i2.2731.
- [38] Irwansyah, “Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak,” *Lensa*, vol. 2, no. 48, pp. 7–14, 2019.
- [39] T. Endramawan, E. Haris, F. Dionisius, and Y. Prinka, “Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (Ndt-Pt) Untuk Analisis Hasil Pengelasan Smaw 3G Butt Joint,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 3, no. 2, pp. 44–48, 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i2.61.
- [40] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, “Metode uji kekerasan leeb untuk besi dan baja,” *Standar Nas. Indones.*, pp. 1–33, 2017.
- [41] R. H. S. PUTRA, S. . Fernandez, and Ariswan, “Karakteristik Pada Logam Baja Paduan Dengan Menggunakan Metoda X-RAY Fluorosense (XRF),” *J. Pendidik. Mat. dan Sains*, pp. 306–317, 2018.
- [42] E. Putra, “Analisis Kekuatan Strain Dan Stress Pada Baja Paduan Dengan Menggunakan Tensile Test Machine,” *J. Artic.*, 2018.
- [43] I. D. Tullah, Y. Nanang, and B. Budiarto, “Pengaruh Variasi Temperatur Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Struktur Kristal Pada Baja Karbon Sebagai Bahan Mandrill,” *J. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 145–150, 2023, doi: 10.30630/jtm.16.2.1102.
- [44] S. Kristal, D. A. N. Sifat, and M. P. B. Sc, “PENGARUH TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR KRISTAL , KEKERASAN , DAN

SIFAT,” 2024.

- [45] W. Cheng *et al.*, “Preparation and characterization of $\text{LiFePO}_4 \cdot x\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ composites by two-step solid-state reaction method for lithium-ion batteries,” *Mater. Lett.*, vol. 198, pp. 172–175, 2017, doi: 10.1016/j.matlet.2017.04.008.
- [46] E. Rahmawati and N. Primary Putri, “Sintesis Dan Karakterisasi $\text{Pani}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ Menggunakan Fe_3O_4 Dari Pasir Besi Gunung Galunggung Jawa Barat 1),” *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 13, pp. 45–50, 2024.
- [47] B. H. Triantoro, “Analisa Kegagalan Pada Shaft Mesin Circulating Water Pump Di Pembangkit Listrik Pt. X,” 2019.
- [48] M. Fontana and N. Greene, “Mars Fontana-Corrosion Engineering(www.iranidata.com).pdf.” p. nationallll, 1987.
- [49] H. H. Uhlig and R. W. Revie, “Corrosion and corrosion control. An introduction to corrosion science and engineering. Third Edition,” 1985.
- [50] A. Mosayebi, B. & Kazemeini, Mohammad & Badakhshan, A. & Safekordi, “effect of phosphonate based corrosion inhibitors in a cooling water system,” *Br. Corros. J.*, vol. 217–224, p. 1179/000705902225004446., 2002.
- [51] A. . Sedriks, “Corrosion of Stainless Steels. 2nd Edition.” New York., 1996.
- [52] E. McCafferty, *Introduction to corrosion science*. 2010. doi: 10.1007/978-1-4419-0455-3.
- [53] À. Hrb, À. Hre, À. P. Hrc, À. Hrc, and À. Hrb, “Steel Hardness Conversions,” vol. 4, pp. 1–6, 2014.
- [54] R. Lupiyoadi and B. Ridho, “Ikhsan (2015),” *PENGARUH Implant. ION Berbas. NITROGEN TERHADAP KARAKTERISTIK Stainl. STEEL 316L UNTUK Mater. IMPLAN*, 2015.
- [55] PermenLH No 08, “Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal Menteri,” *Jakarta*, pp. 1–13, 2009.
- [56] M. Description, P. Parameters, and M. Description, “Self-Priming Sewage Pump”.
- [57] F. H. D. E. Motors, “Fujita 3 Phase Electric Motor.” 2018.
- [58] E. Medvedovski, “Formation of Corrosion-Resistant Thermal Diffusion

- Boride Coatings,” *Adv. Eng. Mater.*, vol. 18, no. 1, pp. 11–33, 2016, doi: 10.1002/adem.201500102.
- [59] N. J. D.N.Prabhakar Murthy, “Extended Warranties, Maintenance Service and Lease Contracts,” in *Modeling and Analysis for Decision-Making*, Springer London, 2014, pp. XVIII, 399. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6440-1>.
- [60] P. Li, Q. Cai, and B. Wei, “Failure analysis of the impeller of slurry pump used in zinc hydrometallurgy process,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 13, no. 6, pp. 876–885, 2006, doi: 10.1016/j.engfailanal.2005.07.004.
- [61] G. Karafyllias, A. Galloway, and E. Humphries, “Erosion-corrosion assessment in strong acidic conditions for a white cast iron and UNS S31600 stainless steel,” *Wear*, vol. 484–485, no. September 2020, p. 203665, 2021, doi: 10.1016/j.wear.2021.203665.
- [62] M. Lindgren, R. Suihkonen, and J. Vuorinen, “Erosive wear of various stainless steel grades used as impeller blade materials in high temperature aqueous slurry,” *Wear*, vol. 328–329, pp. 391–400, 2015, doi: 10.1016/j.wear.2015.03.014.
- [63] A. J. Sinaga and C. Manurung, “Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316 L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman,” *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 92–99, 2020, doi: 10.36655/sprocket.v1i2.186.
- [64] G. Karafyllias, A. Galloway, and E. Humphries, “The effect of low pH in erosion-corrosion resistance of high chromium cast irons and stainless steels,” *Wear*, vol. 420–421, pp. 79–86, 2019, doi: 10.1016/j.wear.2018.11.021.
- [65] A. ElJersifi, A. Chbihi, N. Semlal, H. Bouaouine, and S. Naamane, “Failure analysis of a high chromium carbon steel impeller operating in phosphoric acid slurry,” *Wear*, vol. 476, no. September 2020, 2021, doi: 10.1016/j.wear.2021.203660.
- [66] A. Kavadias, *Water and Steam Chemistry, Deposits and*. 2020.
- [67] J. R. Armstrong, “Impact of System Integration on Reliability and Maintainability,” *INCOSE Int. Symp.*, vol. 26, no. 1, pp.

