



ANALISA *CRACK* IMPELLER PADA *CIRCULATING WATER PUMP*(CWP) PLTU PAITON 9 DI PT. PLN NUSANTARA POWER UMRO GRESIK

Muhammad Indra Setyawan^{*1}, Rilo Chandra Muhamadin²

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

e-mail: ^{*1}Muhammadindraa0511@gmail.com, ²rilochoandra@umg.ac.id

Abstrak

Kegagalan impeller dapat menurunkan performa kondensor dan mengganggu stabilitas operasi pembangkit. tujuan menganalisis penyebab kerusakan retak (*crack*) pada impeller *Circulating Water Pump* (CWP) PLTU Paiton 9. CWP berfungsi penting dalam sistem pendingin PLTU yang menjaga efisiensi termal turbin. Penelitian dilakukan melalui studi lapangan, pengujian komposisi material menggunakan X-Ray *Fluorescence* (XRF), uji kekerasan, *penetrant test*, serta uji mikrofografi terhadap material stainless steel 316. Hasil uji menunjukkan bahwa material impeller memiliki nilai kekerasan rata-rata 91,9 HRB dengan komposisi sesuai standar, namun ditemukan adanya porositas dan retak mikro akibat tegangan sisa dan korosi ion klorida dari air laut. Analisis mikrostruktur memperlihatkan adanya endapan karbida kromium (Cr_{23}C_6) di batas butir yang mengindikasikan terjadinya sensitisasi dan menurunnya ketahanan korosi *intergranular*. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa faktor utama penyebab crack adalah kombinasi antara korosi, tegangan termal akibat pengelasan, dan kondisi operasional yang ekstrem. Rekomendasi yang diberikan meliputi pengendalian parameter pengelasan, perawatan *preventif* rutin, serta optimalisasi kondisi operasi pompa untuk memperpanjang umur pakai impeller.

Kata kunci— *Circulating Water Pump, Crack Impeller, Stainless Steel 316*

Abstract

This internship was conducted with the objective of analyzing the causes of cracking failure on the impeller of the Circulating Water Pump (CWP) at PLTU Paiton 9. The CWP plays a vital role in the power plant cooling system by maintaining turbine thermal efficiency. Impeller failure can significantly reduce condenser performance and cause operational instability. The study was carried out through field observation and laboratory analysis, including X-Ray Fluorescence (XRF) for material composition, hardness testing, penetrant test, and micrographic examination on stainless steel 316 material. The results showed that the impeller had an average hardness value of 91.9 HRB with chemical composition meeting the standard specifications. However, porosity and microcracks were observed, mainly due to residual stress and chloride ion corrosion from seawater exposure. Microstructural analysis revealed chromium carbide (Cr_{23}C_6) precipitation along grain boundaries, indicating sensitization and reduced intergranular corrosion resistance. It was concluded that the main causes of impeller cracking were the combined effects of corrosion, welding-induced thermal stress, and extreme operational conditions. Recommendations include optimizing GTAW welding parameters, performing regular preventive maintenance, and improving operational control to extend impeller service life and enhance system reliability.

Keywords— *Circulating Water Pump, Stainless Steel 316, Crack Impeller*

1. PENDAHULUAN

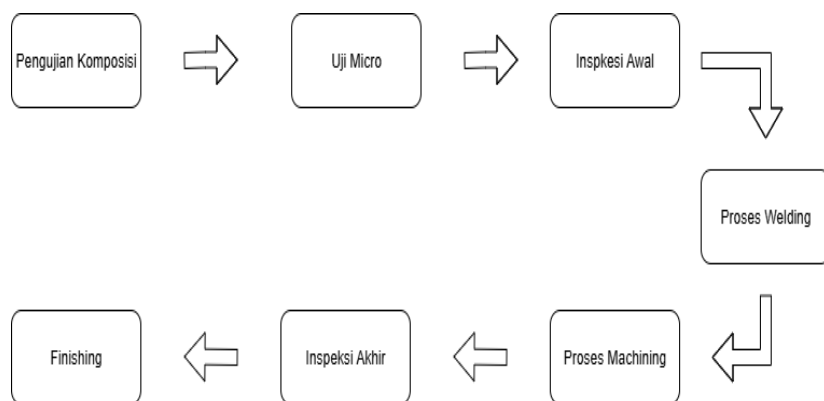
Impeller Circulating Water Pump (CWP) merupakan komponen vital pada sistem pendingin pembangkit listrik yang berfungsi mengalirkan air pendingin menuju kondensor. Selama beroperasi, impeller mengalami paparan lingkungan korosif, beban mekanik, serta potensi kavitasi yang dapat menyebabkan kerusakan seperti retak, porositas, dan penurunan sifat mekanik. Dalam pengoperasiannya, impeller bekerja secara terus-menerus dan berinteraksi langsung dengan fluida air laut yang memiliki sifat korosif [1].

Sistem pendinginan menggunakan pompa sirkulasi air laut atau *Circulating Water Pump (CWP)*. CWP bertugas mengalirkan air laut dari *intake channel* menuju kondensor dan kembali ke laut melalui outfall. Fungsi CWP sangat krusial dalam menjaga efisiensi termal dan mencegah thermal backpressure pada turbin [2]. Kegagalan pada CWP dapat menyebabkan gangguan serius pada operasi PLTU, seperti penurunan efisiensi kondensor, overheating, hingga shutdown darurat unit pembangkit. Komponen-komponen CWP antara lain yaitu : *Intermediate Section, Discharge Elbow, Power Transmission Section, Motor Penggerak, Sistem Inlet/Outlet, Casing Pompa, Impeller, Seal atau Penyegel, Shaft, Bearing* [3].

Kegagalan impeller pada CWP dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain: getaran berlebih, kavitasi, hingga korosi akibat air laut. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan analisis terhadap faktor penyebab kerusakan impeller CWP. Impeller adalah komponen utama yang langsung berinteraksi dengan fluida berkecepatan tinggi dan tekanan dinamis yang besar. Impeller berfungsi sebagai elemen utama yang menggerakkan fluida dan memungkinkan sistem pendinginan berjalan dengan optimal. Kegagalan impeller pada CWP dapat mengganggu operasional PLTU dan produksi listrik [4].

1. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain studi lapangan, pengujian dan studi literatur. Pada tahap studi lapangan dilakukan pencarian informasi tentang komponen yang akan diteliti beserta informasi tentang kegagalan yang terjadi pada komponennya, dengan cara terjun langsung ke lapangan dan berdiskusi dengan pihak *engineer* serta teknisi. Metode studi literatur ini mengacu pada buku, jurnal penelitian, dan situs industri yang mempelajari tentang permasalahan analisa kegagalan pada impeller di CWP dan jenis-jenis hasil uji mikrofotografi. Pada tahap ini dilakukan dengan pengujian langsung dengan prosedur dan metode yang ada di *workshop*. Adapun pengujian yang diperlukan dalam eksperimen ini yaitu : pengujian komposisi dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence (XRF)*, uji kekerasan menggunakan *Hardness Tester*, dan dilakukan proses inspeksi pada impeller menggunakan metode *penetrant test (PT)* dan uji mikrofotografi.



Gambar 1. Alur Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian kali ini. dengan menggunakan Data Operasional Lapangan dan wawancara langsung dengan *engineer*, merupakan langkah awal yang dilakukan untuk memperoleh data yang mendukung penelitian yang terdapat pada gambar 1. Data data yang digunakan yaitu :

- a. Pengujian komposisi material.
- b. Inspeksi Awal (*Penetrant Test*).
- c. Uji Mikrografi pada material *stainless steel* 316.
- d. Uji Kekerasan pada Impeller

Pengujian komposisi dilakukan untuk mengetahui jenis material apa yang digunakan, Pengujian komposisi material dilakukan dengan menggunakan XRF *portable*. Pada tahap Proses inspeksi awal yaitu pengecekan cacat dan *crack* tanpa merusak material menggunakan metode penetrant test yang bertujuan untuk mengecek cacat bagian permukaan. Proses inspeksi awal ini juga merupakan hal yang penting dalam penentuan proses *welding* dan *machining*.

Proses pengujian mikrografi dilakukan untuk mengetahui fasa yang ada pada material *stainless steel* 316. Proses uji mikrografi menggunakan etsa Aqua Regia HCL+HNO₃ dengan perbandingan 1:1. Proses pengambilan sampel ini dilakukan dengan memotong material pada komponen impeller menggunakan gerinda. Pada tahap uji kekerasan ini dilakukan dengan cara menarik tekan probe secara tegak lurus ke permukaan dan picu impact body hingga muncul nilai kekerasan di layar. Uji kekerasan ini sangat penting dilakukan karena untuk mengetahui kekerasan pada impeller dan umur pakai yang akan digunakan ulang setelah proses perbaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Uji Komposisi Material

Komposisi material pada impeller menggunakan *stainless steel* 316 yang terdapat pada Gambar 2, *Stainless steel* 316 adalah material yang tahan terhadap korosi air laut, oleh karena itu hampir semua impeller di pembangkit menggunakan material *stainless steel* dengan kode yang berbeda. *Stainless Steel* 316 merupakan logam yang dikategorikan sebagai *Mild steel* juga tergolong sebagai baja nirkarat atau *stainless steel*. Hal yang membedakan antara baja nirkarat dengan baja biasa ialah, pada baja nirkarat terdapat sejumlah besar kandungan Krom dan Nickel yang memberikan sifat tahan korosi pada baja (Pratama, M. A. 2019).



Gambar 2. XRF pada impeller

proses pengujian komposisi kimia pada Gambar 2 menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) yang dilakukan langsung pada permukaan impeller, Tabel 1 menampilkan hasil analisis unsur-unsur kimia dari material Stainless Steel 316. material tersebut masih sesuai dengan karakteristik umum Stainless Steel tipe 316 yang memiliki kombinasi unsur paduan untuk ketahanan terhadap lingkungan korosif seperti air laut

Tabel 1. Komposisi Kimia SS 316 pada Impeller

UNSUR	SAMPEL UJI (91%)
Fe	69.14
Cu	0.107
Mn	0.233
Mo	2.85
Zn	0.045
Cr	18.40

b. Inspeksi Awal

Inspeksi awal dilakukan menggunakan uji tanpa merusak dengan metode *penetrant test* yang digunakan untuk mendeteksi adanya retak pada permukaan impeller. Proses ini dilakukan diseluruh permukaan impeller, yang terdapat pada Gambar 3. *Penetrant test* dilakukan diselah-selah permukaan impeller.

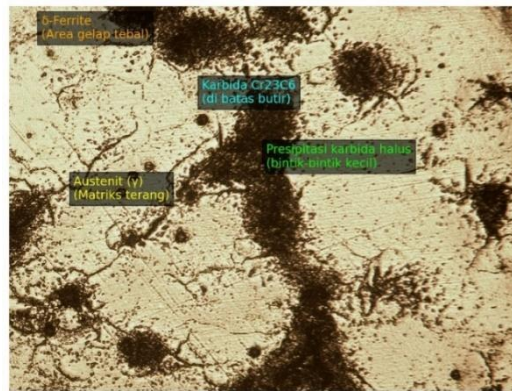
Gambar 3. *Penetrant test* pada impeller

Pengujian *penetrant test* dilakukan untuk mengetahui retakan yang ada di permukaan impeller. Hasil yang didapatkan dari *penetrant test* yakni terdapat banyak porositas pada permukaan impeller. Porositas tersebut ditunjukkan dengan adanya bekas penetrant yang berwarna merah pada permukaan impeller setelah diberi larutan developer.

c. Uji Mikrografi

pengujian mikro terhadap spesimen pada daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal*. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan perbesaran 100x dan 500x untuk melihat struktur mikro yang ada pada spesimen tersebut

(Fazadima, A et al., 2022). Proses ini dilakukan dengan cara mencelupkan benda uji kedalam larutan etsa selama ± 3 detik. Pencelupan dilakukan dengan larutan kimia yang sesuai. Bahan etsa yang digunakan Logam *stainless steel* : Aqua regia (HN03 + HCl dengan perbandingan 1:3) (Fitriyanto, M. N. 2014).



Gambar 4. Uji mikro SS 316 pada impeller

Pengujian mikrografi pada material impeller yang terdapat pada Gambar 4 terdapat 2 Fasa yang terbentuk yaitu fasa austenite yang berwarna lebih terang dan halus, sedangkan ferrite yang ditandai dengan butir berwarna gelap tebal. Terlihat juga kromium karbida Cr_{23}C_6 di area gelap memanjang sepanjang butir merupakan indikasi sentisasi pada batas butir. Endapan karbida yang berlebihan dapat meningkatkan risiko retak panas (*Hot Cracking*) saat pengelasan dan retak dingin (*Delayed Cracking*). Penyebab munculnya karbida hasil uji micro SS 316 yaitu :

1. Kerusakan lapisan pasif oleh ion klorida, dimana ion Cl^- menembus lapisan pasif (Cr_2O_3). Dan terjadi *pitting corrosion* - lokal *overheating*, memicu difusi karbon lebih cepat.
2. SS 316 memiliki kadar karbon kecil ($<0,08\%$), cukup untuk membentuk karbida dengan kondisi panas (service temperature atau akibat korosi pitting), karbon terdifusi menuju batas butir.
3. karbon bereaksi dengan kromium di batas butir dan membentuk endapan karbida (Cr_{23}C_6) pada material SS 316.

d. Uji Kekerasan Impeller

Metode pengujian yang digunakan adalah metode *Portable Hardness Tester* yang terdapat pada Gambar 4 dengan cara menekan indenter tertentu pada permukaan spesimen dan mengukur jejak bekas penetrasi. Uji kekerasan pada permukaan impeller dilakukan sebelum tahap pengelasan, yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan ketahanan impeller di lingkungan air laut.



Gambar 5. Uji kekerasan pada impeller

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa material memiliki kekerasan yang sesuai dengan standar spesifikasi. Nilai rata rata dari uji kekerasan impeller yaitu 91,9 HRB yang terdapat pada Tabel 2, nilai kekerasan yang tinggi menunjukkan bahwa material memiliki ketahanan aus yang baik. Sebaliknya, nilai kekerasan rendah mengindikasikan sifat material yang lebih ulet namun kurang tahan aus

Tabel 2. Hasil uji kekerasan pada impeller

Uji Hardness	Nilai Hardness					Nilai Rata Rata
Raw Material	91.0	99.6	94.6	98.7	96.5	96.08 HRB
Impeller	96.6	92.8	89.9	91.7	88.5	91.9 HRB

4. KESIMPULAN

Adapun hasil analisis data uji komposisi material, Uji kekerasan, *Penetrant test* dan Uji mikrofografi pada material impeller, diketahui uji komposisi material impeller yang digunakan merupakan *stainless steel 316* yang memiliki kandungan kromium dan nikel yang tinggi, selain itu terdapat hasil uji kekerasan dengan nilai sebesar 91.9 HRB menunjukkan bahwa impeller memiliki ketahanan aus yang baik terhadap gesekan fluida, namun tingkat kekerasan yang tinggi juga dapat menyebabkan berkurangnya keuletan material sehingga rentan mengalami retak akibat getaran berlebih dan beban dinamis.

Hasil uji *penetrant test* menunjukkan adanya porositas dan retakan mikro di permukaan impeller yang mengindikasikan bahwa material telah mengalami degradasi akibat tegangan sisa dan korosi yang disebabkan ion klorida air laut. Adapun hasil uji mikrofografi pada *stainless steel 316* menunjukkan dua fasa utama yaitu fasa austenit yang berwarna terang dan fasa ferrit berwarna gelap, serta adanya endapan karbida kromium (Cr_{23}C_6) pada batas butir yang menandakan terjadinya sensitisasi, yang dapat menurunkan ketahanan korosi *intergranular* dan mempercepat timbulnya *hot cracking* saat proses pengelasan.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian laju korosi dan inspeksi getaran dengan variasi setelah pengelasan dan sebelum pengelasan untuk mengetahui ketahanan impeller apakah masih mempunyai nilai yang cukup dengan standart spesifikasi atau tidak setelah dilakukan repair, dan impeller masih layak digunakan dengan waktu dan umur yang lama saat beroperasi atau tidak, agar teknisi atau *engginer* bisa memberikan speer untuk mengganti material impeller dengan yang baru. Diperlukan juga analisis berbasis FMEA dan *preventive maintenance* rutin untuk menghindari potensi kerusakan dini dan umur impeller agar bisa bertahan lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Mirmanto and N. Ikhwan, "Analisis Performa Circulating Water Pump Pada Industri Pembangkitan (Studi Kasus PLTU Bolok NTT)," Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. IV, no. ISBN 978-602-98569-1-0, pp. 247–254, 2016.
- [2] M. A. Pratama and E. Sundari, "Analisa Kegagalan Impeller pada Circulating Water Pump di PT. PLN Indonesia Power UP Indralaya," J. Tek., vol. 19, no. 2, pp. 527–534, 2025.
- [3] E. Febriyanti and K. Anwar, "Analisis Kegagalan Impeller Penyebab Kerusakan Pompa Air Kapal Laut," Maj. Ilm. Pengkaj. Ind., vol. 11, no. 2, pp. 85–94, 2017, [Online]. Available:

<https://ejournal.brin.go.id/MIPI/article/view/1536/1043>

- [4] M. N. Fitriyanto, "Penyambungan Stainless Steel Austenitik Seri 316 Dengan Metoda Friction Welding Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro," Tek. Mesin Univ. Negeri Padang, 2014, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/36888180/7. D3-2014-313969-complete.pdf>
- [5] H. Abbas, J. Jamaluddin, and A. Amiruddin, "Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu," ILTEK J. Teknol., vol. 15, no. 02, pp. 103–106, 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i02.33.
- [6] Sari, P. D., Tomasila, D. Y., & Mufid, M. (2023). Analisa Kebocoran Kondensor Pada Siklus Air Uap Pt Pembangkit Jawa Bali Ubj O&M Pltu Pacitan Jawa Timur. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 6(2), 321–327. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.91>
- [7] Al Rosyid, H., Handayasari, I., & Hariyanto, S. T. (2015). Analisa Water Hammer Pada Pipa Sirkulasi Condensate Extraction PUMP PT PJB UBJOM PLTU Indramayu. Power Plant, 26–31.
- [8] Evendi, I. A. (2024). Analisis Efek Kegagalan Pada Performa Circulating Water Pump Berbasis FMEA (Failure Mode And Effects Analysis). Enigma: Engineering in Green Machinery, 1(1), 18–27.
- [9] Fazadima, A., Pratikno, H., & Ikhwan, H. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Heat Input terhadap Uji Impact, Uji Metalografi, dan Laju Korosi pada Pengelasan SMAW Sambungan Pelat Baja A36 dengan Baja Structural Steel 400 (SS400). Jurnal Teknik ITS, 11(3), G38–G43.
- [10] Handayani, N. U., Prastawa, H., & Nuryanti. (2012). Analisis Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Cacat Dalam Pada Produk Slab Baja (Studi Kasus Di Slab Steel Plant-2 Pt. Krakatau Steel). J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri, 2(2), 65–73.
- [11] Annas Pratama, M. (2019). Studi Eksperimen Ketahanan Korosi, Keausan, dan Kekerasan pada Material Baja Paduan SS 316 Sebagai Bahan Sterntube Seal Liners pada Kapal. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan, 16(1), 16–22. <https://doi.org/10.14710/kapal.v16i1.17882>
- [12] Fata, A. S., & Fajriani. (2019). Analisis siklus uap pltu pangkalan susu pt indonesia power. Jurnal Hadron, 1(01), 9–11.
- [13] Irawan, O. W., Pratama, L. S., & Insani, C. (2021). Analisis Termodinamika Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap Kapasitas 1500 kW. JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI), 5(3), 109. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.579>
- [14] Rahmadhani, N., Prayitno, P., & Aji, Y. (2023). Penentuan Jumlah Panas Dan Air Pendingin Pada Kondensor Di Pltu Tanjung Awar – Awar. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 6(2), 328–333. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.97>
- [15] Andriyuda, F., & Rusirawan, D. (2024). Evaluasi Evaluasi Kondensor Berpendingin Udara dan Air pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Jurnal Tekno Insentif, 18(2), 89–103. <https://doi.org/10.36787/jti.v18i2.1457>