

Analisis Kegagalan Impeller pada Pompa Ash Disposal PLTU Jabar 2 dengan Penggunaan Material *Stainless Steel 316 L*

Purnama Putra Sugandia^{1*}, Zaid Sulaiman²

¹ Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ purnama.putra_tm21@nusaputra.ac.id*

* Corresponding Author

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) bergantung pada kinerja optimal peralatan untuk menjaga kelancaran produksi energi. Salah satu sistem krusial di PLTU adalah pompa ash disposal, yang digunakan untuk memindahkan air limbah ke Wastewater Treatment Plant (WWTP). Pompa ini merupakan jenis pompa sentrifugal yang mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolik melalui gaya sentrifugal. Komponen penting dalam pompa ini adalah impeller, yang berfungsi untuk mentransfer energi dari motor ke fluida yang dipompa. Meskipun dirancang untuk bertahan lama, impeller dapat mengalami kerusakan seperti pengikisan dan patah akibat keausan, baik abrasi maupun korosif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan material impeller serta menelaah proses kegagalannya. Berdasarkan analisis yang dilakukan, diharapkan dapat diidentifikasi langkah-langkah pencegahan untuk menghindari terulangnya kegagalan serupa pada masa mendatang. Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi mahasiswa dan pihak-pihak terkait dalam memahami serta mengatasi kegagalan pada pompa ash disposal.

Kata kunci

Impeller
Pompa ash disposal
Analisis Kegagalan

1. Pendahuluan

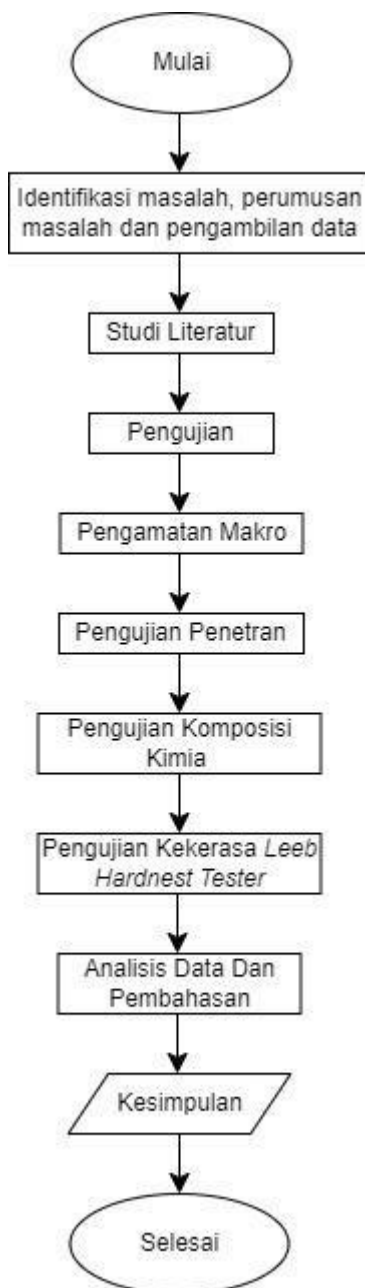
Dalam operasional pembangkit listrik, kinerja optimal peralatan menjadi krusial untuk menjaga kelancaran produksi energi. Salah satu sistem yang sangat penting dalam PLTU adalah pompa ash disposal. Pompa ash disposal merupakan pompa yang digunakan untuk memindahkan air limbah ke daerah Wastewater Treatment Plant (WWTP). Pompa ash disposal termasuk dalam kategori pompa dinamis, yang lebih dikenal sebagai pompa sentrifugal. Pompa ini mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolik melalui gaya sentrifugal untuk memindahkan cairan. Keunggulan utama pompa sentrifugal adalah harga yang terjangkau dan desain yang sederhana [1].

Secara umum, pompa ash disposal terdiri dari beberapa komponen penting, antara lain casing, impeller, poros (shaft), bantalan (bearing), kopling, packing dan seal, serta sistem pelumasan (lubrikasi). Dari semua komponen tersebut, impeller adalah bagian yang paling sering mengalami kerusakan parah. Impeller adalah komponen berputar dalam pompa sentrifugal yang berfungsi untuk mentransfer energi dari putaran motor ke fluida yang dipompa dengan cara mengakselerasinya dari bagian tengah impeller ke sisi luarnya [2]. Desain impeller disesuaikan dengan kebutuhan tekanan, kecepatan aliran, serta kecocokannya dengan sistem yang digunakan. Sebagai komponen utama, impeller memiliki pengaruh besar terhadap kinerja pompa [3].

Pada proses preventive maintenance pada tanggal 12 April 2024 ditemukan kerusakan pada komponen impeller dari pompa ash disposal yang mengalami pengikisan serta patah. Penyebab terjadi kerusakan yang pertama yaitu karena keausan, Keausan abrasi Terjadi ketika permukaan keras bergesekan dengan permukaan yang lebih lunak, sehingga meninggalkan goresan atau bekas torehan pada permukaan yang lebih lunak [4]. Keausan korosif terjadi ketika gas atau cairan kimia mengenai permukaan yang terbuka akibat proses gesekan [5]. Impeller yang berada di PLTU Jabar 2 menurut teknisi biasanya memiliki masa pakai sekitar 5 tahun Namun, dalam pada kasus ini, impeller mengalami kerusakan pada pemakaian tahun ke 3. Meskipun impeller dirancang untuk bertahan lama, komponen mekanis ini tetap akan mengalami keausan seiring waktu, terutama jika sering digunakan secara terus menerus. Kerusakan yang terjadi pada impeller mengakibatkan produktifitas dalam proses pemindahan air menjadi rendah, dengan ini proses penyedotan air dari pool ash (kolam limbah) ke Wastewater Treatment Plant (WWTP) juga tidak maksimal. Oleh karena itu, diperlukan analisis kegagalan pada impeller pompa ash disposal untuk mencegah terulangnya kejadian tersebut.

2. Metode

Dalam penelitian ini metoda yang digunakan dalam memperoleh, mengolah dan menganalisis data adalah dengan metoda deskriptif, desain dan studi kasus. Metoda yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini terangkum dalam gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1. Pengujian PMI

Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam suatu penelitian adalah melakukan penelaahan terhadap objek yang diteliti untuk mengidentifikasi dan menentukan permasalahan yang muncul. Setelah itu, metode yang sesuai ditetapkan untuk memecahkan masalah dalam meningkatkan kualitas *impeller*.

2.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu di studi lapangan, studi literatur dan pengujian. Adapun proses yang di lakukan penelitian di antaranya:

1. Studi Lapangan

Metode ini mencakup pencarian informasi terkait komponen yang sedang diteliti beserta detail kegagalan yang terjadi pada komponen tersebut. Studi lapangan melibatkan kunjungan langsung ke lokasi kegagalan material di PT Indonesia Power PLTU Jabar 2 dengan tujuan mendapatkan informasi langsung di tempat kejadian. Proses pencarian informasi dilakukan dengan mengambil gambar dan melakukan observasi terhadap material yang mengalami kegagalan.

2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber tulisan yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini. Sumber literatur tersebut mencakup jurnal-jurnal penelitian terdahulu serta buku-buku yang membahas analisis kegagalan pada *impeller* pompa resirkulasi.

3. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengumpulkan data yang belum tersedia untuk keperluan analisis dalam penelitian ini. Jenis pengujian yang dilakukan mencakup: pengamatan bentuk dan pola retak menggunakan visual dan penetrant, pengamatan mikroskopik dengan mikroskop, uji kekerasan dengan peanlab dan pengujian komposisi menggunakan ARL OES 4460.

2.3. Material

Pada proses OH (Over Houl) di temukan *impeller* pada pompa resirkulasi mengalami kegagalan.



Gambar 2 *Impeller* Pompa Ash Disposal yang mengalami kegagalan

2.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, peralatan dan bahan yang diperlukan meliputi Vernier Caliper untuk pengukuran dimensi, gerinda potong untuk memotong material specimen, serta kamera yang digunakan untuk pengamatan dan dokumentasi gambar secara makro. Penetrant Test berfungsi untuk mendeteksi kecacatan pada permukaan impeller, sementara stereo microscope digunakan untuk pengamatan detail lebih lanjut. Selain itu, amplas diperlukan untuk preparasi pengujian mikroskop, dan alat uji kekerasan Leeb Harnest Tester digunakan untuk menentukan nilai kekerasan specimen. Mesin ARL OES digunakan untuk menganalisis komposisi kimia unsur dari specimen. Bahan yang digunakan mencakup kertas amplas dengan grade 80 hingga 2000 untuk preparasi pengujian metalografi, serta material patahan impeller pompa resirkulasi yang akan dianalisis.

2.5 Tahapan Penelitian

2.5.1 Pengambilan Data dan Komponen

Langkah ini melibatkan mengunjungi PT. Indonesia Power PLTU Jabar 2 secara langsung untuk meninjau dan memeriksa komponen yang bermasalah. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengidentifikasi komponen yang mengalami kegagalan dan mengumpulkan data terkait dengan mesin yang mengalami masalah tersebut.

2.5.2 Pengamatan Makroskopik

Pengamatan secara makro dilakukan untuk memperoleh pemahaman tentang bentuk, penampilan, dan pola patahan secara visual dengan menggunakan kamera POCO X3 dan Mikroskop. Tindakan yang diberlakukan pada sampel material meliputi mendokumentasikan foto secara menyeluruh menggunakan kamera, dengan penekanan pada detail tertentu. Selain itu, mikroskop stereo digunakan untuk mengambil gambar bagian-bagian yang memerlukan detail tambahan, terutama yang berfokus pada awal retakan, penyebaran retakan, dan retakan akhir, guna mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kondisi material.

2.5.3 Pengujian Penetrant

Pengujian penetrant dilakukan di Lab Mesin Universitas Nusa Putra Sukabumi. Pengujian penetran bertujuan untuk mencari crack secara makro dengan cara menyemprotkan penetran lalu disempotkan developer agar menarik penetran keluar dari crack sehingga crack terlihat jelas. Setelah selesai pengamatan disempotkan cleaner/remover untuk membersihkan penetran dan developer yang tersisa. Pengujian ini menggunakan standart ASTM E 165, Standard Test Method for Liquid Penetrant.

Langkah-langkah pengujian penetrant dimulai dengan membersihkan spesimen menggunakan cleaner dan mengusapnya dengan majun secara satu arah. Setelah itu, cairan penetrant disemprotkan secara merata ke permukaan spesimen dan dibiarkan selama sekitar 10 menit. Selanjutnya, permukaan spesimen dilap hingga bersih dari cairan penetrant. Proses dilanjutkan dengan menyemprotkan developer secara merata ke spesimen, yang kemudian dibiarkan selama sekitar 7 menit. Hasil pengujian akan terlihat setelah tahap ini.

2.5.4 Pengujian Kekerasan *Leeb Hardness Tester*

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan dengan melakukan indentasi di beberapa titik pada sampel. Kekerasan suatu material ditentukan oleh dalamnya area ataupun luas area indentasi yang dihasilkan (tergantung jenis indenter dan jenis pengujian). Pengujian menggunakan Pengujian kekerasan Leeb Hardness Tester dilakukan di di Lab Mesin Universitas Nusa Putra Sukabumi. Dalam pengujian kekerasan, metode yang digunakan adalah uji kekerasan Leeb Hardness Tester. Pada uji kekerasan Leeb Hardness Tester yang digunakan adalah peanlab dengan standard ASTM A956-06 tujuannya yaitu untuk mengetahui kekerasan dari *Impeller*.

Langkah-langkah pengujian kekerasan menggunakan Peanlab Hardness Tester dimulai dengan meratakan dan menghaluskan kedua permukaan spesimen uji menggunakan amplas agar bidangnya sejajar. Selanjutnya, perangkat uji kekerasan disiapkan, dan proses pengujian dilakukan dengan cara memantulkan bola pada alat Peanlab. Setelah pengujian selesai, perlu menunggu hingga beban uji pada spesimen benar-benar selesai. Terakhir, data yang muncul pada layar Peanlab Hardness Tester dicatat untuk dianalisis.

2.5.5 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan ARL OES 4460 pengujian ini dilakukan di BRIN yang berlokasi di Jl. Kw. Puspiptek, Muncul, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase unsur kimia dalam specimen, seperti sampel impeller berukuran 3x3 cm. Proses dimulai dengan menghaluskan permukaan sampel menggunakan ampelas dari grade 200 hingga 1500 untuk menghilangkan korosi. Setelah itu, sampel dikarakterisasi menggunakan alat ARL OES 4460 untuk mengidentifikasi unsur-unsur dan persentasenya. Sampel kemudian diletakkan di mulut mesin uji dan dialirkan gas argon, yang berfungsi sebagai pendorong plasma. Hasil data akan muncul di layar monitor, sesuai dengan standar pengujian ARL OES 4460.

2.6 Analisis Data

Pada penelitian eksperimen ini, penulis menggunakan metode analisis data kuantitatif deskriptif, yaitu mendeskripsikan data hasil pengujian secara sistematis dalam bentuk tabel grafik. Analisa data menggunakan data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium yang dilakukan kemudian dimasukkan kedalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Kemudian, akan dilakukan analisa dan ditarik kesimpulan. Sehingga dapat diketahui nilai rata-rata kekerasan, miktorstruktur dan hasil spektro analisis kegagalan *impeller*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Hasil Pengamatan Makro

Pengamatan visual secara makro menggunakan kamera realme 5i pada komponen *impeller* yang mengalami kegagalan. Kerusakan pada *impeller* pompa ash disposal ditunjukkan pada gambar 3 dan 4.



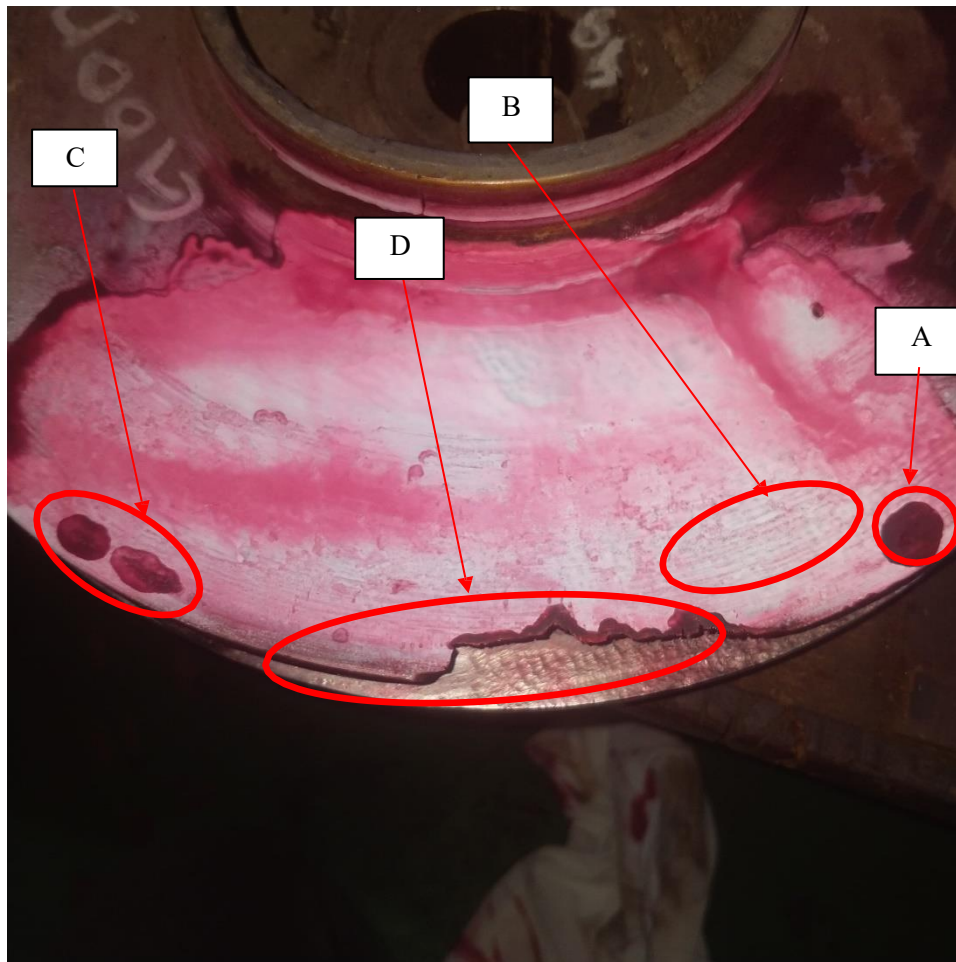
Gambar 3 Permukaan Abrasi *Impeller* Pompa Ash Dishposal



Gambar 4 Pola Patahan *Impeller* Pompa Ash Disposal yang Terkena Abrasi

3.1.2 Hasil Pengujian Penetran

Pengujian penetran bertujuan untuk mendeteksi retakan makro pada permukaan patahan. Proses ini dilakukan dengan menyemprotkan cairan penetran secara merata ke permukaan, kemudian diikuti dengan penyemprotan cairan developer. Cairan developer ini membantu mengangkat penetran sehingga retakan di permukaan menjadi terlihat. Setelah observasi dan pengambilan gambar selesai, cairan cleaner/remover disemprotkan untuk membersihkan sisa penetran dan developer. Gambar 4.3 menunjukkan hasil dari pengujian penetran tersebut.

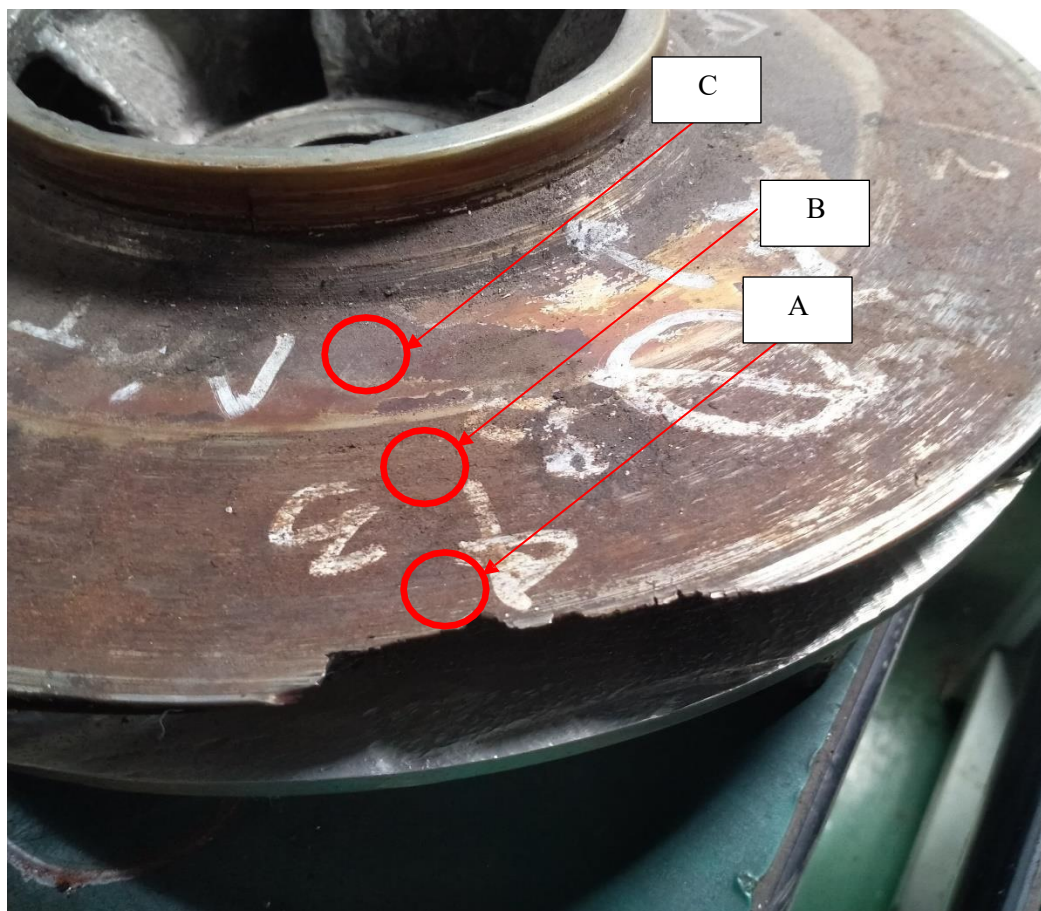


Gambar 5 Hasil Pengujian Penetrant

Dari hasil pengujian penetrant yang ditunjukkan pada Gambar, terlihat defect ronggga (porous) pada bagian (A), garis-garis satirasi pada bagian (B) yang merupakan daerah scrath, pada bagian (C) area crack atau retakan akibat abrasi dan pada bagian (D) area patahan yang sudah mengalami kegagalan akibat abrasi.

3.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan material *impeller* bertujuan untuk mengetahui distribusi nilai kekerasan pada material tersebut. Pengujian dilakukan di tiga area: initial dan . Pada setiap area, pengujian dilakukan dari bagian yang paling dekat hingga yang paling jauh dari permukaan patahan, menggunakan metode leeb *hardness tester* dengan tiga kali indentasi di setiap titik. Hasil pengujian kekerasan ditampilkan dalam tabel 1 dan nilai ketebalan di tampilkan pada tabel 2. .



Gambar 6 Titik Pengujian Kekerasan (a) titik yang mengalami abrasi parah (b) Permukaan yang Mengalami Abrasi Sedang (c) Permukaan yang Tidak Mengalami Abrasi

Tabel 1 Nilai Kekerasan

Lokasi Permukaan yang Terkena Abrasi	HL
Permukaan yang terkena Abrasi Parah	288
Permukaan yang terkena Abrasi Sedang	498
permukaan yang tidak mengalami abrasi	600

Tabel 2 Nilai Ktebalan

Keterangan	Ketebalan
Ketebalan yang mengalami abrasi parah	11,60 mm
Ketebalan yang mengalami abrasi sedang	4,2 mm
Ketebalan yang tidak mengalami abrasi	2,9 mm

3.1.4 Hasil Pengujian Komposisi kimia

Pengujian komposisi dilakukan menggunakan ARL OES 4460 untuk mengidentifikasi komposisi kimia pada *impeller* mesin pompa ash disposal. Berdasarkan manual dan buku pemeliharaan, *impeller* mesin pompa ash disposal ini terbuat dari material stainless steel 316. Tabel 3 menampilkan perbandingan antara hasil pengujian komposisi poros tersebut dengan komposisi standar stainless steel 316L dan 316.

Tabel 3 Perbandingan Uji Komposisi Impeller dengan Standat Stainless Steel 316 dan 316L

Unsur	Kadar %		
	<i>Impeller (PMI)</i>	Stainles Steel 316 L	Stainles Steel 316
C	0,056	≤ 00,03	≤ 0,08
Mn	0,616	≤ 2,0	≤ 2,0
Si	0,417	≤ 0,75	≤ 0,075
P	0,02772	0 – 0,045	≤ 0 – 0,045
S	0,0069	≤ 0,03	≤ 0,03
Cr	17,307	16.0 – 18.0	16.0 – 18.0
Mo	2,048	2,0 – 14,0	2,0 – 3,0
Ni	12,378	10,0 – 14,0	10,0 – 14,0
N	-	≤ 0,10	≤ 0,10
Fe	balance	Balance	Balance

Dalam buku manual perusahaan, disebutkan bahwa material shaft dari CWP adalah stainless steel 316L. Namun, terdapat sedikit kelebihan karbon pada shaft tersebut (0,056 %C), sedangkan kadar karbon maksimum yang diperbolehkan untuk stainless steel 316L adalah ≤0,03. Meskipun unsur lainnya sudah memenuhi standar, shaft ini lebih tepat dikategorikan sebagai stainless steel 316 jika dibandingkan dengan standar untuk stainless steel 316 dan 316L.

3.2 Pembahasan

Dari hasil pengamatan makro dan mikroskop. Terlihat titik patahan pada daerah *impeller* mengalami pengikisan pada sudut. Garis striasi terlihat jelas dan kasar yang menandakan adanya abrasi pada *impeller*. dari hasil pengujian penetrant terlihat ada titik *defect* ini juga bisa menyebabkan *initial crack*. Initial crack dibagi menjadi 2 faktor, faktor mikrostruktural dan mekanik. Lokasi defect seperti porositas, inklusi, pitting korosi dapat menyebabkan bagian tersebut sebagai konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan initial crack pada daerah tersebut.

Buku manual tertulis material shaft adalah stainless steel 316L, tetapi setelah dilakukan pengujian menggunakan optical emission spectrometry (OES) kadar karbon yang didapatkan melebihi batas standar untuk stainless steel 316L. Sehingga material pada *impeller* ini merupakan *impeller* dari stainless steel 316.

Dari hasil pengujian kekerasan pada 3 daerah yaitu daerah yang mengalami abrasi parah, yang mengalami abrasi sedang dan yang tidak mengalami abrasi. Dapat dilihat pada tabel 1 nilai kekerasan

menurun dari daerah yang dekat dengan *impeller* yang mengalami abrasi. Hal ini terjadi karena sudu *impeller* bersentuhan langsung dengan pairit sehingga mengalami abrasi yang mengalami pengikisan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu :

1. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mekanisme terjadinya kegagalan pada *impeller* pompa diawali oleh benturan partikel-partikel pairit diantaranya pada sudu *impeller* yang berputar sehingga menyebabkan terjadinya abrasi. Hasil pengamatan makroskopik menunjukkan bahwa terjadi pengikisan pada sudu *impeller*.
2. Mekanisme kegagalan material disebabkan adanya abrasi yang terus menerus sehingga material mengalami patah.

Referensi

- [1] B. Ajar, “BAHAN AJAR POMPA DAN KOMPRESOR BAGIAN I : POMPA,” 2015.
- [2] J. Teknik, S. Perkapalan, and F. T. Kelautan, “15650-ID-optimasi-desain-impeller-pompa-sentrifugal-menggunakan-pendekatan-cfd (1),” vol. 4, no. 2, pp. 6–11, 2015.
- [3] M. T. Mesin and U. P. Oleh, “Sentrifugal Pada Proses Pengolahan Air Jejen Jaelani Program Studi Teknik Mesin,” 2021.
- [4] M. D. Cookson and P. M. R. Stirk, “Analisi pengaruh kerusakan ball bearing terhadap kinerja pompa ballast di MV. Sari indah,” pp. 7–29, 2019.
- [5] K. Fajar, “Pengaruh Variasi Jarak Spray Pelapisan FeCrMnNiCSi Metode Wire ARC Spray Terhadap Abrasive Wear Resistance dan Porositas Grey Cast Iron FC25,” *Skripsi S1*, 2017.
- [6] <https://www.plnindonesiapower.co.id/id/Default.aspx>, “sejarah singkat PLN Indonesia Power,” 2018.
- [7] manual book PLTU Jabar 2, *manual book PLTU Jabar 2*.
- [8] I. J. KARASSIK, W. KRUTZSCH., W. H. FRASER, and J. P. MESSINA, *Pump Handbook.*, no. (1976). 1976.