Teknika 19 (2): 527 – 534

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage:http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Analisa Kegagalan *Impeller* pada *Circulating Water Pump* di PT. PLN Indonesia Power UP Indralaya

Muhammad Alif Pratama [1], Taufikurahman*[2], Ella Sundari[3], Syafei[4]

[1, *2, 3, 4]Jurusan Teknik Mesin / Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: taufikurrahman@polsri.ac.id

Abstrak

Pompa CWP merupakan pompa yang berfungsi sebagai pompa pendingin dengan memompakan air laut dari cooling tower menuju ke kondensor. Salah satu bagian penting pada pompa CWP yang sering mengalami kerusakan adalah impeller. Impeller berperan dalam meningkatkan tekanan dan mengalirkan air sirkulasi dalam sistem pendingin. Penelitian ini tujuannya menganalisis faktor-faktor terjadinya kegagalan impeller dengan melakukan 3 jenis pengujian meliputi pengujian komposisi, impak, dan metalografi. Hasil pengujian komposisi menunjukkan bahwa material impeller adalah stainless steel austenitik tipe 304. Hasil uji impak pada material impeller SS304 memperoleh nilai rata-rata impak 0,162 J/mm^2, tergolong nilai impak yang kecil dibandingkan dengan material baru stainless steel 304 memiliki nilai impak yang tinggi dengan rata-rata sebesar 1,23 J/mm^2, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan yang signifikan pada ketangguhan impeller. Pengujian metalografi menunjukkan struktur mikro yang terbentuk adalah austenite dan ferrite serta adanya porositas yang mengakibatkan berkurangnya luas penampang material yang menahan beban.

Kata kunci*—Impeller, Circulating Water Pump, Stainless Steel 304*

Abstract

The CWP Pump is a pump that functions as a cooling pump by heating sea air from the cooling tower to the condenser. One crucial component of the CWP that frequently experiences failure is the impeller. The impeller plays a vital role in increasing pressure and facilitating the circulation of water within the cooling system. The goal of this study is to investigate the factors that lead to impeller failure by conducting 3 types of tests including composition, impact and metallography tests. The result of the composition test indicate that the impeller material is austenitic stainless steel type 304. The impact test results for SS304 impeller material show an average impact value of 0.162 J/mm², which is considered low compared to new stainless steel 304 material, which has a higher impact value, averaging 1.23 J/mm². This indicates a significant reduction in the toughness of the impeller. The metallographic examination reveals that the microstructure consists of austenite and ferrite, with the presence of porosity, which reduces the cross-sectional area of the material that bears the load.

Keywords*— Impeller, Circulating Water Pump, Stainless Steel 304*

Received: October 3, 2024; Online Available: March 15, 2025

1. PENDAHULUAN

Masalah utama pada industri pembangkitan adalah terganggunya sistem operasi akibat kegagalan sistem instalasi yang mengakibatkan pemutusan daya dan penghentian pasokan listrik. Pada industri pembangkit listrik memerlukan perawatan yang rutin, terkhusus untuk komponen yang berkaitan dengan *evaporator* dan pipa-pipa air pendingin [1]. Setiap pembangkit listrik diharapkan dapat beroperasi dengan lancar tanpa adanya gangguan atau kendala, terutama yang dapat menyebabkan terhentinya sistem pembangkitan (*shutdown*) [2].

Salah satu komponen penting pada industri pembangkit listrik adalah Pompa CWP (*Circulating Water Pump*). Pompa ini berperan mengalirkan air pendingin dari *cooling tower* ke kondensor di PLTGU [3]. Jika performa pompa menurun, uap yang dikondensasi kembali menjadi cairan juga akan berkurang. Akibatnya, biaya produksi akan bertambah karena kebutuhan air kondensat yang lebih besar dan efisiensi siklus *Rankine* yang akan mengalami penurunan [4]. Pompa sentrifugal terdiri dari beberapa bagian diantaranya *impeller, volute* atau *cashing, shaft sleeve*, dan lainnya. Diantara komponen-komponen ini, *impeller* merupakan bagian yang sering mengalami kerusakan dan paling parah dampaknya [5]. *Impeller* adalah bagian pompa sentrifugal yang berputar, berperan mentransfer energi dari motor penggerak dengan mempercepat aliran cairan ke luar dari pusat rotasinya. Komponen ini biasanya terbuat dari material cor dan sering disebut sebagai *rotor* dalam beberapa kasus [6].

Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap kegagalan *impeller* adalah desain hidraulik dan pemilihan material *impeller* itu sendiri. Bilah *impeller* mengalami tekanan dan keausan yang tinggi selama pengoperasian, dan jika desainnya tidak dioptimalkan, hal ini dapat menyebabkan kegagalan dini. Selain itu, pemilihan material *impeller* juga dapat mempengaruhi ketahanan dan ketahanannya terhadap korosi dan erosi [7]. Penyebab umum lainnya dari kegagalan *impeller* adalah kondisi pengoperasian pompa. Faktor-faktor seperti kavitasi, getaran, dan beban berlebihan semuanya dapat berkontribusi terhadap degradasi *Impeller* [8].

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Febriyanti [9] dimana hasil pengujian metalografi menunjukkan serangan korosi pada material *impeller*, penyebab utama kerusakan *impeller* disebabkan adanya unsur korosi air laut dan material yang digunakan tidak tahan korosi. Pada penelitian lain menunjukkan kegagalan *impeller* dikarenakan kelelahan korosi, kemudian penyebab kegagalan lainnya yakni kelelahan sudu *impeller* karena perlakuan panas yang kurang tepat serta terpapar lingkungan yang korosif [10]. Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan Triantoro [11] dilakukan pengujian komposisi untuk memperoleh material yang digunakan pada *shaft* pompa CWP, kemudian uji metalografi untuk mengetahui daerah material yang rusak atau mengalami degradasi. Hasil pengujian menunjukkan material berbahan baja tahan karat austenitik dan pengujian metalografinya menunjukkan terbentuknya struktur perlit. Pada penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa material *shaft* pompa CWP mengalami porositas, retak fatik yang berasal dari permukaan luar.

Jenis kegagalan yang terjadi dalam penelitian ini adalah kerusakan berupa patah dan retak pada bilah-bilah *impeller* yang membuat berhentinya pompa CWP beroperasi. Kerusakan ini diduga disebabkan oleh benda asing yang masuk ke bilah *impeller* serta penggunaan material yang kurang tepat sehingga menyebabkan kerusakan yang cukup parah. Oleh karena itu, penulis melakukan analisis penyebab kerusakan pada *impeller circulating water pump* terkhusus dengan meninjau sifat-sifat mekaniknya melalui metode eksperimen.

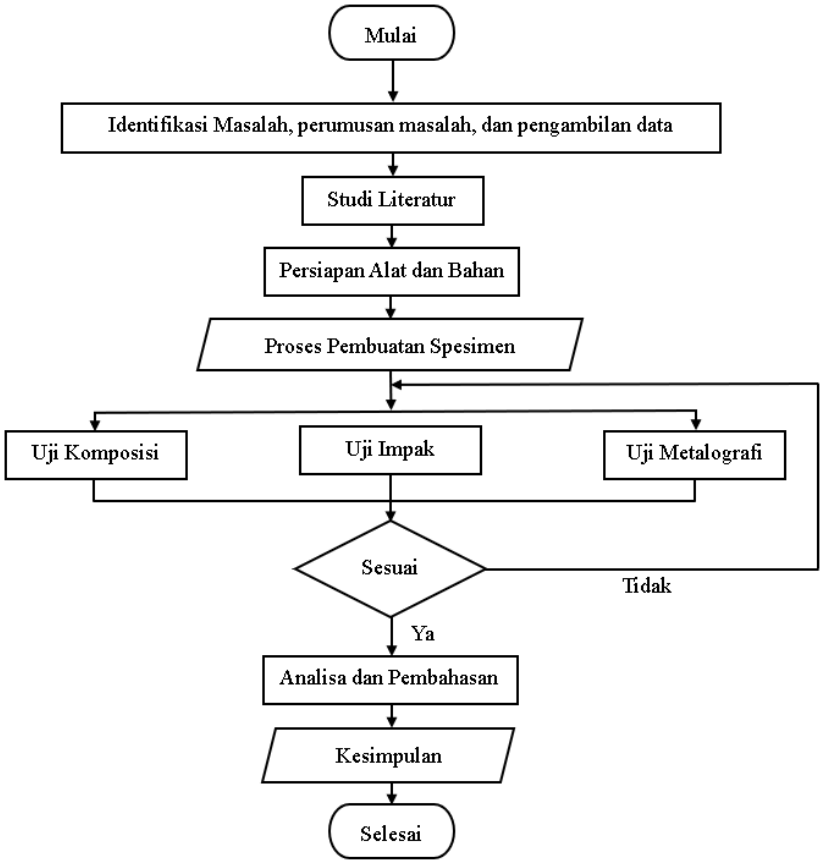
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan kegiatan yang harus dilaksanakan seperti pada Gambar 1.

1. Mulai: Pada langkah awal, perlu ditentukan terlebih dahulu waktu untuk memulai pekerjaan, menyusun jadwal serta merencanakan kegiatan yang harus dilaksanakan
2. Identifikasi Masalah, Perumusan Masalah dan Pengambilan Data: Menggali informasi terkait permasalahan kegagalan yang terjadi pada komponen yang diteliti dan mengumpulkan data-

data pendukung penelitian.

3. Studi Literatur: Mengumpulkan informasi juga data-data terkait penelitian yang diambil dari berbagai macam sumber seperti jurnal, buku, dokumen dan sumber lainnya.
4. Persiapan Alat dan Bahan: alat dan bahan dipersiapkan sebagai penunjang pembuatan dan pengujian untuk memperoleh data hasil penelitian.
5. Proses Pembuatan Spesimen: membuat spesimen uji material *impeller* menggunakan mesin gerinda dan *milling*.
6. Pengujian Material: dilakukan 3 metode pengujian yaitu uji komposisi, uji impak dan uji metalografi untuk memperoleh data penelitian sampel material *impeller*.
7. Analisa Data dan Pembahasan: dilakukan analisa data hasil pengujian material untuk diberikan kesimpulan
8. Kesimpulan: menarik kesimpulan dari hasil pengujian dan memberikan saran kepada peneliti selanjutnya.
9. Selesai: tahapan ini, berakhirnya penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan, objek yang digunakan yaitu material *impeller SS304* yang akan diuji melalui 3 metode uji, yaitu pengujian komposisi, uji impak, dan uji metalografi guna mengetahui penyebab kerusakan pada material *impeller* pompa CWP. Pengujian ini sangatlah penting dalam berbagai industri guna memastikan kualitas dan ketahanan suatu produk.

Pengujian komposisi dilakukan dengan metode OES (*Optical Emision Spectroscopy*), digunakan pada penelitian ini tujuannya untuk mengidentifikasi kandungan unsur kimia pada material *impeller* pompa CWP [12].

Pengujian metalografi dilakukan dengan tujuan untuk mengamati struktur mikro pada material *impeller* sehingga dapat mengidentifikasi penyebab kerusakan yang terjadi pada *impeller* pompa CWP serta melihat apakah terdapat cacat pada material seperti porositas [13].

Pengujian impak menggunakan metode *charpy*, dilakukan untuk memperoleh nilai ketangguhan material *impeller* melalui pembebanan secara tiba-tiba (beban kejut) [14] [15]. Langkah-langkah untuk pengujian impak ini dimulai dengan membuat takikan (v-*notch)* sesuai dengan ketentuan *ASTM* E23. Rumus yang digunakan pada pengujian impak ini seperti pada formula (1): [16]

$$\mathrm{HI} = \frac{\mathrm{E\ Serap}}{\mathrm{A}} \tag{1}$$

$$\mathrm{E} = \mathrm{W\ L}\ (\cos\beta - \cos\alpha)$$

Keterangan: HI = Harga *Impact*/Nilai Impak (J/mm^2)
E Serap = Energi yang diserap (J)
A = Luas Penampang (mm^2)
E = Energi yang diserap (J)
W = Berat Pendulum (Kg)
L = Panjang lengan Pendulum (m)
cos α = Sudut awal lengan bandul (°)
cos β = Sudut akhir lengan bandul (°)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Komposisi

Tabel 1 Hasil Pengujian Komposisi *Impeller SS304*

Impeller : SS304			
NO	Unsur	Keterangan	Nilai (%)
1	Fe	*Ferro/Iron*	70,40
2	C	*Carbon*	0,142
3	Si	*Silicon*	0,6
4	S	*Sulfur*	0,048
5	Cu	*Copper*	0,109
6	Mn	*Manganese*	1,116
7	Ni	*Nickel*	8,21
8	Cr	*Chromium*	18,79
9	Mo	*Molybdenum*	0,450
10	V	*Vanadium*	0,081
11	P	Phosphorus	0,040
12	W	*Wolfram/Tungsen*	0,005
13	Nb	*Niobium*	0,012
14	Sn	*Tin*	0,005
15	Ti	*Titanium*	0,006
16	Al	*Aluminium*	0,000

Data dari hasil pengujian komposisi material pada Tabel 1, menunjukkan bahwa material *impeller* tergolong dalam kategori baja tahan karat (*stainless steel)* dengan penyusun utama besi (Fe) sebesar 70,4%, *chromium* (Cr) sebesar 18,79%, unsur ini untuk tahan korosi

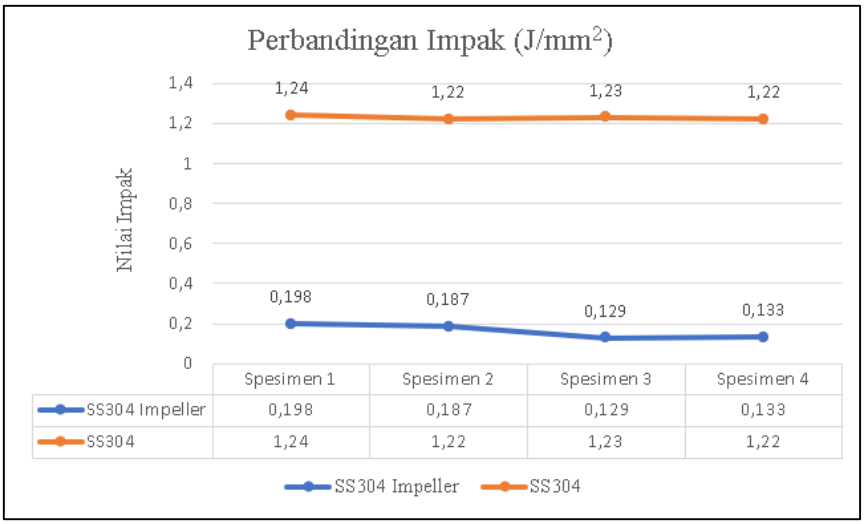
serta suhu tinggi. Kandungan nikel (Ni) mengandung 8,21%, mangan (Mn) sebesar 1,116%, silikon (Si) sebesar 0,6%, tembaga (Cu) 0,192%, karbon (C) 0,142%, molibdenum (Mo) 0,450% dan banyak unsur pendukung lainnya. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa material *impeller* ini tergolong sebagai baja karbon rendah karena mengandung unsur karbon yang rendah <0,25%. Selain itu, material *impeller* ini termasuk dalam kategori austenitik tipe 304 karena kadar molibdenumnya <2%.

3.2 Hasil Pengujian Impak

Tabel 2 Hasil Uji Impak

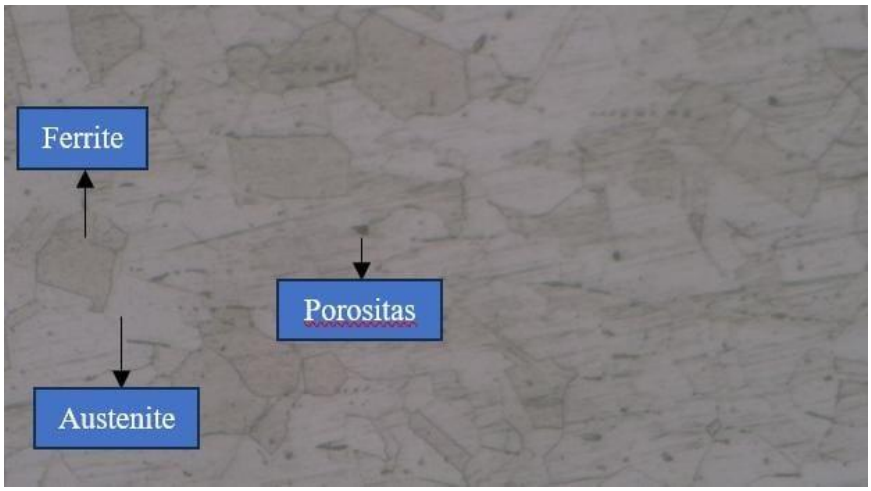
Material	Spesimen	E (Joule)	Nilai Impak (J/mm^2)	Rata-Rata Impak (J/mm^2)
SS304 Impeller	1	14,04	0,198	0,162
	2	13,17	0,187	
	3	9,16	0,129	
	4	9,72	0,133	
Material	Spesimen	E (Joule)	Nilai Impak (J/mm^2)	Rata-Rata Impak (J/mm^2)
SS304	1	121,94	1,24	1,23
	2	120,24	1,22	
	3	120,96	1,23	
	4	120,29	1,22	

Berdasarkan hasil perbandingan nilai impak pada Tabel 2, pada material *Stainless Steel 304 impeller* yang mengalami kerusakan memiliki rata-rata harga impak yang sangat kecil senilai 0,162 J/mm^2, hal ini membuat material *impeller* lebih cepat mengalami kerusakan/deformasi plastis, dibandingkan dengan material *stainless steel 304* yang baru memiliki rata-rata nilai impak yang lebih tinggi sebesar 1,23 J/mm^2. Terlihat pada grafik tersebut, bahwa ada penurunan nilai ketangguhan impak pada material *impeller* SS304. Salah satu penyebab kerusakan yakni adanya retak mikro atau porositas material yang terjadi kemungkinan pada saat proses produksi yang kurang optimal sehingga menyebabkan penurunan ketangguhan material. Jam operasional material yang tinggi juga dapat menyebabkan kelelahan material, terutama jika material mengalami siklus pembebanan yang berulang, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya retakan-retakan kecil yang dapat mengurangi nilai ketangguhan impak material. Grafik perbandingan pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Pengujian Impak

3.3 Hasil Pengujian Metalografi



Gambar 3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro Material *Impeller*

Dari hasil pengujian metalografi pada material *impeller* yang terdapat pada Gambar 3, terdapat 2 Fasa yang terbentuk yaitu fasa *austenite* yang berwarna lebih terang dan halus sedangkan *ferrite* yang ditandai dengan butir berwarna gelap dan kasar. Adanya fasa *ferrite* pada baja tahan karat austenitik dapat memberikan dampak terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosinya. *Ferrite* umumnya lebih lemah dan kurang ulet jika dibandingkan fasa *austenite*, sedangkan *austenite* menawarkan sifat yang menguntungkan seperti kekuatan yang tinggi, keuletan, ketahanan terhadap korosi, ketahanan aus dan kemudahan fabrikasi. Terlihat juga porositas yang mengakibatkan berkurangnya luas penampang material yang menahan beban. Hal ini dapat menyebabkan material menjadi lebih rapuh dan mudah mengalami deformasi. Material dengan porositas akan memiliki nilai yang lebih rendah karena area yang menahan indentasi lebih kecil dan mudah tertekan.

4. KESIMPULAN

Menurut hasil penelitian ini, didapatkan kesimpulan bahwa material *impeller* termasuk baja tahan karat (*stainless steel*) jenis austenitik tipe 304 dikarenakan kadar molibdenum (Mo) <2% yakni sebesar 0,450%. Didapatkan nilai impak terendah pada material *impeller SS304* yaitu

dengan rata-rata nilai impak 0,162 J/mm^2, hal ini membuat material *impeller* lebih cepat mengalami kerusakan/deformasi plastis, dibandingkan dengan material *stainless steel 304* yang baru 1,23 J/mm^2. Kemudian hasil pengujian metalografi menunjukkan adanya 2 fasa yang terbentuk, yaitu fasa *austenite* dan fasa *ferrite* serta adanya porositas. *Kerusakan* pada material *impeller* disebabkan karena terjadinya penurunan nilai ketangguhan material *impeller* sehingga pada saat mengalami benturan terhadap benda asing, material *impeller* lebih cepat mengalami patah karena energi yang dapat diserap material sangatlah kecil, hal ini dikarenakan adanya porositas pada *impeller* yang terlihat pada pengujian metalografi dimana kemungkinan besar dikarenakan kualitas proses produksi material kurang optimal, jam operasional yang tinggi juga dapat menyebabkan kelelahan material, terutama jika material mengalami siklus pembebanan berulang, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya retakan kecil yang dapat mengurangi ketangguhan material.

5. SARAN

Dengan melihat hasil pengujian yang telah dilakukan, disarankan untuk menggunakan material alternatif, yaitu *stainless steel* 316 dengan kualitas dan ketahanan korosi yang lebih baik dikarenakan mengandung unsur Molibdenum (Mo) >2% namun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai performa material *SS316*. Untuk penelitian lanjutan, dapat menambahkan pengujian seperti uji *fatique* dan uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk memperluas parameter pengujian dan meningkatkan pemahaman yang lebih rinci.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN Indonesia Power UP Indralaya yang telah mempermudah penelitian yang dilakukan. Serta terima kasih kepada Jurnal Teknika yang telah memberikan kesempatan kepada penulis hingga artikel ini diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yuliarty, P., & Fachrurrozi, D. (2015). Pemeliharaan Circulating Water Pumps Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Blok 1 PT. Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkit Muara. In *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*., Vol. 3, Issue 2.

[2] Zakaria, T., & Suryaman, T. (2020). Analisa Kerusakan Kondensor Unit 1-4 PLTU-XYZ Banten (An Engineering Report Case Study). In *Jurnal InTent*., Vol. 3, Issue 2. https://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-

[3] Ma, Y. Y., Yan, S., Yang, Z. G., Qi, G. S., & He, X. Y. (2015). Failure analysis on circulating water pump of duplex stainless steel in 1000MW ultra-supercritical thermal power unit. Engineering Failure Analysis, 47(PA), 162–177. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.09.014

[4] Mirmanto, H., & Ikhwan, N. (2016). Analisis Performa Circulating Water Pump Pada Industri Pembangkitan (Studi Kasus PLTU Bolok NTT). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV*.

[5] Nugroho, S., & Puji Raharjo, S. (2009). Analisis Kegagalan Impeller Slurry Pump Di Sebuah Industri Kaolin. Vol. 11.

[6] Adisasmita, I. P. (2018). Perencanaan Impeller Pompa Sentrifugal Berdiameter 16 Inch Pada Kapal Cutter Suction Dredger (CSD) Dengan Menggunakan Solidwork.

[7] Iyankumar, R., Mohanavel, V., Vinoth, N., & Vinoth, T. (2020). Modeling and assessment of pump impeller. Materials Today: Proceedings, 33, 3226–3233. https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.04.379

[8] Hamid, A., Nugroho, S., Haryadi, G. D., & Khaeroman. (2018). Failure analysis of shaft circulating water pump (CWP) used in power plant. *MATEC Web of Conferences*, 159.

https://doi.org/10.1051/matecconf/201815902027
[9] Febriyanti, E., Sutarjo, & Anwar, K. (2017). Analisa Kegagalan Kegagalan Impeller Penyebab Kerusakan Pompa Air Kapal Laut.
[10] Ul-Hamid, A., Al-Hadhrami, L. M., Mohammed, A. I., & Al-Yousef, F. K. (2015). Failure analysis of an impeller blade. Materials and Corrosion, 66(3), 286–295. https://doi.org/10.1002/maco.201307362
[11] Triantoro, B. H. (2019). Analisa Kegagalan Pada Shaft Mesin Circulating Water Pump Di Pembangkit Listrik PT. X.
[12] Nurhadi, Mawarsih, E., Pramono, C. (2019). Analisa Sifat Kekerasan, Sifat Kimia, dan Struktur Mikro Limbah Piston. *Seminar Nasional Edusaintek*., Vol. 3.
[13] Sundari, E., & Krisna, P. P. (2020). Studi Eksperimental: Analisa Kegagalan Roda Gigi Pada Gearbox Mesin Screw Press Kelapa Sawit. *Jurnal Austenit*., Vol. 12, No.2, Okt. 2020.
[14] Handoyo, Y. (2013). Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*., Vol. 1, No.2, Agu. 2013.
[15] Dani, N. R., Mulyadi, & Sunardi. (2020). Analisis Kuat Impact, Kekerasan dan Struktur Mikro Stainless Steel 304 Setelah Melalui Proses Hardening 900℃ dan Tempering 200℃, 300℃, dan 400℃. *Jurnal Mistek*., Vol. 1, No. 1.
[16] Jalil, S. A., Zulkifli, & Rahayu, T. (2017). Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan Smaw Material assab 705 Dengan Variasi Arus Pengelasan. *Jurnal Polimesin*., Vol. 15, No. 2, Agu. 2013.