

Pengaruh Material PDM dan Alloy 31 terhadap Korosi dan *Life Time* pada *Impeller* Pompa pada Aliran Fluida Asam Phospat

Subagio So'im^{1*}, Budi Prasajo¹, Fipka Biso¹, Endah Wismawati¹, Moh. Khoirul U.M¹, Elisa Dewanti¹, Safira Rizqi NI¹

¹ Piping Engineering Study Program, Shipbuilding State Polytechnic of Surabaya, Surabaya, Indonesia
bagiosoim@gmail.com

Abstract- *The problem that occurs in petrochemical plants is the frequent occurrence of corrosion in materials caused by phosphoric acid type fluid which has a high acidity. To overcome this problem, replacement of material which is more durable to corrosion is carried out. In this final project will discuss about testing PDM material and Alloy 31 with a sample of 4 specimens. In this final project, there is Potentiostat Test to determine the corrosion rate of both materials. Electrochemical testing process refers to ASTM G-102. From the results of these tests will get the results of the corrosion rate that will be able to calculate the value of life time on the material. Manual calculation and CFD modeling using ANSYS software. Based on the results of tests and analyzes that have been done, the PDM corrosion rate is greater than that of Alloy 31 material. The corrosion rate of PDM material is 0.01724975 mm / year, while Alloy 31 is 0.00985855 mm / year. From the calculation of the centrifugal pump impeller speed manually is 95.58 m / s, while using ANSYS modeling is 95.195 m / s. PDM material erosion rate is 12,549 mm / year, Alloy 31 material is 11,0729 mm / year. After that, from the results of life time calculation on the impeller, it is found that Alloy 31 material can last up to 5,068 months (5 month), while PDM is only capable of up to 2,981 months (3 month).*

Keywords — Alloy 31, PDM, Erosion Rate, Corrosion Rate, Potentiostat Test

I. PENGANTAR

Erosi korosi adalah salah satu kerusakan yang sering terjadi pada sistem perpipaan karena pergerakan relatif cairan korosif dengan permukaan material logam. Selain itu, bisa membuat pipa dan equipment di industri bisa rusak karena pergerakan fluida yang begitu korosif. Di perusahaan yang bergerak dalam produksi unit PA (Asam Fosfat), masalah korosif dan erosi sangat diperhatikan, terutama dalam hal produksi unit PA ini yang dapat membuat material lebih mudah rusak.

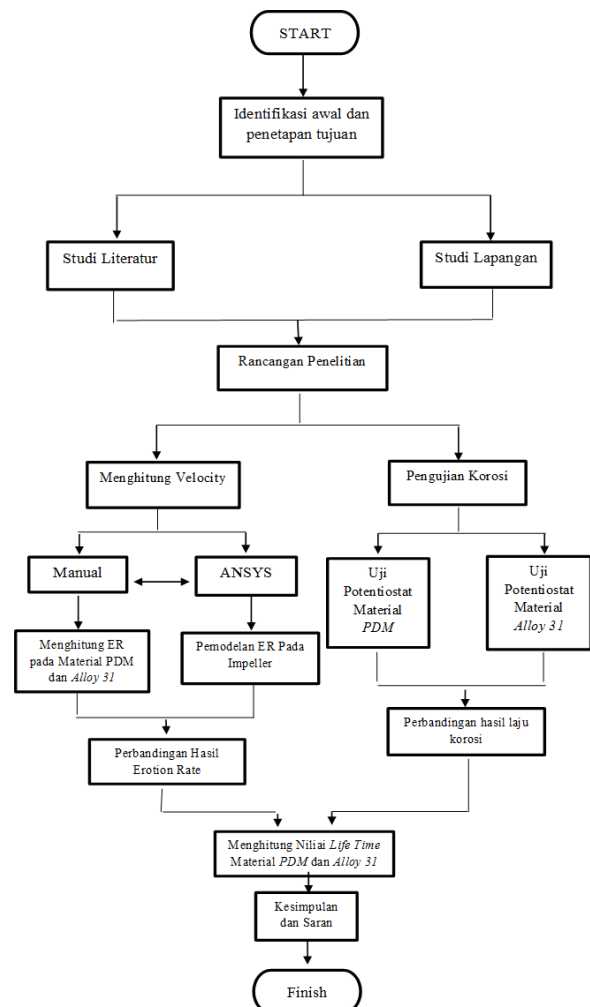
Seperti yang terjadi pada impeller pompa sentrifugal yang cairan fluida berbentuk bubuk dengan bahan paduan PDM terjadi tingkat korosi dan erosi yang sangat tinggi menyebabkan bagian impeller khususnya terjadi korosi. Pada pompa mengalir cairan asam fosfat berbentuk bubuk dengan kepadatan 1,4 ton / jam, dengan suhu + - 70oC yang dipompa menggunakan pompa sentrifugal.

Pada impeler pompa dengan material paduan PDM yang terjadi korosi dan erosi dapat menyebabkan aus pada pompa. Tetapi meskipun impeller pompa diganti dengan suku cadang pompa baru, usia pompa tidak kurang dari 3 bulan. Oleh karena itu penanganan dilakukan dengan menggunakan metode yang digunakan untuk menghitung korosi yang terjadi pada bahan impeller pompa.

menggunakan standar ASTM G-102. Selanjutnya lihat nilai masa pakai bahan impeller pompa menggunakan hasil pemodelan. Cara untuk mengetahui laju korosi material adalah dengan melakukan pengujian elektrokimia bahan PDM dan Alloy 31 dengan mengacu pada standar ASTM G-102 "Praktik Standar untuk Perhitungan Tingkat Korosi dan Informasi Terkait dari Pengukuran Elektrokimia".

II. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir



Gambar 2.1 Langkah Penelitian



2.2 Langkah Penelitian

Penelitian ini berupa analisis pengaruh cairan Phosporic Acid Slurry terhadap laju korosi erosi pada material PDM dan perbandingan material Alloy 31 untuk menentukan waktu hidup dan pemilihan material yang cocok untuk impeler pompa. Analisis diperoleh dari pengujian Tes Potentiostat untuk kedua bahan, perhitungan laju erosi manual, dan pemodelan ANSYS. Dari hasil Pengujian Potentiostat, laju korosi masing-masing material diperoleh. Kemudian hitung kecepatan impeller pompa secara manual dan pemodelan ANSYS. Kemudian cari tingkat erosi berdasarkan pemodelan ANSYS. Dari tingkat erosi, dapat dilihat waktu hidup masing-masing material sampai kesimpulan diperoleh dari perbandingan material. Langkah-langkah penelitian dalam melakukan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian.

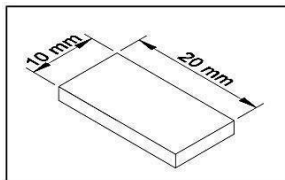
A. Pengujian Korosi

Tahap pengujian adalah tahap selanjutnya dari penelitian ini. Tahap ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Pengambilan Sampel

Tahap pengambilan sampel adalah pengambilan sampel bahan dan cairan:

a. Pengambilan sampel bahan PDM dan Paduan 31 dengan panjang 20 mm, lebar 10 mm, dan ketebalan 5 mm..

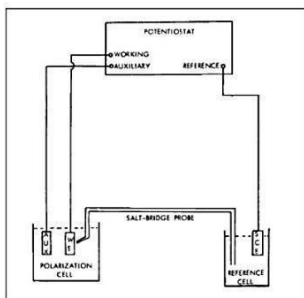


Gambar 2.2 Ukuran Spesimen Uji

b. Pengambilan sampel cairan *Phosporic Acid Slurry* (PAS).

2. Persiapan pengujian korosi

- Memotong bahan dengan ukuran spesimen sesuai dengan gelas reaksi dan bentuk material. Spesimen dipotong oleh mesin pemotong 20 mm dan lebar 10 mm. Contoh bentuk dan dimensi spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.2.
- Spesimen yang akan diuji akan dibersihkan menggunakan metanol selama 5 menit, kemudian dikeringkan di udara.
- Spesimen yang telah dipotong dimasukkan ke dalam cairan Phosporic Acid Slurry (PAS).
- Hubungkan elektroda kerja, elektroda pembanding, dan elektroda tambahan ke spesimen dan mesin potentiometer Autolab. Serangkaian tes potentiostat akan dilakukan berdasarkan pada standar ASTM G-05. Sirkuit uji potentiostat ditunjukkan pada Gambar 2.3 di bawah.



Gambar 2.3 Rangkaian Uji Potentiostat

(Source: ASTM G-05 p.3)



Gambar 2.4 Timbangan



Gambar 2.5 Gelas beker



Gambar 2.6 Peralatan Uji Korosi



Gambar 2.7 *Phosporic Acid Slurry Fluid* (PAS)

Dalam persiapan uji potentiostat yang dilakukan di laboratorium elektrokimia, skala digunakan (Gambar 2.4) untuk menimbang berat bahan agar sesuai dengan instrumen yang digunakan. Gelas (Gambar 2.5) digunakan untuk mengukur fluida yang digunakan dalam proses pengujian untuk mematuhi aturan pengujian. Alat uji korosi (Gambar 2.6) untuk melakukan pengujian potentiostat adalah hal yang paling penting, yaitu alat uji korosi yang berperan dalam mendapatkan hasil yang akurat. Cairan sluri asam paspor (PAS) (Gambar 2.7) untuk proses pengujian di mana fluida memainkan peran penting sebagai media laju korosi itu sendiri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Laju Korosi Hasil Pengujian Potentiostat

Setelah menguji potentiostat pada dua bahan, yaitu PDM dan Alloy 31, kemudian merangkum nilai laju korosi yang diperoleh dari pengujian seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini.:

Table 3.1 Laju Korosi Material PDM dan Alloy 31

Material	Pengujian	Laju Korosi (mm/year)	Rata Rata (mm/year)
PDM	1	0,0052685	0,01724975
	2	0,029231	
Alloy 31	1	0,011384	0,00985855
	2	0,0083331	

Dari Tabel 3.1 menunjukkan nilai laju korosi yang didapatkan dari pengujian potentiostat dimana material PDM menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan material Alloy 31, ini menunjukkan bahwa material PDM lebih cepat terjadi korosi karena memiliki laju korosi yang lebih tinggi

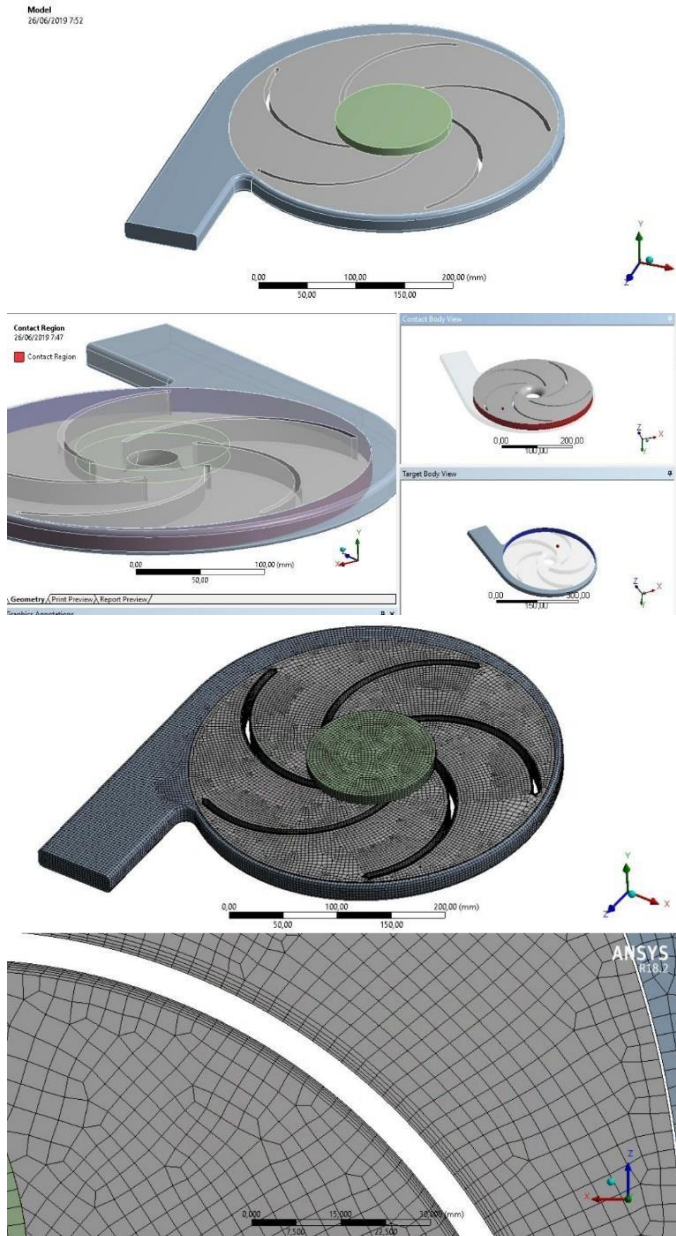


3.2. Perhitungan Kecepatan

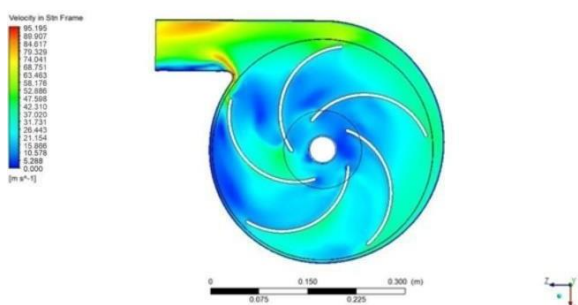
Perhitungan kecepatan dilakukan secara manual. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung kecepatan aliran:

- r: 305 mm
- f: 50 Hz
- V: $2\pi r f$
- : $2 \pi \times 0.305 \text{ m} \times 50 \text{ Hz}$
- : 95.58 m / s

Berikut model untuk simulasi pada software ANSYS :



Gambar 3.1 Geometri dan Hasil Meshing Setelah itu memodelkan kecepatan impeller menggunakan software ANSYS



Gambar 3.2 Hasil Pemodelan Kecepatan Impeller

Kecepatan pada impeller pompa yang diperoleh dari sistem pemodelan menggunakan perangkat lunak ANSYS adalah 95,1957 m / s hamper sesuai dengan perhitungan manual

3.3. Perhitungan Erosion Rate

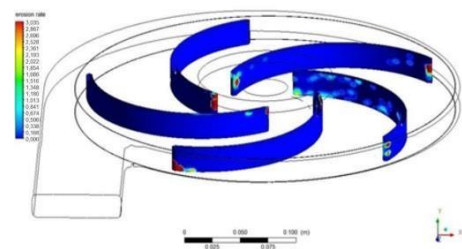
A. Erosion Rate pada material PDM

Untuk mengetahui tingkat erosi pada material impeller pompa maka menggunakan persamaan di bawah ini (PDM):

$$ER = \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit}$$

dimana,

- k = material konstanta [(m/s)-n] = 2×10^{-9}
- F(α) = sudut tumbukan (°) = 0,93
- Up = kecepatan tumbukan partikel (m/s) = 95,58 m/s
- n = velocity exponent = 2,6.
- ρt = density material (kg/m³) = 7500 kg/m
- At = luasan yang terkena erosi (m²) = 0,435 m
- G = the particle size correction = 0,0019
- C1 = model geometry = 2,5
- GF = faktor geometri = 1
- mp = laju massa partikel (kg/s) = 1,044 kg/s
- ρ = laju massa partikel (kg/s) = 1,044 kg/s
- Cunit = unit faktor konversi = $3,15 \times 10$



Gambar 3.3 Pemodelan pada material PDM

Erosion rate pada impeller pompa yang didapat dari sistem pemodelan dengan menggunakan software ANSYS sebesar $2,985 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ sesuai dengan Gambar 4.12 kemudian dikonversi ke dalam satuan mm/year seperti berikut:

$$\begin{aligned} E_R \left(\frac{\text{mm}}{\text{year}} \right) &= \left(\frac{E_R \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}} \right)}{\rho_t \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{hr}} \right) \cdot 24 \left(\frac{\text{hr}}{\text{day}} \right) \cdot 365 \left(\frac{\text{day}}{\text{year}} \right) \\ &= \frac{2,986 \times 10^{-6} \times 1000 \times 3600 \times 24 \times 365}{7500} \\ &= 12,551 \text{ mm/year} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 ER &= \text{Erosion Rate (mm/year)} \\
 &= \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit} \\
 &= \frac{2 \times 10^{-9} \cdot 0,93 \cdot 95,58^{2,6}}{7500 \cdot 0,435} \cdot 0,0019 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,044 \cdot 3,15 \times 10^{10} \\
 &= 12,549 \text{ mm/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_R \left(\frac{\text{mm}}{\text{year}} \right) &= \left(\frac{E_R \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right)}{\rho_t \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{hr}} \right) \cdot 24 \left(\frac{\text{hr}}{\text{day}} \right) \cdot 365 \left(\frac{\text{day}}{\text{year}} \right) \\
 &= \frac{3,034 \times 10^{-6} \times 1000 \times 3600 \times 24 \times 365}{8050} \\
 &= 11,885 \text{ mm/year}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.3 Perbandingan Nilai Laju Erosi

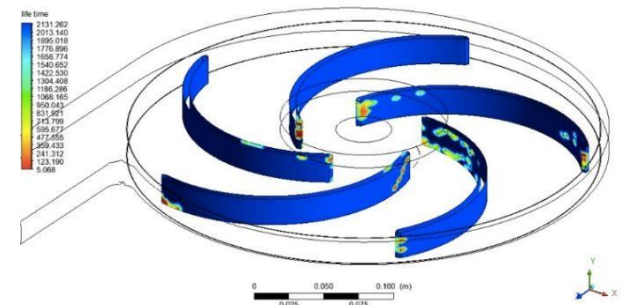
No	Material	Laju Erosi (mm/year)	
		Manual	ANSYS
1	PDM	12,549	12,551
2	Alloy 31	11,073	11,885

Dari Tabel 3.3 menunjukkan perbandingan nilai laju erosi pada material PDM dan Alloy 31 dengan perhitungan manual dan pemodelan dengan software ANSYS didapatkan nilai perhitungan manual nilai laju erosi material PDM memiliki nilai laju erosi yang lebih besar dibandingkan dengan material Alloy 31, sedangkan dari pemodelan dengan software ANSYS didapatkan nilai yang sama yaitu material PDM memiliki nilai laju erosi yang lebih besar dibandingkan dengan material Alloy 31 dan hampir mendekati perhitungan manual dengan selisih deviasi untuk material PDM sebesar 0,0015% dan Alloy 31 sebesar 7,3%, ini berarti bahwa material PDM lebih cepat mengalami erosi daripada material Alloy 31.

3.5. Perhitungan Life Time

A. Pemodelan Erosion rate dengan software ANSYS pada Material PDM

Perhitungan life time ditentukan oleh hasil erosion rate karena life time berbanding terbalik dengan erosion rate itu sendiri. Perhitungan manual life time tidak ditemukan karena persamaan yang dipakai per partikel hampir tidak mungkin dihitung secara analitis. Jadi perhitungan life time pada impeller ini menggunakan modul fluent pada ANSYS. Berikut hasil perhitungan life time menggunakan ANSYS:



Gambar 3.5 Nilai Life Time Material Alloy 31

Dari Gambar 3.5 menunjukkan nilai life time menggunakan software ANSYS dimana perhitungan manual life time tidak ditemukan karena persamaan yang dipakai per partikel hampir tidak mungkin dihitung secara analitis maka dari itu pada modul fluent pada ANSYS dipakai untuk mempermudah mencari nilai life time, didapatkan nilai life time dari material Alloy 31 selama 5 bulan dilihat dari hasil running software ANSYS.

B. Pemodelan Erosion rate dengan software ANSYS pada Material Alloy 31

Kemudian letak erosi yang terjadi pada impeller pompa a material Alloy 31 yang didapat dari pemodelan software ANSYS sesuai dengan Gambar 3.4

Erosion Rate pada Material Alloy 31

$$\begin{aligned}
 ER &= \text{Erosion Rate (mm/year)} \\
 &= \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit} \\
 &= \frac{2 \times 10^{-9} \cdot 0,93 \cdot 95,58^{2,6}}{8050 \cdot 0,435} \cdot 0,0019 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,044 \cdot 3,15 \times 10^{10} \\
 &= 11,0729 \text{ mm/year}
 \end{aligned}$$

Hasil nilai laju erosi berdasarkan perhitungan erosion rate secara manual pada 2 jenis material yang berbeda dapat dirangkum seperti pada Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2 Perhitungan Manual Laju Erosi

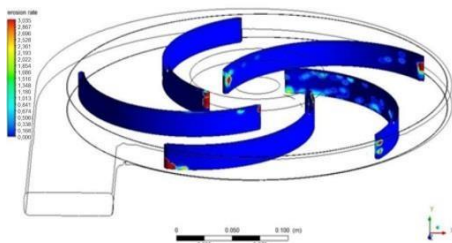
Perhitungan Manual Laju Erosi (mm/year)	
PDM	Alloy 31
12,549	11,073

Dari Tabel 3.2 menunjukkan perbandingan nilai laju erosi pada material PDM dan Alloy 31 dengan perhitungan manual didapatkan nilai material PDM memiliki nilai laju erosi yang lebih besar dibandingkan dengan material Alloy 31, ini berarti bahwa material PDM lebih cepat mengalami erosi daripada material Alloy 31.

3.4. Pemodelan erosion rate dengan software ANSYS

A. Pemodelan Erosion rate dengan software ANSYS pada Material PDM

Letak erosi yang terjadi pada impeller pompa material PDM yang didapat dari pemodelan software ANSYS sesuai dengan Gambar 3.3

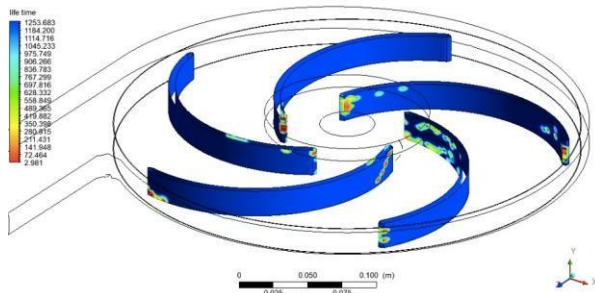


Gambar 3.4 Pemodelan pada material Alloy 31

Erosion rate pada impeller pompa yang didapat dari sistem pemodelan dengan menggunakan software ANSYS sebesar $3,034 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ sesuai dengan Gambar 3.4 kemudian dikonversi ke dalam satuan mm/year seperti berikut:



B. Pemodelan *Erosion rate* dengan software ANSYS pada Material PDM



Gambar 3.6 Nilai Life Time Material PDM

Dari Gambar 3.6 menunjukkan nilai life time menggunakan software ANSYS dimana perhitungan manual *life time* tidak ditemukan karena persamaan yang dipakai per partikel hampir tidak mungkin dihitung secara analitis maka dari itu pada modul pada ANSYS dipakai untuk mempermudah mencari nilai life time, didapatkan nilai life time dari material PDM selama 3 bulan dilihat dari hasil running software ANSYS.

Hasil keseluruhan perhitungan life time pada ANSYS dapat dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Life Time Pada Material

Lifetime	
Alloy 31	PDM
5,068 bulan	2,981 bulan

Dari Tabel 3.4 menunjukkan perbedaan nilai life time menggunakan modul fluent pada software ANSYS pada material Alloy 31 dan PDM. Material PDM memiliki nilai life time yang lebih kecil yaitu hanya bertahan selama 3 bulan saja, sama seperti keadaan di lapangan dimana impeller pompa hanya bertahan 3 bulan dengan menggunakan material PDM sehingga ditemukan material yang lebih baik untuk material impeller yaitu menggunakan material Alloy 31.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai laju korosi material PDM sebesar 0,01724975 mm/year, sedangkan material Alloy 31 sebesar 0,00985855 mm/year. Nilai corrosion rate material PDM lebih besar dibandingkan material Alloy 31 sehingga material PDM lebih cepat mengalami korosi.
2. Kecepatan impeller pompa sentrifugal yang digunakan untuk mengalir fluida berbentuk slurry dengan perhitungan manual adalah sebesar 95,58 m/s, sedangkan menggunakan pemodelan ANSYS adalah sebesar 95,195 m/s. Jadi nilai pada perhitungan manual dan dengan menggunakan software memiliki nilai yang hampir sama (relevan).
3. Nilai laju erosi material PDM sebesar 12,549 mm/year, sedangkan material Alloy 31 sebesar 11,0729 mm/year. Nilai erosion rate material PDM lebih besar dibandingkan material Alloy 31..
4. Nilai life time material Alloy 31 lebih lama

dibandingkan material PDM. Material Alloy 31 mampu bertahan hingga (5,068) 5 bulan, sedangkan material PDM hanya mampu bertahan sampai dengan (2,981) 3 bulan. Nilai lifetime ini hampir mendekati kondisi di lapangan dimana impeller pompa dengan material PDM hanya bertahan 3 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSYS.(2013). ANSYS Fluent Tutorial Guide. U.S.A: ANSYS, Inc..
- ASTM G-05.(1999). Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements.
- ASTM G-102. (1994). Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.
- Darto, & Sunada, I. M. (2017). Analisis Kinerja Geometrik Impeller Pompa Sentrifugal Berbasis Perangkat Lunak. TransmisiI, Vol-XII Edisi-2/ Hal. 87-94 Analisis, 87–96.
- DNVGL-RP-0501. (2015). Managing sand production and Korosion
- Hariady, S. (2014). ANALISA KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL 53-101C WTU SUNGAI GERONG PT. PERTAMINA RU III PLAJU, 2(1), 29–42.
- Jones, D. A., & Denny, A. (n.d.). Principles and Prevention of Corrosion.
- Ogi, P., & Rachman, N. U. R. (2016). Analisa laju korosi pada, 05(1), 7–13.
- Samudra, S. (1998). Dasar Teori Pompa. Semarang, 5–18. Retrieved from http://eprints.undip.ac.id/41326/3/BAB_II.pdf.
- Sankar, S. (n.d.). Analysis of Centrifugal Pump Impeller Using. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 7(May). <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2018.0705025>.
- Wahyu, M. (2018). Pengaruh Fluida Phosporic Acid Slurry Terhadap Laju Korosi Erosi Pada Material Super Duplex 2507 Dan Hastelloy G-30 Pada Sistem Perpipaan R-2304 Menuju P-2302-B (Suction) Di Pt. Petro Jordan Abadi – Gresik. 3rd Conference On Piping Engineering And It's Application.



Halaman ini sengaja dikosongkan

