

PENGARUH MATERIAL PDM DAN ALLOY 31 TERHADAP KOROSI DAN LIFE TIME IMPELLER POMPA PADA ALIRAN FLUIDA ASAM PHOSPAT

Moh. Khoirul Umam M^{1*}, Budi Prasajo², Fipka Bisono³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: khoirulmujibius@gmail.com^{1*}

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. Electro chemical 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, while PDM is only capable of up to 2,981 months.

Keyword: Alloy 31, PDM, Erosion Rate, Corrosion Rate, Potentiostat Test

Nomenclature:

PD = Design pressure [MPa]
Td = Design temperature [°C]
To = Operational temperature [°C]
ρ = Densitas material [kg/m³]
ID = Inside diameter [m]
V = kecepatan aliran [m/s]
Er = Laju Erosi [mm/year]

1. PENDAHULUAN

Di Perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi unit PA (*Phosphoric Acid*) masalah korosif dan erosi sangat di perhatikan terutama pada hal produksi unit PA sehingga dapat membuat material lebih cepat rusak.

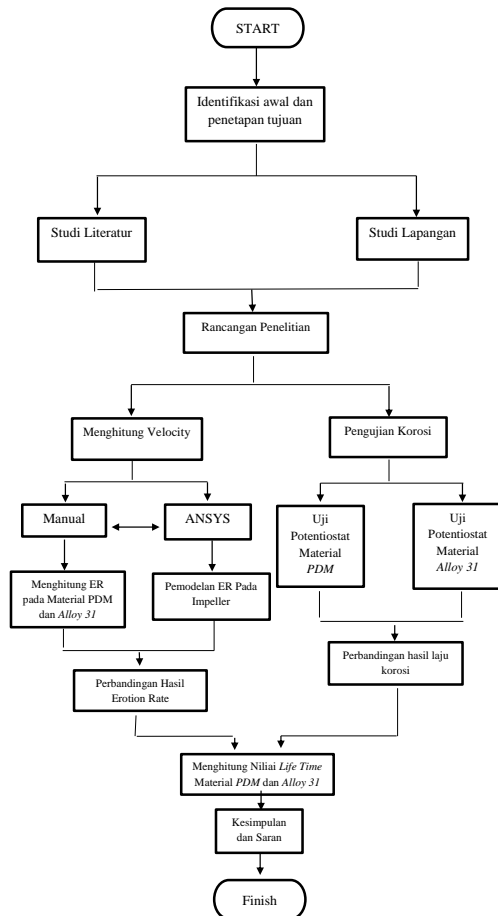
Seperti yang terjadi pada impeller pompa P-2303 dengan material PDM yang mengalirkan asam fosfat berbentuk slurry dengan density 1.4 ton/jam, dengan suhu +- 70°C Impeller pompa tersebut dengan memiliki tingkat korosi dan erosi yang tinggi. Dari tingkat erosi dan korosi yang tinggi menyebabkan impeller pompa terkikis hingga menyebabkan aus pada pompa dan mengurangi efisinsi kerja dari pompa tersebut. Umur dari pompa tersebut tidak kurang dari 3 bulan dan selalu diganti dengan sparepart pompa yang baru setiap 3 bulan

sekali. Maka dari itu dilakukan penanganan dengan mengganti material impeller pompa yaitu PDM dengan material yang lebih tahan lama. Lalu dilakukan analisis mengenai *erosion rate*, *corrosion rate* dan *lifetime* antara material PDM dengan material Alloy 31. Untuk menghitung korosi yang terjadi pada material impeller pompa menggunakan menggunakan standard ASTM G-102. Adapun cara untuk mengetahui laju korosi pada kedua material yaitu dengan melakukan pengujian elektrokimia terhadap material PDM dan Alloy 31 dengan acuan standard ASTM G-102 “Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements”. Selanjutnya mencari nilai *life time* dari material impeller pompa menggunakan hasil dari pemodelan ANSYS.

Pada Tugas Akhir ini (TA) ini akan membahas tentang pengaruh material PDM dan Alloy 31 terhadap korosi dan *life time* pada impeller pompa pada aliran fluida asam fosfat. Dimana material PDM yang mengalami korosi erosi tersebut harus diganti secara cepat, maka dari itu adanya material Alloy 31 disini untuk membandingkan nilai *life time* yang lebih tahan lama.

2. METODOLOGI.

2.1. Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

2.2. Langkah Penelitian

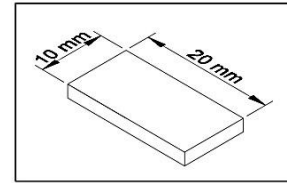
Penelitian ini berupa analisa pengaruh fluida Phosphoric Acid Slurry terhadap laju korosi erosi pada material PDM serta perbandingan material Alloy 31 untuk mengetahui *life time* dan pemilihan material yang sesuai untuk impeller pompa di PT. Petro Jordan Abadi - Gresik. Analisa tersebut didapatkan dari pengujian Penguji Potentiostat kedua material, perhitungan manual *erosion rate*, dan pemodelan ANSYS. Dari hasil Penguji Potentiostat didapatkan laju korosi dari setiap material. Kemudian menghitung kecepatan impeller pompa secara manual dan pemodelan ANSYS. Lalu mencari *erosion rate* berdasarkan pemodelan ANSYS. Dari *erosion rate* tersebut dapat diketahui *life time* dari masing-masing material hingga didapatkan kesimpulan dari perbandingan material tersebut. Langkah penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 1.1 Diagram Alir.

A. Pengujian Korosi

Tahap pengujian merupakan tahap lanjutan dari penelitian ini. Tahap ini terdiri dari langkah berikut :

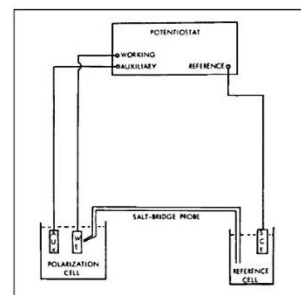
1. Pengambilan sampel
 Tahap pengambilan sampel merupakan pengambilan sampel material dan fluida :

- a. Pengambilan sampel material PDM dan Alloy 31 dengan ukuran panjang 20 mm, lebar 10 mm, dan tebal 5 mm.



Gambar 2.1 Ukuran spesimesn uji

- b. Pengambilan sampel fluida Phosphoric Acid Slurry (PAS).
2. Persiapan pengujian korosi
 - a. Pemotongan material dengan ukuran spesimen menyesuaikan gelas reaksi dan bentuk material. Spesimen dipotong dengan mesin cutting sepanjang 20 mm dan lebar 10 mm. Contoh bentuk dan dimensi spesimen seperti pada Gambar 2.1
 - b. Spesimen yang akan diuji akan dibersihkan menggunakan methanol selama 5 menit, lalu di keringkan di udara.
 - c. Spesimen yang telah di potong dimasukkan ke dalam fluida Phosphoric Acid Slurry (PAS).
 - d. Menghubungkan elektroda kerja, elektroda pembanding, dan elektroda bantu ke spesimen dan mesin potensiostat Autolab. Rangkaian pengujian potensiostat yang akan dilakukan berdasarkan standard ASTM G-05. Rangkaian uji potensiostat ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Rangkaian Uji Potentiostat
 (Sumber : ASTM G-05 hal. 3)

- Persiapan alat uji Timbangan seperti yang dijelaskan Gambar 2.3



Gambar 2.3 Timbangan

- Persiapan alat uji Gelas Beker seperti yang dijelaskan Gambar 2.4



Gambar 2.4 Gelas Beker

- Persiapan alat uji Korosi di Lab seperti yang dijelaskan Gambar 2.5



Gambar 2.5 Peralatan Uji Korosi

- Persiapan bahan uji berupa Fluida Phosporic Acid Slurry seperti pada Gambar 2.6

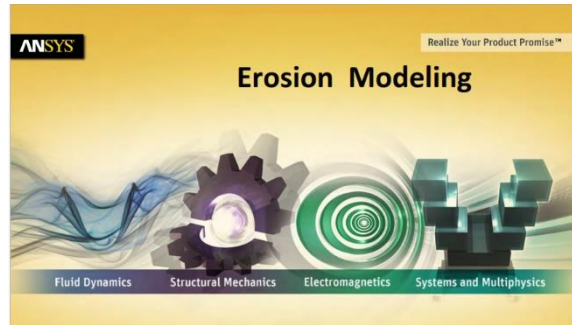


Gambar 2.6 Fluida Phosporic Acid Slurry (PAS)

B. Menghitung Life Time dan Pemodelan ANSYS

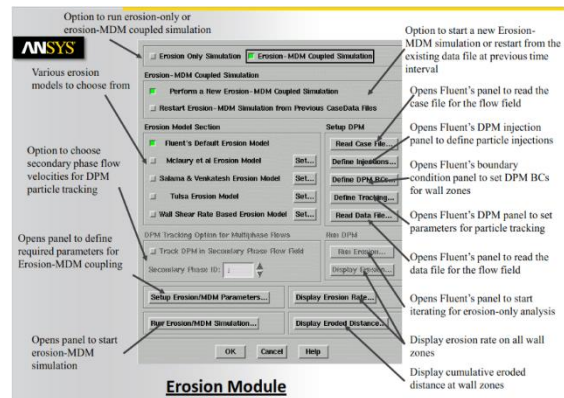
Perhitungan *life time* ditentukan oleh hasil *erosion rate* karena *life time* berbanding terbalik dengan *erosion rate* itu sendiri. Perhitungan manual *life time* tidak ditemukan karena persamaan yang dipakai per partikel hampir tidak mungkin dihitung secara analitis. Jadi perhitungan *life time*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

Modul Erosi yang digunakan berupa template yang mudah digunakan untuk melakukan pemodelan erosi dengan menggunakan simulasi melalui Panel GUI tunggal. Pemodelan ini memiliki keunggulan berupa input pengguna yang mengarahkan file UDF dan jurnal di latar belakang. Terdapat varietas model erosi untuk dipilih berupa bawaan untuk pengaturan DPM. Pemrosesan pasca khusus untuk tingkat erosi yang otomatisasi lengkap Erosi-MDM digabungkan simulasi. Terdapat juga postprocessing dan animasi simulasi yang mampu untuk memungkinkan simulasi erosi multifase. Terakhir terdapat pemilihan fase sekunder untuk pelacakan partikel



Gambar 2.7 Erosion Modeling ANSYS

- Berikut Fungsi Modul Erosi yang digunakan dalam software ANSYS dijelaskan dalam Gambar 2.8 dibawah ini



Gambar 2.8 Erosion Module

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Laju Korosi dari Hasil Pengujian Potentiostat

Setelah dilakukan pengujian *potentiostat* terhadap kedua material yaitu PDM dan Alloy 31, kemudian merangkum nilai laju korosi yang didapat dari pengujian tersebut seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 laju korosi material PDM dan Alloy 31

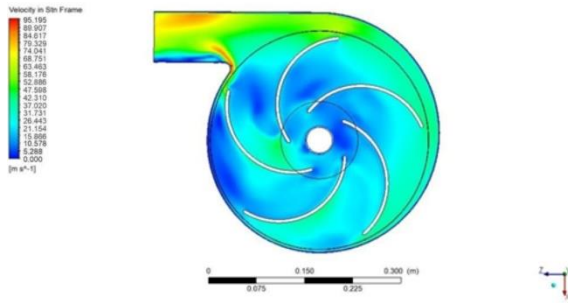
Material	Pengujian	Nilai Laju Korosi (mm/year)	Rata Rata (mm/year)
PDM	1	0,0052685	0,01724975
	2	0,029231	
Alloy 31	1	0,011384	0,00985855
	2	0,0083331	

3.2. Perhitungan Kecepatan

Perhitungan kecepatan dilakukan dengan cara manual. Berikut langkah-langkah menghitung kecepatan aliran :

$$\begin{aligned}
 r &: 305 \text{ mm} \\
 f &: 50 \text{ Hz} \\
 V &: 2\pi r f \\
 &: 2 \pi \times 0,305 \text{ m} \times 50 \text{ Hz} \\
 &: 95,58 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Setelah itu pemodelan kecepatan pada impeller dengan menggunakan software ANSYS.



Gambar 3.1 Pemodelan kecepatan pada impeller

Kecepatan pada impeller pompa yang didapat dari sistem pemodelan dengan menggunakan *software* ANSYS adalah sebesar 95,1957 m/s sesuai dengan

3.3 Perhitungan Erosion Rate

A. Erosion Rate pada Material PDM

Untuk mengetahui laju erosi pada *impeller* pompa menggunakan persamaan di bawah ini (PDM).

$$ER = \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot Up^n}{\rho t \cdot At} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit}$$

dengan,

- k = material konstanta [(m/s)-n]
= 2×10^{-9}
- F(α) = sudut tumbukan ($^{\circ}$) = 0,93
- Up = kecepatan tumbukan partikel (m/s)
= 95,58 m/s
- n = velocity exponent = 2,6
- pt = 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 factor = 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 = $3,15 \times 10$

$$ER = \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot Up^n}{\rho t \cdot At} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-9} \cdot 0,93 \cdot 95,58^{2,6}}{7500 \cdot 0,435} \cdot 0,0019 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,044 \cdot 3,15 \times 10^{10}$$

$$= 12,549 \text{ mm/year}$$

B. Erosion Rate pada Material Alloy 31

$$ER = \frac{k \cdot f(\alpha) \cdot Up^n}{\rho t \cdot At} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot mp \cdot C_{unit}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-9} \cdot 0,93 \cdot 95,58^{2,6}}{8500 \cdot 0,435} \cdot 0,0019 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,044 \cdot 3,15 \times 10^{10}$$

$$= 11,0729 \text{ mm/year}$$

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.

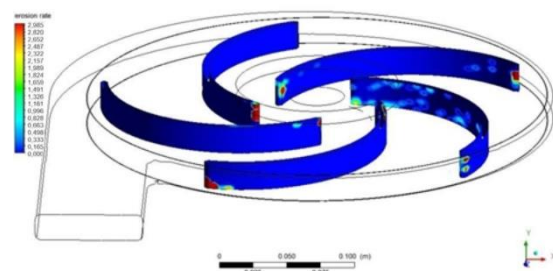
Tabel 3.2 perhitungan *erosion rate* secara manual pada material PDM dan alloy 31

Laju Erosi (mm/year)	
PDM	Alloy 31
12,549	11,0729

3.4 Pemodelan *erosion rate* dengan *software* ANSYS

A. Erosion rate dengan *software* ANSYS pada Material PDM

Letak erosi yang terjadi pada impeller pompa yang didapat dari pemodelan *software* ANSYS sesuai dengan Gambar 3.2



Gambar 3.2 Pemodelan *erosion rate* 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 3.2 kemudian dikonversi ke dalam satuan mm/year seperti berikut:

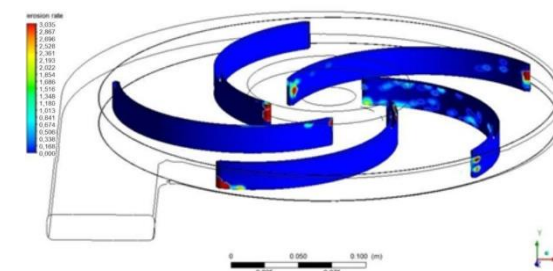
$$ER \left(\frac{\text{mm}}{\text{year}} \right) = \left(ER \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} \right) \right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{hr}} \right) \cdot 24 \left(\frac{\text{hr}}{\text{day}} \right) \cdot 365 \left(\frac{\text{day}}{\text{year}} \right)$$

$$= \frac{2,986 \times 10^{-6} \times 1000 \times 3600 \times 24 \times 365}{7500}$$

$$= 12,551 \text{ mm/year}$$

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

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



Gambar 3.3 Pemodelan *erosion rate* pada material PDM

Erosion rate pada impeller pompa yang didapat dari sistem pemodelan dengan menggunakan *software*

ANSYS sebesar $3,034 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2\text{s}$ sesuai dengan Gambar 3.3 kemudian dikonversi ke dalam satuan mm/year seperti berikut:

$$E_R \left(\frac{\text{mm}}{\text{year}} \right) = \left(\frac{E_R \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} \right)}{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{hr}} \right) \cdot 24 \left(\frac{\text{hr}}{\text{day}} \right) \cdot 365 \left(\frac{\text{day}}{\text{year}} \right)$$

$$= \frac{3,034 \times 10^{-6} \times 1000 \times 3600 \times 24 \times 365}{8050}$$

$$= 11,885 \text{ mm/year}$$

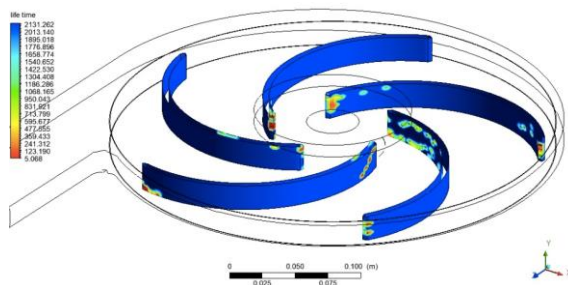
Hasil nilai laju erosi berdasarkan perhitungan *erosion rate* secara manual dan pemodelan ANSYS pada 2 jenis material yang berbeda dapat dirangkum seperti pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 *erosion rate* dengan perhitungan manual dan pemodelan ANSYS pada material PDM dan alloy 31

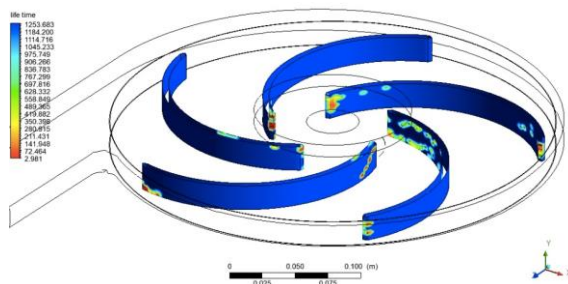
No	Material	Laju Korosi Erosi (mm/year)	
		Perhitungan Manual	Pemodelan ANSYS
1	PDM	12,549	12,551
2	Alloy 31	11,691	11,885

3.5 Perhitungan Life Time

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 yaitu Teori Abrasion/Acrecion ANSYS. Berikut hasil perhitungan *life time* menggunakan ANSYS :



Gambar 3.4 Perhitungan I menggunakan ANSYS pada material PDM



Gambar 3.5 Perhitungan *life time* menggunakan ANSYS pada material Alloy 31

Hasil keseluruhan perhitungan *life time* berdasarkan modul fluent pada ANSYS dapat dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3.4 *life time* dengan pemodelan ANSYS pada material PDM dan alloy 31

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

4. KESIMPULAN

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

1. Hasil perhitungan kecepatan *impeller* pompa sentrifugal yang digunakan untuk mengaliri fluida berbentuk *slurry* secara manual adalah 95,58 m/s, sedangkan menggunakan pemodelan ANSYS adalah 95,195 m/s.
2. Dari hasil perhitungan *erosion rate* secara manual, nilai laju material PDM lebih besar dibandingkan material Alloy 31. Nilai laju erosi PDM sebesar 12,549 mm/year, sedangkan Alloy 31 sebesar 11,0729 mm/year.
3. Dari hasil pengujian potentiostat, nilai laju korosi material PDM lebih besar dibandingkan material Alloy 31. Nilai laju korosi PDM sebesar 0,01724975 mm/year, sedangkan Alloy 31 sebesar 0,00985855 mm/year
4. Dari hasil perhitungan *life time* pada impeller menggunakan modul *erosion* pada ANSYS dimana *life time* berbanding terbalik dengan *erosion rate*. Didapatkan nilai *life time* material Alloy 31 lebih lama dibandingkan material PDM. Dimana material Alloy 31 mampu bertahan hingga 5,068 bulan lamanya, sedangkan PDM hanya mampu sampai 2,981 bulan sajahampir mendekati keadaan di lapangan dimana impeller pompa sentrifugal dengan material PDM hanya bertahan 3 bulan saja.

5. SARAN

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pengujian *potentiostat* dilakukan dengan dua perlakuan berbeda atau dalam kondisi kecepatan *impeller* sebenarnya agar mendapatkan hasil yang akurat.
2. Metode pengujian sebaiknya lebih divariasikan dengan penambahan pengujian seperti tensile strength dan hardness test

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kepada Ibu saya yang tidak pernah telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih

sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.

3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Budi Prasajo, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Fipka Bisono, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman *piping engineering* 2015, yang telah memberikan semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Ogi, P., & Rachman, N. U. R. (2016). Analisa laju korosi pada, 05(1), 7–13.
- [3] Samudra, S. (1998). Dasar Teori Pompa. Semarang, 5–18. Retrieved from http://eprints.undip.ac.id/41326/3/BAB_II.pdf
- [4] 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/IJRSET.2018.0705025>
- [5] 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.
- [6] ANSYS.(2013). ANSYS Fluent Tutorial Guide. U.S.A: ANSYS, Inc.
- [7] ASTM G-102.(1994). Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.
- [8] DNVGL-RP-0501.(2015). Managing sand production and erosion.