

## Analisis Laju Korosi dan *Lifetime* pada Pipa API 5L Grade B dengan Perbandingan Inhibitor $\text{NaNO}_2$ dan $\text{NaNO}_3$ Menggunakan Metode *Immersion Test*

Rahadyan Kamajaya<sup>1\*</sup>, Fipka Bisono<sup>2</sup>, Bayu Wiro Karuniawan<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program studi D-IV Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program studi D-IV Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [rahadyan1998@email.com](mailto:rahadyan1998@email.com)<sup>1\*</sup>; [fipka@ppns.ac.id](mailto:fipka@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [bayuwiro@ppns.ac.id](mailto:bayuwiro@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** - The oil and gas company in Gresik experienced internal corrosion in one of its pipes, the crust clumping inside the pipe which resulted in a decrease in oil production that had to be distributed. The pipe used is API 5L Grade B with a diameter of 4 inch Sch 40. This study uses the Immersion Test method to determine the corrosion rate and lifetime by calculating weight loss and comparing  $\text{NaNO}_2$  and  $\text{NaNO}_3$  inhibitors. This test has three variations of  $\text{HNO}_3$  concentration of 700 ppm, 800 ppm and 900 ppm. The variation of inhibitor concentration is 0 ppm, 150 ppm and 300 ppm. And using 2 temperature variations of 30°C and 40°C. The test results showed that the lowest corrosion rate using  $\text{NaNO}_2$  inhibitors was 0.0697 mm/y. While  $\text{NaNO}_3$  inhibitors have the lowest corrosion rate of 0.0712 mm/y. The highest value of inhibitor efficiency is  $\text{NaNO}_2$  inhibitor of 0.243%. And the lifetime calculation for  $\text{NaNO}_2$  inhibitors is 65.79 years and 64.41 years for  $\text{NaNO}_3$  inhibitors. So the best corrosion protection method for API 5L Grade B is to use  $\text{NaNO}_2$  inhibitors because it has the lowest corrosion rate and a longer service life.

**Keyword:** API 5L Grade B, inhibitors,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ , corrotion rate, lifetime

### Nomenclature

<b>Cr</b>	Corrotion rate (mm/year)
<b><math>E_{inh}</math></b>	Efisiensi Inhibitor korosi (%)
<b><math>t_{req}</math></b>	Thickness required (mm)
<b><math>t_{acc}</math></b>	Thickness actual (mm)
<b>K</b>	Constant Factor
<b>W</b>	Weight Loss (gram)
<b>D</b>	Density of Material (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>A</b>	Surface Area (cm <sup>2</sup> )
<b>T</b>	Eksposure Time (Hour)
<b>CR<sub>0</sub></b>	Kecepatan laju korosi tanpa inhibitor (mpy)
<b>CR<sub>1</sub></b>	Kecepatan laju korosi dengan menggunakan inhibitor (mpy)
<b>P</b>	Design Pressure (psig)
<b>S</b>	Allowable stress value for material (psi)
<b>E</b>	Joint Eficiency (-)
<b>Y</b>	Coefficient (-)

### 1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di dunia industri khususnya material. Kerugian yang diakibatkan korosi adalah penurunan kekuatan material dan biaya perbaikan yang tidak sedikit. Apabila korosi tidak dicegah dari awal, maka kerugian yang cukup parah akan timbul seperti kerugian akibat kebocoran. Perusahaan minyak dan gas di Gresik

mengalami Internal Corrotion pada salah satu pipanya, kerak menggumpal di bagian dalam pipa yang mengakibatkan penurunan produksi minyak yang harus disalurkan. Pipa yang digunakan adalah pipa API 5L Grade B berdiameter 4 inch Sch 40.



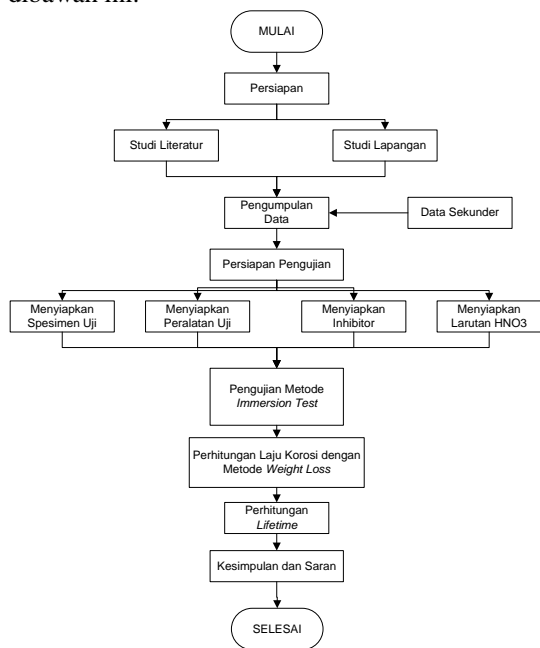
Gambar 1. Internal Corrosion

Untuk mengatasi agar tidak terjadi korosi kembali, salah satu caranya dengan melakukan pencegahan laju korosi dengan penambahan inhibitor. Maka akan dilakukan pengujian menggunakan penambahan inhibitor dengan metode Immersion Test, metode pengujian ini untuk mengetahui laju korosi, efisiensi inhibitor dan *lifetime*. Hasil yang didapatkan akan di analisa untuk mendapatkan jenis inhibitor terbaik untuk pipa API 5L Grade B.

**2. METODOLOGI .**

**2.1 Metodologi Penelitian**

Penelitian ini berupa pengujian dengan menggunakan metode weight loss yang mengacu pada ASTM G31-72 (Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals) dengan membandingkan Inhibitor NaNO<sub>2</sub> dan NaNO<sub>3</sub> [1]. Hasil dari pengujian digunakan untuk menghitung Corrosion Rate, Efisiensi Inhibitor dan Lifetime. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel konsentrasi HNO<sub>3</sub> sebesar 700 ppm, 800 ppm, dan 900 ppm. Variasi konsentrasi Inhibitornya sebesar 0 ppm, 150 ppm, dan 300 ppm. Variasi suhu sebesar 30°C dan 40°C. Metode penelitian ini ditunjukkan diagram alir pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Penelitian

**2.2 Laju Korosi**

Metode kehilangan berat adalah metode perhitungan laju korosi dengan mengukur pengurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah pengurangan berat akibat terjadinya korosi. Standart yang digunakan untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat korosi yaitu mengacu pada (ASTM G1-03 (2004). Standards Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen, American Society for Testing Material, U.S.A) [2] maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Cr = \frac{(K.W)}{DAT} \tag{1}$$

Dimana :

- Cr : Corroton rate (mm/year)
- W : weight loss (gr)
- D : density of material (gr/cm<sup>3</sup>)
- K : Konstanta Factor (8,76 x 10<sup>4</sup>)

- A : Surface area (cm<sup>2</sup>)
- T : eksposure time (hour)

**2.3 Efisiensi Inhibitor**

Setelah diketahui laju korosi dari material yang diuji selanjutnya menghitung persentase proteksi yang dilakukan inhibitor yang digunakan, menggunakan persamaan dari Handbook of Corrosion Engineers Chapter 10 Corrosion Inhibitor [3] adalah sebagai berikut:

$$Einh = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \times 100\% \tag{2}$$

Dimana :

- Einh : Efisiensi Inhibitor Korosi (%)
- CR<sub>0</sub> : Kecepatan laju korosi tanpa inhibitor (mpy)
- CR<sub>1</sub> : Kecepatan laju korosi dengan menggunakan inhibitor (mpy)

**2.4 Thickness Required**

Metode analisa pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perhitungan thickness required (t<sub>req</sub>) yang mengacu pada ASME B31.3 [4] dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_{req} = \frac{PxD}{2(SE+PY)} \tag{3}$$

Dimana :

- t<sub>req</sub> : Thickness required (mm)
- P : Design Pressure (psig)
- D : Outside Diameter (mm)
- S : Allowable stress value for material(psi)
- E : Joint efficiency (-)
- Y : Coefficient (-)

**2.5 Remaining Life**

Perhitungan Remaining Life menggunakan referensi dari API 570 [5] pada persamaan sebagai berikut :

$$\text{Remaining life (years)} = \frac{t_{acc} - t_{req}}{C_r} \tag{4}$$

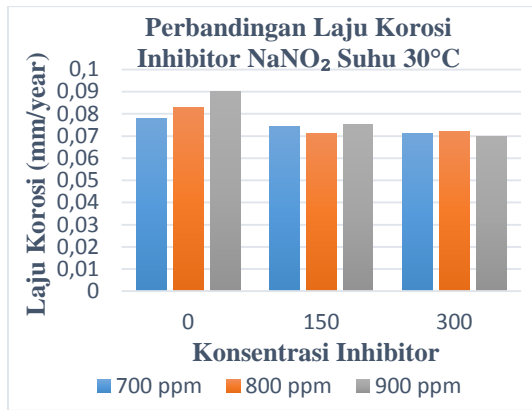
Dimana :

- t<sub>acc</sub> : Thickness actual (mm)
- Cr : Corrosion Rate (mm/y)
- t<sub>req</sub> : Thickness required (mm)

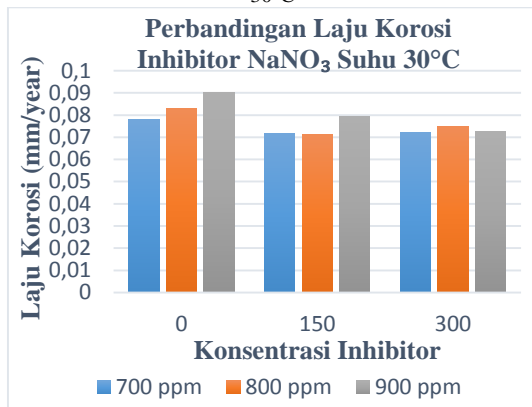
**3.HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Laju Korosi**

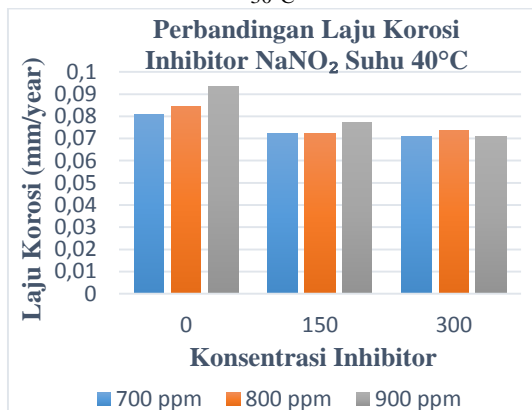
Setelah dilakukan uji celup selama 336 jam dengan memvariasikan inhibitor NaNO<sub>2</sub> dan NaNO<sub>3</sub> dan larutan HNO<sub>3</sub> untuk pengujian laju korosinya. Perhitungan Laju Korosi sesuai pada persamaan 1 didapatkan hasil dalam grafik yang menyatakan penambahan konsentrasi inhibitor dan penambahan konsentrasi HNO<sub>3</sub> pada suhu 30°C dan 40°C seperti gambar berikut ini.



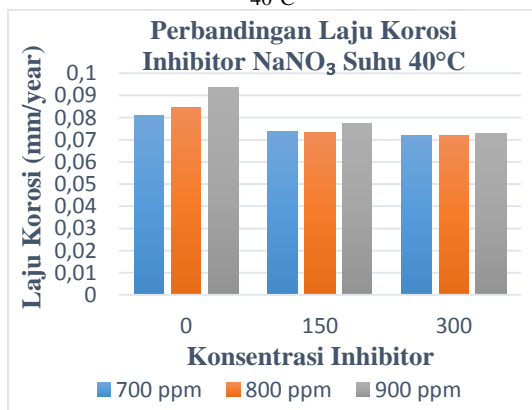
Gambar 3. Grafik Perbandingan Laju Korosi NaNO<sub>2</sub> Suhu 30°C



Gambar 4. Grafik Perbandingan Laju Korosi NaNO<sub>3</sub> Suhu 30°C



Gambar 5. Grafik Perbandingan Laju Korosi NaNO<sub>2</sub> Suhu 40°C

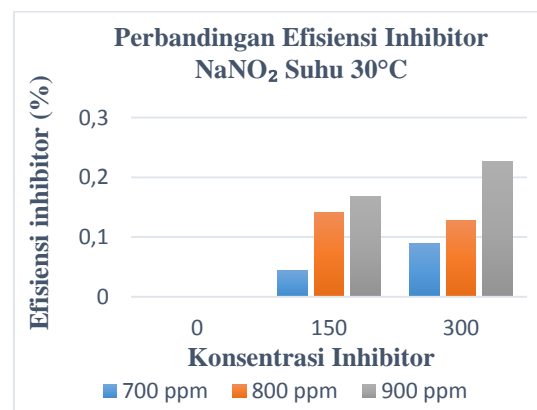


Gambar 6. Grafik Perbandingan Laju Korosi NaNO<sub>3</sub> Suhu 40°C

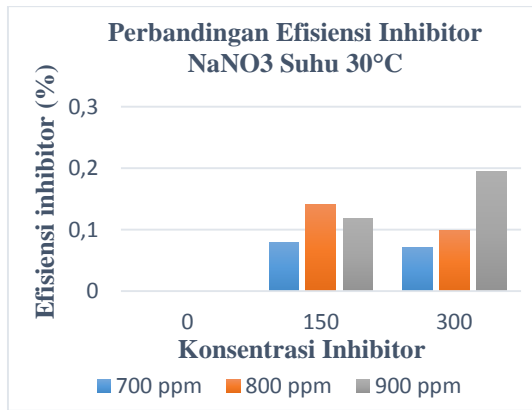
Dari keempat grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor, suhu, dan konsentrasi HNO<sub>3</sub> terhadap laju korosi. Pada suhu 30°C dan 40°C inhibitor dengan nilai konsentrasi 0 ppm memiliki laju korosi paling tinggi dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi 350 ppm memiliki nilai laju korosi paling rendah. Serta pada suhu 30°C dan 40°C larutan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki laju korosi paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 300 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 3 grafik perbandingan laju korosi NaNO<sub>2</sub> suhu 30°C memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.0901 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.0697 mm/y. Pada gambar 4 grafik perbandingan laju korosi NaNO<sub>3</sub> suhu 30°C memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.0901 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.0712 mm/y. Pada gambar 5 grafik perbandingan laju korosi NaNO<sub>2</sub> suhu 40°C memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.0935 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.0708 mm/y. Pada gambar 6 grafik perbandingan laju korosi NaNO<sub>3</sub> suhu 40°C memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.0935 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.0720 mm/y. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi HNO<sub>3</sub> maka semakin rendah nilai laju korosi yang dialami dan semakin tinggi suhu yang digunakan semakin besar nilai laju korosi. Dengan demikian, inhibitor terbaik untuk perlindungan material API 5L Grade B berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> konsentrasi 300 ppm dengan konsentrasi HNO<sub>3</sub> 900 ppm senilai 0.0697 mm/y.

### 3.2 Hasil Efisiensi Inhibitor

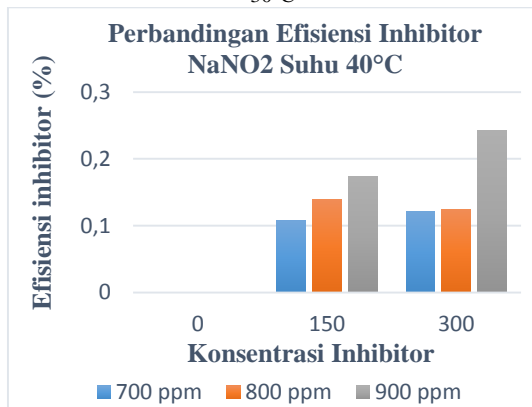
Perhitungan efisiensi inhibitor sesuai pada persamaan 2 didapatkan hasil dalam grafik yang menyatakan penambahan konsentrasi inhibitor dan penambahan konsentrasi HNO<sub>3</sub> pada suhu 30°C dan 40°C seperti gambar berikut ini.



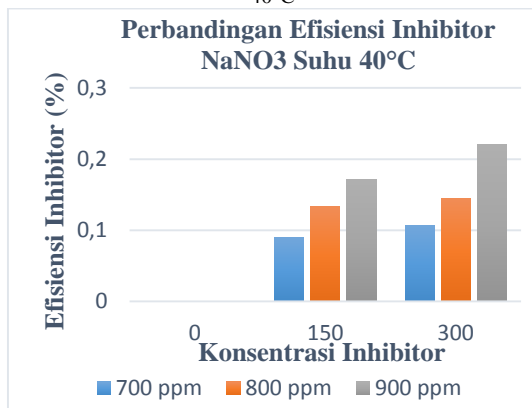
Gambar 7. Perbandingan Efisiensi Inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 30°C



Gambar 8. Perbandingan Efisiensi Inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 30°C



Gambar 9. Perbandingan Efisiensi Inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 40°C



Gambar 10. Perbandingan Efisiensi Inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 40°C

Dari keempat grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor dan konsentrasi HNO<sub>3</sub> terhadap efisiensi inhibitor. Pada inhibitor dengan nilai konsentrasi 0 memiliki nilai efisiensi paling rendah dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi 300 ppm memiliki nilai konsentrasi paling tinggi pada suhu 30°C dan 40°C. Serta pada suhu 30°C dan 40°C larutan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki nilai efisiensi paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 0 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 7 perbandingan efisiensi inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 30°C memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,226% dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Pada

gambar 8 perbandingan efisiensi inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 30°C memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,195% dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Pada gambar 9 perbandingan efisiensi inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 40°C memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,243% dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Pada gambar 10 perbandingan efisiensi inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 40°C memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,220% dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi HNO<sub>3</sub>, maka semakin tinggi nilai efisiensi inhibitor yang dialami. Inhibitor terbaik untuk perlindungan material API 5L Grade B berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> konsentrasi 300 ppm dengan konsentrasi HNO<sub>3</sub> 900 ppm memiliki nilai efisiensi sebesar 0,243%.

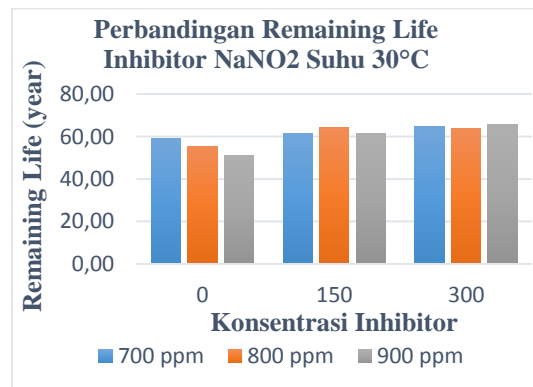
### 3.3 Perhitungan Thickness Required

Perhitungan ini digunakan untuk mendukung perhitungan *remaining life*. Perhitungan thickness required menurut persamaan 3 adalah sebagai berikut :

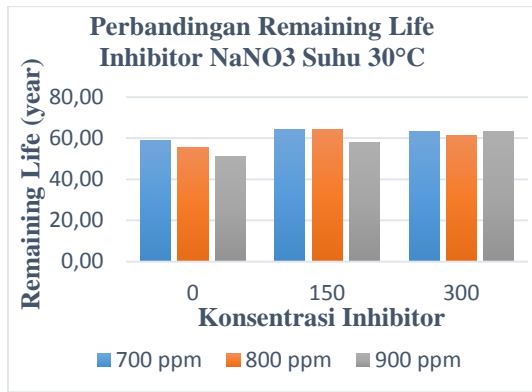
$$\begin{aligned}
 t_{req} &= \frac{PxD}{2(SE+PY)} \\
 &= \frac{500 \times 4.5}{2((20000 \times 1) + (500 \times 0.4))} \\
 &= 1.41460 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 3.4 Hasil Remaining Life

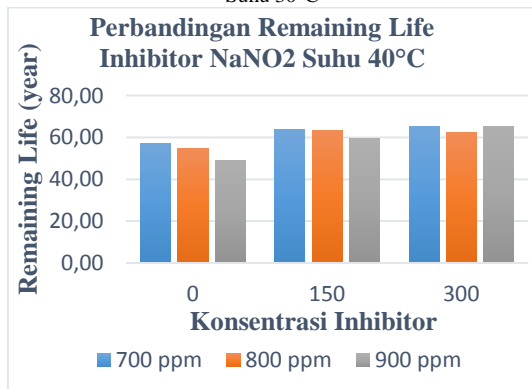
Perhitungan remaining life sesuai pada persamaan 4 didapatkan hasil dalam grafik yang menyatakan penambahan konsentrasi inhibitor dan penambahan konsentrasi HNO<sub>3</sub> pada suhu 30°C dan 40°C seperti gambar berikut ini.



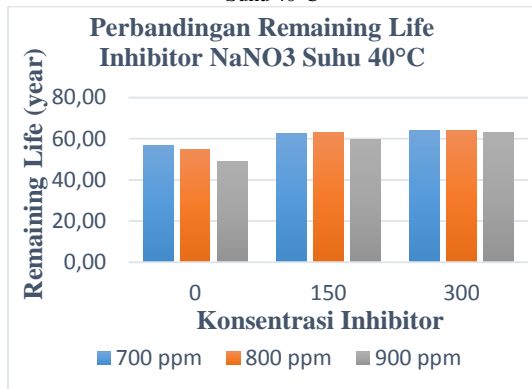
Gambar 11. Perbandingan Remaining Life Inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 30°C



Gambar 12. Perbandingan Remaining Life Inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 30°C



Gambar 13. Perbandingan Remaining Life Inhibitor NaNO<sub>2</sub> Suhu 40°C



Gambar 14. Perbandingan Remaining Life Inhibitor NaNO<sub>3</sub> Suhu 40°C

Dari keempat grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor dan konsentrasi HNO<sub>3</sub> terhadap perhitungan remaining life. Pada inhibitor dengan nilai konsentrasi 0 ppm memiliki nilai remaining life paling rendah dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi paling tinggi 300 ppm memiliki nilai remaining life paling tinggi pada suhu 30°C dan 40°C. Serta pada suhu 30°C dan 40°C larutan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki nilai remaining life paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 0 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 11 perbandingan remaining life inhibitor NaNO<sub>2</sub> suhu 30°C memiliki nilai remaining life terbesar yaitu 65.79 tahun dan nilai remaining life terendah

yaitu 51.07 tahun. Pada gambar 12 perbandingan remaining life NaNO<sub>3</sub> suhu 40°C memiliki nilai remaining life terbesar yaitu 64.41 tahun dan nilai remaining life terendah yaitu 51.07 tahun. Pada gambar 13 perbandingan remaining life inhibitor NaNO<sub>2</sub> suhu 40°C memiliki nilai remaining life terbesar yaitu 65.10 tahun dan nilai remaining life terendah yaitu 49.12 tahun. Pada gambar 14 perbandingan remaining life NaNO<sub>3</sub> suhu 40°C memiliki nilai remaining life terbesar yaitu 63.73 tahun dan nilai remaining life terendah yaitu 49.12 tahun. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi HNO<sub>3</sub>, maka semakin tinggi nilai remaining life yang dialami. Inhibitor terbaik untuk perlindungan material API 5L Grade B berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> konsentrasi 300 ppm dengan konsentrasi HNO<sub>3</sub> 900 ppm dengan nilai remaining life sebesar 65.79 tahun.

#### 4. KESIMPULAN

- Dari pengujian laju korosi dengan menggunakan metode weight loss dengan hasil rata-rata dari masing masing variabel inhibitor menunjukkan hasil laju korosi terendah menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> 300 ppm, dengan konsentrasi HNO<sub>3</sub> 900 ppm pada suhu 30°C, yaitu sebesar 0.0697 mm/y sedangkan pada inhibitor NaNO<sub>3</sub> memiliki laju korosi terendah sebesar 0.0712 mm/y. Hal tersebut menunjukkan penggunaan inhibitor NaNO<sub>2</sub> memiliki hasil laju korosi jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan inhibitor NaNO<sub>3</sub>.
- Berdasarkan perhitungan *remaining life* yang didapat dari perhitungan laju korosi dengan membandingkan 2 inhibitor yakni NaNO<sub>2</sub> dan NaNO<sub>3</sub> didapatkan *remaining life* tertinggi adalah inhibitor NaNO<sub>2</sub> sebesar 65.79 tahun sedangkan pada inhibitor NaNO<sub>3</sub> sebesar 64.41 tahun. Hal tersebut menunjukkan perlindungan korosi untuk pipa API 5L Grade B dipilih dengan menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> karena memiliki *remaining life* yang lebih lama dibandingkan dengan inhibitor NaNO<sub>3</sub>.
- Penggunaan inhibitor yang paling efektif untuk material API 5L Grade B adalah menggunakan inhibitor NaNO<sub>2</sub> dengan nilai efisiensi sebesar 0.243%. Semakin besar konsentrasi inhibitor maka semakin kecil laju korosinya, semakin tinggi suhu yang digunakan semakin cepat laju korosinya. Demikian pula dengan semakin lama usia pakai, maka semakin tinggi nilai efisiensi suatu material.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari

berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesarbesarnya kepada :

1. Allah SWT, karena tanpa rahmat dan ridhoNya penulis tidak bisa mengerjakan jurnal Tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Keluarga dan kedua orang tua (Bapak Sudarsono dan Ibu Siti Rofiah) yang telah memberi dukungan, semangat, doa, cinta dan kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, F.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Fipka Bisono, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu membimbing serta mengarahkan dalam proses penyusunan jurnal Tugas Akhir ini.
5. Bapak Bayu Wiro Karuniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu membimbing serta mengarahkan dalam proses penyusunan jurnal Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi D4 - Teknik Perpipaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Rekan - rekan mahasiswa Teknik Perpipaan Angkatan 2016 yang telah memberi dukungan, memori, motivasi dan membantu segala kesulitan yang terjadi selama waktu perkuliahan.
8. Pihak - pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

## 6. PUSTAKA

- [1] ASTM-G31-72. (2004). Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. American Society for Testing and Materials, 72 (Reapproved), 1-8. <https://doi.org/10.1520/G0031-72R04>
- [2] ASTM-G01-03. (2011). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. Annual Book of ASTM Standards, 1-9. <https://doi.org/10.1520/G0001-03R11>
- [3] Roberge, P. R. (1999). Handbook of Corrosion Engineering. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(00\)83445-5](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(00)83445-5)
- [4] ASME B31.3. (2014). Process Piping. Chemical Engineer (Vol. ASME Code)
- [5] API 570, Piping Inspection Code : In-service Inspection , Rating , Repair , and Alteration of Piping Systems. (2010), Edition, T(November,2009). <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2011.2109710>