

# INHIBITOR POLIFOSFAT UNTUK MENGENDALIKAN KOROSI PADA PIPA SISTEM PENDISTRIBUSIAN AIR

**Komalasari, Zultiniar**

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Jl. HR. Subrantas km. 12,5 Panam Pekanbaru  
28293 Indonesia

Laboratorium Material dan Korosi, Fakultas Teknik Universitas Riau, Jl. HR. Subrantas km. 12,5 Panam  
Pekanbaru 28293 Indonesia

komalaunri@yahoo.com

## ABSTRAK

Dalam proses industri sering terjadi masalah, salah satunya adalah adanya kebocoran/penipisan pada alat proses produksi yang disebabkan oleh korosi. Korosi merupakan proses kerusakan/degradasi pada material akibat berinteraksi dengan lingkungan. Salah satu cara pencegahan korosi adalah dengan menambahkan inhibitor. Inhibitor adalah senyawa kimia yang dapat mengendalikan atau memperlambat proses korosi. Polifosfat merupakan salah satu inhibitor yang baik untuk mengendalikan laju korosi. Inhibitor polifosfat dapat mengurangi aktivitas proses korosi dan tidak menyebabkan kerusakan pada material dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh inhibitor polifosfat dalam mengendalikan korosi pada pipa air, menghitung laju korosi yang terjadi pada bahan logam tanpa inhibitor dan memakai inhibitor serta mengetahui jenis logam yang baik dan tahan korosi agar dapat digunakan pada alat proses industri. Penelitian ini dilakukan dengan cara merendam coupon corrosion (besi, stainless steel, dan aluminium) selama 1 minggu di dalam larutan NaCl dengan berbagai konsentrasi yang berbeda (500, 5000, 15.000, dan 30.000ppm), tanpa inhibitor dan dengan menggunakan inhibitor polifosfat dengan berbagai konsentrasi polifosfat (50, 100, 200, 300, dan 400ppm). Hasil dari penelitian ini diperoleh untuk uji tanpa inhibitor bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl maka laju korosi semakin meningkat pada berbagai *coupon* korosi. Sedangkan untuk uji dengan memakai inhibitor polifosfat, laju korosi menurun sampai pada titik konsentrasi NaCl 300ppm pada berbagai *coupon* korosi. Laju korosi yang tertinggi diperoleh pada logam besi dibandingkan dengan aluminium dan stainless steel. Laju korosi yang terendah terjadi pada stainless steel.

*Kata Kunci : Inhibitor, Inhibitor Polifosfat, Korosi*

## ABSTRACT

*There are many problems in an industry process. One of them is leakage on tools during a production process caused by corrosions. Corrosion is a degradation process of materials due to interaction with environment. One way to prevent the corrosion is by adding an inhibitor. Polyphosphate is one of the good inhibitors for the corrosion control. This inhibitor can reduce the activity during the corrosion process and also not damage the material and the environment. The purpose of this research is to study the effect of polyphosphate in the controlling corrosion inhibitors, to calculate the rate of corrosion that occurs in metallic materials with and without using the inhibitors. in addition is to determine the type of a good metal and resistant for the corrosion and then can be used in the industrial process equipment. This research was begun by immersing the coupon corrosion (iron, stainless steel, and aluminum) for 1 week in a NaCl solution with different concentrations (500, 5000, 15000, and 30000ppm), it was done without inhibitors. While for the polyphosphate inhibitor with the variation concentrations 50 , 100, 200, 300, and 400ppm. The Results of this study was obtained for metal, without using inhibitors, the increasing of the NaCl concentration is following with the increasing rate of corrosion on the various coupon corrosion. It was tested using polyphosphate inhibitor, the corrosion rate was decreased to the lowest point on 300ppm of NaCl concentration. The rate of corrosion in steel is higher than aluminum and The lowest Corrosion rate is the stainless steel metal.*

*Keywords : Corrosion, Inhibitor, Polyphosphate Inhibitor*

## PENDAHULUAN

Air merupakan molekul yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia dan merupakan

sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (Rahayu S.S, 2009). Air tidak hanya digunakan untuk dikonsumsi dan digunakan sehari-hari dalam aktivitas rumah tangga tetapi air juga digunakan

untuk kebutuhan suatu pabrik. Sumber air sangat banyak didapatkan tetapi manusia harus terlebih dahulu mengolahnya agar mendapatkan air yang bersih dan aman untuk dikonsumsi, untuk utilitas pabrik maupun digunakan dalam kegiatan lainnya. Kegunaan air dalam proses industri banyak sekali, selain sebagai air baku pada industri air minum dan pemutar turbin pada pembangkit tenaga listrik, juga sebagai bahan bantu dalam proses-proses industri. Selain itu, air juga digunakan untuk sarana pembersih area atau alat-alat industri. Air juga berperan sebagai media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses yaitu dalam bentuk steam. Air yang digunakan dalam industri biasanya berasal dari sungai dan danau yang berada disekitar area industri diolah terlebih dahulu sebelum digunakan (Nugraha, 2009).

Pada saat ini pengolahan air dan distribusinya merupakan prioritas tinggi, hal ini untuk memastikan agar air yang dihasilkan memiliki mutu yang baik (Anshari R, 2007). Sistem pendistribusian air umumnya merupakan suatu jaringan perpipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa dan perlengkapan lainnya. Sistem pendistribusian air juga terjadi didalam suatu industri yang mengalirkan air untuk menghasilkan steam dan sumber bahan lainnya yang digunakan untuk membantu kegiatan proses industri. Sebuah pabrik mempunyai dua sistem proses utama, yaitu sistem pereaksian dan sistem proses pemisahan & pemurnian. Kedua sistem tersebut membutuhkan kondisi operasi pada suhu dan tekanan tertentu. Dalam pabrik, panas biasanya disimpan dalam fluida yang dijaga pada suhu dan tekanan tertentu. Fluida yang paling umum digunakan adalah air panas dan uap air karena alasan murah dan memiliki kapasitas panas tinggi. Fluida lain biasanya digunakan untuk kondisi pertukaran panas pada suhu di atas 100 °C pada tekanan atmosfer. Air atau uap air bertekanan (dinamakan kukus atau steam) mendapatkan panas dari ketel uap/boiler (Rahayu S.S, 2009). Di dalam boiler, air dididihkan sampai menghasilkan steam. Air baku yang digunakan adalah air yang murni dan tidak mengandung garam-garam kalsium dan magnesium. Apabila proses filtrasi air tidak bagus, air masih mengandung garam-garam dan magnesium yang dapat mengganggu sistem kerja boiler. Kerugian yang ditimbulkan dari masalah ini adalah menghambat perpindahan panas karena kerak yang terbentuk dipermukaan boiler akan menghalangi transfer panas sehingga pemanasan jadi tidak efisien. Hal ini dapat menyebabkan kelebihan panas pada logam dan mempercepat korosi (Rahayu S.S, 2009). Air yang

mengandung garam-garam tersebut juga akan mengikis sedikit demi sedikit pipa-pipa distribusi yang mengalirkan air ke boiler sehingga terjadi kebocoran.

Pada proses penyerapan panas dari sistem yang menghasilkan energi seperti sistem proses yang melibatkan reaksi eksotermik atau menyerap panas agar kondisi sistem di bawah suhu ruang atau suhu sekitar, biasanya pabrik menggunakan refrigerant. Penggunaan air sebagai media pendingin juga dibatasi oleh sifat fisiknya yaitu titik didih dan titik beku. Suhu air pendingin perlu dikembalikan ke suhu sekitar atau suhu ruang agar bisa difungsikan kembali sebagai pendingin. Sistem pemroses yang melakukan ini adalah cooling tower (Rahayu S.S, 2009)

Di dalam cooling tower yang menggunakan air sering terjadi masalah yaitu kerusakan akibat bocornya saluran pipa pendingin akibat terserang korosi. Korosi terjadi karena media air pendingin cukup agresif terhadap logam yang digunakan pada sistem pendingin tersebut (Nugraha, 2009)

Untuk mengatasi masalah korosi yang terjadi pada boiler, cooling tower dan pipa-pipa distribusi yang terbuat dari bahan-bahan logam, maka ditambahkan lah pada media air tersebut inhibitor korosi sehingga laju korosi dapat diturunkan (Nasoetion, R., & Musalam, L., 2000). Inhibitor adalah zat organik maupun anorganik yang ditambahkan kedalam suatu lingkungan untuk mengendalikan proses korosi. Inhibitor yang digunakan adalah inhibitor polifosfat. Inhibitor polifosfat merupakan inhibitor katodik yang mengurangi aktifitas proses korosi tanpa menyebabkan kerusakan pada pipa pendistribusian air.

Air yang masih mengandung garam-garam kalsium dan magnesium karena pengolahan air yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan korosi pada pipa-pipa distribusi, boiler dan cooling tower. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan inhibitor korosi yang menghambat laju pertumbuhan korosi. Nuryanto dkk., (2007) melakukan penambahan EDTA sebagai inhibitor pada laju korosi logam tembaga dengan konsentrasi 1M dalam waktu 24 jam. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan penurunan korosi sebesar 20,6%. Matahelumual, B.C., (2007) melakukan penelitian korosifitas air terhadap beton dengan cara menurunkan pH air memakai inhibitor poliphosfat seperti  $\text{NaCO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ . Hasilnya pH air tersebut turun sehingga laju terjadinya korosi sangat lambat. Butar-Butar, S.L., & Sunaryo, G.R., (2011) yang memakai inhibitor

yang mengandung fosfat dan seng membuktikan inhibitor fosfat dapat menurunkan laju korosi pada konsentrasi 100ppm dengan efektivitas 35%. Nasoetion, R., & Musalam, L., (2000) yang melakukan penelitian dengan memakai inhibitor polifosfat dalam air pada media pendingin dengan logam aluminium, kuningan dan baja tahan karat menunjukkan penurunan laju korosi pada konsentrasi polifosfat 150ppm yaitu baja tahan karat (97,01%), aluminium (85,71%), dan kuningan (76,07%). Dengan kata lain, inhibitor polifosfat sangat agresif menurunkan laju korosi logam.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polifosfat (Sigma Aldrich) sebagai bahan utama, etanol 90%, aquadest, larutan NaCl 99%, Bahan uji berupa *coupon corrosion* yang terdiri dari aluminium dengan komposisi 99% aluminium murni, besi baja (ASTM A36) dan besi campuran (SUS 316) dengan ukuran masing-masing 3cm x 3cm dengan ketebalan 0,1cm.

### Persiapan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium, besi dan baja yang berukuran 3cm x 3cm dengan ketebalan 0,1cm. Ketiga benda uji tersebut terlebih dahulu diampelas agar menghasilkan permukaan yang rata. Kemudian, ketiga benda uji tersebut di bersihkan dengan menggunakan etanol 90% dan dikeringkan. Setelah kering, ketiga benda uji tersebut ditimbang beratnya ( $W_0$ ) dengan menggunakan neraca analitik.

### Pembuatan Larutan NaCl

Larutan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan NaCl dengan konsentrasi 500ppm, 10000ppm, 20000ppm, 30000ppm. Garam (NaCl) ditimbang terlebih dahulu di neraca analitik sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Kemudian garam dilarutkan dengan aquadest didalam labu ukur 1000ml. Maka, dari larutan NaCl setiap konsentrasi masing-masing digunakan 150ml untuk analisa pengujian korosi dengan menggunakan benda uji yang terbuat dari aluminium, besi dan besi campuran (Nasoetion, R., dan Musalam, L., 2000)

### Pembuatan Larutan Inhibitor Polifosfat

Inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini adalah polifosfat dengan konsentrasi 50ppm,

100ppm, 200ppm, 300ppm, dan 400ppm. Polifosfat ditimbang terlebih dahulu di neraca analitik sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Kemudian polifosfat tersebut dilarutkan dengan aquadest didalam labu ukur 1000ml. Maka, dari larutan polifosfat setiap konsentrasi masing-masing digunakan 50ml untuk analisa pengujian korosi dengan menggunakan benda uji yang terbuat dari aluminium, besi dan besi campuran (Nasoetion, R., dan Musalam, R., 2000).

### Pengujian Korosi Menggunakan Inhibitor Polifosfat

Wadah pengujian korosi yang dipersiapkan yaitu sebanyak 15 buah untuk setiap benda uji yang digunakan diberikan label sesuai dengan konsentrasi larutan NaCl 500ppm dan inhibitor polifosfat 50ppm, 100ppm, 200ppm, 300ppm, 400ppm. Kemudian, wadah tersebut diisi dengan larutan NaCl 500 ppm sebanyak 150 ml. Masukkan 50 ml larutan inhibitor 50 ppm ke 3 wadah gelas yang berisi 150ml NaCl 500 ppm sesuai dengan banyaknya benda uji yang akan dipakai. Lakukan cara yang sama dengan konsentrasi inhibitor 100ppm, 200ppm, 300ppm, dan 400ppm.

Selanjutnya, benda uji yang telah dibersihkan dan ditimbang, dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi larutan NaCl 150ml + inhibitor polifosfat 50ml pada setiap konsentrasi yang berbeda-beda lalu dibiarkan terendam selama 1 minggu dengan kondisi aerator hidup.

Setelah benda uji yang telah direndam selama 1minggu tersebut, diangkat, dicuci, dan dikeringkan lalu diampelas.

Lalu benda uji tersebut ditimbang untuk mengetahui kehilangan beratnya ( $W_f$ ). Kemudian dihitung laju korosi dan efektivitas dari inhibitor polifosfat.

Langkah 1-6 diulangi dengan menggunakan konsentrasi larutan NaCl selanjutnya dengan memvariasikan konsentrasi inhibitor yang sama dengan sebelumnya.

### Cara Analisa

Untuk menentukan kemampuan inhibisi polifosfat terhadap laju korosi pada benda uji, terlebih dahulu ditentukan laju korosi benda uji dengan menggunakan rumus persamaan 3.1 (NACE Standar, 1999)

$$mpy = \frac{(\Delta W - 0,0017) \times 365 \times 1000}{A \times D} \quad (A.1)$$

keterangan :

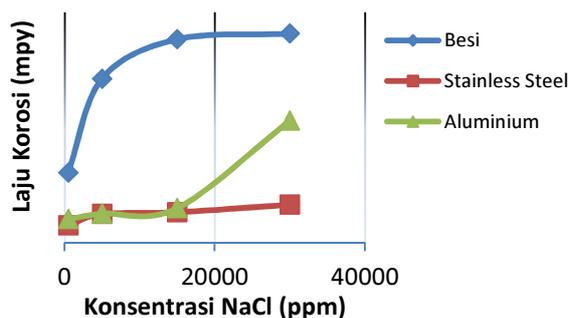
- mpy = *Million part year* (mili/thn)
- $\Delta W$  = Selisih berat benda uji
- 0,0017 = Faktor koreksi coupon
- 365 = Jumlah hari dalam 1 tahun
- 1000 = Mili inchi
- A = Luas permukaan benda uji ( $\text{in}^2$ )
- D = Densitas coupon ( $\text{gr}/\text{in}^3$ )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui laju korosi pada benda uji dalam lingkungannya yang menggunakan air garam sebagai media korosif, maka dilakukan uji korosi dengan metode gravimetri. Dalam metode ini, berat awal sampel ditimbang lalu direndam dalam media korosif dalam waktu 1 minggu. Pada penelitian ini dilakukan perendaman benda uji tanpa inhibitor dan dengan adanya variasi konsentrasi inhibitor polifosfat dengan waktu kontak 1 minggu.

Pada perendaman benda uji tanpa inhibitor dengan memvariasikan konsentrasi NaCl diperoleh hasil bahwa Laju Korosi pada Berbagai *Coupon Corrosion* semakin tinggi dengan semakin meningkatnya konsentrasi NaCl.

### Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi pada Berbagai *Coupon Corrosion* Tanpa Inhibitor



Gambar 1. Grafik Konsentrasi NaCl vs Laju Korosi pada Berbagai *Coupon Corrosion*.

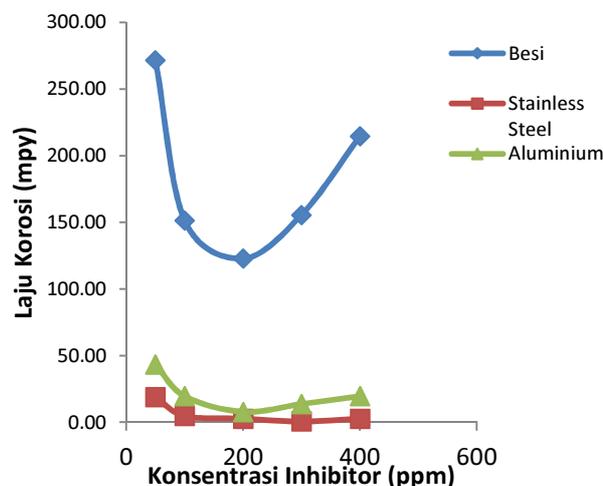
Gambar 1 Grafik Konsentrasi NaCl vs Laju Korosi pada Berbagai *Coupon Corrosion* memperlihatkan kecenderungan laju korosi naik bersamaan dengan bertambahnya konsentrasi NaCl. Laju korosi pada stainless steel menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan besi dan aluminium. Hal ini disebabkan paduan stainless steel yang mengandung unsur krom yang membentuk lapisan

protektif oksida krom. Logam besi (Fe) menunjukkan laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan logam Aluminium (Al) karena ion Fe lebih reaktif dibandingkan dengan Al. Al lebih mudah membentuk lapisan oksida yang pasif pada permukaannya sehingga laju korosi aluminium lebih rendah dari besi.

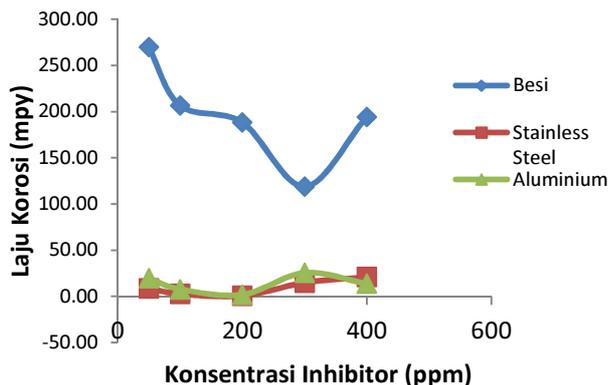
### Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Polifosfat Terhadap Laju Korosi di setiap Konsentrasi NaCl pada Berbagai *Coupon Corrosion*.

Inhibitor korosi yang dipakai umumnya berasal dari senyawa organik dan anorganik. Pada penelitian digunakan inhibitor polifosfat yang termasuk inhibitor anorganik dimana inhibitor ini mengurangi aktifitas proses korosi dan tidak menyebabkan kerusakan pada material maupun lingkungan. Setelah penambahan inhibitor polifosfat pada media korosif, maka laju korosi sedikit demi sedikit menurun bersamaan dengan bertambahnya konsentrasi NaCl.

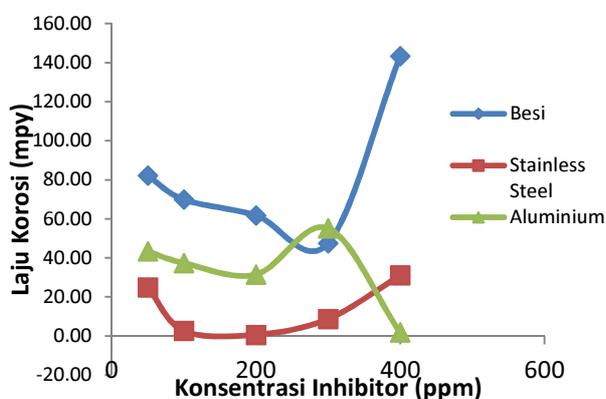
Gambar 2 sampai 5 menunjukkan kecenderungan laju korosi yang semakin meningkat setelah inhibitor mencapai titik konsentrasinya pada *coupon corrosion* dalam setiap konsentrasi NaCl. Pada saat titik efektif inhibitor tercapai, inhibitor teradsorpsi pada permukaan *coupon corrosion* dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan tipis ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap material. Apabila konsentrasi inhibitor polifosfat dinaikkan maka keefektifan kerja inhibitor berkurang sehingga menyebabkan laju korosi meningkat (Nasoetion, R., dan Musalam, L., 2000).



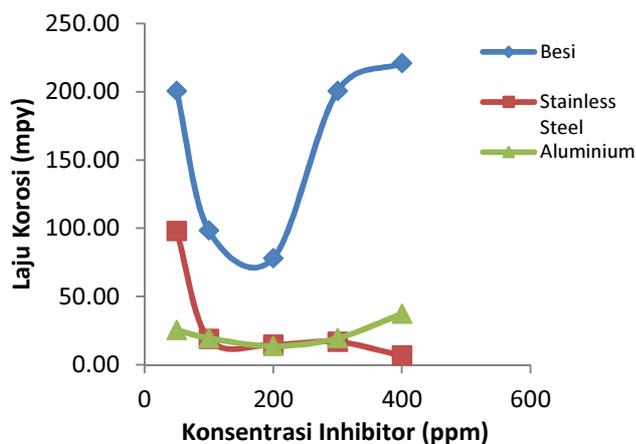
Gambar 2. Grafik Konsentrasi Inhibitor Polifosfat vs Laju Korosi dalam Konsentrasi NaCl 500 ppm pada Berbagai *Coupon Corrosion*.



**Gambar 3. Grafik Konsentrasi Inhibitor Polifosfat vs Laju Korosi dalam Konsentrasi NaCl 5000 ppm pada Berbagai *Coupon Corrosion*.**



**Gambar 4. Grafik Konsentrasi Inhibitor Polifosfat vs Laju Korosi dalam Konsentrasi NaCl 15.000 ppm pada Berbagai *Coupon Corrosion*.**



**Gambar 5. Grafik Konsentrasi Inhibitor Polifosfat vs Laju Korosi dalam Konsentrasi NaCl 30.000 ppm pada Berbagai *Coupon Corrosion*.**

Pada Gambar 2 sampai dengan 5 menunjukkan laju korosi yang terendah terjadi pada logam stainless steel dibandingkan dengan besi dan aluminium pada setiap konsentrasi NaCl. Hal ini disebabkan stainless steel yang mengandung unsur krom yang membentuk lapisan protektif oksida krom. Logam besi menunjukkan laju korosi yang lebih tinggi karena ion Fe lebih reaktif dibandingkan dengan Al. Besi yang permukaannya tidak memiliki lapisan pelindung lebih mudah bereaksi dengan oksigen dan membentuk  $Fe_2O_3$  sehingga laju korosi logam besi lebih tinggi sedangkan logam Al lebih mudah membentuk lapisan oksida yang pasif pada permukaannya sehingga laju korosi aluminium lebih rendah dari besi.

Bila dibandingkan dengan laju korosi tanpa inhibitor, laju korosi dengan inhibitor polifosfat pada konsentrasi 50ppm pada *coupon corrosion* disetiap konsentrasi natrium klorida lebih tinggi. Hal ini disebabkan inhibitor polifosfat lebih dulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam. Pada konsentrasi inhibitor 100ppm, 200ppm dan 300ppm, laju korosi menurun. Dapat disimpulkan bahwa mekanisme kerja dari inhibitor polifosfat baik dan mampu melindungi logam dari serangan media korosif.

Stainless steel dapat bertahan dari serangan karat karena terdiri dari besi, krom, mangan, silikon, karbon, nikel dan molibdenum dalam jumlah yang cukup banyak.

Elemen-elemen ini bereaksi dengan oksigen yang ada di air dan udara membentuk sebuah lapisan yang sangat tipis dan stabil. Keberadaan lapisan yang tipis ini mencegah proses korosi berikutnya dengan berlaku sebagai tembok yang menghalangi oksigen dan air bersentuhan dengan permukaan logam. Hanya beberapa lapisan atom cukup untuk mengurangi kecepatan proses karat selambat mungkin karena lapisan tipis tersebut terbentuk dengan sangat rapat. Dan ditambah lagi jika media korosif tersebut ditambahkan inhibitor seperti polifosfat dan kemudian membentuk lapisan tipis juga sehingga stainless steel memiliki dua lapisan tipis untuk melindungi material dari serangan ion-ion aktif yang menyebabkan korosi.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa

- Pemakaian polifosfat sebagai inhibitor dapat menurunkan laju korosi dengan konsentrasi rendah.
- Laju Korosi tanpa inhibitor berbanding lurus dengan konsentrasi NaCl dimana semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin meningkat laju korosi pada berbagai *coupon corrosion*.
- Laju Korosi dengan menggunakan inhibitor polifosfat semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi inhibitor polifosfat pada setiap konsentrasi NaCl di berbagai jenis *coupon* korosi.
- Kefektifan inhibitor optimal pada logam besi terjadi pada konsentrasi 300 ppm sedangkan pada stainless steel pada konsentrasi 200 ppm dan untuk aluminium pada konsentrasi 200 ppm.
- Laju Korosi tanpa inhibitor dan memakai inhibitor yang terendah adalah stainless steel karena stainless steel mengandung besi, krom, mangan, silikon, karbon, nikel dan molybdenum yang membentuk lapisan pelindung ketika kontak dengan air dan udara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anshar, R., 2007. *Korosi Pada Pipa Sistem Distribusi Air Minum*. Skripsi. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Butar-Butar. S.L., & Sunaryo, G.R., 2011. *Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem Pada Material Baja Karbon*. Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN). Tangerang: Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).
- Matahelumual, B.C., 2007. *Korosifitas Air Terhadap Fondasi Beton di Daerah Tapin Kalimantan*. Pusat Lingkungan Geologi, Bandung.
- NACE Standard, 1999, *Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations*, NACE International, Houston.
- Nasoetion, R., Musalam, L., 2004. *Pengaruh Klorida Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon dan Baja Tahan Karat dengan Sistem Intermitten Immersion Test*. Serpong: LIPI
- Nugraha, I., 2009. *Pengaruh pH, Silika, dan Ortofosfat terhadap Cooling Tower Treatmeant Urea 1 (63-EF-2101) PT.Pupuk Iskaandar Muda*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nuryanto, R., Retno A.L & Khabibi. 2012 . *Penambahan EDTA Sebagai Inhibitor Pada Laju Korosi Logam Tembaga*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rahayu, S.S., 2009. *Utilitas Pabrik*. [Online] Available at: [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-industri/utilitas-pabrik/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/utilitas-pabrik/) [Accessed 21 April 2013]
- Roberge, Piere R.2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York:Mc Graw Hill
- Trethewey, K.R., Chamberlain, J., 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yulianti, N., 2009. *Pengaruh Inhibitor Nikotin Untuk Mengendalikan Korosi Pada Besi*. Skripsi. Pekanbaru: Universitas Riau