

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NaNO_2 SEBAGAI INHIBITOR TERHADAP LAJU KOROSI BESI DALAM MEDIA AIR LAUT

Suratmin Utomo^{1,*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat 10510

*Email: utomosuratmin@yahoo.co.id

Diterima: 6 April 2015

Direvisi: 12 Juni 2015

Disetujui: 1 Juli 2015

ABSTRAK

Inhibitor digunakan untuk menghambat proses korosif terhadap logam oleh karena itu pemakaian bahan inhibitor merupakan upaya mengurangi laju korosif terhadap logam. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari konsentrasi inhibitor yang baik untuk mendapatkan persentase inhibisi terhadap logam besi yang dikontakkan dengan inhibitor larutan NaNO_2 . Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah logam besi karbon rendah sebagai media yang terkorosi dan NaNO_2 bentuk larutan dalam air laut. Metode dalam penelitian ini yaitu, perendaman terhadap logam besi dengan menggunakan larutan inhibitor dalam waktu 10 hari dan dilakukan beberapa kali dengan variabel konsentrasi inhibitor. Setiap hasil percobaan dianalisis untuk mendapatkan nilai persentase inhibisi terhadap logam besi sebagai dari perendaman dengan perubahan konsentrasi larutan inhibitor dalam ppm. Dari beberapa percobaan pada perendaman logam besi dengan larutan inhibitor diperoleh bahwa dengan konsentrasi 5000 ppm menghasilkan persen inhibisi yang baik yaitu sebesar 148,2%. Adapun hubungan antara konsentrasi inhibitor sebagai variabel bebas (x) dengan persentase inhibisi sebagai variabel terikat (y) sebagai berikut: $y = -3E-06x^2 + 0.025x + 102.0$ dengan $R^2 = 0.903$.

Kata kunci: inhibitor, pengaruh konsentrasi, laju korosi, air laut

ABSTRACT

Inhibitors is used to reduce the rate of corrosive process. The purpose of this research is to find a good inhibitor concentration to obtain the percentage of inhibition against the iron metal contacted with a solution of NaNO_2 inhibitor. The sample used in the study was low carbon ferrous metal as a corroded medium and NaNO_2 solution in seawater. Method of this research, is the immersion of the ferrous metal using a solution of inhibitor within 10 days for several times with inhibitor concentrations variable. Each experiment result was analyzed to obtain the value of the percentage inhibition of ferrous metals as of immersion with changes inhibitor concentration in ppm. From several experiments on immersion of ferrous metals with a solution inhibitor, the results showed that the percent concentration of 5000 ppm gave good inhibition percentage equal to 148.2%. The relationship between the concentration of inhibitor as an independent variable (x) by the percentage of inhibition as the dependent variable (y) showed to equation: $y = -3E-06x^2 + 0.025x + 102.0$ with $R^2 = 0.903$.

Keywords: inhibitor, the effect of the concentration, the rate of corrosion, sea water

PENDAHULUAN

Logam pada umumnya mudah mengalami oksidasi sehingga peralatan yang terbuat dari logam akan lebih cepat mengalami korosi (kerusakan). Korosi terjadi sebagai akibat reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungannya yang mengakibatkan

terjadinya penurunan mutu logam tersebut, misalnya logam akan menjadi rapuh, kasar dan mudah hancur. Korosi logam disebabkan oleh uap air, asam, garam dan suhu lingkungan yang tinggi. Air laut mengandung garam akan menyebabkan korosi menjadi lebih cepat, karena memiliki sifat elektrolit yang akan

memberikan suasana yang baik untuk terjadinya reaksi oksidasi-reduksi. Sejalan dengan menurunnya persediaan air tanah, air laut merupakan alternatif yang dapat digunakan oleh industri untuk sistem pendingin bagi industri yang berlokasi di pantai atau sekitar pantai laut, sehingga perlu dicari cara untuk menghambat terjadinya proses korosi logam akibat penggunaan air laut.

Korosi dapat diperlambat lajunya salah satu cara yang dikembangkan yaitu dengan penambahan inhibitor pada lingkungannya merupakan cara penghambatan korosi yang relatif murah dan mudah untuk dilakukan. Pemakaian inhibitor disesuaikan dengan lingkungan dan jenis logam yang digunakan seperti besi, tembaga, aluminium dan seng. Bahan yang memiliki potensial untuk dikembangkan sebagai inhibitor sangat banyak, tetapi di industri masih tetap menggunakan inhibitor sintesis, karena memiliki kemampuan untuk melindungi korosi yang baik dan mudah untuk memperolehnya. Salah satu inhibitor sintetis adalah natrium nitrit (NaNO_2).

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengukur sejauh mana kemampuan inhibisi natrium nitrit sebagai inhibitor terhadap laju korosi pada plat besi dalam lingkungan air laut dengan konsentrasi larutan natrium nitrit.
- Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi NaNO_2 sebagai inhibitor terhadap hasil perolehan persen inhibisi korosi terhadap plat besi.
- Memperoleh kondisi terbaik variasi konsentrasi inhibitor pada plat besi yang terkorosi oleh air laut.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Korosi

Dalam keteknikan korosi atau perkaratan merupakan suatu penyakit yang berdampak pada kerusakan suatu bahan logam. Ada beberapa macam-macam definisi tentang korosi namun secara umum dapat didefinisikan sebagai proses degradasi atau perusakan logam yang terjadi karena reaksi secara elektrokimia dalam mencapai

kesetimbangan secara spontan dengan lingkungannya (Denny Jones, 1992). Lingkungan atau medium yang dimaksud dapat berupa air, udara, larutan asam, dan lain-lain, yang berinteraksi dengan logam adalah faktor utama yang memicu terjadinya korosi. Semua logam menunjukkan kecenderungan untuk mengalami oksidasi, beberapa logam lebih mudah teroksidasi dari logam yang lain. Namun proses korosi dapat diminimalisir dan dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya (Fontana G., 1986).

Menurut Manganon, Pat L., (1999), penyebab korosi antara lain karena:

1) Adanya katoda,

Yaitu suatu material yang mengalami reaksi reduksi karena memiliki potensial yang lebih positif jika diukur dengan perhitungan potensial. Reaksi katodik pada korosi logam antara lain :

- Reduksi oksigen (asam)
 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- Reduksi oksigen (basa)
 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$
- Evolusi hidrogen (asam)
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- Evolusi hydrogen (basa)
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- Deposisi logam: $\text{M}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{M}$
- Reduksi ion logam: $\text{M}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{M}^{2+}$

2) Adanya anoda,

yaitu suatu material yang mengalami reaksi oksidasi dan mengalami kehilangan material

(material loss) karena memiliki potensial yang lebih negative jika diukur dengan penghitungan potensial. Reaksi anodik pada korosi antara lain :

- Korosi logam: $\text{M} \rightarrow \text{M}^{n+} + \text{ne}^-$
- Oksidasi ion ferrous: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$
- Evolusi oksigen
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

3) Media elektrolit (ionic), sebagai media penghantar arus listrik.

4) Adanya arus listrik antara anoda dan katoda.

Korosi pada keramik atau plastik yang disebabkan oleh pelarutan oleh material lainsedangkan korosi pada logam merupakan

fenomena kimia pada bahan-bahan logam yang terjadi pada berbagai macam kondisi lingkungan.

Penyelidikan tentang sistem elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Korosi terbagi dalam beberapa jenis yaitu:

1) *Uniform Corrosion* (korosi merata)

Korosi jenis ini terjadi merata pada seluruh permukaan logam, sehingga terjadi pengurangan ukuran yang relatif besar per satuan waktu. Akibat korosi merata secara langsung berupa kehilangan material konstruksi, keselamatan kerja dan akibat produk korosi berupa bentuk senyawa yang mencemarkan lingkungan sedangkan kerugian tidak langsung, antara lain berupa penurunan kapasitas dan peningkatan biaya perawatan (*preventive maintenance*).



Gambar 1. Korosi Menyeluruh

2) *Concentration Cell Corrosion*

Concentration cell corrosion terjadi jika dua atau lebih area pada permukaan logam kontak akibat suatu larutan dengan konsentrasi yang berbeda beda. Korosi jenis ini dibagi menjadi 3 kelompok yaitu: (i) *metal ion concentration cells* (ii) *oxygen concentration cells* dan (iii) *active-passive cell*

3) *Intergranular Corrosion*

Korosi yang terjadi pada batas-batas kristal (*grain-boundaries*) suatu material dan

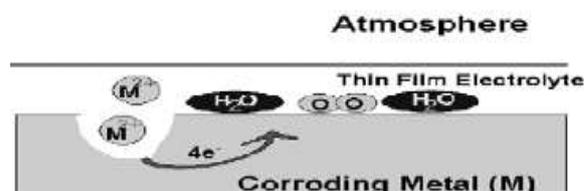
sering terjadi pada bermacam-macam alloy, namun jarang ditemui pada logam murni.



Gambar 2. Korosi Intergranular

4) *Atmospheric corrosion*

Korosi terjadi karena adanya suatu elektrolit. Lapisan tipis elektrolit "tak terlihat" dapat terbentuk pada permukaan sebuah logam dibawah kondisi *atmospheric corrosion* ketika level kristis humidity-nya tercapai. Untuk besi, angka kelembaban kritisnya adalah sekitar 60%. Reaksi sebagai berikut:



Gambar 3. Mekanisme Reaksi Korosi Atmosferik

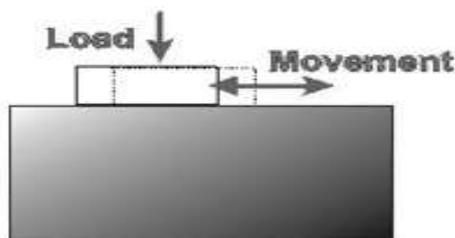
5) *Erosion Corrosion*

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam disebabkan oleh aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan terjadi lapisan film pelindung. Korosi erosi juga dapat terjadi karena efek-efek mekanik yang terjadi pada permukaan logam, misalnya : pengausan, abrasi dan gesekan. Logam yang mengalami korosi erosi akan menimbulkan bagian-bagian yang kasar dan tajam. Korosi ini disebabkan karena terlepasnya sebagian zat di permukaan logam akibat cuaca dan abrasi.

6) *Fretting Corrosion*

Fretting corrosion merupakan suatu korosi pada permukaan yang terkena kontak. Kerusakan ini terjadi di bawah suatu beban

kontak dan pergerakan permukaan yang berulang.



Gambar 4. Korosi Jenis Fretting Corrosion

7) Dealloying

Dealloying atau juga disebut sebagai *selective corrosive* menyerang satu atau lebih unsur pembentuk alloy logam. Sebagai contoh, pada kuningan, unsur penyusunan adalah seng dan tembaga.

8) Formicary Corrosion

Formicary corrosion menyerang tabung/pipa tembaga, ditemukan pada beberapa *heating-coil* dan merupakan salah satu tipe korosi yang paling sulit didiagnosa dan diperbaiki. Pada umumnya membentuk suatu lubang yang membesar dan membentuk suatu terowongan mikroskopik yang berhubungan.

9) Pitting Corrosion – Crevice Corrosion

Pitting corrosion adalah jenis korosi yang sangat terlokalisasi dan menimbulkan lubang pada permukaan logam. Jika material terkena korosi jenis ini, penetrasi yang terjadi akan terus meningkat dan mengacaukan data umur alat (*equipment life*). *Pitting corrosion* dapat terjadi karena variasi dari keadaan lingkungan.



Gambar 5. Korosi Jenis Pitting Corrosion

10. Cavitation Corrosion

Jenis korosi ini sebagai akibat terbentuknya gelembung-gelembung udara

bubbles pada material logam, misalnya pada rumah pompa, dll.

11. Microbiological Corrosion

Adalah korosi yang terjadi akibat mikroba. Mikroba-mikroba yang dapat menyebabkan korosi antara lain adalah kelompok algae, zoogloea sp., bakteri pengoksidasi besi, dan lain-lain.

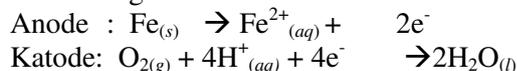
12. Galvanic Corrosion

Korosi galvanik terjadi apabila dua logam yang berbeda dihubungkan dan berada di lingkungan korosif saat terjadi kontak atau terdapat secara listrik kedua logam yang berbeda potensial tersebut akan menimbulkan aliran elektron/listrik diantara kedua logam. Sehingga salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sedangkan logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih tinggi. Contoh korosi galvanik, misalnya pada seng terjadi akibat perbedaan potensial local yang dimilikinya. Perbedaan potensial tersebut dapat berasal dari fasa-fasa, batas-batas butir, impurity dan bagian-bagian lain. Dengan demikian akan terbentuk suatu anoda dan katoda lokal pada permukaan logam tersebut. Selanjutnya terjadi aliran elektron dari anoda ke katoda yang dimiliki oleh oksidasi dari anoda lokal. Pada keadaan tertentu, misalnya seng tercelup dalam larutan asam klorida pekat, Zn akan terkorosi maka terus sampai habis. Korosi galvanik dipengaruhi antara lain oleh lingkungan, jarak, dan area/luas. (J. Chamberlain dan K.R. Trethewey, 1991)

2. Faktor Korosi

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan dan lingkungan. *Factor bahan* meliputi: kemurnian, struktur, bentuk Kristal dan unsur-unsur kelumit dalam bahan serta teknik pencampuran bahan. Besi karbon rendah adalah besi dengan kadar karbon sekitar 0,05-1%. Penambahan elemen paduan pada baja (besi karbon) rendah seperti Cu, Ni dan Cr dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Sedangkan penambahan unsur seperti Si, Ti, S, Se, dan C akan menurunkan ketahanan korosi. Besi yang mengalami korosi

membentuk karat dengan rumus Fe₂O₃ .xH₂O. Pada proses pengamatan, besi (Fe) bertindak sebagai pereduksi dan oksigen (O₂) yang terlarut dalam air bertindak sebagai pengoksidasi. Persamaan reaksi pembentukan karat sebagai berikut:



Karat tersebut dapat mempercepat proses pengamatan berikutnya. Oleh sebab itu, karat disebut juga dengan *autokatalis*. Mekanisme terjadinya korosi adalah logam besi yang letaknya jauh dari permukaan kontak dengan udara akan dioksidasi oleh ion Fe²⁺. Ion ini larut dalam tetesan air. Tempat terjadinya reaksi oksidasi di salah satu ujung tetesan air ini disebut anode. Elektron yang terbentuk bergerak dari anode ke katode melalui logam dan elektron ini selanjutnya mereduksi oksigen dari udara dan menghasilkan air. Ujung tetesan air tempat terjadinya reaksi reduksi ini disebut katode. Sebagian oksigen dari udara larut dalam tetesan air dan mengoksidasi Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ yang membentuk karat besi (Fe₂O₃.H₂O). Besi atau logam yang berkarat bersifat rapuh, mudah larut, dan bercampur dengan logam lain, serta bersifat racun. Hal ini tentu berbahaya jika digunakan sebagai konstruksi dan peralatan mekanik serta peralatan industri obat dan makanan. Oleh sebab itu untuk peralatan tersebut biasanya digunakan stainless yang antikorosi.

Faktor lingkungan, meliputi: keberadaan gas terlarut, temperatur, kelembaban, keberadaan zat kimia yang bersifat korosif, dan sebagainya. Bahan-bahan penyebab korosi adalah asam, basa, dan garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik.

Lingkungan air laut merupakan salah satu lingkungan dengan tingkat korosivitas tinggi, disebabkan oleh kandungan yang terdapat dalam air laut, seperti:

Tabel 1. Kandungan zat di dalam air laut

Constituent	Water of Salinity 3,5 %	Cation (%)	Anion (%)
Chloride	19,353	Na ⁺ (1,056)	Cl ⁻ (1,898)
Sodium	10,76	Mg ²⁺ (0,127)	SO ⁴⁻ (0,265)

Sulphate	2,712	K ⁺ (0,038)	Br ⁻ (0,0065)
Magnesium	1,294	Sr ²⁺ (0,001)	F ⁻ (0,0001)
Calcium	0,413	Total : 1,262	
Potassium	0,387		
Bicarbonate	0,142		
Bromide	0,067		
Strontium	0,008		
Boron	0,004		
Fluoride	0,001		

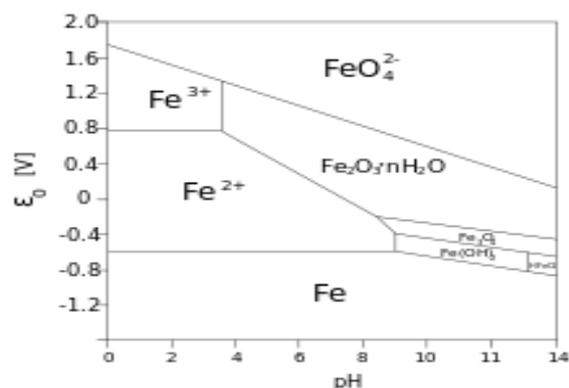
Sumber: Scumacher, M. "Seawater Corrosion Handbook, Noyes Data Corp. New York. 1999.

Air laut mengandung magnesium, potasium, kalsium sulfat, dan sodium. Air laut memiliki khasiat yang baik bagi tubuh dan kecantikan kulit. Saat berendam dalam air laut, ion dan mineral yang terkandung di dalamnya memiliki manfaat, di antaranya: Melancarkan sirkulasi darah, memperkuat otot jantung, melancarkan sistem pernapasan, meningkatkan produksi sel darah merah, menyehatkan dan menutrisi kulit tubuh sehingga lebih bercahaya. Karena itulah, mulai dikenal terapi air laut yang disebut thalassotherapy, yang merangkum semua manfaat air laut dalam bentuk relaksasi, revitalisasi tubuh, sekaligus peremajaan kulit.

Air laut juga mengandung Nigarin adalah ekstrak air laut yang mengandung mineral mikro yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Memiliki kandungan lebih dari 80 jenis mineral, termasuk Magnesium, Kalium, Besi, Kalsium, Boron, Selenium & Zinc. Merupakan cairan isotonis yang dapat membantu menjaga keseimbangan reaksi metabolisme di dalam tubuh. Sari air laut alias nigari memang multikhasiat. Selain menyehatkan jantung, ia juga memiliki khasiat lain. Sifat kimia, fisika dan biologi air laut mempengaruhi laju korosi. **Sifat kimia**, ditunjukkan karena adanya bahan kimia dalam badan air laut seperti asam, adanya anion penyebab korosif dan gas.

- Derajat keasaman (pH).

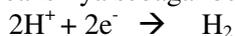
Merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju korosi dari suatu besi. Hubungan antara nilai pH terhadap ditunjukkan pada diagram Pourbaix berikut.



Gambar 6. Diagram Pourbaix Fe pada 25°C
 (*Corrosion Mechanisms in Theory and Practice Handbook*)

Diagram Pourbaix adalah diagram yang menggambarkan keadaan suatu bahan dengan potensial tertentu dalam derajat keasaman (pH) tertentu. Kegunaan diagram Pourbaix terutama adalah untuk memperkirakan arah reaksi spontan, komposisi produk korosi, dan perubahan lingkungan yang akan mencegah atau menurunkan laju serangan korosi.

Dari gambar di atas terlihat bahwa ada dua faktor penting yang mempengaruhi proses korosi pada besi yaitu pH dan potensial (volt). Terlihat bahwa semakin rendah pH (pH <4), maka kemungkinan logam tersebut untuk terkorosi semakin besar, karena daerah logam terurai menjadi ion logam yang berada pada lingkungan asam. Pada daerah asam, deposit besi oksida terlarut, pH akan menurun ketika besi kontak langsung dengan larutan. Larutan yang lebih asam dengan pH < 4 (ada oksigen terlarut), oksida akan terlarut dan laju korosi akan meningkat, mengarah pada reduksi H⁺, reaksinya sebagai berikut :



Kekurangan deposit di permukaan metal dapat meningkatkan akses pelarutan oksigen, sehingga menyebabkan laju korosi besi meningkat. Pelarutan oksigen merupakan reaksi reduksi katodik dalam asam dengan penambahan oksigen terlarut berdasarkan reaksi :



Daerah pH 4-10, laju korosi baja tidak tergantung dari pH, namun tergantung dari cepat lambatnya difusi oksigen ke permukaan logam. Sedangkan pada pH di atas 10, laju korsi akan berkurang sebab besi membentuk lapisan pasif di permukaannya (Fontana G, 1986).

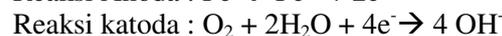
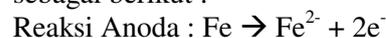
Anion penyebab korosi diantaranya Cl⁻, CO₃²⁻ dan SO₄²⁻.

Klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan *stainless steel*. Padatan ini menyebabkan terjadinya pitting, crevice corrosion, dan juga menyebabkan pecahnya alloys. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktiviti larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi. Pada media korosif HCl, beberapa jenis korosi logam yang dapat timbul antara lain:

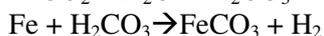
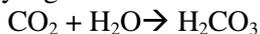
- Korosi seragam, ditandai dengan reaksi elektrokimia (dengan HCl) yang merata di sepanjang permukaan logam sehingga permukaan terkikis dan logam menjadi tipis.
- Korosi *pitting*, yaitu serangan korosi terlokalisasi yang menghasilkan *pit* (daerah tertentu).
- Hydrogen damage*, yang dapat terjadi akibat difusi atom hidrogen ke batas butir logam dan dapat mengakibatkan *hydrogen blistering*, *hydrogeninduce cracking*, dan mengurangi keuletan ditinjau dari aspek metalurgi.

Ion Karbonat (CO₃²⁻) sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan metal, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah kerak. Sedangkan ion sulfat (SO₄²⁻) biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif. (ASTM Handbook vol. 13A, 2003).

Adapun gas-gas penyebab korosi diantaranya oksigen dan karbon dioksida. Dalam air biasanya terlarut oksigen 25 – 45 ppm dna adanya oksigen yang terlarut dalam akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Secara umum reaksi korosi pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut :



Selain oksigen, karbondioksida (CO_2) juga mudah larut dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



FeCO_3 merupakan produk korosi yang dikenal sebagai *sweet corrosion*.

(ASTM Handbook vol. 13A, 2003).

Sifat fisika, yang mempengaruhi korosi meliputi tempera dan kecepatan aliran fluida. Peningkatan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi.

Sifat biologis, adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

3. Pencegahan korosi

Secara umum terdapat 4 metode dasar untuk pencegahan korosi (Roberge, Pierre R., 2000), yaitu :

1) Pemilihan material dan desain (*material selection and design*)

Dengan melakukan pemilihan material yang sesuai dengan keadaan lingkungan kerja sehingga proses korosi dapat meminimalisir. Selain itu pemilihan desain-desain yang sesuai dengan aplikasi dilapangan.

2) Pelapisan (*Coating*)

Pencegahan dengan menutup permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungannya, sehingga proses korosi dapat diminimalisir.

3) Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi korosi dengan proses melindungi anodanya dengan cara memperlakukannya sebagai katoda. Proteksi ini meliputi metode anoda korban dan pemberian arus searah (DC).

4) Inhibitor

Inhibitor adalah proses pengendalian korosi dengan penambahan zat kimia baik secara kontinu maupun periodik pada elektrolitnya sehingga akan mengubah lingkungan kerja menjadi tidak korosif.

4. Inhibitor

Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu dapat menurunkan laju korosi terhadap suatu logam. Mekanisme kerja inhibitor dapat digambarkan sebagai berikut (Dalimunthe, Indra Surya, 2004) : inhibitor mula-mula membentuk lapisan tipis pada permukaan logam dan oleh karena pengaruh lingkungan (missal pH) membentuk karat dan merupakan lapisan pasif di permukaan logam sehingga melindungi logam di bawah lapisan. Dengan demikian inhibitor akan memperlambat korosi dengan cara antara lain:

- Meningkatkan sifat polarisasi katodik dan anodik material
- Mereduksi pergerakan atau difusi ion ke permukaan logam
- Meningkatkan tahanan listrik pada permukaan logam

Ada beberapa jenis inhoibitor Jenis-jenis Inhibitor

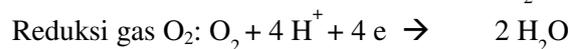
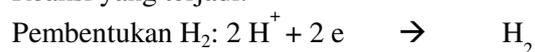
a. Inhibitor Anodik

Inhibitor jenis ini bekerja dengan mengubah sifat permukaan logam menjadi pasif. Cara kerja inhibitor ini ada dua cara yaitu (1) membentuk perlindungan tanpa membutuhkan oksigen dan inhibitor ini berbasis nitrat, nitrit dan kromat dan (2) membentuk perlindungan dengan membutuhkan oksigen dan berbasis posfat (PO_4^{-3}), tungstat (WO_4^{-2}) dan molibdat (MoO_4^{-2}). Inhibitor jenis ini biasa digunakan pada recirculation-cooling systems, rectifier dan cooling tower.

b. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik bekerja dengan menghambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedasi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk melindungi logam tersebut.

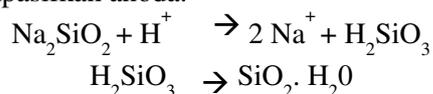
Reaksi yang terjadi:



Karena bagi suatu sel korosi terjadi reaksi reduksi dan reaksi oksidasi dengan kecepatan yang sama, maka apabila reaksi reduksi (pada katoda) dihambat akan menghambat pula reaksi oksidasi (pada anoda). Inilah yang

menjadi pedoman pertama di dalam usaha menghambat korosi logam dalam medium air atau medium asam.

c. Inhibitor Ohmik dan Inhibitor Pengendapan
Jenis inhibitor pengendapan yang banyak digunakan adalah natrium silikat dan berbagai senyawa fosfat yang pada umumnya baik digunakan untuk melindungi baja keduanya cukup efektif bila kondisi pH mendekati 7 dengan kadar Cl^- yang rendah. Dalam hal ini natrium silikat bertindak sebagai inhibitor mempasifkan anoda.



Asam silikat akan nampak sebagai larutan koloid.

d. Inhibitor Organik

Inhibitor organik bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap akibat adsorpsi pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang bersifat hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam tersebut dengan lingkungannya dan dapat menetralkan konstituen korosif dan mengabsorpsi konstituen korosif tersebut. Bila ditambahkan dengan konsentrasi yang tepat, inhibitor dapat melindungi seluruh permukaan logam.

e. Inhibitor Presipitasi

Inhibitor presipitasi bekerja dengan membentuk presipitasi di seluruh permukaan suatu logam. Contoh yang umum dalam inhibitor ini adalah silikat dan fosfat. Namun, pemakaiannya sangat dipengaruhi oleh pH dan saturation index. Selain itu fosfat membutuhkan oksigen untuk meningkatkan efektivitas kerjanya. Silikat dan fosfat sangat berguna pada sistem lingkungan dimana aditif tidak beracun.

f. Inhibitor mudah menguap

Inhibitor jenis ini bekerja pada ruangan tertutup dengan cara meniupkan dari penguapan menuju ke lingkungan yang korosif. Inhibitor ini setelah menyentuh permukaan logam yang akan dilindungi akan terkondensasi menjadi garamnya dan memberikan ion yang bisa melindungi logam dari korosi. Untuk perlindungan yang cepat diperlukan inhibitor yang kemampuan uapnya

tinggi. Namun untuk perlindungan yang lebih lambat namun untuk jangka panjang dibutuhkan inhibitor yang mampu uapnya rendah.

(R. Rosliza, WB. Wan Nik, 2009).

5. Faktor yang mempengaruhi inhibisi dari inhibitor

Untuk mendapatkan hasil dari persentase inhibisi dengan menggunakan salah satu jenis inhibitor, dipengaruhi oleh waktu perendaman dan konsentrasi inhibitor

(1) Pengaruh waktu Perendaman Besi

Waktu perendaman logam dalam inhibitor merupakan proses pembentukan lapisan inhibitor (inhibisi) pada permukaan besi (logam). Waktu perendaman yang lama akan memberikan persentase inhibisi yang lebih baik dibandingkan dengan waktu yang cepat. Persentase yang dimaksud adalah persentase permukaan dengan ketebalan lapisan tertentu.

(2) Pengaruh konsentrasi inhibitor.

Hubungan antara konsentrasi inhibitor dengan persentase inhibisi dianalogkan dengan hasil reaksi:



kecepatan reaksi, $V = k(A)^m(B)^n$

Dari persamaan di atas nampak bahwa jika nilai konsentrasi reaktan (A) dan (B) besar, maka nilai V juga besar sebanding dengan reaktan. Demikian pula persentase inhibisi akan akan meningkat sebanding dengan konsentrasi inhibitor karena jika konsentrasi inhibitor tinggi maka kecepatan inhibisi meningkat dan menghasilkan persentase inhibisi semakin tinggi. Dengan demikian dapat diduga bahwa: “makin tinggi besar konsentrasi inhibitor maka makin besar persentase pelapisan permukaan logam sehingga logam makin tahan terhadap korosi”.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan utama proses adalah besi, air laut, bertindak sebagai media korosi, Natrium Nitrit ($NaNO_2$) sebagai inhibitor dan bahan pendukung : Aquadest, HCl pekat, dan acetone. Peralatan yang digunakan gelas ukur dan desikator serta alat-alat pendukung analisa.

Cara kerja, mula-mula plat besi dengan dicuci dan timbang untuk mendapatkan berat awal kemudian direndam dalam larutan inhibitor dalam air laut dengan variabel konsentrasi inhibitor selama 10 hari (proses korosi). Setelah selesai masa

perendaman, plat besi dibersihkan dan dikeringkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat setelah besi mengalami krosi. Laju korosi (CR) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$CR = \frac{W_o - W_f}{A \times t}$$

Dimana :

W_o = berat awal besi (mg)

W_f = berat akhir besi (mg)

A = luas permukaan yang terkorosi (cm²)

t = waktu (hari)

Efisiensi inhibisi

(%E) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\%E = \frac{CR_o - CR_i}{CR_o} \times 100\%$$

Dimana :

%E = Persen inhibisi (%), menunjukkan seberapa besar larutan NaNO₂ menghambat laju korosi

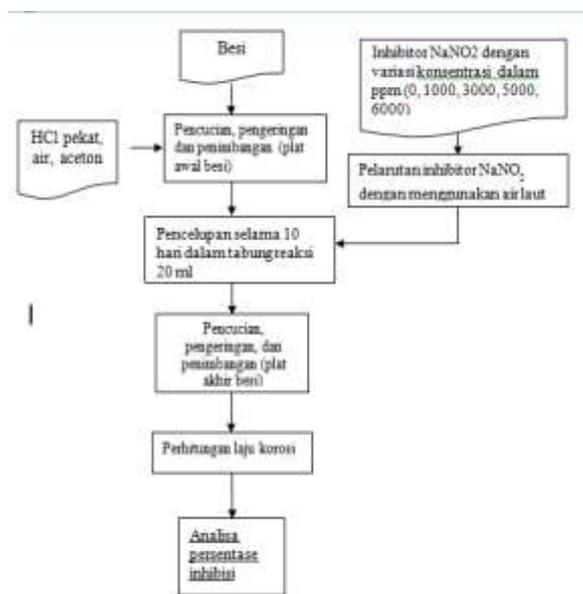
CR_o = Laju korosi tanpa inhibitor (mg/cm².hari)

CR_i = Laju korosi dengan inhibitor (mg/cm².hari)

Tabel 2. Hasil laju korosi besi dari proses korosi tanpa inhibitor dengan media air laut 10 ml, dengan waktu 5, 10, dan 15 hari.

Konsentrasi Natrium Nitrit (ppm)	Waktu, t (hari)	CR _o (gr/cm ² .hari)
0	5	0.0526
	10	0.0420
	15	0.0507

Dari tabel di atas memperlihatkan bahwa waktu 10 hari memberikan laju korosi paling lambat diantara waktu 5 hari dan 15 hari. Dengan demikian percobaan dengan variabel konsentrasi inhibitor dilakukan dengan waktu 10hari.



Gambar 7. Blok diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencari waktu terbaik perendaman dilakukan percobaan dengan menggunakan air laut tanpa inhibitor.

Tabel 3. Perhitungan hasil laju korosi besi (CR_1), efisiensi inhibitor (%E) dengan $CR_0 = 0,0420$ dan variabel konsentrasi inhibitor $NaNO_2$

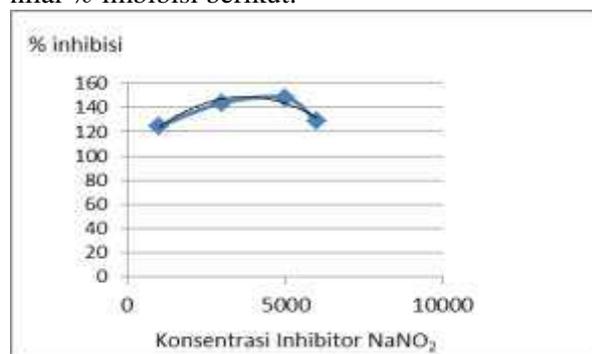
Kons. Natrium Nitrit (ppm)	Waktu, t (hari)	Bobot awal (mg)	Bobot akhir (mg)	Selisih (mg)	A (cm^2)	CR_1 (mg/cm^2 hari)	CR_0 (mg/cm^2 hari)	%E	%E Rata-rata
1000	10,1	54544,0	54545,5	-1,5	19,9	-0,0075	0,0420	117,9%	124,8%
	10,2	55094,8	55100,1	-5,3	25,6	-0,0207	0,0420	149,3%	
	10,3	56640,2	56641,0	-0,8	27	-0,0030	0,0420	107,1%	
3000	10,1	55894,3	55900,8	-6,5	26	-0,0250	0,0420	159,5%	144,2%
	10,2	55029,3	55034,1	-4,8	25,8	-0,0186	0,0420	144,3%	
	10,3	57896,8	57900,0	-3,2	26,4	-0,0121	0,0420	128,9%	
5000	10,1	57213,9	57220,1	-6,2	25,8	-0,0240	0,0420	157,2%	148,2%
	10,2	55326,5	55332,0	-5,5	25,4	-0,0217	0,0420	151,6%	
	10,3	54983,0	54986,8	-3,8	25,3	-0,0150	0,0420	135,8%	
6000	10,1	54533,1	54537,8	-4,7	25,6	-0,0184	0,0420	143,7%	129,2%
	10,2	52926,5	52931,5	-5,0	24,4	-0,0205	0,0420	148,8%	
	10,3	54191,5	54191,0	0,5	24,6	0,0020	0,0420	95,2%	

Dari Tabel 3, data disederhanakan menjadi data variable konsentrasi dan efisiensi sebagaimana tabel berikut.

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi inhibitor $NaNO_2$ terhadap laju korosi dengan media air laut, 10 ml larutan, dengan waktu 10 hari.

Konsentrasi Natrium Nitrit (ppm)	CR_0 (gr/cm^2 .hari)	CR_1 (gr/cm^2 .hari)	% Inhibisi
1000	0.0420	-0.0104	124.8
3000	0.0420	-0.0186	144.2
5000	0.0420	-0.0202	148.2
6000	0.0420	-0.0123	129.2

Dari Tabel 4 dapat dibuat plot hubungan antara pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap nilai % inhibisi berikut.



Gambar 8. Hubungan antara konsentrasi $NaNO_2$ dengan % inhibisi

Dari grafik di atas diketahui bahwa variasi konsentrasi $NaNO_2$ yang bertindak sebagai inhibitor proses korosi dalam air laut dapat mempengaruhi hasil persentase inhibisi dari besi yang terkorosi. Persentase inhibisi menunjukkan kenaikan pada konsentrasi 3000 ppm dengan persentase sebesar 144.2%, peningkatan persentase inhibisi tertinggi terjadi pada penambahan konsentrasi 5000 ppm dengan inhibisi sebesar 148.2%, yang kemudian mengalami penurunan pada konsentrasi 6000 ppm dengan persentase inhibisi 129.2%. Dari hasil tersebut belum didapatkan konsentrasi dan hasil persentase inhibisi yang optimum, namun hasil penelitian ini mendapatkan hasil konsentrasi yang terbaik untuk inhibitor $NaNO_2$ adalah sebesar 5000 ppm dengan persentase inhibisi sebesar 148.2%.

Pengaruh variabel konsentrasi (x) terhadap % inhibisi dinyatakan dengan persamaan:

$y = -3 \times 10^{-6} x^2 + 0.0252x + 102.06$ dengan $R^2 = 0.9035$. Dari fenomena ini nampak bahwa pada konsentrasi larutan inhibitor 5000 ppm memberikan % inhibisi terbaik 148%, hal dimungkinkan pada konsentrasi 5000 ppm inhibitor membentuk lapisan tipis pada permukaan besi selama waktu perendaman 10 hari dan ketika konsentrasi dinaikkan akan terjadi reaksi penguraian kembali terhadap lapisan inhibitor karena melewati kejenuhan pada lapisan inhibitor.



Gambar 9. Sampel logam besi

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Laju korosi logam besi dalam air laut tanpa inhibitor rata-rata adalah $0,0420 \text{ mg cm}^{-2}\text{hari}^{-1}$ tetapi dengan memberikan inhibitor ke dalam air laut (sampel) laju korosi bias dihambat menjadi $-0.0202 \text{ mg cm}^{-2}\text{hari}^{-1}$.
- Inhibitor Natrium nitrit mampu menahan laju korosi dengan dengan % inhibisi 148,2% terhadap air laut dengan konsentrasi 5000 ppm, dengan waktu percobaan perendaman 10 hari.

Saran

Penelitian hanya mencoba pengaruh laju korosi logam besi dengan satu variabel sedangkan variabel-variabel lain seperti temperature, sampel air laut dan sangat dimungkinkan dengan menggunakan logam lain seperti tembaga atau logam paduan. Dengan demikian maka perlu adanya penelitian lanjutan sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Widharto, Sri, *Karat dan Pencegahannya*, Pradnya Paramita, Jakarta 1999.
- Jones, Denny, *Principles and Prevention of Corrosion*, MacMillan Publishing Company, New York 1922
- Marcus, Philippe, *Corrosion Mechanisms in Theory and Practice*, Marcel Dekker Inc., Paris 2002.
- Fontana, G, *Corrosion Engineering*, McGraw-Hill Book Company, New York 1986
- Dalimunthe, Indra Surya, *Kimia dari Inhibitor Korosi*, Prodi Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, 2004
- J. Chamberlain and K.R. Trethewey, *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1991.

Scumacher, M., *Seawater Corrosion Handbook*, Noyes Data Corp, New York 1999.

Manganon, Pat L., *The Principles of Material Selection for Engineering Design*, Prentice Hall, Florida 1999.

Revie, R. Winston, *Uhlig's Corrosion Handbook 2nd ed*, John Willey & Sons Inc., New York 2000.

Zuas, Oman, *Inhibisi Korosi besi dengan inhibitor Natrium Nitrit dalam air laut pengaruh konsentrasi dan pH*, Jurnal Widyariset, Vol. 4 tahun 2000.

Laque, Francis L., *Marine Corrosion*, John Willey & Sons Inc. Kanada 1975.

ASTM Handbook, *Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection*, Vol. 3, USA: ASTM International 2003.

ASTM International, *ASTM G31-72: Standar Practice for Laboratory Immersion Corrosion of Metals*, USA 2004.

Roberge, Piere R, *Handbook of Corrosion Engineering*, McGraw-Hill, New York 2000.