

**STUDI KOMPARASI *INHIBITOR* KROMAT (CrO<sub>4</sub>), MOLYBDAT (MoO<sub>4</sub>)  
DAN NITRAT (NO<sub>3</sub>) TERHADAP LAJU KOROSI MATERIAL PESAWAT  
AA 7050 DALAM MEDIA NaCl 3,5 %**

**Muhammad Zuchry M<sup>1</sup>, Mochammad Noer Ilman<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Univ Tadulako Palu -Mahasiswa S2 Teknik Mesin dan Industri - UGM Yogyakarta

<sup>2</sup>Staff pengajar -Teknik Mesin dan Industri - UGM Yogyakarta

**Keywords :**

*Aluminum alloy 7050*  
*NaCl 3.5%*  
*corrosion inhibitors*  
*CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*  
*MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*  
*NO<sub>3</sub><sup>2-</sup>*

**Abstract :**

*Aluminum alloy AA 7050 is one of the 7xxx series aluminium alloys and it is widely used as materials for aircraft structures because aluminum is a light metal, which advantages of the relatively high strength and good damage tolerance and this is a good resistance to corrosion. However, AA 7050 is suffered from corrosion when is operated in corrosive environments, such as moist air, acid or saline solution. One of the efforts made to control the rate of corrosion is the use of inhibitors. This research aims to study the effect of chromate inhibitor (CrO<sub>4</sub>), molybdat (MoO<sub>4</sub>) and nitrate (NO<sub>3</sub>) on corrosion rates of the material plane AA 7050 in 3.5% NaCl solution.*

*Three inhibitors were studied namely chromate (CrO<sub>4</sub>), molybdat (MoO<sub>4</sub>) and nitrate (NO<sub>3</sub>) as an inhibitor is added in a solution of NaCl 3.5% with a various concentration of 0,1%; 0.3%; 0.5%; and 0.7%. Measurement of corrosion rate using potentiodynamic polarization methods (Tafel plot). As supporting data to test the composition, microstructure test, Vickers hardness test and tensile test.*

*Results show that the corrosion rate of AA 7050 3.5% NaCl solution without the inhibitor in 0,035 mpy. The addition of inhibitor chromate tends to reduce the corrosion rate and among the three inhibitors studied, chromate is the most effective to reduce rate of corrosion and the optimum concentration is reached at a concentration of 0.7 % CrO<sub>4</sub> with minimum corrosion rate of 0,0018 mpy.*

**1. PENDAHULUAN**

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* yang paling banyak digunakan didunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton (ASM International, 1990). Aluminium memiliki kombinasi sifat yang menarik, seperti kerapatan (*density*) rendah (2,689 gr/cm<sup>3</sup>), ringan, kekuatan tarik relatif tinggi, mudah difabrikasi, temperatur lebur yang relatif rendah (650-750 ) °C, dan ketahanan terhadap korosi yang cukup baik (ASM International,1993), sehingga aluminium paduan (*aluminium alloy*) digunakan pada konstruksi pesawat terbang.

Aluminium paduan 7050 merupakan paduan dengan Al (87,3-90,3)%, Mg (1,9-2,6)% dan Zn (5,7-6,7) % digunakan pada *riblet* yang terletak pada bagian sayap (Grefiadi blogspot.com, 2009), dimana akibat bekerja pada kondisi lingkungan atmosfir (hujan) dan lingkungan garam (air laut) memungkinkan akan mengalami korosi.

Korosi pada aluminium ini bisa berakibat pada kebocoran pada material tanpa diketahui sebelumnya, yang artinya fatal jika terjadi pada material industri yang membutuhkan kepresisian tinggi sehingga perlu perlakuan khusus untuk melakukan pencegahan.

Menurut Davis (2000), salah satu cara yang biasanya digunakan untuk melindungi logam dari korosi diantaranya adalah dengan penggunaan *inhibitor*. *Inhibitor* ditambahkan pada permukaan logam agar mengurangi reaksi antar muka logam dengan lingkungan. Penurunan laju korosi karena berkurangnya daerah anodik, hal ini terjadi akibat terbentuk nyalapi sanpasif yang menghambat laju pertukaran ion-ion pada logam.

*Inhibitor* korosi merupakan bahan organik maupun organik yang dapat menghambat laju serangan korosi terhadap suatu logam. *Inhibitor* organik biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan/film, melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan/film hidrofobik pada permukaan logam (Roberge, 2000).

Performa *inhibitor* korosi diukur melalui efesiensinya (E) dari sistem yang ditinjau dan dirumuskan sebagai berikut (Roberge, 2008):

$$E = \frac{i_o - i_{inh}}{i_o} \times 100\% \tag{1}$$

Dengan  $i_0$  dan  $i_{inh}$  masing-masing laju korosi tanpa dan dengan *inhibitor*. Aballe A, dkk (2001) meneliti penambahan *inhibitor*  $CeCl_3$  dan  $LaCl_3$  dalam larutan  $NaCl$  3,5% pada AA 5083 menggunakan metode *electrochemical* dan perendaman menghasilkan bahwa penggabungan kedua *inhibitor* tersebut pada konsentrasi 250 ppm menurunkan laju korosi dengan hambatan sebesar 119,67 K . Helal dan Badawy (2011) melakukan penelitian inhibisi korosi paduan Mg-Al-Zn menggunakan asam amino sebagai *inhibitor* korosi. Mereka telah menghitung laju korosi dalam tanpa dan penambahan *inhibitor* korosi menggunakan metode polarisasi dan *electrochemical impedansi spectroscopy* (EIS). Diperoleh bahwa *Phenylalanin* memiliki efisiensi inhibisi hingga 93% pada konsentrasi  $2 \times 10^{-3}$  mol  $dm^{-3}$ . Energi bebas dari proses adsorpsi menunjukkan adanya adsorpsi fisik molekul *inhibitor* pada permukaan paduan. Li, dkk (2011) meneliti *inhibitorsodium molybdat* ( $Na_2MoO_4$ ) pada aluminium dalam larutan  $H_3PO_4$  menggunakan metode kehilangan berat, polarisasi potensio dinamik dan EIS. Hasilnya menunjukkan bahwa  $Na_2MoO_4$  merupakan *inhibitor* yang baik dengan efisiensi *inhibitor* untuk metode kehilangan berat mencapai maximum 91.2% pada 20 mM, metode potensio dinamik efisiensi *inhibitor* maksimum pada 20 mM sebesar 85,7% dan metode EIS efisiensi *inhibitor* maksimum pada 20 mM sebesar 83,8%. Wibowo dan Ilman (2011) meneliti jenis *inhibitor* kalium kromat ( $K_2CrO_4$ ) yang ditambahkan di media air laut dengan variasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5%. Hasilnya menunjukkan bahwa laju korosi Al 2024-T3 di media air laut tanpa *inhibitor* sebesar 0,0216 mm/tahun. Penambahan ( $K_2CrO_4$ ) cenderung menurunkan laju korosi dan konsentrasi optimum tercapai pada 0,5%  $K_2CrO_4$  ditandai dengan laju korosi minimum sebesar 0,0134 mm/tahun atau terjadi penurunan laju korosi 38%. Bentuk korosi yang terjadi berupa korosi sumuran (*pitting corrosion*) yang disebabkan rusaknya selaput pasif. Pada kasus ini *inhibitor* berfungsi menutup selaput pasif yang rusak tersebut sehingga dapat menghambat laju korosi.

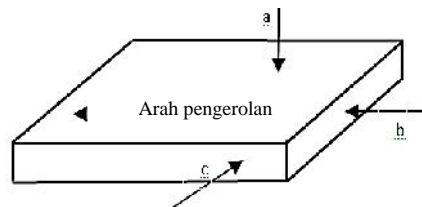
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah AA 7050. Untuk konfirmasi jenis dan spesifikasi material, dilakukan uji komposisi menggunakan spektrometer.

### 2.2 Karakterisasi mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik yang dilakukan pada tiga bidang seperti Gambar 2.1 yaitu : (a) permukaan, (b) melintang, dan (c) membujur. Persiapan spesimen terlebih dahulu dipoles kemudian dietsa dengan *Keller's reagent* (1 ml HF + 1,5 ml HCl + 2,5 ml  $HNO_3$  dan 95 ml  $H_2O$ ) selama 10 – 20 detik



Gambar 2.1. Posisi spesimen uji struktur mikro dan kekerasan; a. Permukaan; b. Melintang; c. Membujur

### 2.3 Pengujian kekerasan

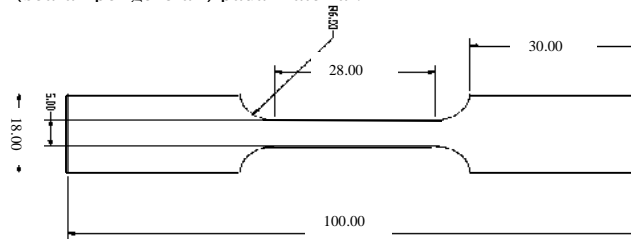
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan aluminium paduan AA7050 menggunakan *Buehler microhardenes stester* dengan metode *Vickers* dengan beban 249 N, dan posisi pengujian seperti Gambar 1. Untuk menghitung kekerasan *Vickers* menggunakan rumus :

$$VHN = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2)$$

Dengan VHN : angka kekerasan Vickers ( $kg/mm^2$ ), P : beban (kg), dan d : diagonal injakan rata-rata (mm).

### 2.4 Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan material awal menahan beban, sehingga diperoleh tentang sifat mekanis diantaranya : batas elastis, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik. Spesimen dibuat berdasarkan ASTM E8M (Gambar 2.2). Uji tarik menggunakan mesin uji tarik *Selvopulser* dilakukan pada arah melintang dan membujur (searah pengerolan) pada material.



Gambar 2.2. Spesimen uji tarik (ASTM E8M)

### 2.5 Pengujian korosi

Metode Polarisasi Potensiodinamik

Uji elektrokimia dilakukan menggunakan polarisasi potensio dinamik menggunakan sel potensial tiga elektroda dengan elektroda kalomel ( $Hg_2Cl_2$ ) jenuh atau *saturated calomel electrode* (SCE) sebagai elektroda baku, sementara elektroda bantu digunakan Platina (Pt) seperti Gambar 3. Uji korosi dilakukan dalam media NaCl 3,5 % ditambahkan *inhibitor*  $Na_2CrO_4$ ,  $Na_2MoO_4$ ,  $NaNO_3$  dengan konsentrasi 0,1%; 0,3%; 0,5%; dan 0,7%. Untuk menghitung laju korosi ( $r$ ) dalam *mpy* menggunakan rumus

$$r = 0,129 \frac{(EW)i_{corr}}{D} \quad (3)$$

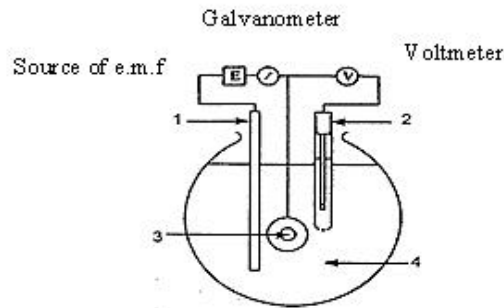
Dengan  $i_{corr}$  : rapat arus korosi ( $\mu A/cm^2$ ),  $D$ : berat jenis ( $gr/cm^3$ ) dan  $EW$  : berat ekuivalen yang ditentukan dengan persamaan (Jones,1992) :

$$EW = (N_{eq})^{-1} \quad (4)$$

$N_{eq}$  adalah bilangan ekuivalen (*The number of equivalent*) yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan

$$N_{eq} = \sum \left[ \frac{S_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[ \frac{S_i \cdot n_i}{a_i} \right] \quad (5)$$

Dengan  $S_i$  ,  $a_i$  ,  $n_i$ , masing-masing adalah fraksi berat, massa atom unsur, jumlah elektron (valensi)



Keterangan Gambar

1. Counter (auxiliary) electrode
2. Saturated Calomel reference electrode
3. Working electrode
4. Electrolyte

Gambar 2.3. Instrumen pengujian untuk polarisasi sel potensial tiga elektroda

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

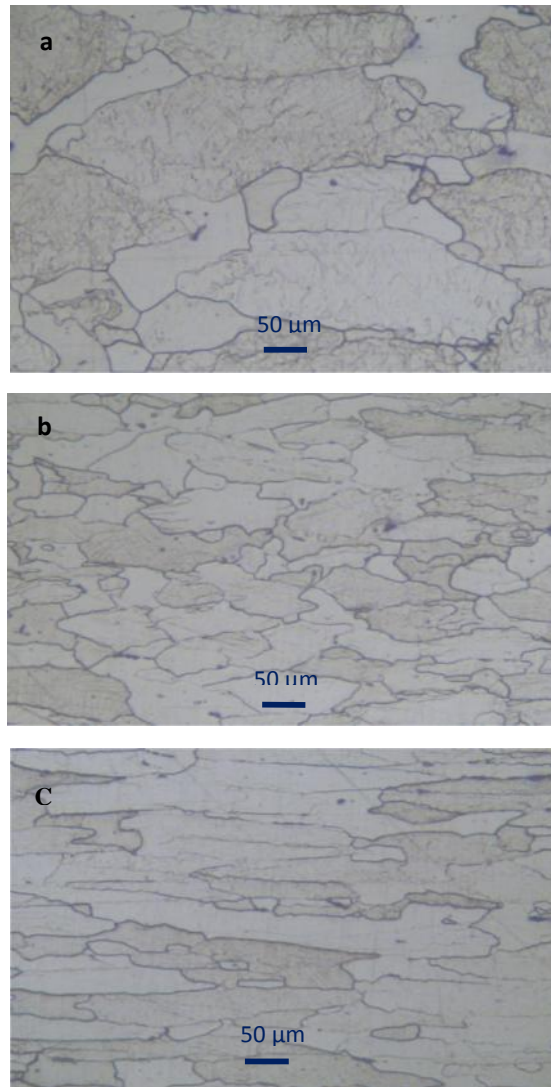
### 3.1 Karakterisasi material

Hasil uji komposisi material dibandingkan dengan komposisi standar seperti yang terlihat pada Tabel 3.1. Hasil pengujian komposisi memperlihatkan bahwa speimen yang diteliti mempunyai komposisi yang masih dalam batasan standar komposisi material AA 7050 (Vergel, 2004)

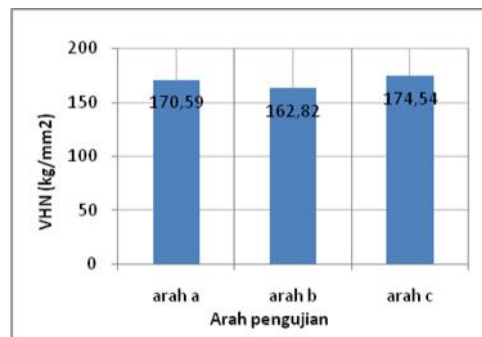
Tabel 3.1. Perbandingan komposisi material AA 7050 dengan standar

Material	Spesimen	Standar
Komposisi Kimia (wt %)	Si	0,0525 max 0,12
	Fe	0,0633 max 0,15
	Cu	1,7818 2,0 - 2,6
	Mn	0,0032 max 0,10
	Mg	1,5575 1,9 - 2,6
	Zn	8,9907 5,7 - 6,7
	Cr	0,0017 max 0,04
	Ni	0,0084 0,05
	Ti	0,0182 0,06
	Ca	0,0013 0,05
	Sb	0,0012 0,05
Al	87,520 87,3 - 90,3	

Hasil pengamatan mikrostruktur pada spesimen AA 7050 yang dilakukan pada bidang permukaan, bidang membujur dan bidang melintang dengan menggunakan mikroskop optik ditunjukkan pada Gambar 3.1 (a),(b), dan (c).



Gambar 3.1. Photo struktur mikro AA 7050 diambil dari bidang: a.permukaan, b. Melintang; c. membujur  
 Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa struktur mikro bidang permukaan (Gambar 3.1(a), melintang (Gambar 3.1(b)), dan membujur (Gambar (c)) dengan ukuran panjang butir masing-masing 123,34 μm, 89,41 μm, dan 115,35 μm dan rata-rata lebar butir masing-masing 49,488 μm, 31,54 μm, dan 34,62 μm memiliki bentuk butir yang memanjang sejajar atau paralel dengan arah rol yang disebut *texture* yang disebabkan oleh deformasi memanjang selama proses pengerolan.



Gambar 3.2 Uji kekerasan Vickers material AA7050; a. bidang permukaan; b. bidang melintang; c. bidang membujur.

Hasil pengujian kekerasan *Vickers* material AA 7050 yang dilakukan pada bidang : (a) permukaan, (b) membujur dan (c) melintang seperti terlihat pada Gambar 3.2 dimana bidang permukaan dan bidang membujur memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan pada melintang. Hal ini disebabkan karena proses pengerolan yang mengakibatkan peningkatan kerapatan dislokasi (*dislocation density*) yang menyebabkan pengerasan regangan (*strain hardening*) pada arah pengerolan.

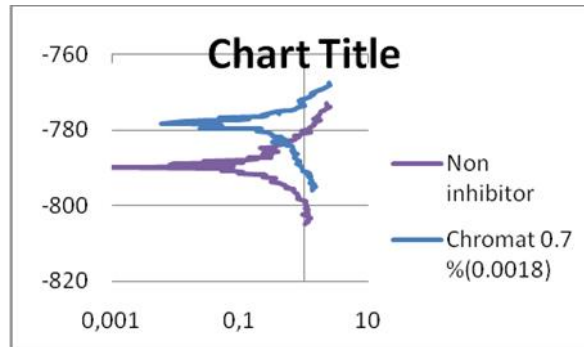
Hasil pengujian tarik menunjukkan spesimen mempunyai tegangan tarik maksimal ( $\sigma$ ), tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) dan perpanjangan (*elongation*) masih dalam batasan standar material AA7050.(*astm.web.com*) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 3.2. Perbandingan tegangan ( $\sigma$ ) dan perpanjangan (*elongation*)

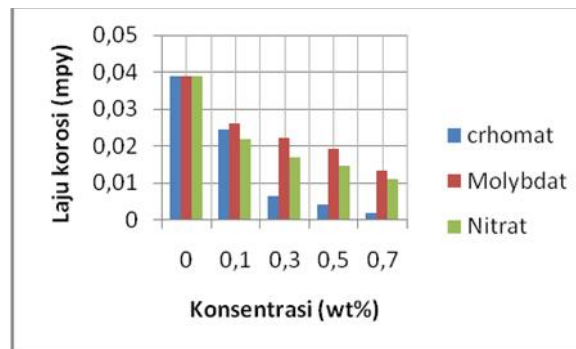
Material	Stress (Mpa)		Elongation
	$\sigma_y$	$\sigma$	% El
Melintang	479,25	549,38	11,59
Searah	366,67	498,89	10,0
Rata-rata	422,96	524,14	10,79
Standar	469	524	11,0

### 3.2 Analisa Laju Korosi

Dari hasil pengujian menggunakan sel potensial tiga elektroda berdasarkan metode *Tafel plot* diambil perbandingan pada nilai laju korosi yang paling minimum, menunjukkan bahwa dalam media NaCl 3,5%, nilai  $E_{corr}$  790 mV dan dibandingkan nilai  $E_{corr}$  NaCl + 0,7% kromat 788 mV menunjukkan pergeseran ke arah lebih positif hal ini menunjukkan bahwa terjadi penekanan proses oksidasi sehingga transfer elektron dari anoda ke katoda berkurang dari laju korosi 0,035 *mpy* pada NaCl 3,5% dan minimum 0,0018 *mpy* diperoleh pada NaCl + kromat dengan konsentrasi 0,7% seperti diperlihatkan pada gambar 3.3 berikut :

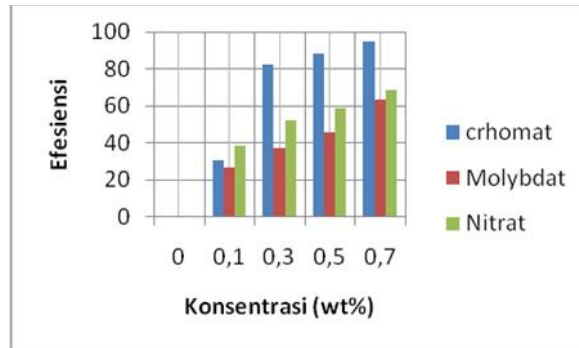


Gambar 3.3 Hasil pengujian korosi menggunakan polarisasi potensiodinamik



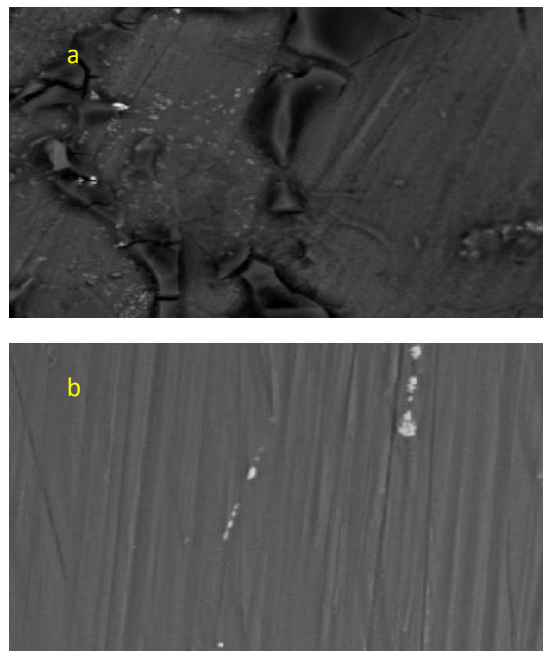
Gambar 3.4 Pengaruh *inhibitor* terhadap laju korosi

Gambar 3.4 memperlihatkan hasil pengujian laju korosi terlihat bahwa penggunaan *inhibitor* cenderung menurunkan laju korosi dalam lingkungan NaCl 3,5%. Laju korosi tanpa *inhibitor* menunjukkan nilai 0,035 *mpy* dan diperoleh *inhibitor* yang mempunyai laju korosi yang paling kecil yaitu kromat 0,0018 *mpy*, kemudian molybdat dan nitrat. Pengaruh penambahan *inhibitor* terhadap penurunan laju korosi dimana memiliki kecenderungan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi *inhibitor*, hal ini disebabkan adanya *inhibitor* yang berfungsi sebagai anion yang mengoksidasi sehingga dapat membuat pasif permukaan aluminium.



Gambar 3.5 Efisiensi inhibitor

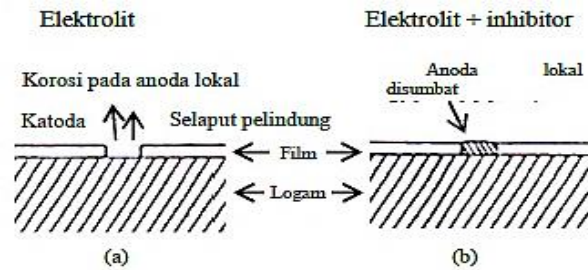
Gambar 3.5 menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan efisiensi dari penggunaan inhibitor. Efisiensi inhibitor diukur dengan membandingkan laju korosi dari sistem yang ditinjau. Hasil yang diperoleh bahwa terlihat dari gradian efisiensi inhibitor semakin turun saat konsentrasi inhibitor meningkat. Dari ketiga inhibitor yang digunakan terlihat bahwa inhibitor kromat paling tinggi kemudian molybdat dan nitrat.



Gambar 3.6 Foto SEM struktur mikro dilarutan NaCl 3,5%; a. tanpa inhibitor dan; b. dengan inhibitor kromat 0,7%

Berdasarkan hasil pengujian SEM dari material dengan inhibitor kalium kromat konsentrasi 0,7% menunjukkan luasan bagian yang terkorosi lebih sedikit dibandingkan dengan dalam larutan NaCl 3,5% tanpa inhibitor sebagaimana ditunjukkan Gambar 9. Diambil pada perendaman NaCl 3,5 % dan NaCl 3,5% + inhibitor kromat 0,7%. Permukaan logam AA 7050 memiliki lapisan pasif alumina oksida ( $Al_2O_3$ ) namun lapisan ini di lingkungan NaCl 3,5% belum optimal dalam menahan laju korosi. Penambahan konsentrasi 0,7% inhibitor kromat di media NaCl 3,5% akan meningkatkan lapisan pelindung pada permukaan logam, sehingga serangan korosi pada bagian ini akan terhambat dan laju korosi pada logam menjadi menurun

Gambar 3.6 juga memperlihatkan bahwa larutan NaCl 3,5% sangat korosif pada aluminium paduan 7050, hal ini terlihat pada perendaman 24 jam logam mengalami korosi lokal yang diakibatkan oleh kerusakan lapisan pada permukaan logam sedangkan pada larutan NaCl 3,5% dengan inhibitor kromat dengan konsentrasi 0,7% hanya mengalami sedikit korosi.



Gambar 3.7 Efek konsentrasi terhadap inhibitor anodik pada laju korosi (Trethewey, 1991)

Mekanisme inhibitor anodik dalam mempertahankan lapisan pasif seperti terlihat pada Gambar 3.7 (a) korosi terjadi pada bagian selaput oksida yang terkelupas/rusak. Selaput pelindung yang akan bertindak sebagai katoda sedangkan logam yang terkelupas bertindak sebagai anoda. Inhibitor anodik menunjukkan molekul-molekul inhibitor yang terserap juga dapat membentuk lapisan-lapisan film polimer pada permukaan Gambar 3.7(b). Proteksi terhadap korosi akan meningkat seiring berkembangnya lapisan film dengan ketebalan beberapa ratus Angstrom. Inhibisi akan efektif apabila lapisan film tidak larut dan menghambat masuknya larutan menuju logam

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju korosi AA 7050 dalam media NaCl 3,5% sebesar 0,035 mpy. Penambahan inhibitor kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), molybdat ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), dan nitrat ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) dalam media NaCl 3,5% cenderung menurunkan laju korosi.
2. Penurunan laju korosi yang paling baik dicapai dengan penambahan inhibitor kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dicapai pada konsentrasi 0,7% efisiensi 95,34 % dengan nilai sebesar 0,0018 mpy.
3. Dari ketiga penggunaan inhibitor untuk menurunkan laju korosi AA 7050 dalam NaCl 3,5% berturut-turut yang laju korosi paling kecil adalah Kromat, molybdat dan nitrat

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aballe, A., Bethencourt, M., Botana, F.J., Marcos, M., 2001. *CeCl and LaCl binary solutions as environment-friendly corrosion inhibitors of AA5083 Al-Mg alloy in NaCl solutions*, Journal of Alloys and Compounds 323-324 (2001) 855-858
- ASM International, 1990. *ASM Handbook Volume 2, Properties and Selection Nonferrous and Special-Purpose Material*, Metal Park Ohio : ASM International.
- ASM International, 1993. *ASM Specialty Handbook, Aluminium and Aluminium Alloys*, Ohio: American Society for Metals.
- Davis, J.R., 1999. *Corrosion of Aluminium and Aluminium Alloys*, ASM Internasional.
- Elewady, G.Y., El-Said, I.A., Foud, A.S., 2008. *Effect of Anions on the Corrosion Inhibition of Aluminum in HCl using Ethyl Trimethyl Ammonium Bromide as Cationic Inhibitor*. Int. J. Electrochem. Sci. Vol. 3 (March, 2008), pp. 644 - 655. ISSN. 1452-3981.
- Helal, N. H., & Badawy, W.A., 2011. *Environmentally safe corrosion inhibition of Mg-Al-Zn alloy in chloride free neutral solutions by amino acid*, Electrochimica Acta. Vol.56 (July 2011), pp. 6581- 6587, ISSN. 0013-4686
- Fontana, M.G., 1986. *Corrosion Engineering*, Mcgrawhill Book Company, New York
- Ilman, M.N., 2014. *Chromate inhibition of environmentally assisted fatigue crack propagation of aluminium alloy AA 2024-T3 in 3.5% NaCl solution*, Journal, International Journal of Fatigue 62 (2014) 228-235.
- Jones, D. A., 1992. *Principles And Prevention Of Corrosion*, Macmillan Publishing Company, New York.
- Li, X., Deng, S., Fu, H., 2011. *Sodium molybdate as a corrosion inhibitor for aluminium in  $\text{H}_3\text{PO}_4$  solution*, Corrosion Science 53 (2011) 2748-2753.
- Roberge, P.R., 2008. *Corrosion Engineering Principles and Practice*, New York : McGraw Hill, p 309, 725.
- Trethewey, K. R. & Chamberlain, J., 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Vargel, C., 2004. *Corrosion of Aluminium*, Elsevier Ltd.
- Wibowo, W., Ilman, M.N., 2011. *Studi Eksperimental Pengendalian Korosi pada Aluminium 2024-T3 di Lingkungan Air Laut Melalui Penambahan Inhibitor Kalium Kromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )*, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 5, No. 1, 2011.
- Widharto, S., 2001. *Karat dan Pencegahannya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- <http://asm.matweb.com/search/specificMaterial.asp?bassnum=MA7075>, 2011.
- <http://grefiadi.blogspot.com/2009/10/materials-for-a380.html>.