

Pengaruh Inhibitor Na_2CrO_4 Terhadap Laju Korosi Pada Aluminium Paduan 7075 Di Lingkungan 3,5% NaCl

Priyani Budiarty¹, M.N Iman²

Departemen Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada^{1,2}

pipietbudiarty@yahoo.com

Ilman_noer@ugm.ac.id

Abstrak

Aluminium merupakan material yang banyak digunakan di bidang industri karena memiliki beberapa keunggulan yaitu aluminium merupakan logam ringan atau sepertiga dari berat baja, konduktivitas panas dan listrik tinggi, sifat mampu mesin (*machinability*) baik, ketahanan terhadap korosi baik dan sifat mampu cor (*castability*) baik dan logam non magnetik. Aluminium juga memiliki keuletan tinggi, mudah dibentuk dan mudah disambung (seperti dilas) bahkan mudah di daur ulang. Sifat-sifat tersebut yang dijadikan pertimbangan industri pesawat terbang, sehingga aluminium menjadi pilihan dan digunakan pada industri pesawat terbang. Aluminium memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, kendati demikian logam tetap akan mengalami korosi jika berada di lingkungan korosif. Aluminium paduan 7075 yang digunakan pada industri pesawat terbang juga tidak luput dari masalah korosi karena berada di lingkungan korosif. Upaya mengendalikan korosi dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor adalah zat kimia, jika ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan korosif dapat memperlambat laju korosi secara efektif. Sebagai data penunjang dilakukan pengujian mekanis yaitu pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Pengujian korosi dilakukan pada lingkungan NaCl 3,5% dengan inhibitor Na_2CrO_4 pada konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5% dan 0,7% dengan metode polarisasi potensiodinamik. Hasil penelitian uji korosi dengan inhibitor pada konsentrasi 0,5% dan 0,7% menunjukkan efektifitas yang hampir sama. Pengujian lebih lanjut perlu dilakukan agar memperoleh konsentrasi inhibitor yang tepat dan tidak merubah sifat elektrolit.

Kata kunci : Aluminium 7075, korosi, inhibitor, cromat, pesawat.

1. Pendahuluan

Aluminium adalah logam yang pemanfaatannya sangat luas karena mempunyai sifat ringan dengan berat sepertiga dari berat baja dan berat jenisnya ringan ($2,7 \text{ gr/cm}^3$ dan baja $7,8 \text{ gr/cm}^3$). Karena sifat ringan inilah maka industri pesawat terbang menggunakan aluminium untuk material struktur pesawat . Hal ini akan mempengaruhi penggunaan bahan bakar sehingga biaya operasional menurun. Kelebihan lain yang dimiliki aluminium adalah konduktivitas thermal yang baik dan penggunaannya pada mesin-mesin pemindah panas sehingga dapat memberikan penghematan energi. Aluminium juga konduktor listrik yang baik, mudah di-fabrikasi/dibentuk dengan semua proses pengerjaan logam serta mudah di daur ulang (Shahnavaz dkk, 2010). Aluminium juga tahan terhadap korosi meskipun digunakan pada lingkungan air, udara, suhu bahkan di lingkungan atmosfer, ruang angkasa bahkan sampai dasar laut. Kekuatan spesifiknya diukur dari perbandingan kekuatan tarik terhadap berat. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik aluminium dengan penambahan paduan. Unsur paduan yang

digunakan pada aluminium paduan meliputi silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan dan juga litium. Salah satu aluminium paduan yang banyak digunakan di bidang industri pesawat terbang adalah aluminium paduan seri 7xxx karena kompromi yang baik antara kekuatan, tahan korosi dan toleransi kerusakan (Marlaud dkk, 2011).

Meskipun aluminium tahan terhadap korosi, aluminium tetap akan mengalami serangan korosi jika berada pada lingkungan korosif seperti pada lingkungan garam (air laut) dan lingkungan atmosfer (Callister, 1994) lembab dan hujan.

Proses korosi atau oksidasi adalah penurunan kualitas logam. Korosi pada aluminium disebabkan oleh air dan udara (oksigen) yang menghasilkan senyawa aluminium oksida (Al_2O_3) membentuk lapisan tipis dan transparan yang sangat kuat, tidak berpori serta merata pada permukaan aluminium sehingga permukaan aluminium dibawah Al_2O_3 terlindungi. Tebal lapisan oksida 1-10 nm (10^{-8} m). Terbentuknya lapisan oksida disebut pamasifan (*passivity*). Korosi dapat mengakibatkan kerusakan pada material dan jika dibiarkan akan berakibat fatal

terlebih pada material pesawat. Korosi tidak dapat dihindari, tetapi bisa dikendalikan. Salah satu upaya mengendalikan atau menghambat laju korosi adalah dengan penambahan inhibitor.

Inhibitor adalah zat kimia, jika ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan korosif dapat memperlambat laju korosi secara efektif (Widharto, 2001). Perlindungan optimal akan dicapai jika konsentrasi inhibitor melebihi harga kritis tertentu. Jika konsentrasi inhibitor dibawah harga kritis, laju korosi akan meningkat (Revie, 2008).

Penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara untuk mengendalikan korosi. Inhibitor akan membentuk lapisan oksida untuk mengganti bagian-bagian yang terkorosi dan mempengaruhi proses anoda katoda. Efisiensi inhibitor dapat dihitung dengan persamaan (Roberge, 2008) :

$$IE \text{ (Inhibitor Efficiency)} = \frac{i_o - i_{corr}}{i_o} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana i_o adalah arus pengukuran tanpa inhibitor dan i_{corr} adalah arus pengukuran dengan inhibitor. Penelitian yang dilakukan Li dkk, (2011) tentang sodium molibdat sebagai inhibitor korosi untuk aluminium dalam larutan H_3PO_4 . Asam fosfat (H_3PO_4) banyak digunakan untuk membersihkan dan electropolishing aluminium, tapi masih menunjukkan korosif yang kuat. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan inhibitor natrium molibdat (Na_2MoO_4), dalam larutan 1,0 M H_3PO_4 . Efisiensi penghambatan meningkat dengan konsentrasi inhibitor dan maksimal. Efisiensi penghambatan didapat dari penurunan berat. Metode ini lebih tinggi dari 91% pada 20mM. Warner dkk, (2012) melakukan penelitian molibdat sebagai penghambat korosi fatik dalam persipitasi mengeras Al-Cu-Li. Persipitasi mengeras pada aluminium termasuk Al-Cu-Li yang digunakan dalam struktur kedirgantaraan rentan terhadap kelelahan korosi perambatan retak dan keletihan lingkungan perambatan retak. Penambahan molibdat (MoO_4) dalam larutan klorida secara efektif menghambat keletihan lingkungan dan menghilangkan efek lingkungan pada frekuensi pemuatan yang cukup rendah. Penambahan ion molibdat secara efektif menghambat keletihan lingkungan. Penghambatan diatur oleh keseimbangan antar pecahan film pasif. Penelitian yang dilakukan Gupta dkk, (2014) tentang pengaruh kromat terhadap kerentanan pitting AA7075-T651 dengan menggunakan transien potentiostatik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis transien yang terjadi karena polarisasi potentiostatik bisa digunakan untuk membandingkan efek dari kromat (dan mungkin penghambat lain) pada metastabil perilaku pitting. Kromat sangat efektif mengurangi laju pitting

metastabil ke stabil setelah perendaman. Dari beberapa konsentrasi Na_2CrO_4 dan perendaman, untuk paduan AA7075-T651 disarankan pada 0,01 M NaCl. Kromat pada konsentrasi ini menurunkan laju pitting metastabil dari sekitar 41 lubang sampai 2 lubang metastabil/cm²/detik. Ilman (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh inhibitor kromat terhadap perambatan retak fatik peka lingkungan pada AA2024-T3 dalam larutan 3,5% NaCl. Penambahan inhibitor kromat dari 0,1% sampai 0,5% dalam larutan 3,5%NaCl menurunkan laju korosi dan menaikkan kepasifan 2024-T3. Ion kromat secara efektif menghambat EAFCP (*Environmentally Assisted Fatigue Crack Propagation*) AA 2024-T3 dalam larutan 3,5% NaCl karena pembentukan film pasif sebagai penghalang untuk difusi hidrogen ke ujung sehingga mengurangi kerapuhan hidrogen. Meningkatkan konsentrasi inhibitor kromat akan meningkatkan kepasifan AA 2024-T3 dan menurunkan EAFCP. Waris (2011) melakukan studi eksperimental pengendalian korosi pada aluminium 2024-T3 di lingkungan air laut melalui penambahan inhibitor kalium kromat (K_2CrO_4). Korosi Al 2024-T3 di lingkungan air laut sebesar 0,0216 mm/tahun, dengan penambahan inhibitor K_2CrO_4 menurunkan laju korosi sebesar 0,0134 mm/tahun pada kondisi optimal 0,5% K_2CrO_4 . Inhibitor K_2CrO_4 menghambat korosi melalui oksidasi yang menghasilkan produk senyawa yang menutup permukaan Al 2024-T3.

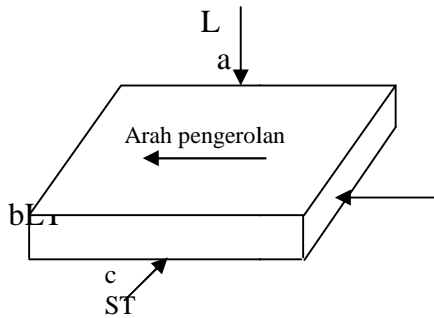
2. Metode Penelitian

2.1 Material

Material yang digunakan adalah aluminium paduan 7075. Uji komposisi aluminium paduan 7075 dilakukan dengan menggunakan spectrometer.

2.2 Struktur Mikro

Persiapan specimen sebelum diuji mengikuti prosedur metalografi standart yaitu grinding dan polishing, kemudian dietsa dengan Keller's reagent dengan komposisi (1 ml HF + 1,5 ml HCL + 2,5 ml HNO_3 dan 95 ml H_2O) selama 10 – 20 detik agar terjadi korosi batas butir. Alat yang digunakan untuk mengamati struktur mikro adalah mikroskop optik. Pengamatan dilakukan pada bidang permukaan (*longitudinal*), bidang melintang (*long transverse*) dan bidang membujur (*short transverse*). Uji struktur mikro dilakukan untuk melihat struktur mikro specimen.



Gambar 1. Posisi specimen uji kekerasan dan struktur mikro

2.3 Kekerasan

Tingkat kekerasan masing-masing permukaan material dapat diketahui dengan uji kekerasan. Uji kekerasan dilakukan pada permukaan, arah melintang dan membujur dengan menggunakan *Buehler microhardness tester* dengan metode Vickers.

Untuk menghitung kekerasan Vickers menggunakan persamaan berikut :

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

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (3)$$

Dimana :

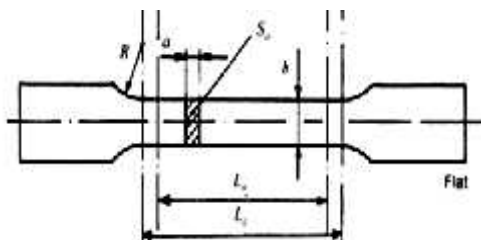
VHN = angka kekerasan Vickers (kg/mm²)

P = beban (Kg)

D = diagonal injakan rata-rata (mm)

2.4 Pengujian tarik

Specimen uji tarik menggunakan standart ASTM E&M. Tujuan dari uji tarik untuk mengetahui sifat mekanis dari material yaitu seberapa besar tegangan dan regangan yang terjadi. Grafik yang dihasilkan dari pengujian adalah grafik tegangan luluh (*yield stress*) dan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile stress*). Alat uji yang digunakan adalah alat uji tarik dengan merk *Servopulser*.



Gambar 2. Specimen uji tarik ASTM E8

Besarnya tegangan dan regangan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$= \frac{F}{A_0} \quad (4)$$

$$= \frac{L - L_0}{L_0} \quad (5)$$

Dimana :

= tegangan tarik (N/mm²)

= regangan (%)

F = beban (N)

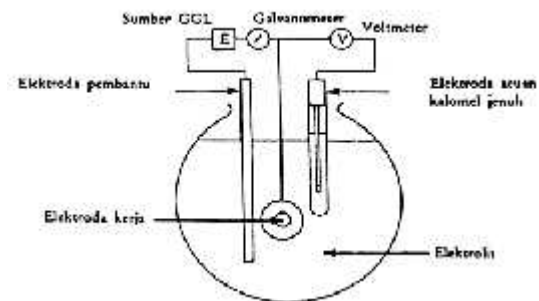
A₀ = luas penampang (mm²)

L = panjang setelah ditarik (mm)

L₀ = panjang mula-mula (mm)

2.5 Pengujian korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar laju korosi yang terjadi pada material. Alat uji korosi yang digunakan adalah potensial tiga elektroda yang dihubungkan dengan potensiostat/Galvanostat Model 273, merk : EG & G Princeton Applied Research) dan seperangkat computer untuk mengolah data.



Gambar 3. Potensial tiga elektroda (Trethewey, 1991)

Metode yang digunakan polarisasi potensiodinamik. Elektrode acuan kolomel jenuh (Hg₂Cl₂). Larutan elektrolit yang digunakan adalah 3,5% NaCl dengan inhibitor Na₂CrO₄ dengan variasi konsentrasi. Pengujian yang dilakukan adalah korosi pada 3,5% NaCl tanpa inhibitor, dilanjutkan dengan penambahan inhibitor dengan konsentrasi 0,1% ; 0,3% ; 0,5% dan 0,7%. Untuk menghitung laju korosi dengan persamaan laju korosi (Jones, 1991) :

$$CR = 0,129 \frac{a i_{corr}}{Dn} \quad (mpy) \quad (6)$$

Dimana, CR = laju korosi (mpy)

a = nomor masa atom

i_{corr} = rapat arus korosi (μA/cm²)

n = valensi atom

D = berat jenis specimen (gr/cm³)

Untuk laju korosi paduan, terlebih dahulu menghitung *Equivalent Weight(EW)* atau berat ekivalen dengan persamaan :

$$EW = \frac{1}{N_{EQ}} \quad (7)$$

$$N_{EQ} = \sum \left[\frac{\check{S}_i}{a_i / n_i} \right] = \sum \left[\frac{\check{S}_i n_i}{a_i} \right] \quad (8)$$

Dimana :

- EW = berat ekivalen (*equivalent weight*)
- N_{EQ} = nilai ekivalen total
- i = fraksi berat
- a_i = nomor masa atom
- n_i = elektron valensi

sehingga laju korosi paduan :

$$CR = 0,129 \frac{i_{corr}(EW)}{D} \text{ (mpy)} \quad (8)$$

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \text{ mm/th}$$

3. Hasil Dan Pembahasan

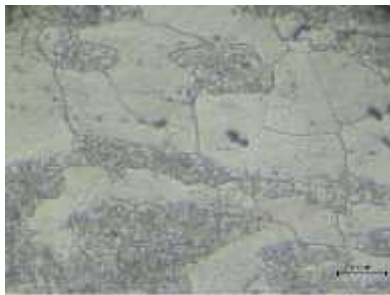
3.1 Karakterisasi Material.

Hasil uji komposisi aluminium paduan 7075 :

Tabel 1. Komposisi kimia aluminium paduan 7075

Unsur	Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
Wt. %									
Standart	87,1-91,4	0,18-0,28	1,2-2	<0,5	2,1-2,9	Max 0,3	Max 0,4	Max 0,2	5,1-6,1
uji sampel	89,42	0,23	1,45	0,42	2,73	0,12	0,18	<0,1	5,45

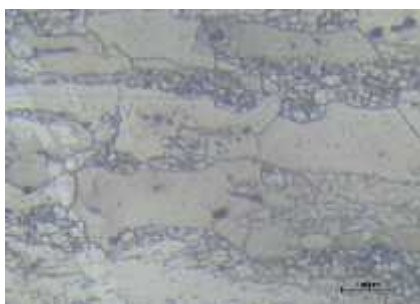
Pengamatan mikrostruktur dilakukan pada arah L (*longitudinal*), LT (*long transverse*) dan ST (*short transverse*). Hasil pengamatan ;



Arah L



Arah ST

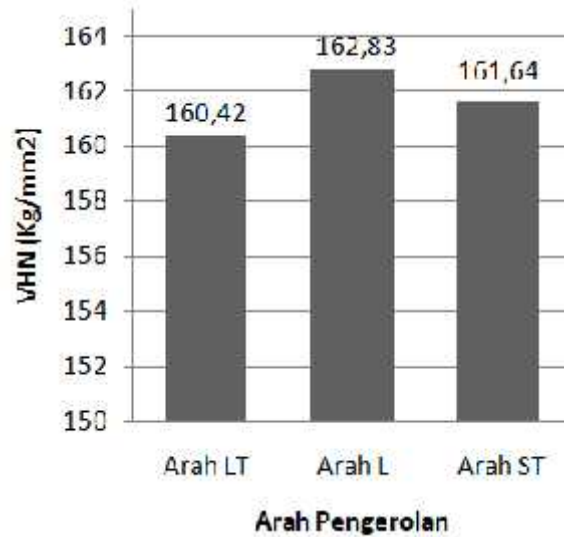


Arah LT

Gambar 4. Hasil pengamatan mikrosuktur AA 7075

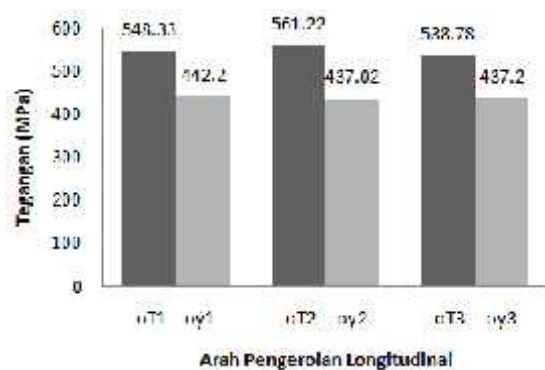
Bentuk batas butir menunjukkan arah memanjang dan sejajar dengan arah pengerolan yang berarti bahwa terjadi deformasi pada saat pengerolan.

Pengujian kekerasan juga dilakukan pada tiga arah bidang yaitu arah L (*longitudinal*), arah LT (*long transverse*) dan arah ST (*short transverse*). Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian kekerasan Vickers AA 7075

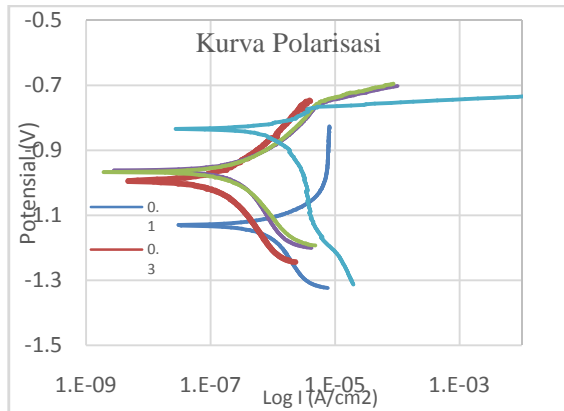
Pengujian tarik yang dilakukan searah dengan pengerolan, hasil dari pengujian diperoleh tegangan tarik maksimum rata-rata (σ_T) sebesar 549,45 MPa dan tegangan luluh rata-rata (σ_y) sebesar 438,67 MPa, di mana harga tersebut masih berada pada batas standart AA 7075 yaitu 572 MPa untuk tegangan tarik maksimum dan 503 MPa untuk tegangan luluh.



Gambar 6. Pengujian tarik

3.2 Analisa pengujian laju korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan metode polarisasi potensiodinamik. Elektrolit yang digunakan adalah larutan 3,5% NaCl pada 1000 mL aquades. Inhibitor yang dipakai Na_2CrO_4 dengan konsentrasi 0,1% , 0,3% , 0,5% dan 0,7%. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan bahwa Na_2CrO_4 akan mulai efektif pada konsentrasi 0,3% dan meningkat pada konsentrasi 0,5% dan 0,7%.



Gambar 7. Kurva polarisasi Hasil pengujiankorosi dengan dan tanpa inhibitor.

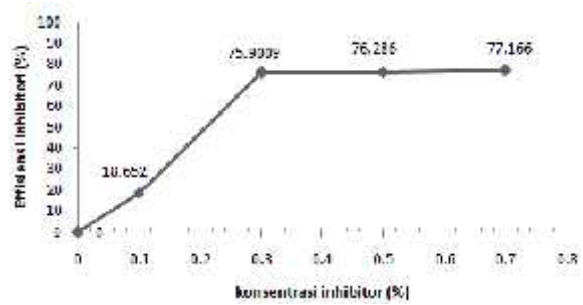
Tabel 2. Laju korosi (CR)

Elektrolit + Inhibitor	Icorr (µA/cm²)	CR (mpy)	CR (mm/th)
NaCl 3,5%	0,793	0,3635	0,00923
NaCl+ 0,1% Na_2CrO_4	0,645	0,2957	0,00751
NaCl+ 0,3% Na_2CrO_4	0,191	0,0876	0,00222
NaCl+ 0,5% Na_2CrO_4	0,188	0,0862	0,00219
NaCl+ 0,7% Na_2CrO_4	0,181	0,0830	0,00211

Tabel 3. Efisiensi inhibitor



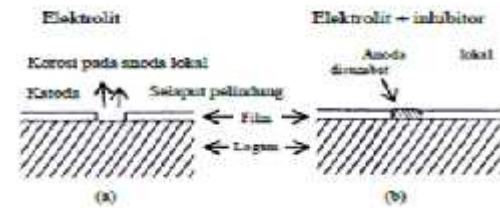
Gambar 8. Grafik laju korosi terhadap konsentrasi inhibitor.



Gambar 9. Grafik efisiensi inhibitor

Laju korosi mulai efektif pada konsentrasi 0,3% inhibitor yaitu 0,0876 mpy atau 0,0022 mm/th. Dengan penambahan konsentrasi inhibitor akan menurunkan laju korosi dan efisiensi meningkat.

Inhibitor anoda mempunyai kemampuan untuk menurunkan laju korosi dengan cara menghambat transfer ion-ion logam ke daerah katodik. Proses penghambatan transfer ion logam tersebut mengakibatkan reaksi korosi yang akan terjadi di daerah katodik dapat dicegah atau ditanggulangi.



Gambar 10. Efek konsentrasi terhadap inhibitor anodik pada laju korosi (Trethewey, 1991)

Keterangan gambar :

(a) Korosi di bagian selaput oksida yang terkelupas. Selaput bertindak sebagai katoda, logam yang tersingkap sebagai anoda.

(b) Anion dalam inhibitor anodik bereaksi dengan ion logam dalam larutan dan menutup bagian yang bersifat anodik (Trethewey, 1991)

Fungsi inhibitor anodik untuk meningkatkan polarisasi anoda melalui reaksi ion-ion logam terkorosi agar menghasilkan lapisan pasif atau garam yang melindungi anoda.

Elektrolit + Inhibitor	CR (mm/th)	Effisiensi (%)
NaCl 3,5%	0,00923	0
NaCl+ 0,1% Na_2CrO_4	0,00751	18,652
NaCl+ 0,3% Na_2CrO_4	0,00222	75,900
NaCl+ 0,5% Na_2CrO_4	0,00219	76,286
NaCl+ 0,7% Na_2CrO_4	0,00211	77,166

4. Kesimpulan

1. Aluminium paduan 7075 pada lingkungan 3,5% NaCl mengalami korosi sebesar 0,3635 mpy atau 0,00923 mm/th. Penambahan inhibitor Na_2CrO_4 , menurunkan laju korosi sebesar 0,2759 mpy atau 0,00703 mm/th dengan efisiensi 75,9% dicapai pada konsentrasi optimal 0,3% Na_2CrO_4 .
2. Korosi yang terjadi pada aluminium paduan 7075 di lingkungan 3,5% NaCl berupa korosi sumuran (*fitting corrosion*).
3. Inhibitor Na_2CrO_4 menghasilkan produk berupa senyawa yang menutup permukaan aluminium paduan 7075 melalui oksidasi.

T3di Lingkungan AirLaut Melalui Penambahn InhibitorKalium Kromat (K_2CrO_4), Jurnal Rekayasa Proses, Vol.5, No.1

Daftar Pustaka

- ASTM E8M, 2009, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials I*.
- Abedin, S.Z.E., 2001, *Role of Chromate, Molybdate and Tungstate anions on The Inhibition of Aluminium in Chloride Solutions*, Journal of Applied.
- Birbilis, N., Cavanaugh, M.K., and Buchheit, R.G., 2006, *Electrochemical Behavior and Localized Corrosion Associated with $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$ Particles in Aluminium Alloy 7075-T651*, Corrosion Science 48(2006)4202-4215.
- Callister, W. D., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., 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*, International Journal of Fatigue 62 (2014) 228-235
- Mu, G., Li, X., and Qu, Q., 2005, *Molibdate and Tungstate as Corrosion Inhibitors for Cold Rolling Steel In Hydrochloric Acid Solution*, Corrosion Science 48 (2006) 445459.
- Marlaud, T., Malki, B., Henon, C., Deschamps, A., and Baroux, B., 2011, *Relationship Between Alloy Composition Microstructure And Exfoliation Corrosion in Al-Zn-Mg-Cu Alloys*, Corrosion Science 53(2011)3139-3149.
- Polmear, I. J., 1995. *Light Alloys: Metallurgy of The Light Metals*, Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Shahnavaz, Z., Wan, J.B., and Sharifuddin, M.Z., 2010, *Aluminium Corrosion Inhibition Using Benzene-1,2,4,5-Tetracarboxylic Dianhydride (PMDH)*, Departement of Chemistry, Faculty of Science, University of Malaya, Kuala Lumpur Malaysia.
- Waris, W., Ilman, M.N., 2011, *Studi Eksperimental Pengendalian Korosi pada Aluminium 2024-*