

PENGARUH INHIBITOR Na_2WO_4 TERHADAP LAJU KOROSI PADA ALUMINIUM PADUAN 7075 DILINGKUNGAN 3,5% NaCl

Anita Susiana

Departemen Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada¹
e-mail: anita.susiana@gmail.com

M.N Ilman

Departemen Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada²
e-mail: ilman_noer@ugm.ac.id

Abstrak

Aluminium adalah material yang paling banyak digunakan saat ini karena beberapa keunggulan, diantaranya aluminium merupakan logam ringan, memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi, sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, tahan terhadap korosi dan bersifat non magnetik sehingga membuat aluminium menjadi pilihan di dunia industri termasuk industri pesawat terbang. Namun, logam akan tetap mengalami korosi bila berada pada lingkungan yang korosif termasuk aluminium paduan 7075 yang biasanya digunakan untuk industri pesawat terbang. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengendalikan korosi adalah dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan dalam jumlah yang kecil/sedikit kedalam lingkungan korosif, dapat secara efektif memperlambat atau mengurangi laju korosi. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat mekanis sebagai data penunjang untuk menguji komposisi (uji tarik, uji kekerasan dan struktur mikro) dan pengujian laju korosi. Pengujian laju korosi yang dilakukan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik (*Tafel plot*) dilingkungan 3,5% NaCl. Sedangkan jenis inhibitor yang digunakan adalah inhibitor anorganik Na_2WO_4 dengan variasi konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5% dan 0,7%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inhibitor dengan konsentrasi 0,1% merupakan konsentrasi inhibitor optimal untuk menurunkan laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor laju korosi semakin meningkat.

Kata Kunci: Aluminium 7075, korosi, inhibitor, tungstate, pesawat.

PENDAHULUAN

Aluminium adalah logam yang sangat aktif karena jika berada di lingkungan yang mengandung oksigen, logam ini bereaksi untuk membentuk lapisan tipis oksida transparan diseluruh permukaannya yang terbuka. Selaput ini mengendalikan laju korosi dan melindungi logam dibawahnya. Oleh karena itu, komponen-komponen yang terbuat dari aluminium dan paduan-padauannya biasanya memiliki umur yang panjang. Jika selaput ini rusak dan tidak dapat dipulihkan lagi, korosi logam akan terjadi dengan cepat (Trethewey, 1991).

Aluminium paduan seri 7xxx biasanya digunakan untuk industri pesawat terbang karena menawarkan kompromi yang baik antara kekuatan, toleransi kerusakan (*damage tolerance*) dan ketahanan korosi (Marlaud dkk., 2011). Aluminium seri 7xxx merupakan paduan Al-Zn dengan kadar Zn sebesar 3-7% dan merupakan aluminium paduan yang sifat mekanisnya bisa ditingkatkan melalui perlakuan panas (*heat treatable*). Aplikasi aluminium seri 7xxx pada industri pesawat seperti pada *fuselage (skin)*, *empennage (tail)*, dan *wing upper skin* (Polmear, 1995). Salah satu aluminium paduan seri 7xxx adalah 7075. Aluminium paduan 7075 merupakan material yang digunakan untuk pesawat karena selain ringan juga tahan terhadap korosi. Namun, logam tetap akan mengalami korosi terlebih apabila berada pada lingkungan yang korosif seperti lingkungan garam (air laut) atau pada lingkungan atmosfer (Callister, 1994) seperti udara lembab atau hujan.

Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Pada keadaan praktis serangan korosi ini tidak dapat dicegah, tetapi hanya bisa dikendalikan sehingga struktur atau komponen memiliki umur pakai yang panjang. Korosi berlangsung ketika logam bereaksi dengan udara lembab, larutan asam lemah atau larutan garam yang akhirnya mengakibatkan kebocoran pada material. Korosi yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan pada material dan dapat berakibat fatal jika terjadi pada material yang membutuhkan kepresisian yang tinggi seperti pada material pesawat, sehingga diperlukan cara untuk menghambat laju korosi, salah satunya dengan penggunaan inhibitor.

Inhibitor adalah zat kimia yang apabila ditambahkan / dimasukkan dalam jumlah sedikit kedalam zat koroden (lingkungan yang korosif), dapat secara efektif memperlambat atau mengurangi laju korosi yang terjadi (Widharto, 2001). Inhibitor ditambahkan untuk mengurangi reaksi antarmuka logam dengan lingkungan, dimana terbentuk lapisan pasif yang menghambat laju pertukaran ion-ion pada logam. Untuk perlindungan secara

optimal, konsentrasi inhibitor harus melebihi harga kritis tertentu. Apabila konsentrasi berada dibawah harga kritis maka laju korosi akan meningkat (Revie, 2008).

Performa inhibitor korosi dilihat dari IE (*Inhibition Efficiency*). Efisiensi inhibitor dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini (Roberge, 2008):

$$IE (\%) = \frac{i_0 - i}{i_0} \times 100\% \quad (1)$$

dimana i dan i_0 masing-masing adalah laju korosi dengan dan tanpa inhibitor.

Mu dkk, (2005) meneliti tentang pengaruh inhibitor molibdat dan tungsten pada CRS (*Cold Rolling Steel*) pada lingkungan HCL (0,1 – 0,5M) dengan metode elektrokimia dan pengurangan berat. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa molibdat dan tungsten merupakan inhibitor yang sangat baik dengan konsentrasi yang kecil. Molibdat dan tungsten bisa digunakan secara bersama-sama untuk lingkungan asam. Penelitian yang dilakukan oleh Sharma dkk, (2008) tentang evaluasi elektrokimia dari pengaruh sinergitas inhibitor campuran molibdat tungstate dalam lingkungan ion klorida dan pengaruh dari ion Cl^- pada efisiensi inhibisi molibdat. Studi impedansi dilakukan untuk jangka waktu yang berbeda yaitu 1 jam, 1 hari dan 7 hari. Dari analisis impedansi, molibdat dan tungstate tidak membentuk campuran sinergis. Penambahan jumlah kecil tungstate bersama dengan molibdat meningkatkan stabilitas film jangka panjang pada baja ringan. Penelitian yang dilakukan oleh Abedin (2001) tentang pengaruh anion CrO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , dan WO_4^{2-} untuk mencegah korosi aluminium dalam larutan 0,5 M NaCl. Penelitian menggunakan polarisasi potensiodinamik dan pengukuran potensiostatik arus-waktu. Pengaruh penghambatan dicapai dengan penambahan anion CrO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , dan WO_4^{2-} pada elektrolit selama pengukuran potensiostatik arus-waktu. Anion kromat menunjukkan pengaruh pemasifan yang besar selama pengukuran I/t . Anion kromat mampu mengoksidasi tempat yang korosi dan memberikan lapisan film Al_2O_3 yang stabil. Penambahan anion molibdat dapat membentuk lapisan molibdat yang secara selektif menghambat masuknya ion Cl^- dan oleh karena itu menghambat serangan *pitting*. Adsorpsi dari anion WO_4^{2-} didaerah cacat dan munculnya lubang adalah faktor utama untuk mengamati penghambatan. Tetapi kondisi pasif secara utuh tidak tercapai. Penelitian yang dilakukan oleh Birbilis, dkk (2006) tentang perilaku elektrokimia dan hubungan korosi lokal dengan partikel Al_7Cu_2Fe dalam aluminium 7075-T651. Dari penelitian ini ditemukan bahwa Al_7Cu_2Fe dapat berfungsi sebagai katoda lokal dalam perkembangan korosi lokal pada AA 7075-T651 dan mampu mempertahankan reaksi reduksi oksigen dalam larutan NaCl dengan konsentrasi dan pH yang berbeda. Kemampuan Al_7Cu_2Fe untuk membantu reaksi reduksi oksigen meningkat dengan bertambahnya pH.

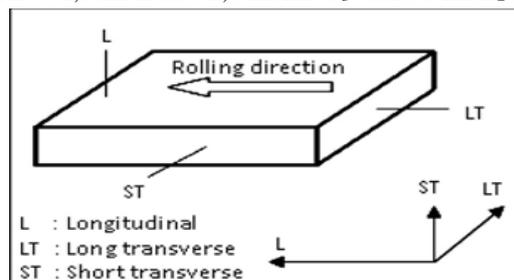
METODE

Material

Material yang digunakan adalah aluminium paduan 7075. Untuk konfirmasi komposisi kimia, dilakukan uji komposisi menggunakan spektrometer.

Struktur mikro

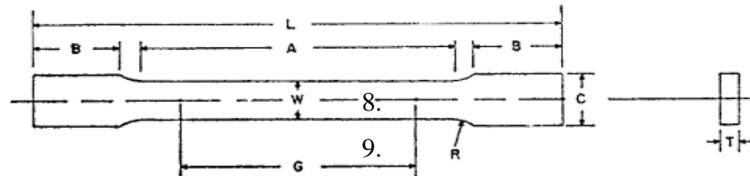
Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dilakukan pada tiga arah bidang struktur butir yaitu arah *longitudinal* (L), *long transverse* (LT) dan *short transvers* (ST) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Persiapan spesimen mengikuti prosedur metalografi standar yang meliputi proses *grinding*, *polishing* dan etsa menggunakan *Keller reagent* (1 ml HF + 1,5 ml HCl + 2,5 ml HNO₃ dan 95 ml H₂O).



Gambar 1. Posisi spesimen AA 7075 untuk uji struktur mikro dan kekerasan pada tiga arah bidang

Pengujian Tarik

Specimen uji tarik pada penelitian ini mengacu pada ASTM E8M (Gambar 2). Uji tarik yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik merk *Servopulser*. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis material. Dari pengujian akan diperoleh grafik *yield stress* (tegangan luluh) dan *ultimate tensile stress* (tegangan tarik maksimum). Dari hasil uji tarik ini kita bisa mengetahui seberapa besar tegangan dan regangan yang terjadi pada material.



10. Gambar 2. Spesimen uji tarik (ASTM E8M)

Untuk tegangan dan regangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3)$$

dimana : σ : tegangan tarik (N/mm^2), ε : regangan (%), F : beban (N), A_0 : luas penampang (mm^2), L : panjang setelah ditarik (mm), L_0 : panjang mula-mula (mm).

Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan masing-masing permukaan material. Uji kekerasan dilakukan pada arah *longitudinal* (L), *long transverse* (LT) dan *short transverse* (ST) dengan menggunakan *Beuhler microhardenes tester* dengan metode *Vickers* dengan posisi pengujian seperti Gambar 1.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kekerasan *Vickers* adalah sebagai berikut:

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{P}{D^2} \quad (4)$$

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5)$$

dimana VHN: angka kekerasan *Vickers* (kg/mm^2), P : beban (Kg), D : diagonal injakan rata-rata (mm)

Pengujian Korosi

Uji korosi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar laju korosi yang terjadi pada material. Uji korosi ini menggunakan sel tiga elektroda yang dihubungkan dengan potensiostat / Galvanostat Model 273, merk : *EG & G Princeton Applied Research* (Gambar 3) dan seperangkat komputer sebagai pengolah data. Uji elektrokimia yang dilakukan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dengan elektroda kalomel (Hg_2Cl_2) jenuh atau *saturated calomel electrode* (SCE) sebagai elektroda baku. Untuk elektroda bantu digunakan Platina (Pt). Uji korosi dilakukan dalam media 3,5% NaCl dengan ditambahkan inhibitor Na_2WO_4 dengan variasi konsentrasi inhibitor 0,1% , 0,3% , 0,5% , dan 0,7%. Laju korosi (*corrosion rate*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{CR (corrosion rate)} = 0,129 \frac{(EW)i_{\text{corr}}}{D} \quad (6)$$

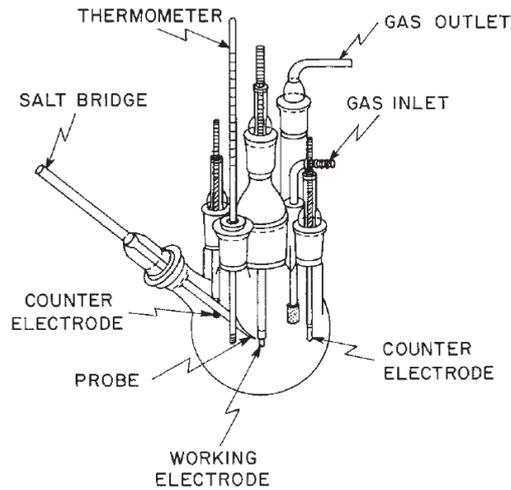
dimana i_{corr} : rapat arus korosi ($\mu\text{A} / \text{cm}^2$), D : berat jenis (gr/cm^3) dan EW adalah berat equivalen yang ditentukan dengan persamaan (Jones, 1992) :

$$EW = (N_{\text{eq}})^{-1} \quad (7)$$

dimana N_{eq} adalah bilangan equivalen yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$N_{\text{eq}} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i / n_i} \right] n_i = \sum \left[\frac{\omega_i \cdot n_i}{a_i} \right] \quad (8)$$

dimana ω_i , a_i , n_i masing-masing adalah fraksi berat, massa atom unsur dan jumlah elektron valensi.



Gambar 3. Instrumen pengujian untuk polarisasi sel potensial tiga elektroda

HASIL DAN PEMBAHASAN

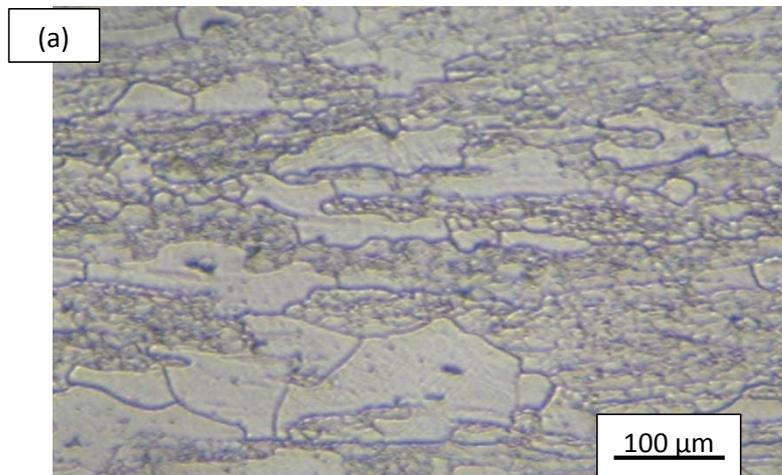
Karakterisasi Material

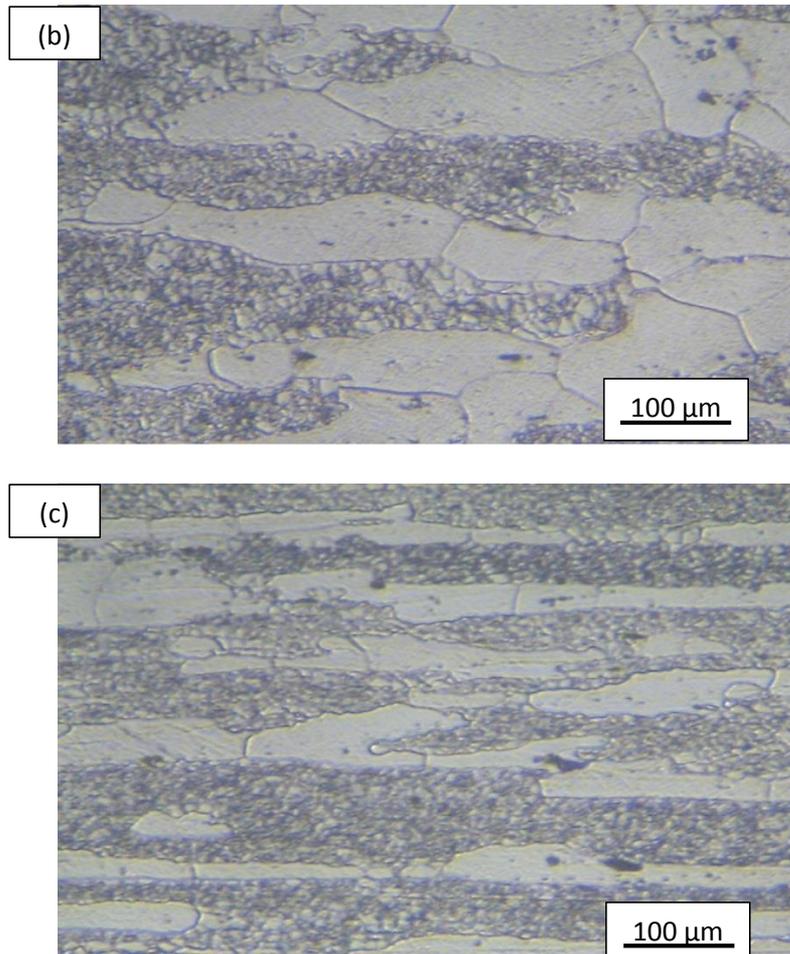
Uji komposisi pada aluminium paduan 7075 dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam material. Hasil uji komposisi yang dilakukan pada material dengan menggunakan alat spektrometri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia AA 7075 (wt %)

U nsur	C n	Cr	Z n	A l
S ampel Uji	1 ,0089	2 0,0055	8 ,0531	8 7,53
St andar	1 ,30	2 ,1 – 2,9	5 ,1 – 6,1	8, 71 – 91,4

Pengamatan strukturmikro material AA 7075 dilakukan pada arah bidang *longitudinal* (L), *long transverse* (LT) dan *short transvers* (ST) dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil pengamatan ditunjukkan oleh Gambar 4.

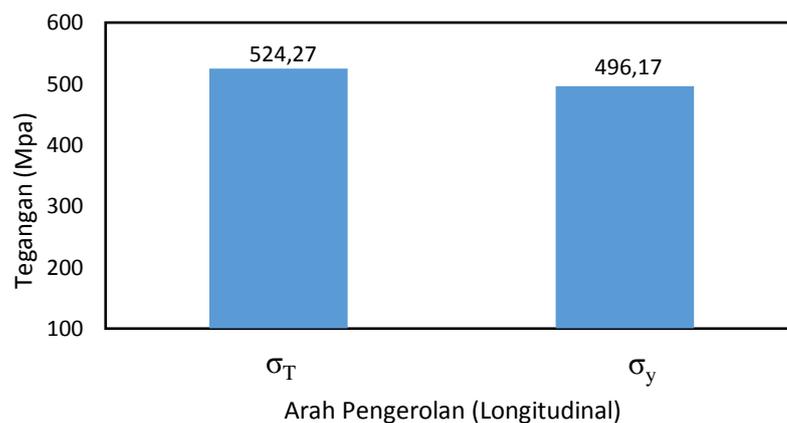




Gambar 4. Foto struktur mikro AA 7075 diambil pada arah bidang a. *longitudinal* (L), b. *long transverse* (LT), dan c. *short transverse* (ST)

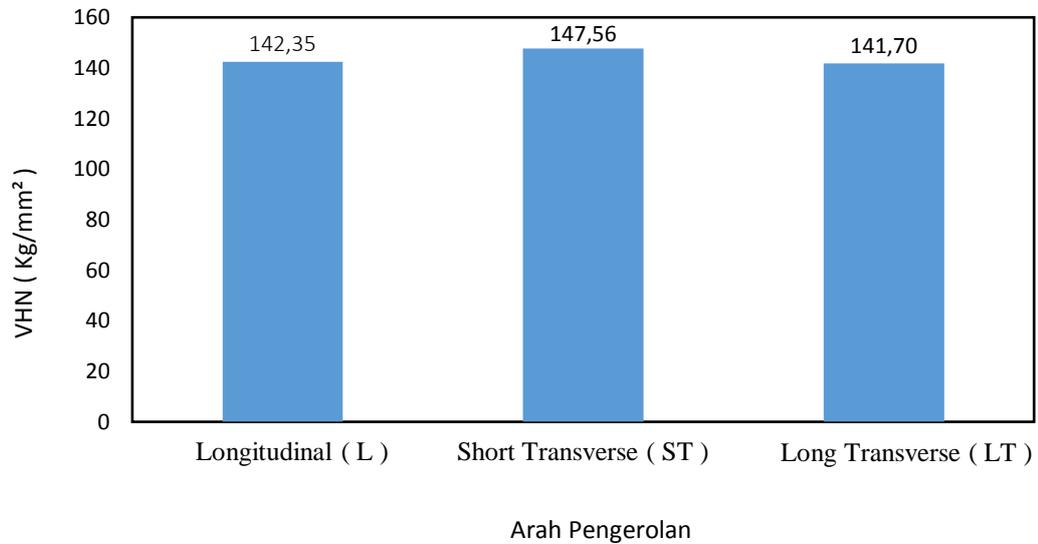
Pada Gambar 4. terlihat bahwa bentuk struktur mikro material AA 7075 pada arah bidang *longitudinal* (L), *long transverse* (LT) dan *short transverse* (ST) memiliki bentuk butir memanjang yang sejajar dengan arah pengerolan. Bentuk butir yang memanjang ini terbentuk akibat terjadinya deformasi selama proses pengerolan.

Pengujian tarik pada material AA 7075 dilakukan searah dengan arah pengerolan yaitu pada arah *longitudinal* (L). Dari hasil pengujian diperoleh nilai tegangan tarik maksimum (σ_T) sebesar 524,27 Mpa dan tegangan luluh (σ_y) sebesar 496,17 Mpa. Angka tersebut masih dalam batas standar untuk material AA 7075 yaitu 503 untuk tegangan luluh dan 572 Mpa untuk tegangan tarik maksimum. Hasil pengujian tarik yang dilakukan pada material AA 7075 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian tarik material AA 7075

Pengujian kekerasan pada material AA 7075 dilakukan pada tiga arah bidang yaitu *longitudinal* (L), *long transverse* (LT) dan *short transverse* (ST). Hasil uji kekerasan pada tiga bidang permukaan material ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian kekerasan material AA 7075

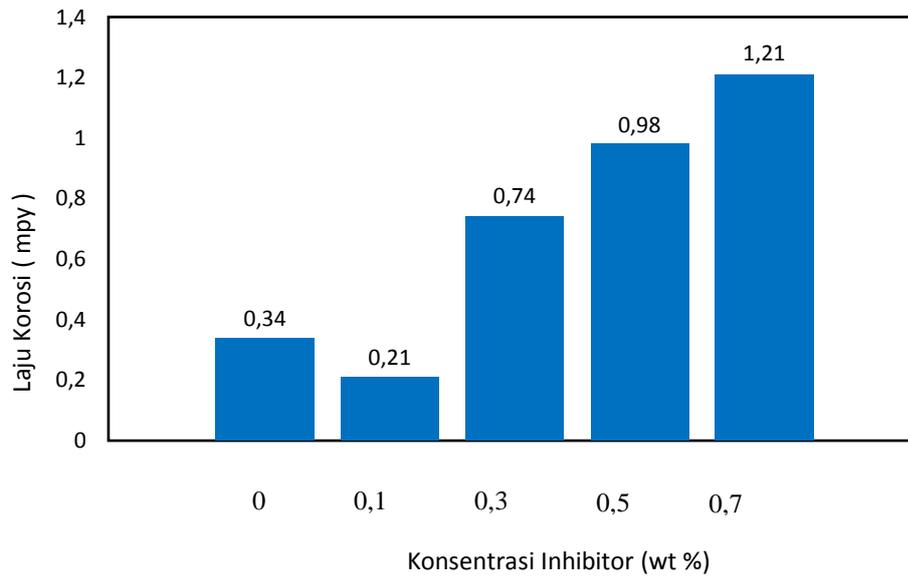
Gambar 6 menunjukkan bahwa angka kekerasan VHN pada material AA 7075 pada arah bidang *longitudinal* (L) dan *Short transverse* (ST) memiliki angka kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan arah bidang *long transverse* (LT). Proses pengerolan pada material menyebabkan adanya peningkatan kerapatan dislokasi (*density dislocation*) yang mengakibatkan terjadinya pengerasan regangan (*strain hardening*).

Analisa Laju Korosi

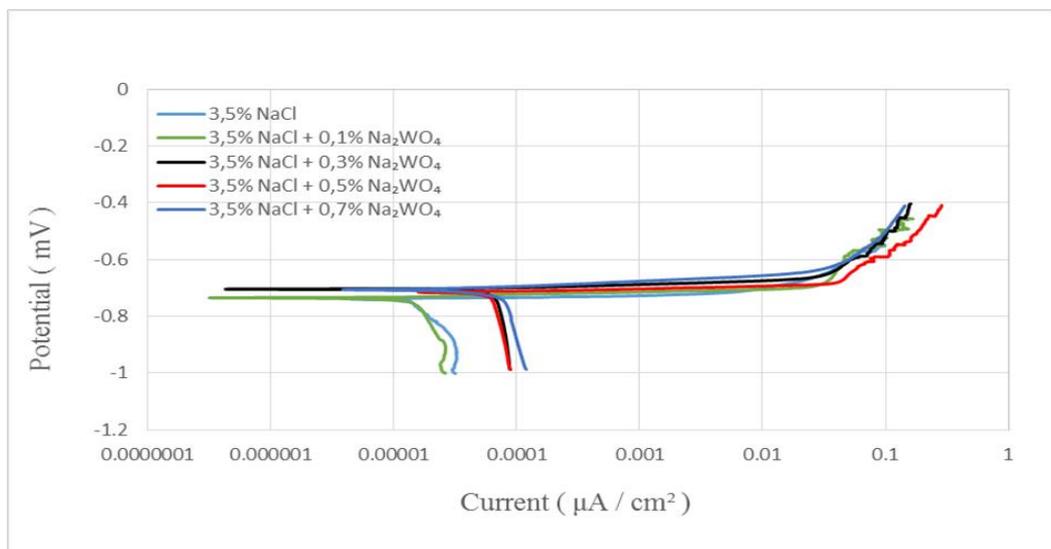
Uji korosi yang dilakukan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dalam media 3,5% NaCl yang ditambahkan inhibitor Na₂WO₄ dengan variasi konsentrasi inhibitor 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi optimal untuk inhibitor dicapai pada konsentrasi 0,1 % yaitu sebesar 0,21 mpy. Laju korosi ini lebih rendah bila dibandingkan dengan laju korosi pada material tanpa inhibitor yaitu sebesar 0,34 mpy. Hasil uji korosi dengan dan tanpa inhibitor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan uji laju korosi AA 7075

Jenis Larutan	Potential (mV)	I corr(μ A)	Laju Korosi (mpy)	mm/year
3,5% NaCl	-738,519	7,93	0,34	0,008661146
3,5% NaCl + 0,1% Na ₂ WO ₄	-734,462	5,01	0,21	0,005479567
3,5% NaCl + 0,3% Na ₂ WO ₄	-703,746	17,37	0,74	0,018974791
3,5% NaCl + 0,5% Na ₂ WO ₄	-712,348	22,87	0,98	0,024985167
3,5% NaCl + 0,7% Na ₂ WO ₄	-705,182	28,14	1,21	0,030741061

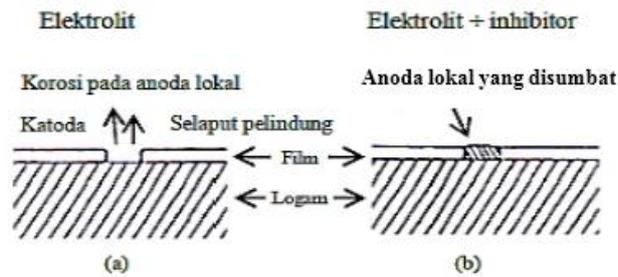


Gambar 8. Pengaruh Inhibitor terhadap laju korosi



Gambar 9. Hasil uji korosi menggunakan polarisasi potensiodinamik (Tafel plot)

Gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi pasifasi pada material dimana nilai E_{corr} untuk larutan 3,5% NaCl + 0,1% tungsten sebesar -734,462 mV lebih kecil dibandingkan dengan nilai E_{corr} larutan 3,5% NaCl yaitu sebesar 738,519 mV. Penurunan angka ini menunjukkan pergeseran ke arah positif yang berarti terjadi proses adsorpsi dan terbentuk lapisan pelindung sehingga proses oksidasi dapat ditahan. Akan tetapi, kondisi pasif sempurna tidak tercapai. Pengendalian korosi dengan inhibitor pada permukaan dengan cara membentuk lapisan *film* pada permukaan logam atau lingkungan. Inhibitor anodik biasanya digunakan pada larutan yang mendekati netral dimana produk korosi yang dapat larut seperti oksida, hidroksida atau garam membentuk lapisan tipis pasif yang menghambat terputusnya reaksi anodik logam. Inhibitor anodik disebut juga inhibitor pasif. Inhibitor anodik meningkatkan polarisasi anoda melalui reaksi dengan ion-ion logam yang terkorosi untuk menghasilkan selaput-selaput pasif tipis atau lapisan-lapisan garam yang kemudian menyelimuti anoda seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Efek Konsentrasi Terhadap Inhibitor Anodik

PENUTUP

Simpulan

Simpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Penambahan inhibitor Na_2WO_4 pada media 3,5% NaCl dapat menurunkan laju korosi.
2. Konsentrasi optimal inhibitor Na_2WO_4 pada media 3,5% NaCl adalah pada konsentrasi 0,1% dengan laju korosi sebesar 0,21 mpy. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan laju korosi tanpa inhibitor yaitu sebesar 0,34 mpy.

Saran

Lapisan pasif tidak terbentuk secara sempurna sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan konsentrasi yang tepat pada penggunaan inhibitor Na_2WO_4 pada material AA 7075.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E8M, 2009, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*¹.
- 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, William D., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 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) 445-459.
- Marlaud, T., Malki, B., Henon, C., Deschamps, A., and Baroux, B., 2011, *Relationship Between Alloy Composition Microstructure And Exfoliation Corrothion 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.
- Revie, R.W., and Uhlig, H.H., 2008, *An Introduction to Corrosion Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Roberge, P.R., 2008, *Corrosion Engineering Principles and Practice*, New York, McGraw-Hill, p 309, 725.
- Sharma, M., Ramesh, A.V., and Singh, N., 2008, *Electrochemical Evaluation of The Synergistic Effect of Molybdate Tungstate Inhibitor Mixtures In Chloride Ion Medium And Effect Of Cl^- Ion Inhibition Efficiency Of Molybdate*, Trans.Indian Inst.Met., Vol.61, Nos.2-3.
- Trethewey, K.R., Chamberlain, J., 1991, *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
- Widharto, S., 2001, *Karat dan Pencegahannya*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.