

Pengaruh Feri Klorida Terhadap Kedalaman Pengikisan Dan Kekasaran Permukaan Aluminium Murni

NOVA YULIASARI¹, MUHAMMAD YANIS², DAN APRIANTO²

¹Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan Indonesia

INTISARI: Penelitian *chemical machining* mengenai pengaruh larutan feri klorida (FeCl_3) terhadap kedalaman pengikisan dan kekasaran permukaan aluminium murni perdagangan telah dilakukan. Aluminium direndam dengan FeCl_3 dengan variasi konsentrasi 5% (b/v), 8% (b/v) dan 11% (b/v). Masing-masing variasi konsentrasi FeCl_3 dilakukan untuk variasi waktu perendaman 2 jam, 4 jam dan 6 jam. XRF menganalisis aluminium murni menunjukkan adanya unsur lain berupa Zn, Cr, Ti, V dan Cu. Fe^{3+} dalam FeCl_3 mengoksidasi Al sebagai komponen utama material menyebabkan pengikisan. Perbedaan potensial reduksi standar unsur-unsur penyusun material aluminium menyebabkan kekasaran permukaan bila direndam dalam FeCl_3 . Pengikisan aluminium cenderung semakin dalam dengan bertambah besarnya konsentrasi FeCl_3 dan bertambahnya waktu perendaman. Permukaan aluminium cenderung semakin kasar dengan bertambah besarnya konsentrasi FeCl_3 dan bertambahnya waktu perendaman. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,02 mm hingga 0,06 mm. Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,09 mm hingga 0,19 mm. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara 0,35 μm hingga 0,91 μm . Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara 3,30 μm hingga 5,09 μm .

KATA KUNCI: FeCl_3 , Aluminium, potensial reduksi standar, kekasaran permukaan.

ABSTRACT: The chemical machining research about the influence of FeCl_3 as soaking agent solution toward pure aluminium have been done. The concentration of FeCl_3 were 5% (w/v), 8% (w/v) and 11% (w/v) during soaking time 2 hours, 4 hours and 6 hours at room temperature. Aluminium contained Zn, Cr, Ti, V and Cu that analyzed by XRF. Fe^{3+} in FeCl_3 oxidated Al in Aluminium that became thin. The difference of standard reduction potential unsures that oxydated by FeCl_3 caused roughness of aluminium surfaces. Trend of this study were aluminium became thin rough with the increase of FeCl_3 concentration and soaking time. In this research soaking time 2 hours in FeCl_3 concentration 5% (w/v) up to 11% (w/v) caused deep of cut between 0.02 mm up to 0.06 mm. Soaking time 6 hours in FeCl_3 concentration 5% (w/v) up to 11% (w/v) caused deep of cut between 0.09 mm up to 0.19 mm. Soaking time 2 hours in FeCl_3 5% (w/v) up to 11% (w/v) caused roughness surface between 0.35 μm up to 0.91 μm . Soaking time 6 hours in FeCl_3 concentration 5% (w/v) up to 11% (w/v) caused roughness surface between 3.30 μm up to 5.09 μm .

KEYWORDS: FeCl_3 , Aluminium, standard reduction potential, roughness surface.

E-MAIL: novayanis@yahoo.co.id

Januari 2012

1 PENDAHULUAN

Pembuatan suatu komponen (*spare part*) dapat dilakukan dengan berbagai metoda yang meliputi pemanfaatan energi mekanik, listrik, termal, cahaya dan sifat kimia bahan. Salah satu pemanfaatan sifat kimia berupa metoda *Chemical Machining (CHM)* [1]. Penelitian ini melihat kemungkinan proses reaksi reduksi-oksidasi *CHM* dalam pembuatan komponen material aluminium murni dengan memanfaatkan bahan kimia yang relatif sesuai sebagai pereaksi yaitu feri

klorida (FeCl_3). Metoda *CHM* dipilih karena memiliki keunggulan tidak mengakibatkan deformasi fisik secara ruah, relatif tidak menghasilkan serbuk geram, fleksibel untuk semua ukuran, mampu membentuk desain yang kompleks dan relatif ekonomis. Metoda ini juga dipakai untuk pembuatan komponen yang sangat rapuh ataupun berukuran sangat kecil. *CHM* telah digunakan dalam pembuatan komponen dari keramik, plastik, gelas, aluminium, paduan logam, pencetakan huruf dan dekorasi material logam. Pemrosesan aluminium secara *CHM* salah satunya telah diaplikasikan

pada pembentukan sayap pesawat terbang^[2].

Pengerjaan *CHM* terdahulu mengenai perendaman material aluminium paduan ke dalam FeCl_3 berkonsentrasi antara 11%(b/v) hingga 15%(b/v) dilakukan pada pemanasan 49°C . Proses tersebut mampu mengikis 0,78 mm hingga 1,50 mm aluminium paduan dalam satu jam namun tidak dilaporkan kekasaran tekstur permukaannya. Percobaan *CHM* aluminium paduan yang diproses dengan perendaman dalam larutan NaOH menyebabkan kekasaran permukaan mencapai $3,2\mu\text{m}$ ^[2]. Pada penelitian ini dilakukan perendaman pada suhu kamar dengan maksud penghematan energi dan konsentrasi FeCl_3 yang lebih rendah yaitu 5%(b/v), 8%(b/v) dan 11%(b/v) untuk penghematan biaya bahan produksi. Sehingga penelitian ini menggunakan variabel waktu perendaman yang lebih lama yaitu 2 jam, 4 jam dan 6 jam dengan hipotesis pengikisan dapat diperdalam. Penelitian ini tidak menggunakan aluminium paduan melainkan aluminium murni. Aluminium murni pada penelitian ini merupakan salah satu istilah aluminium perdagangan dimana kadar unsur logam lain sebagai pengotor sudah cukup rendah^[3].

Keberhasilan proses bergantung pada kesesuaian potensial reduksi unsur-unsur penyusun komponen yang akan diperlakukan terhadap potensial reduksi larutan perendam. Unsur yang memiliki harga E° lebih rendah cenderung mengalami reaksi oksidasi terlebih dahulu^[4]. Aluminium merupakan unsur yang memiliki E° relatif rendah^[4,5] maka kecenderungan oksidasi aluminium yang mengakibatkan pelarutan lebih cepat daripada kecenderungan teroksidasi dan terlarut unsur lain di material aluminium. Hal ini melandasi hipotesis yang diajukan dimana keragaman unsur logam dalam material aluminium akan memiliki keragaman E° pula yang mengakibatkan ketidakseragaman kecenderungan pelarutan sehingga mengakibatkan tekstur permukaan yang lebih kasar. Penelitian ini menggunakan Fe^{3+} dari FeCl_3 yang memiliki potensial reduksi standar (E°) relatif tinggi yaitu $+0,77\text{ V}$ bila dalam suasana asam. Tingginya harga E° suatu unsur memungkinkan mengoksidasi unsur lain yang memiliki E° lebih rendah^[4,5]. Pada proses *CHM* logam-logam dalam valensi nol (0) berupa padatan di material komponen akan teroksidasi berubah menjadi ion logam yang terlarut dalam media perendam FeCl_3 . Label zat menginformasikan padanya pengotor berupa ion H^+ sekitar 0,2 % ada di dalam FeCl_3 memberikan keuntungan karena reaksi dapat berjalan dalam suasana asam. Apabila Fe^{3+} tidak berjalan dalam suasana asam maka ada kemungkinan pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang akan tereduksi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan hasil samping OH^- . E° hidroksida ini hanya $-0,56\text{ V}$, menunjukkan kemampuan mengoksidasi yang lebih rendah bila dibandingkan dalam suasana asam^[4,5]. Partikel emulsoid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang bersifat liofil dapat

memperkeruh larutan perendam dan pengikisan kurang optimum. Fe^{3+} akan tereduksi ke Fe^{2+} terlebih dahulu, kemudian apabila potensial Fe^{2+} memadai baru akan tereduksi menjadi Fe valensi nol^[4,5]. Dengan demikian serbuk geram Fe diharapkan kurang berpotensi memperkeruh larutan perendam.

Pelarutan komponen secara sebagian akan menghasilkan pengikisan dan membuat komponen memiliki bentuk fisik sesuai produk yang diharapkan. Bagian yang tidak ingin terkikis ditutup oleh suatu bahan pelindung yang sesuai^[1]. Penelitian ini menggunakan bahan pelindung polimer termoset yaitu resin epoksi. Resin ini digunakan karena memiliki sifat sebagai pelekat yang baik, tahan korosi, tahan bahan pelarut dan relatif ekonomis^[7]. Resin dilekatkan pada bagian samping dan bawah aluminium yang tidak ingin terkikis sehingga pengikisan diharapkan terjadi hanya pada bagian depan dan belakang lempeng aluminium.

2 METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah *X-Ray Fluorescent* merk Niton XRF Alloy Analyzer model XLt 800 untuk analisis kandungan unsur logam, mikrometer sekrup dengan kecermatan 0,01 mm untuk mengukur kedalaman pengikisan, Mitutoyo SRM-1 Surface Roughness Tester kecermatan $0,01\mu\text{m}$ untuk mengukur kekasaran permukaan, neraca analitis Mettler AE 200 dan peralatan gelas. Bahan yang digunakan adalah aluminium murni yang dibeli dipasaran, FeCl_3 merk Merck, pasta resin epoksi dan air bebas mineral.

2.2 Preparasi Aluminium

Aluminium murni dipasaran dipotong-potong hingga berukuran kurang lebih $150\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 4\text{ mm}$. Aluminium yang telah dipotong kemudian dibersihkan dengan cara diamplas, dicuci dengan air bebas mineral dan dikeringkan. Seluruh bagian tepi aluminium ditutupi dengan pasta resin epoksi agar tidak ikut terkikis larutan perendam. Lempeng aluminium siap diberi perlakuan.

2.3 Perlakuan Lempeng Aluminium

Lempeng aluminium yang siap diberi perlakuan masing-masing direndam sedalam 80 mm didalam 250 ml larutan FeCl_3 berkonsentrasi tertentu dan selama waktu tertentu dalam wadah kaca. Aluminium yang tidak terendam dijepitkan pada statif. Proses perendaman menggunakan pengadukan magnetik dan dilakukan pada temperatur kamar. Variasi konsentrasi larutan FeCl_3 adalah 5% (b/v), 8% (b/v) dan 11%

(b/v). Masing-masing variasi konsentrasi FeCl_3 dilakukan untuk variasi lama perendaman 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Aluminium yang telah selesai diberi perlakuan perendaman dicuci dengan air bebas mineral dan dikeringkan. Aluminium siap diuji kedalaman pengikisan dan kekasaran permukaannya.

2.4 Pengukuran Pengikisan dan Kekasaran Aluminium

Masing-masing lempeng aluminium yang siap uji diukur kedalaman pengikisannya dengan mikrometer di empat titik. Data pengukuran kedalaman pengikisan diambil di jarak 10 mm, 25 mm, 40 mm dan 60 mm dari pangkal lempeng aluminium yang terendam. Pengukuran dilakukan tiga kali untuk masing-masing titik. Perubahan ketebalan yang terukur merupakan hasil pelarutan aluminium di dua sisi permukaan lempeng aluminium sehingga perumusan kedalaman pengikisan sesuai dengan persamaan 1.

$$\text{Kedalaman Pengikisan} = \frac{\text{Perubahan Ketebalan}}{2} \quad (1)$$

Data kekasaran tekstur permukaan yang diukur dengan *roughness tester* juga dilakukan pada titik yang sama dengan pengukuran kedalaman pengikisan. Pengukuran juga dilakukan tiga kali untuk masing-masing titik.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

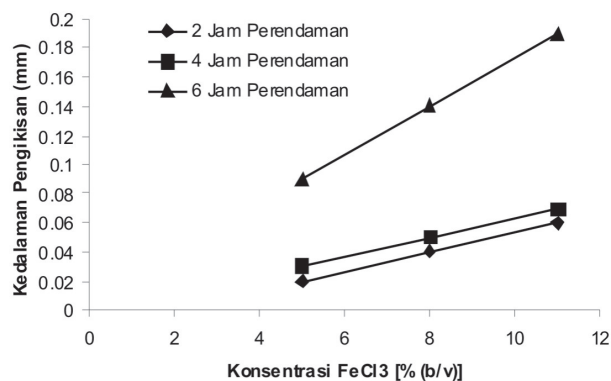
Kandungan Unsur Logam dari aluminium murni perdagangan dianalisis dengan instrumentasi yang tidak memerlukan pendestruksian cuplikan fasa padat menjadi fasa cair, yaitu *X-Ray Fluorescent (XRF)*. Sesuai panjang gelombang emisi khas unsur yang terdeteksi, masing-masingnya memiliki intensitas yang menunjukkan persentase unsur di cuplikan aluminium murni sesuai tabel 1.

TABEL 1: Tabel unsur logam penyusun aluminium murni

No	Unsur	Konsentrasi (%)
1	Al	99,65
2	Zn	0,007
3	Cr	0,03
4	Ti	0,05
5	V	0,04
6	Cu	0,02
7	Fe	0,2

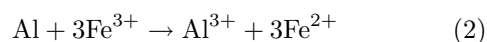
3.1 Pengikisan Aluminium

Lempeng aluminium murni yang telah diperlakukan dengan perendaman dalam FeCl_3 menunjukkan kecenderungan perubahan kedalaman pengikisan. Variabel perlakuan aluminium adalah konsentrasi larutan FeCl_3 sebagai larutan perendam yaitu 5% (b/v), 8% (b/v) dan 11% (b/v). Masing-masing variabel konsentrasi larutan perendam dilakukan selama variabel lama perendaman 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Data kedalaman pengikisan aluminium murni ditunjukkan oleh gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan kecenderungan kedalaman pengikisan semakin besar atau lempeng aluminium semakin tipis dengan bertambah besarnya konsentrasi FeCl_3 . Begitu pula lempeng aluminium semakin tipis dengan bertambahnya waktu perendaman. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,02 mm hingga 0,06 mm. Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,09 mm hingga 0,19 mm.



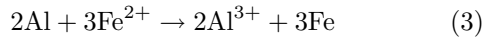
GAMBAR 1: Kurva variasi konsentrasi FeCl_3 terhadap kedalaman pengikisan Aluminium murni pada berbagai variasi waktu perendaman.

Aluminium dapat terkikis atau terlarut bila dikontakkan dengan larutan FeCl_3 karena $E^\circ \text{Fe}^{3+}$ relatif tinggi yaitu +0,77 V. Aluminium mudah dioksidasi karena memiliki E° relatif rendah yaitu -1,66 V, sehingga material ini berpotensi dibentuk secara *CHM* menggunakan larutan perendam yang mengandung Fe^{3+} . Aluminium di fasa padat yang memiliki valensi nol akan dioksidasi dan berubah menjadi Al^{3+} yang berbentuk ion sehingga terlarut ke media pengoksidasi. Pengikisan ini akan menyebabkan berkurangnya ketebalan bagian tertentu dari material aluminium. Reaksi redoks antara Fe^{3+} dengan Al sesuai persamaan 2.

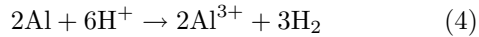


Ion Fe^{3+} yang tereduksi menjadi Fe^{2+} masih memiliki

kemungkinan mengoksidasi Al karena Fe^{2+} memiliki E^0 yang lebih tinggi dari pada Al yaitu $-0,44$ V. Reaksi redoks antara Fe^{2+} dengan Al sesuai persamaan 3.

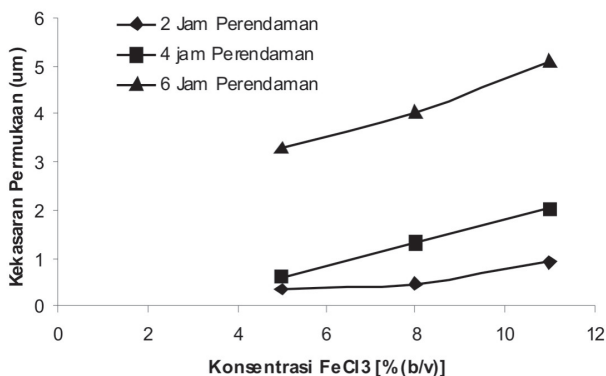


$FeCl_3$ yang digunakan pada percobaan ini mengandung pengotor berupa ion H^+ sebanyak kurang lebih 0,2%. Ion H^+ ini memiliki harga E^0 0,00 V, sehingga juga berpotensi melarutkan Al. Reaksi redoks antara Al dengan ion H^+ sesuai persamaan 4.



3.2 Kekasaran Permukaan Aluminium

Aluminium yang telah diberi perlakuan perendaman dengan $FeCl_3$ berkonsentrasi 5% (b/v), 8% (b/v) dan 11% (b/v) selama 2 jam, 4 jam dan 8 jam menunjukkan kecenderungan perubahan kekasaran permukaan. $FeCl_3$ memiliki kemampuan mengoksidasi Al sehingga terlarut sebagai ion Al^{3+} . Begitu pula unsur-unsur lain yang ada di material aluminium yang memiliki harga E^0 lebih rendah daripada E^0 Fe^{3+} akan teroksidasi dan terlarut. Harga E^0 unsur pengotor dalam hal ini Zn, Cr, Cu, Ti dan V yang berbeda dengan Al dan tidak seragam memiliki potensial teroksidasi yang berbeda-beda. Kelima unsur ini memiliki harga E^0 lebih tinggi dari Al, maka bila Al dioksidasi Fe^{3+} unsur pengotor belum teroksidasi dan belum terlarut. Makin besar perbedaan kemampuan terlarut unsur-unsur penyusun material aluminium maka tekstur permukaan akan makin kasar. Perubahan kekasaran permukaan seiring dengan berubahnya variabel konsentrasi larutan perendam dan waktu perendaman ditunjukkan oleh gambar 2.

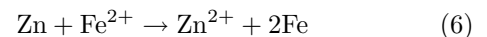
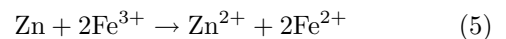


GAMBAR 2: Kurva variasi konsentrasi $FeCl_3$ terhadap kekasaran permukaan Aluminium

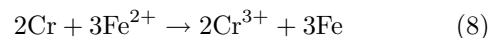
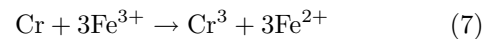
Gambar 2 memperlihatkan kecenderungan kekasaran permukaan semakin besar dengan bertambah besarnya konsentrasi $FeCl_3$. Begitu permukaan semakin kasar dengan bertambahnya waktu perendaman. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi

$FeCl_3$ 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara $0,35$ μm hingga $0,91$ μm . Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi $FeCl_3$ 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara $3,30$ μm hingga $5,09$ μm .

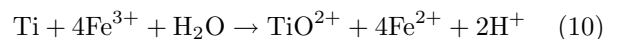
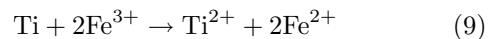
Aluminium merupakan unsur yang memiliki E^0 relatif rendah^[4,5]. Kecenderungan oksidasi aluminium yang mengakibatkan pelarutan lebih cepat daripada kecenderungan teroksidasi dan terlarut unsur lain di material aluminium sehingga menyebabkan kekasaran permukaan. Berbagai unsur selain Al di material aluminium juga memiliki potensi teroksidasi karena memiliki E^0 lebih rendah dari E^0 Fe^{3+} yaitu lebih rendah dari $+0,77$ V. Unsur Zn memiliki harga E^0 $-0,76$ V sehingga dapat dioksidasi Fe^{3+} sesuai reaksi persamaan 5. Reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} memungkinkan Fe^{2+} yang memiliki harga E^0 $-0,44$ V mengoksidasi Zn pula sesuai reaksi persamaan 6.



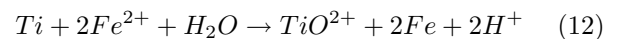
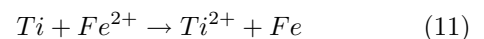
Unsur Cr memiliki harga E^0 $-0,74$ V memungkinkan dioksidasi Fe^{3+} sesuai reaksi pers.7 Cr juga memungkinkan dioksidasi Fe^{2+} sesuai reaksi persamaan 8.



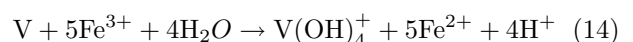
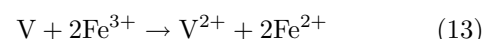
Unsur Ti memiliki harga E^0 $-1,63$ V untuk teroksidasi oleh Fe^{3+} menjadi Ti^{2+} sesuai reaksi persamaan 9. Ti juga dapat teroksidasi oleh Fe^{3+} menjadi TiO^{2+} dengan harga E^0 $-0,88$ V sesuai reaksi persamaan 10.



Ion Fe^{2+} juga dapat mengoksidasi Ti menjadi Ti^{2+} sesuai reaksi persamaan 11 dan dapat mengoksidasi Ti menjadi TiO^{2+} sesuai reaksi persamaan 12.

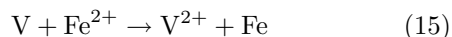


Unsur V memiliki harga E^0 $-1,19$ V untuk teroksidasi oleh Fe^{3+} menjadi V^{2+} sesuai reaksi persamaan 13. V juga dapat teroksidasi oleh Fe^{3+} menjadi $V(OH)_4^+$ dengan harga E^0 $-0,25$ V sesuai reaksi persamaan 14.

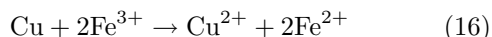


Ion Fe^{2+} juga dapat mengoksidasi V menjadi V^{2+} sesuai reaksi persamaan 15. Namun ion Fe^{2+} tidak mampu mengoksidasi V menjadi $V(OH)_4^+$ karena E^0

Fe^{2+} $-0,44$ V lebih rendah daripada E° unsur V untuk teroksidasi menjadi $\text{V}(\text{OH})_4^+$ yaitu $-0,25$ V.



Unsur Cu sukar teroksidasi oleh asam bronsted dalam hal ini ion H^+ , karena Cu memiliki harga E° yang positif yaitu $+0,34$ V. Namun E° Cu masih lebih rendah dibanding $E^\circ \text{Fe}^{3+}$ sehingga dapat teroksidasi sesuai reaksi persamaan 16. Cu juga sukar dioksidasi oleh Fe^{2+} .



FeCl_3 yang digunakan penelitian ini memiliki pengotor ion H^+ yang memiliki harga E° $0,00$ V. Ion H^+ selain dapat mengoksidasi Al sesuai persamaan 4, juga dapat mengoksidasi dan melarutkan unsur Zn, Cr, Ti dan V. Melarutnya empat unsur ini kecuali Cu oleh ion H^+ juga dapat menyumbang pengaruh terhadap perubahan kekasaran permukaan aluminium. Seluruh harga E° dan reaksi reduksi didapat berdasarkan literatur^[4,5].

4 KESIMPULAN

Penelitian aluminium murni yang direndam dalam FeCl_3 dengan variasi konsentrasi 5% (b/v), 8% (b/v) dan 11 % (b/v).masing-masing selama variabel waktu perendaman 2 jam, 4 jam dan 6 jam memiliki kesimpulan :

1. Pengikisan aluminium cenderung semakin dalam dengan bertambah besarnya konsentrasi FeCl_3 dan bertambahnya waktu perendaman.
2. Permukaan aluminium cenderung semakin kasar dengan bertambah besarnya konsentrasi FeCl_3

dan bertambahnya waktu perendaman.

3. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,02 mm hingga 0,06 mm. Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kedalaman pengikisan antara 0,09 mm hingga 0,19 mm.
4. Waktu perendaman 2 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara 0,35 μm hingga 0,91 μm . Sedangkan waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi FeCl_3 5% (b/v) hingga 11% (b/v) menghasilkan kekasaran permukaan antara 3,30 μm hingga 5,09 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kazanas, Glen, 1991, *Basic Manufacturing Processes*, Mc Graw Hill
- [2] David L. Goetsch, 1991, *Modern Manufacturing processes*, Delmar Publisher Inc.
- [3] Surdia, Tata dan Shinroku Saito, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [4] Skoog, D.A., D.M. West, dan F.J. Holler, 1994, *Analytical Chemistry*, 6th ed., Saunders College Publishing, Philadelphia
- [5] Achmad, Hiskia, 1992, *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, P.T. Citra Aditya Bakti, Bandung
- [6] Christian, Gary, 1994, *Analytical Chemistry*, 5th ed., John Wiley & Sons, Inc, New York
- [7] -----, 2010, <http://www.scorehi.com/epoxy-pillar.htm>. Diakses tanggal 7 November 2010