

## Studi Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Dan Konsentrasi Larutan Pada Proses *Chemical Machining*

Hendra Dwipayana

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tamansiswa Palembang  
Jl. Tamansiswa No. 1 Palembang - 30118  
hrd\_dwipayana@yahoo.co.id

### Abstrak

Penelitian mengenai pengaruh larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  sebagai media perendam material baja karbon rendah telah dilakukan. Kualitas benda kerja yang dibuat menggunakan proses *chemical machining* tergantung dari beberapa factor yaitu: jenis material dari benda kerja, jenis dan konsentrasi zat pelarut kimia, lamanya pencelupan, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan yang diinginkan, serta temperatur lingkungan pada saat proses berlangsung. Konsentrasi  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  yang digunakan adalah 10% , 15% dan 20% (v/v) selama 2, 4, 6 jam pada temperatur ruang ( $30^\circ$ ). Pada penelitian ini *rate of metal removal* yang terjadi adalah sekitar  $15 \text{ mm}^3/\text{menit}$  dan pemakanan permukaan antara 1,1 – 2,5mm. Kecenderungan hasil studi ini yaitu bagian baja yang tidak dilapisi epoksi akan semakin kasar dan semakin tipis dengan naiknya parameter konsentrasi  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$ , waktu kontak, dan temperatur.

**Keywords:** Baja karbon rendah, Oksidasi reduksi,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , tekstur permukaan.

### Abstract

The research about the influence of  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  as soaking agent solution toward low carbon steel have been done. Quality of material made's using chemical machining are depend on several factor, were : material, chemical solvent, time contact, feed roughness and raw of material, and room temperature. The concentration of  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{HNO}_3$  were 10%, 15% and 20% (v/v) during time contact 2, 4, 6 hour at room temperature ( $30^\circ\text{C}$ ). In this research, the rate of metal removal was  $15 \text{ mm}^3/\text{minute}$  and surface finish are between 1,1 up to 2,5 mm. Trend of this study was the part of the steel that wasn't covered by epoxy became rough and thin with the increase of  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{HNO}_3$  concentration, time contact, and temperature.

**Keywords:** Low carbon steel, oxydation reduction,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , surface texture.

### Pendahuluan

Kemajuan di bidang teknologi yang mendorong perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi teknik produksi menuntut suatu bentuk perkakas maupun proses pengerjaan yang baru untuk menghasilkan benda kerja yang kompleks dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Keadaan inilah yang mendorong berkembangnya suatu teknologi baru, yang lebih dikenal dengan istilah *Non Conventional Machinery (Non Traditional Machining)*. Salah satu jenis proses *non traditional machining* adalah proses *chemical machining* (proses pemesinan secara kimia).

Kualitas benda kerja yang dibuat dengan menggunakan proses *chemical machining* tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis material dari benda kerja, jenis dan konsentrasi pelarut kimia, lamanya waktu proses pencelupan, kedalaman pemakanan yang diinginkan, serta kondisi lingkungan pada saat proses berlangsung sehingga diperoleh

suatu variasi yang menghasilkan suatu nilai kekasaran. Pada dasarnya proses *chemical machining* ini adalah suatu bentuk proses korosi yang terjadi pada suatu logam akibat adanya suatu reaksi kimia yang mengubah logam tersebut secara kimiawi menjadi senyawa geram (*chips*) yang mengandung unsur logam tersebut. Aplikasi dari proses *chemical machining* ini biasanya digunakan untuk penipisan permukaan dan mendapatkan bentuk kompleks suatu benda kerja, misal dalam pembuatan cetakan bingkai (*forming dies*), katup pegas, *valve*, pembuatan blok huruf dan angka pada material baja, penipisan sayap pesawat terbang dan untuk pembuatan *printed circuit* pada rangkaian elektronik.

Keterbatasan kemampuan dari mesin perkakas yang umumnya dipakai dalam mengerjakan benda kerja yang kompleks serta menuntut ketelitian yang lebih tinggi merupakan penyebab permasalahan yang timbul dalam penelitian ini. Pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh konsentrasi, jenis zat pelarut

(*etchant*), variasi waktu pencelupan terhadap kedalaman pemakanan (*depth of cut*) dan kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses *chemical machining* tanpa bantuan alat pengaduk dan pemanas. Pada penelitian ini digunakan jenis larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  yang berfungsi untuk melarutkan benda kerja, sedangkan benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja lunak/baja carbon rendah. Adapun tujuan dari penelitian proses *chemical machining* ini dilakukan adalah untuk mempelajari dan mengetahui lebih jauh tentang proses *chemical machining*. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan, jenis zat pelarut (*etchant*) dan pengaruh lamanya waktu proses pencelupan terhadap kedalaman pemakanan (*depth of cut*) dan kekasaran permukaan (Ra) pada proses *chemical machining* dalam keadaan tanpa pengaduk dan tanpa memakai pemanas, sehingga dapat diambil manfaat dan diperoleh suatu kesimpulan dalam keadaan dan kondisi yang bagaimana akan didapat suatu produk yang mempunyai kualitas yang baik seperti nilai kekasaran permukaannya rendah.

Pada dasarnya proses *Chemical Machining* adalah suatu bentuk proses pengkorosian yang terjadi pada suatu logam akibat adanya suatu reaksi kimia yang mengubah logam tersebut secara kimiawi menjadi senyawa geram (chips) yang mengandung unsur tersebut. Proses pengerjaan pada logam itu, bisa terjadi secara selektif maupun tidak selektif. Pada proses selektif (*selektif-Removal Process*) maka proses pengerjaan material benda kerja tersebut terjadi pada tempat-tempat tertentu saja, sedangkan bagian-bagian lainnya dilindungi dengan material pelindung tertentu, sehingga tidak terjadi reaksi kimia pada bagian tersebut. Pada proses tidak selektif (*Non Selektif-Removal Process*) maka proses pengerjaan material benda itu terjadi di seluruh permukaan benda kerja.

Zat pelarut kimia yang dipergunakan di dalam proses *Chemical Machining* ini bisa berupa senyawa kimia yang bersifat asam ataupun senyawa kimia yang bersifat basa. Untuk memungkinkan proses pengerjaan pada material benda kerja maka pelarut kimia ini bisa: Disemprotkan pada daerah pengerjaan di permukaan benda kerja tersebut. Benda kerja dibenamkan pada zat pelarut kimia tersebut.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada benda kerja berupa baja karbon rendah, dengan menggunakan larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  dengan lapisan pelindung berupa lem epoxy untuk membentuk benda kerja yang diinginkan. Proses *Chemical Machining* ini dilakukan tanpa menggunakan pengaduk dan pemanas dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi, jenis zat pelarut (*etchant*) dan waktu proses pencelupan

terhadap kedalaman pemakanan (*depth of cut*) dan kekasaran permukaan (Ra). Berikut ini diagram alir dalam melakukan penelitian tersebut.

### A. Alat dan Bahan

Penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa peralatan dan bahan yang berupa benda kerja dan zat-zat kimia, antara lain:

Alat ; Gelas ukur, Thermometer, Tabung tempat reaksi proses *chemical machining*, Kawat pengikat, Kertas amplas untuk menghaluskan permukaan benda kerja, Roughness Tester, Mikrometer digital dengan kecermatan 0,001 mm, Jangka sorong dengan skala terkecil 0,02 mm dan lain-lain.

Bahan ;

$\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , Aquadest, Baja karbon rendah, epoxy.

### B. Preparasi Penelitian

Langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam proses penelitian ini adalah:

Menentukan komposisi kimia benda kerja dengan menggunakan alat Niton Alloy Analyzer XLt-800 dan OES.

Tabel 1. Komposisi Baja Karbon Rendah

No.	Unsur	Konsentrasi(%)
1.	Fe	94,17
2.	Mn	0,86
3.	Ni	0,73
4.	Cr	0,70
5.	C	0,12
6.	Unsur lainnya	0,09

### Persiapan Benda Kerja:

Memotong benda kerja sesuai dengan ukuran yang kita inginkan. Pada penelitian ini digunakan baja karbon rendah sebagai benda kerja.

Melakukan penghalusan terhadap permukaan benda kerja dengan kertas amplas.

Melakukan pengukuran ketebalan awal di beberapa titik pada benda kerja.

Menempelkan zat pelindung (*Maskant*) yang telah ditentukan. Pada penelitian ini digunakan zat pelindung berupa lem epoxy, kemudian benda kerja diukur ketebalan awalnya.

### Pembuatan Larutan $\text{FeCl}_3$ dan $\text{HNO}_3$

Melarutkan zat kimia sampai konsentrasi dan volume yang diinginkan. Pada penelitian ini digunakan dua jenis larutan yaitu  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  (yang kemudian diencerkan dengan air mineral sampai konsentrasi tertentu 10%, 15%, 20% dan 30% sebagai variasi proses).

**Proses Perlakuan:**

Mencelupkan benda kerja pada larutan yang telah disiapkan dengan konsentrasi dan waktu yang telah ditentukan (2, 4, dan 6 jam) dan mengukur temperatur selama proses pencelupan berlangsung. Setelah proses pencelupan selesai, maka benda kerja dibersihkan permukaannya.

Setelah proses pembersihan selesai, maka benda kerja kembali diukur ketebalannya pada titik-titik pengukuran awal.

Menganalisa hasil percobaan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tiap unsur logam memiliki nilai potensial reduksi standar ( $E^{\circ}$ ) tersendiri. Nilai  $E^{\circ}$  telah ditabelkan di literatur (Day, R. A., 2002). Nilai  $E^{\circ}$  yang relative kecil menyebabkan unsur tersebut mudah dioksidasi oleh unsure lain yang memiliki nilai  $E^{\circ}$   $H^+$  adalah 0,00 V dan  $E^{\circ}$   $HNO_3$  mampu mengoksidasi sebagian besar unsur logam di baja karbon rendah. Oksidasi ini menyebabkan kenaikan bilangan oksidasi unsur sehingga berada dalam keadaan kation dan terlarut ke media perendam ( $HNO_3$ ) sebagai ion positif. Berbagai tingkat kemampuan terlarut sesuai masing-masing harga  $E^{\circ}$  menyebabkan ketidakseragaman kecepatan pelarutan sehingga dapat menimbulkan kekasaran tekstur permukaan. Kekasaran tekstur permukaan dalam penelitian ini tidak dianalisis dengan Scanning Electron Microscopy (SEM), karena biaya operasional instrument yang cukup tinggi. Kekasaran baja dapat dianalisis dengan peralatan yang lebih murah, dalam hal ini Roughness Surface Tester.

**B. Analisa Hasil Penelitian**

Larutan  $FeCl_3$  dan  $HNO_3$  yang telah diencerkan sebelum dicelupkan baja paduan terlihat berwarna bening, kemudian menimbulkan gelembung gas selama proses chemical machining. Setelah proses pencelupan ini selesai larutan  $FeCl_3$  dan  $HNO_3$  tidak bening lagimelainkan agak keruh, tetapi apabila larutan tersebut didiamkan beberapa lama akan kembali bening dan terlihat endapan dibawahnya, hal ini disebabkan karena terbentuknya senyawa garam  $Fe(OH)_3$  yang dihasilkan dalam proses tersebut.

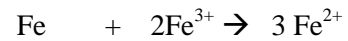
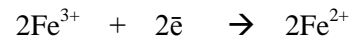
Adapun reaksi kimia yang terjadi pada proses *Chemical Machining* ini adalah:

**Reaksi Fe di baja dengan  $FeCl_3$ :**

Oksidasi :



Reduksi:

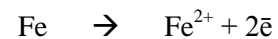


Penyamaan muatan :

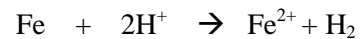
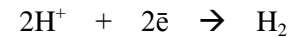


Pada saat proses pencelupan berlangsung, disekitar permukaan benda kerja terlihat gas atau gelembung-gelembung gas hasil reaksi antara benda kerja dan pelarut. Adanya gas yang terlihat terjadi karena di  $FeCl_3$  mengandung pengotor 0,2%  $HCl$ , dimana  $H^+$  dari  $HCl$  mengoksidasi  $Fe$  sehingga berubah menjadi gas  $H_2$  sesuai reaksi dibawah ini :

Oksidasi :



Reduksi



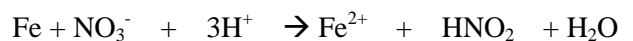
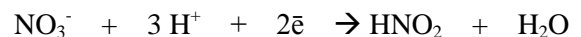
**Reaksi Fe dibaja dengan  $HNO_3$**

Pada proses chemical machining yang dilakukan ini,  $HNO_3$  terion menjadi  $H^+$  dan  $NO_3^-$ , reaksi  $Fe$  dengan  $H^+$  dari  $HNO_3$  sama dengan  $H^+$  dari  $HCl$  di reaksi di atas sehingga juga menimbulkan gas  $H_2$ . Adapun reaksi antara  $Fe$  dengan  $NO_3^-$  adalah sebagai berikut :

Oksidasi :



Reduksi :



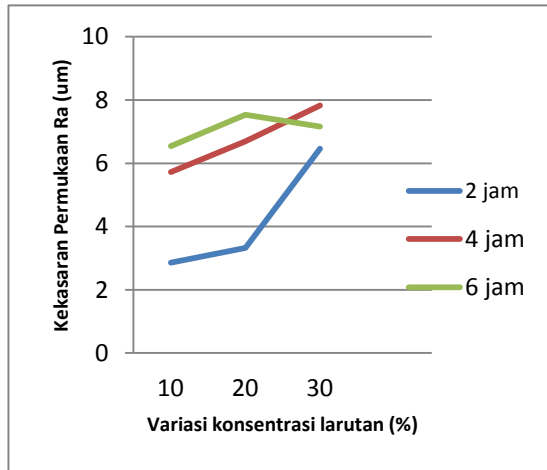
Dimana  $NO_3^-$  merupakan oksidator yang lebih kuat daripada  $Fe^{3+}$  karena  $NO_3^-$  memiliki potensial reduksi standar yang lebih besar dibanding  $Fe^{3+}$  dan  $FeCl_3$ . Maka  $NO_3^-$  lebih mampu mengoksidasi unsur-unsur C, Sn, Ni, Pb, Mn dan S dibaja, dimana unsur-unsur tersebut yang menimbulkan kekasaran pada hasil proses *chemical machining*.

Hal ini menyebabkan *chemical machining* dengan  $HNO_3$  kekasarannya lebih kecil dibanding dengan  $FeCl_3$ . Jika unsur paduan baja tersebut seperti C, Mn, Ni, dan Pb inilah yang dapat menyebabkan kekasaran permukaan karena pada proses ini tidak dapat terlarut dan tetap dalam bentuk padatan.

Penelitian ini juga digunakan untuk mencari pengaruh variasi-variasi yang berperan penting dalam proses *chemical machining* terhadap nilai kekasaran permukaan dan kecepatan pemakanan yang dihasilkan.

### 1. Analisa Pengaruh konsentrasi terhadap kekasaran permukaan

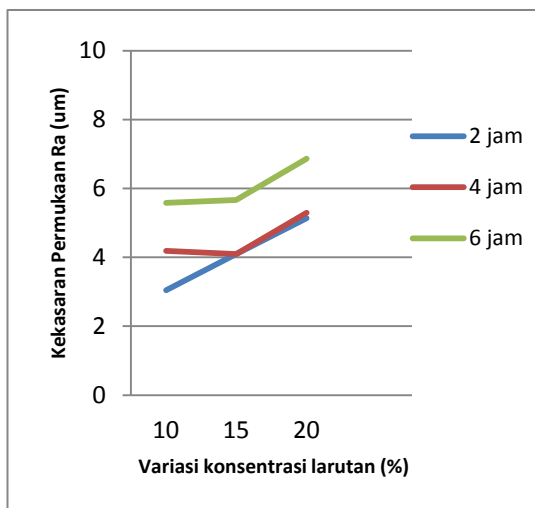
Konsentrasi  $\text{FeCl}_3$  yang digunakan pada penelitian ini adalah 10%, 20%, dan 30% sedangkan konsentrasi  $\text{HNO}_3$  adalah 10%, 15%, 20%. Variasi ini dimaksudkan untuk melihat laju pelarutan yang terjadi akibat perubahan konsentrasi, hal ini sangat penting untuk diketahui agar dapat diperhitungkan dalam membuat suatu benda kerja yang menuntut ketelitian ukur yang tinggi.



**Gambar 1.** Pengaruh variasi konsentrasi larutan terhadap kekasaran permukaan

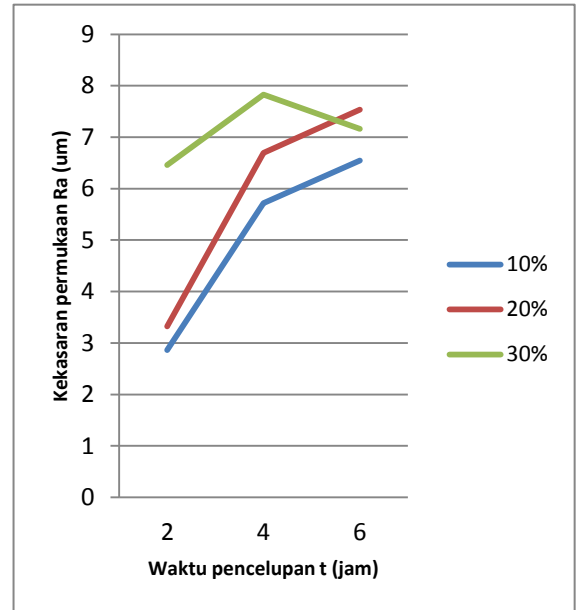
Apabila suatu konsentrasi pelarut ditambah maka laju pelarutannya naik sebanding dengan nilai kekasaran permukaannya. Hal ini dapat dilihat pada gambar.1 dan gambar 2.

Dengan bertambahnya waktu sehingga laju pelarutan meningkat dan menyebabkan kedalaman potong bertambah dan ketidakrataan menjadi lebih tinggi karena setiap material secara mikroskopis memiliki ketidakrataan permukaan, pada waktu pelarutan ketidakrataan ini diperbesar dengan terlarutnya bagian permukaan benda kerja yang berkontak langsung dengan zat pelarut.



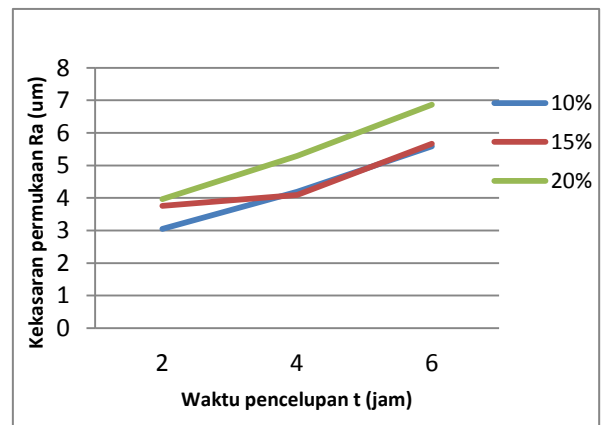
### 2. Analisa pengaruh waktu pencelupan terhadap kekasaran permukaan

Bahan baja lunak yang dihasilkan dalam proses ini mempunyai nilai kekasaran permukaan yang berbeda-beda sesuai dengan variasi proses yang dilakukan. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh nilai kekasaran permukaan yang semakin tinggi dengan bertambahnya waktu pencelupan seperti dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu pencelupan terhadap kekasaran permukaan pada larutan  $\text{FeCl}_3$

Dengan semakin lamanya waktu pencelupan mengakibatkan semakin banyak waktu perkontrakan antara benda kerja dengan zat pelarut ( *etchant* ), maka semakin tinggi pemakanan atau pelarutan yang terjadi sehingga kemungkinan untuk menghasilkan bahan atau produk dengan nilai kekasaran tinggi .

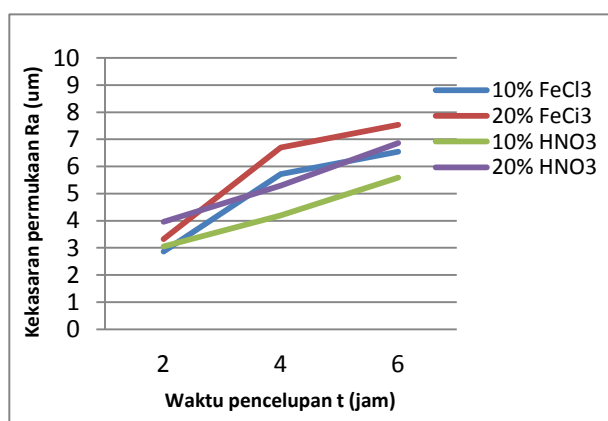


**Gambar 4.** Pengaruh waktu pencelupan terhadap kekasaran permukaan dengan konsentrasi tetap pada larutan  $\text{HNO}_3$

Ketidakrataan permukaan disebabkan karena perbedaan komposisi disetiap bagian permukaan pada benda kerja baja lunak tersebut. Sehingga mempengaruhi laju pelarutan disetiap bagian benda kerja.

### 3. Analisa pengaruh kekasaran permukaan terhadap kedalaman pemakanan

Variasi waktu pencelupan dan konsentrasi yang digunakan untuk melihat pengaruh variasi proses terhadap perubahan kekasaran permukaan dengan kedalaman pemakanan yang terjadi pada larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  dipakai adalah variasi konsentrasi 10% dan 20%. Dari hasil dan grafik yang diperoleh menyatakan bahwa untuk larutan  $\text{HNO}_3$  kedalam pemakanannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan larutan  $\text{FeCl}_3$ .



**Gambar 5.** Perbandingan pengaruh waktu pencelupan terhadap kekasaran permukaan larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$

Hal ini disebabkan banyaknya bagian benda kerja yang terlarut akibat bereaksi dengan zat pelarut tersebut, namun untuk kekasaran permukaan tetap sama-sama terjadi peningkatan kekasaran permukaan, hal ini dapat dilihat pada gambar 5.

### 4. Analisa pengaruh konsentrasi terhadap kedalaman pemakanan

Variasi konsentrasi larutan  $\text{FeCl}_3$  yang digunakan pada penelitian ini adalah 10%, 20%, dan 30% sedangkan konsentrasi larutan  $\text{HNO}_3$  adalah 10%, 15%, 20%. Dari variasi tersebut diperoleh bahwa makin tinggi konsentrasi maka kedalaman pemakanan yang terjadi makin besar laju reaksi larutan  $\text{HNO}_3$  pada konsentrasi 10 dan 20% lebih cepat dibandingkan dengan variasi konsentrasi yang sama larutan  $\text{FeCl}_3$  sehingga menyebabkan benda kerja lebih cepat terlarut atau termakan dengan tingkat kekasaran permukaan yang juga meningkat.

### 5. Analisa pengaruh waktu pencelupan terhadap kedalaman pemakanan

Variasi waktu pencelupan yang digunakan untuk melihat perubahan kedalaman pemakanan yang

terjadi dipakai variasi waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Dari hasil dan grafik yang diperoleh untuk kedua larutan yaitu  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  dengan variasi konsentrasi yang ditentukan didapat bahwa makin lama waktu pencelupan maka makin besar kedalaman potong yang terjadi, hal ini disebabkan banyaknya bagian benda kerja yang terlarut akibat bereaksi dengan zat pelarut tersebut selama proses pencelupan. Namun dengan lamanya proses waktu pencelupan juga akan menyebabkan semakin meningkatnya kepekatan larutan akibat reaksi pemakanan yang terjadi, sehingga pada tingkat kejenuhan larutan yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang dihasilkan pada setiap reaksi antara larutan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  yang digunakan dengan benda kerja.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai kekasaran permukaan suatu bahan sangat tergantung dari variabel proses yang digunakan, yaitu konsentrasi zat pelarut, dan lamanya waktu pencelupan. Sedangkan zat yang perlu digunakan pada proses *chemical machining* berbeda-beda sesuai dengan jenis material yang digunakan.
2. Proses *chemical machining* tersebut cocok untuk proses yang mengutamakan ketelitian yang tinggi terutama untuk kedalaman pemakanan yang cukup kecil yang umumnya tidak dapat dicapai oleh proses permesinan yang biasa digunakan (*Conventional machining*), contohnya pada proses pembuatan koin logam.
3. Bahwa makin tinggi konsentrasi zat pelarut maka kedalaman yang dicapai juga makin besar, hal ini sebanding dengan variasi lamanya waktu pencelupan terhadap kedalaman pemakanan dan kekasaran permukaan.
4. Untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan yang rendah maka diusahakan agar variasi yang digunakan adalah waktu pencelupan yang tidak lama dan kedalaman pemakanan dan kedalaman yang akan dicapai tidak terlalu besar.

## Daftar Pustaka

1. A.J. Lissaman & S.J. Martin, "Principles of Engineering Production", Edward Arnold, 1982.
2. B.H. Amstead, Phillip F.Oswald, Myron L.Begeman, "Manufacturing Proseses" Jhon Willey and Sons, 1987.
3. David L. Goetsch, "Modern Manufacturing Processes", Delmar Publishers INC, 1991.
4. Hiskia Achmad, Elektrokimia dan Kinetika Kimia., PT. Citra Aditya Bakti, Bandung, 1992.

5. H.C. Kazanas, Glenn E. Baker, Thomas G. Gregor, “ Basic Manufacturing Processes”, Mc Graw Hill, 1991.
6. Jhon A.Schey, “Introduction to Manufacturing Process”, Mc Graw-Hill International Editions, Singapore, 1987.

**Web site:**

1. [http://www.epotek.com/technical\\_papers.asp](http://www.epotek.com/technical_papers.asp).
2. [www.scorehi.com/epoxy-pillar.htm](http://www.scorehi.com/epoxy-pillar.htm).
3. <http://www.eal.com.au/index.php>