

PEMBUATAN MESIN *ELECTRO CHEMICAL MACHINING (ECM) SINGLE AXIS* DAN PENGUJIAN AWAL PEMESINAN PADA *STAINLESS STEEL 304* DAN *STAINLESS STEEL 316*

Bagas Yoso Kuncoro

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta, 55183, Indonesia

Yosokuncoro@gmail.com

Abstrak

Mesin *Electrochemical machining* merupakan salah satu mesin non konvensional. Mesin ECM mampu membuat komponen yang rumit dan material yang keras sekalipun, dimana proses pemesinan menggunakan larutan elektrolit dan tool tidak perlu bersentuhan dengan benda kerja.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan mesin ECM *single axis* dan pengujian awal mesin ECM *single axis*. Untuk mengetahui unjuk kerja dari mesin ECM *single axis* dapat dilihat pada saat proses pemesinan pada plat *stainless steel 304* dengan tebal 0.4 mm dan *stainless steel 316* dengan tebal 0.6 mm memvariasikan tegangan 5,7 dan 12 volt. Saat pemesinan dengan metode ECM. Dimana dalam proses pemesinan menggunakan larutan elektrolit NaCl dengan konsentrasi 15%.

Dari proses pemesinan didapatkan hasil pada benda kerja *stainless steel 304* MRR yang terbesar terjadi pada tegangan 12 volt dengan nilai MRR rata-rata 6.652×10^{-4} gram/detik, untuk *stainless steel 316* MRR yang terbesar pada tegangan 12 volt dengan nilai MRR rata-rata 5.621×10^{-4} gram/detik perbedaan nilai MRR ini disebabkan ketahanan material terhadap korosif. Hasil *overcut* yang terbesar terjadi pada benda kerja *stainless steel 304* dengan *overcut* 13.38 % dengan laju pemakan 3.75×10^{-2} mm³/detik dengan tegangan 7 volt dan untuk *stainless steel 316* *overcut* yang terbesar terjadi pada tegangan 5 Volt dengan nilai *overcut* 16.86% dengan laju pemakan 0.489×10^{-2} mm³/detik. Besar *overcut* ini disebabkan oleh lama pemesinan yang terjadi.

Kata Kunci: *Electrochemical Machining, Material Removal Rate, Overcut, Stainless Steel 304, Stainless Steel 316.*

1. Pendahuluan

Electrochemical Machining (ECM) salah satu mesin non-konvensional. Proses pemesinan dengan cara pelarutan anodis dari material benda kerja. Mesin ECM memanfaatkan suatu reaksi kimia dan pelepasan muatan listrik antara pahat (elektroda) dan benda kerja yang mempunyai sifat konduktor listrik melalui sebuah sumber arus searah (DC) didalam suatu cairan elektrolit Budiman (2012).

Pada saat sekarang ini banyak peneliti membuat mesin ECM ini salah satunya Feriyanta (2015) membuat mesin ECM menggunakan baja pejal yang digunakan sebagai bahan utama rangka mesin ECM. Baja pejal merupakan material yang memiliki harga yang relative murah dan memiliki sifat kekeras yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk kerangka mesin ECM. Akan tetapi baja pejal memiliki kelemahan yaitu baja mudah berkarat yang diakibatkan oleh cairan elektrolit.

Prasetya (2014) pada penelitiannya mesin ECM dibuat menggunakan *stainless steel* dan aluminium *alloy* sebagai bahan dasar mesin. *Stainless steel* digunakan pada dasar mesin sebagai pondasi mesin, sedangkan aluminium *alloy* digunakan sebagai penyangga. Karena mesin ECM dibuat menggunakan *stainless steel* dan aluminium *alloy* maka muda dalam perawatan. Akan tetapi perancangan yang dilakukan oleh Prasetya (2014)

masih memiliki kekurangan yaitu pemasangan *Linear Motion Rail*, karena *Linear Motion Rail* tidak di desain untuk pemesinan dengan arah vertikal dan menyamping, yang dapat membuat pemesinan kurang optimal

Suhardjono (2014) melakukan penelitian menggunakan mesin ECM yang tempat benda kerja terbuat dari akrilik, pada penelitiannya tersebut Suhardjono (2014) untuk menguji performansi kualitatif "*overcut*" (kelebihan ukuran) dan "*taper effect*" (efek tirus) dari lubang hasil drilling mesin ECM. Pada penelitiannya Suhardjono (2014) menggunakan elektrolit KCL dengan konsentrasi 10%, 15%, 20%, dan 25% kg/l aquadest dengan memvariasikan tegangan yang berasal dari power supply yaitu 12, 24 dan 36 volt. Pada eksperimen Suhardjono (2014) untuk konsentrasi KCL dari 10%-30% didapatkan hasil bahwa *overcut* naik dari 7.53 mm hingga 8.63 mm pada tegangan 12 volt dan untuk tegangan 24 volt dan 36 volt menghasilkan *overcut* sebesar 6.66 mm hingga 8.81 mm. jadi jika diameter elektroda berdiameter 9.92 mm maka menghasilkan lubang sebesar 18.73 mm atau hampir dua kali lipat dari diameter elektroda.

Sulistiyo (2016) membuat lubang pada plat *stainless steel 304* dengan memvariasikan jarak celah (gap) dan pengaruh terhadap *material removal rate* (MMR). Pada penelitiannya menyimpulkan bahwa besar jarak gap berbanding

terbalik terhadap nilai MRR, dimana semakin besar gap maka semakin kecil MRR yang dihasilkan dengan waktu pemesinan yang sama serta volt dan konsentrasi NaCl yang sama pula. Dari hasil pengujian dengan gap 0.75 mm makan MMR yang dihasilkan 5.0734×10^{-4} gr/dt.

Dari penjelasan tersebut penulis tertarik untuk melakukan perancangan mesin ECM yaitu mesin ECM *Single axis* dengan melakukan pembuatan dan pengembangan baik dari segi pemilihan bahan material, maupun sistem kerja dari mesin ECM *Single axis* itu sendiri. Pada perancangan mesin ECM *Single axis* kali ini, bahan material yang digunakan adalah akrilik agar tahan karat dan juga akrilik lebih ringan dibandingkan dengan aluminium pejal. Perancangan mesin ECM *Single axis* ini akan memperluas ruang fabrikasi, sistem penggerak satu arah dan juga merancang sistem elektrolit yang lebih baik. Penelitian ini juga akan berfokus pada pengujian performa mesin *Electrochemical Machining (ECM) Single axis*. Parameter yang berpengaruh dalam Mesin ECM adalah tegangan, arus, *gap* antara benda kerja dengan *tool* dan performa mesin ECM. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat mesin ECM *Single axis* dengan performa yang terbaik dan mudah dalam penggunaannya.

2. DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Electrochemical Machining (ECM) merupakan salah satu mesin non konvensional yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Faraday (1833). ECM adalah proses elektrolisis dimana pemuatan logam terjadi jika larutan dan benda kerja diberi arus listrik karna terjadinya kimia dari benda kerja (Mcgraw, 2005). ECM adalah proses pemesinan yang bergantung pada penghapusan atom dari permukaan benda kerja (McGeough, 1988). Contoh dari proses elektrolisis adalah *electro-plating* dan *electro-polishing*. Bentuk pengurangan atom, dalam hal ini disebut *Material Removal Rate (MRR)*, pengurangan atom tergantung pada tool dan jenis material yang digunakan. Selain itu, parameter yang mempengaruhi MRR adalah konsentrasi elektrolit, kerapatan arus dan jarak *gap* yang dibentuk antara benda kerja dengan *tool*. Oleh karena itu suplai arus yang tinggi dibutuhkan untuk memperoleh MRR yang tinggi.

3. Metodologi pembuatan

3.1. Alat dan bahan yang digunakan

Pada pembuatan mesin ECM *single axis* ini menggunakan bahan akrilik dengan tebal 5-10 mm. Untuk pemotongan akrilik menggunakan mesin cutting laser, untuk pembuatan lubang drat menggunakan bor dan dilakukan proses pengetapan. Bagian bagian yang belum rata perlu dihaluskan menggunakan amplas gerinda.

Pada bagian sistem mekanik menggunakan komponen bushing kuningan, poros stainless steel diameter 8mm, baut, mur dan *lead screw*. Untuk sistem elektrolit menggunakan selang, gate valve, bak penampung, filter dan kapas akuarium.

4. Pembuatan Mesin ECM

Terdapat 3 sistem utama pada mesin ECM yaitu sistem mekanik (*mechanical system*), sistem elektrolit (*electrolyte system*) dan sistem elektrik (*electrical system*).

4.1 Pembuatan Bak pemesinan dan Sistem mekanik ECM *Single axis*

Sebelum memasuki tahap pembuatan Akrilik harus melalui tahap pemotongan.

1. Tahap pemotongan Akrilik

Pada gambar detail Mesin ECM ini akan dilakukan proses pemotongan menggunakan mesin *cutting laser*.



Gambar 4.1 Peletakan Akrilik pada Mesin *Cutting laser*

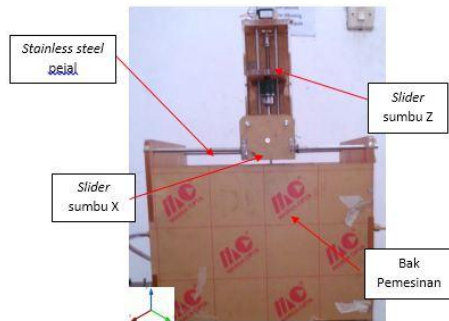
2. Proses fabrikasi mesin ECM *Single axis*

Pada proses fabrikasi dan perakitan ini akan membahas proses-proses pengerjaan untuk bak pemesinan sistem mekanik. Setelah pemotongan akrilik akan terbentuk bagian bagian sesuai dengan gambar. Sebelum perakitan

ada tahapan untuk fabrikasi yaitu pengeboran dan pengetapan.

3. Proses perakitan bak pemesian dan sistem mekanik ECM *Single axis*

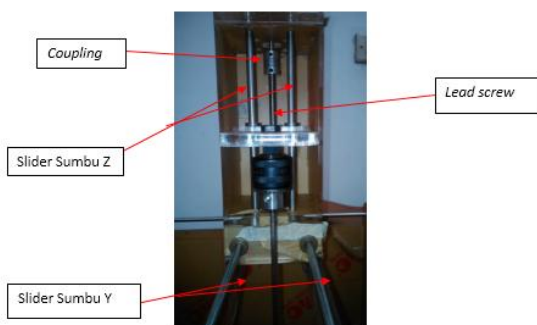
Pada Proses perakitan bak pemesian ini memerlukan bahan tambahan seperti *stainless steel* pejal dengan diameter 8 mm dan panjang 42 cm, *bushing* kuningan, dan *sneprings*. Ukuran bak pemesian ini ialah 42 cm x 42 cm x 36 cm dan untuk ukuran sistem mekanik ialah 10 cm x 10 cm x 24 cm . Seperti gambar 4.9 Bak Pemesian ECM *single axis* dan gambar 4.10 Sistem Mekanik ECM *Single axis*. Pada mesin ECM single terdapat 3 sumbu yang pertama sumbu Z, sumbu Y dan sumbu Z



Gambar 4.2. Bak pemesianmesin ECM *Single axis*

1. Rangka sumbu Z dan Rangka Sumbu Y

Kerangka sumbu Z adalah bagian sistem mekanik yang terdapat motor *stepper*, *chuck bor*, *bearing*, *coupling* dan *lead screw* yang bergerak naik turun



Gambar 4.3 Sistem Mekanik ECM *Single axis*

2. Rangka Sumbu X

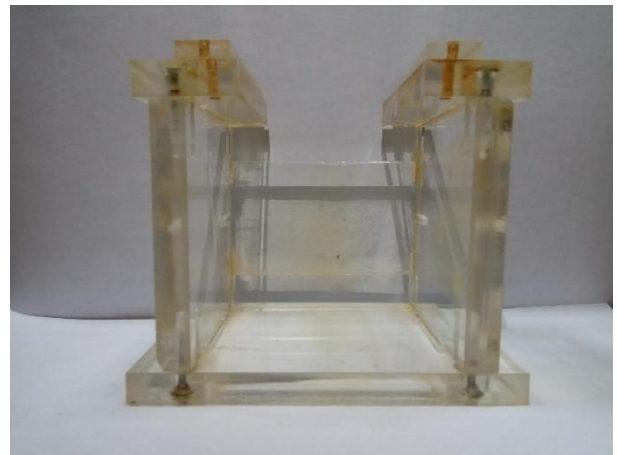
Rangka sumbu X adalah bagian yang menopang bagian sistem mekanik. Pada angka sumbu X terdapat part-part seperti *bushing*, *sillinder pejal stainless steel* dan *sneprings*.



Gambar 4.4 Sistem Mekanik ECM *Single axis*

3. Perakitan Dudukan Benda Kerja dan Elektroda benda kerja

Mesin ECM *Single axis* ini menggunakan dudukan benda kerja. Dudukan benda kerja digunakan sebagai pencekam benda kerja agar pada saat pemesian benda kerja tidak bergeser



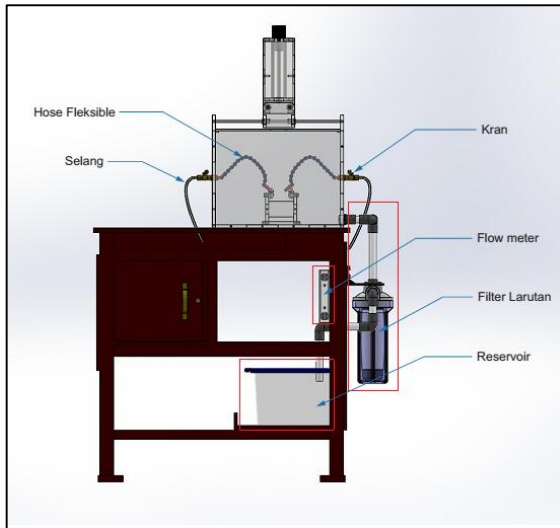
Gambar 4.5 Dudukan Benda Kerja



Gambar 4.6 Elektroda Benda Kerja

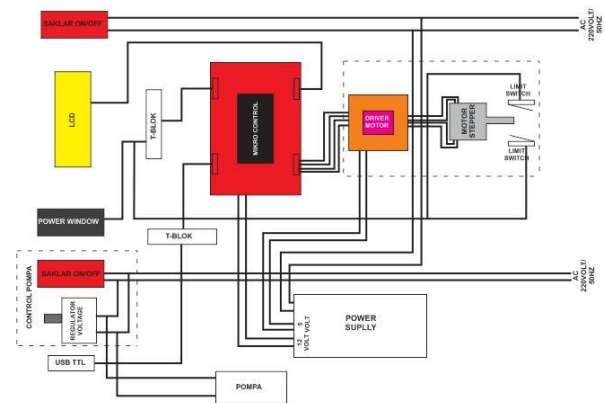
4.2 Pembuatan Bak pemesian dan Sistem mekanik ECM *Single axis*

Pada pembuatan mesin ECM *Single axis* sistem elektrolit mempunyai fungsi sangat penting. Pada mesin ECM *Single axis* elektrolit akan dialirkan menggunakan pompa dan melalui selang, *hose fleksible*, pipa PVC, *gate valve* dan *filter*



Gambar 4.7 Sistem Filter ECM *Single axis*

Regulator voltage, Mikro Controler, T-blok, kipas, Driver Motor Stepper, USB TTL, Power suply dan Kabel



Gambar 4.9 Skema kelistrikan ECM *Single axis*

4.3 Pembuatan meja ECM *single axis*

Pada pembuatan mesin ECM *Single axis* dibutuhkan sebuah meja sebagai peopang untuk bak pemesinan juga dapat digunakan untuk penyimpanan power supply mesin ECM *Single axis*



Gambar 4.8 Meja ECM *Single axis*



Gambar 4.10 Perakitan Kelistrikan

4.4 Pembuatan dan perangkain sistem elektronik

Setelah melakukan proses pembuatan sistem mekanik dan bak pemesinan, maka selanjutnya merangkai kelistrikan pada mesin ECM *Single axis* di box kelistrikan

Komponen yang dibutuhkan dalam sistem elektrik mesin ECM adalah satu perangkat

4.4.1 Pemilihan power supply

Power supply merupakan komponen yang paling penting pada mesin ECM, karena sistem pemakanan pada proses pemesinan ECM ini adalah aliran listrik yang mengalir antara elektrolit *tool* dan benda kerja. *Power supply* yang digunakan pada mesin ECM *single axis* ini mampu menyuplai tegangan 0-30 dan arus 0-60 ampere maka dipilih power suply yang bermerek Dekko.

Tabel 4.1. Spesifikasi *power supply* ECM *Single axis*

| | |
|----------|---------------|
| Type | DC |
| Input | 220 Volt |
| Tegangan | 0 - 30 Volt |
| Arus | 0 - 60 Ampere |



Gambar 4.11 Power supply ECM Single axis

4.4.2 Power supply kontroler

Power supply yang digunakan untuk kontroler dibutuhkan komponen tambahan yaitu *power supply* yang sesuai dengan spesifikasi kontroler itu sendiri. *Power supply* yang dipakai pada mesin ECM Single axis ini adalah D-60A / Nema 17 CNC stepper motor

Tabel 4.2. Spesifikasi *power supply* kontroler.

| | |
|----------------------|-----------------------|
| Type | DC |
| Input AC | 220 Volt |
| Tegangan dual output | 12 Volt dan 5 Volt DC |
| Arus output | 3 A dan 6A |
| DC output Power | 60 Watt |



Gambar 4.12. Power supply kontroler ECM Single axis .

(www.jogjarobotika.com/psu-multi-output)

4.4.3 Pemilihan kontroler power supply

Nema 17 Stepper Motor digunakan sebagai penggerak utama mesin *Electrochemical Machining Single axis* kontroler yang digunakan juga satu paket dengan motor *stepper*. Kontroler motor *stepper* akan dihubungkan ke motor *stepper* itu sendiri dan disambungkan ke komputer/laptop untuk input data. Data yang telah di input dari komputer kemudian dikirimkan ke kontroler,

selanjutnya kontroler akan mengirimkan data ke motor *stepper* dan motor *stepper* untuk bergerak sesuai input data dari computer. Adapun komponen yang digunakan adalah

Tabel 4.4. Spesifikasi Mikro kontroler.

| | |
|----------------|-----------------|
| kontroler type | ATMEGA16 Type A |
| Input | 5 – 12 volt |
| Software | BASCOM |

Tabel 4.5. Spesifikasi Driver Motor.

| | |
|-----------------|---|
| kontroler type | DRV8825 |
| Input | 3-5 Volt |
| Autput | 0.7 A (1.2 Ampere with cooling) |
| Software | BASCOM |
| Step resolution | Full step, half step ,1/4 step , 1/8 step, 1/16 step and 1/32 step. |

Tabel 4.6. Spesifikasi motor *stepper*.

| | |
|---------------------|-----------------|
| Motor type | Bipolar stepper |
| Step Angle | 1.8° |
| Holding Torque | 4.2 kg/cm |
| Rated current/phase | 1.7 Ampere |
| Phase Resistance | 0.9 Ohms |
| Voltage | 12 Volt |

4.5 Setting software program BASCOM

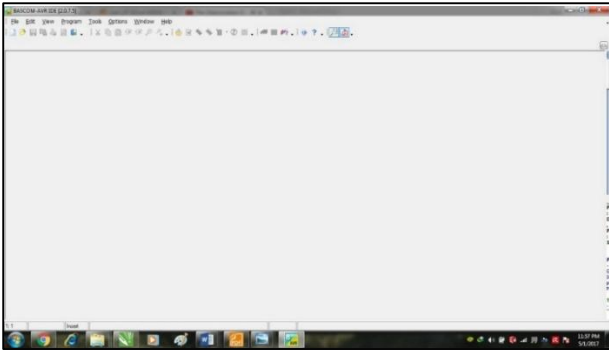
Setelah melakukan pembuatan sistem mekanik, sistem sirkulasi elektrolit dan perakitan sistem elektrik, selanjutnya adalah menyeting antara sistem mekanik dan perangkat elektronika menggunakan BASCOM

4.5.1 Pemilihan kontroler power supply

Setting program bertujuan untuk mengkonfigurasi *software* dengan kontroler dan motor *stepper* supaya kontroler dan motor *stepper* bias berjalan dengan baik

1. Buka Program Bascom

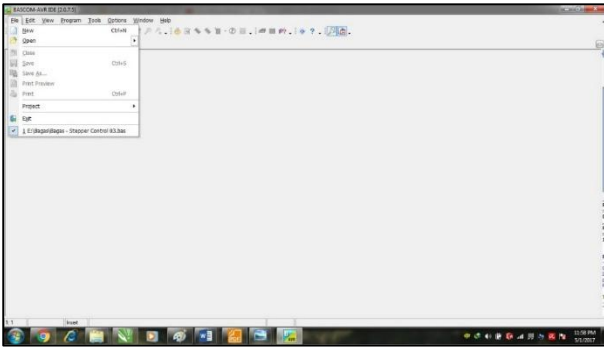
Buka program Bascom dan akan muncul tampilan seperti gambar 4.24



Gambar 4.13 Tampilan Bascom

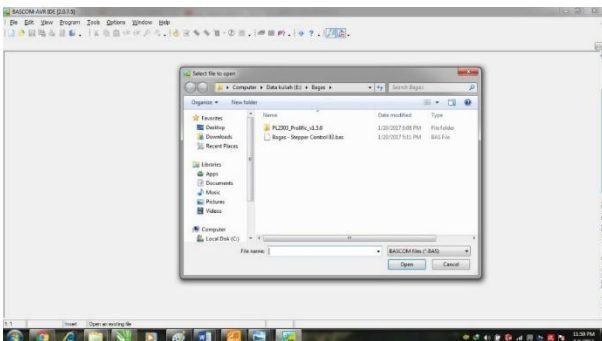
2. Klik file

Klik file pada tampilan software Bascom, kemudian pilih *Open* dan akan muncul seperti gambar



Gambar 4.14 Tool pada file

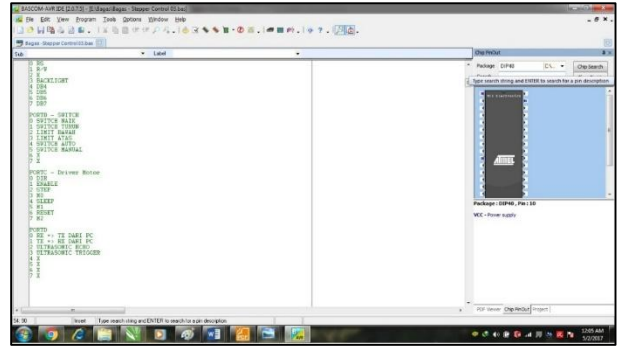
Pada perintah yang diatas bertujuan untuk mencari file pemrograman Bascom yang digunakan untuk mengatur kontroler dan motor stepper



Gambar 4.15 File pemrograman

3. Klik chip pin out

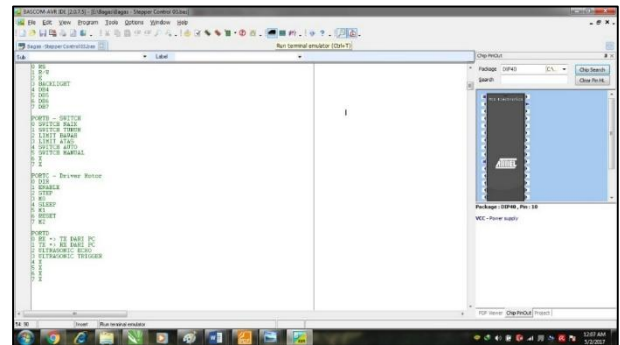
pada tampilan Bascom, selanjutnya akan muncul perintah untuk memilih controller yang digunakan pada mesin ECM *Single axis*



Gambar 4.16 Program ECM *Single axis*

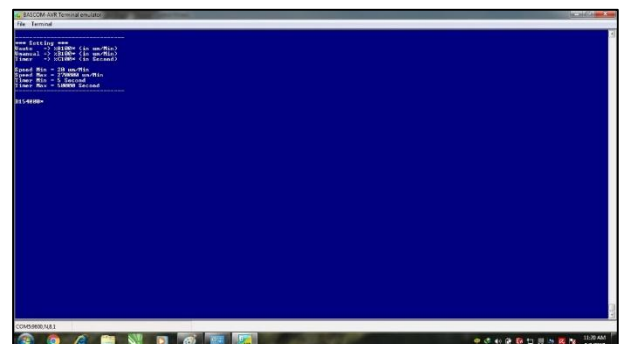
4. Klik Run Terminal Emulator

Run Terminal Emulator digunakan untuk simulasi komunikasi serial dengan komputer/laptop. Pada *Run Terminal Emulator* program dapat digunakan sesuai dengan perintah



Gambar 4.17 Run Terminal Emulator

Setelah klik *Run Terminal Emulator* akan muncul dialog yang digunakan untuk memanggil perintah untuk menjalankan Sistem mekanik. Pada mesin ECM *Single axis* ini untuk memanggil perintah menggunakan tanda “%”, Untuk perintah kecepatan Automatis (Vauto) maka menggunakan kode %A(diisi nilai sesuai kecepatan yang di inginkan)* (um/Min), untuk perintah manual (Vmanual) dengan kode %B(diisi nilai sesuai kecepatan yang di inginkan)* (um/Min), dan untuk mengatur timer dengan kode %C (diisi dengan waktu yang diperlukan) (second),

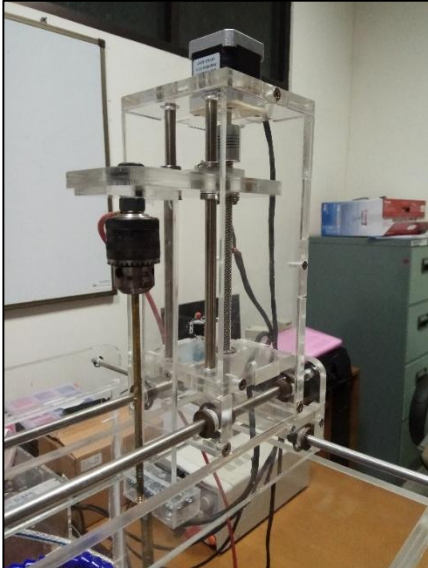


Gambar 4.18 Kode Perintah

4.6 Pengujian performa mesin ECM *single axis*

4.6.1 Pengujian sistem mekanik

Pengujian sistem mekanik bertujuan untuk mengetahui jalannya Sumbu Z yang digerakkan oleh motor stepper dan kontrolernya.



Gambar 4.20 Pengujian Sistem Mekanik

4.6.2 Pengujian sistem Elektrolit

Setelah melakukan pengujian sistem mekanik, Selanjutnya pengujian adalah pengujian sistem sirkulasi elektrolit. Pengujian sistem elektrolit yaitu untuk mengetahui aliran elektrolit, mengecek kebocoran pada setiap sambungan, mengecek saringan apakah sudah berfungsi dengan sempurna dan mengukur debit elektrolit yang dihasilkan oleh pompa.



Gambar 4.21 Aliran Elektrolit



Gambar 4.22 Filter Elektrolit



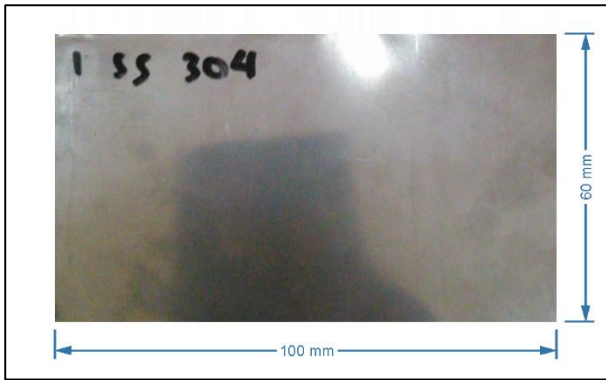
Gambar 4.23 Hasil Filter Elektrolit

4.7 Hasil pengujian performa mesin ECM *single axis*

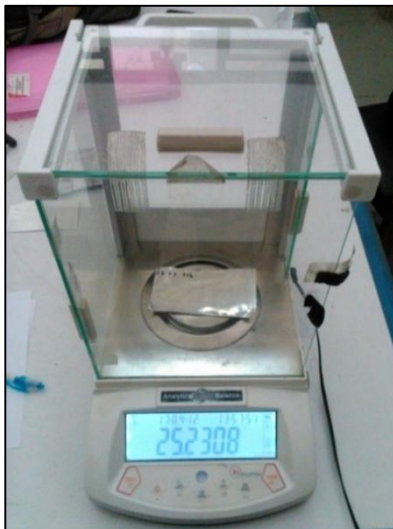
Setelah melakukan pengujian sistem mekanik dan sistem elektrolit tahap selanjutnya pengujian performa pemrosesan dengan menggunakan benda kerja *stainless steel 304*, *Stainless steel 316* dan *tool* kuningan pejal

4.7.1 Pemotongan benda kerja

Potong plat *stainless steel 304* dengan ketebalan 0.4 mm dan *stainless steel 316* dengan tebal 0.6 mm yang masih lembaran besar menggunakan gunting plat sesuai ukuran 10 cm x 6 cm. Kemudian plat tersebut ditimbang untuk mengetahui berat awal sebelum dilakukan pemrosesan. Setelah itu plat di masking menggunakan stiker yang telah diberi lubang sebesar 5 mm.



Gambar 4.24. Benda kerja



Gambar 4.25. Penimbangan benda kerja sebelum pemesian



Sebelum melakukan proses pemesian pastikan bagian-bagian mesin ECM *Single axis* sudah ter *setting* dengan baik dan dapat berkerja dengan baik. Pasang tool elektroda , atur *hose fleksibel* dan pasang benda kerja pada dudukan benda kerja.

Gambar 4.26. *Masking* benda kerja
4.7.2 Persiapan larutan

Sebelum melakukan proses pemesian, harus menyiapkan cairan elektrolit yang akan digunakan untuk proses pemesian. Elektrolit yang digunakan pada pemesian ini adalah NaCl berupa serbuk dan dicampur dengan aquades. Konsentrasi NaCl yang digunakan pada pemesian ini adalah 0.15 kg/l. Setelah itu aduk campuran aquades dan NaCl menggunakan *magnetic stirrer*.



Gambar 4.27 Penimbangan dan pengukuran NaCl dan aquades

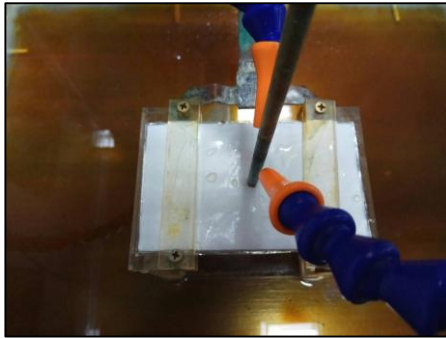


Gambar 4.28 Pengadukan NaCl dan Aquades

4.7.3 Proses pemesian



Gambar 4.29 *Tool*



Gambar 4.30 Peletakan benda kerja dan memposisikan *hose fleksible*

Atur gap elektroda dengan menekan tombol *swicth power window*. Ukur kap menggunakan *scake gauge* agar gap benar sesuai yang di inginkan yaitu 0.5 mm. Selanjutnya atur aliran elektrolit menggunakan regulator voltage pada cover kelistrikan. Setelah aliran elektrolit

Pengujian Material Removal Rate (MRR) dilakukan untuk mengetahui massa benda kerja yang terbuang per satuan waktu. Pengujian dengan memvariasikan tegangan yang dihasilkan oleh *power supply* akan berpengaruh terhadap hasil MRR benda kerja. MRR adalah jumlah massa material benda kerja yang terkikis dalam per satuan waktu.

Perhitungan mencari nilai MRR dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MRR = \frac{m_o - m_t}{t} \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana,

mengalir, lalu hidupkan *power supply* dan *setting* tegangan yang di gunakan. Pada saat pemesinan perhatikan aliran elektrolit , tegangan dan arus pada *power supply*. Lalu catat arus setiap 30 detik agar mengetahui arus yang dihasilkan pada saat pemesinan.

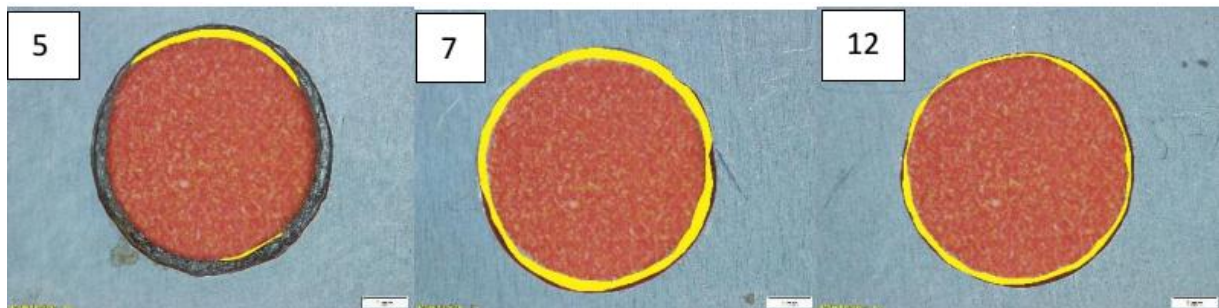
4.7.4 Proses pemesinan

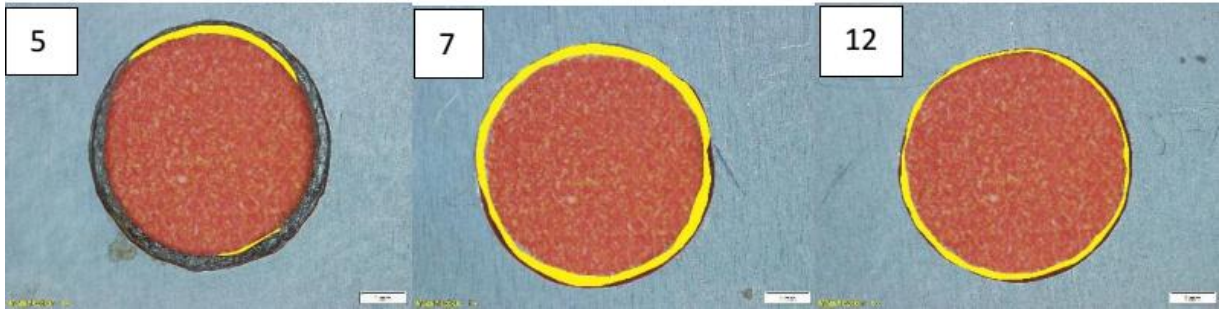
Pemesinan ditetapkan bahwa konsentrasi larutan elektrolit 15 % dengan gap 0.5 mm. pada pemesinan ini memvariasikan tegangan yaitu 5 Volt, 7 Volt dan 12 Volt dengan material benda *stainlesteel 304* dan *stainless steel 316* yang terisolasi menggunakan stiker (*masking*) yang memiliki lubang dengan diameter 5 mm. Berikut ini benda kerja hasil dari pemesinan mesin *ECM Single axis*

4.7.5 Hasil perhitungan MRR

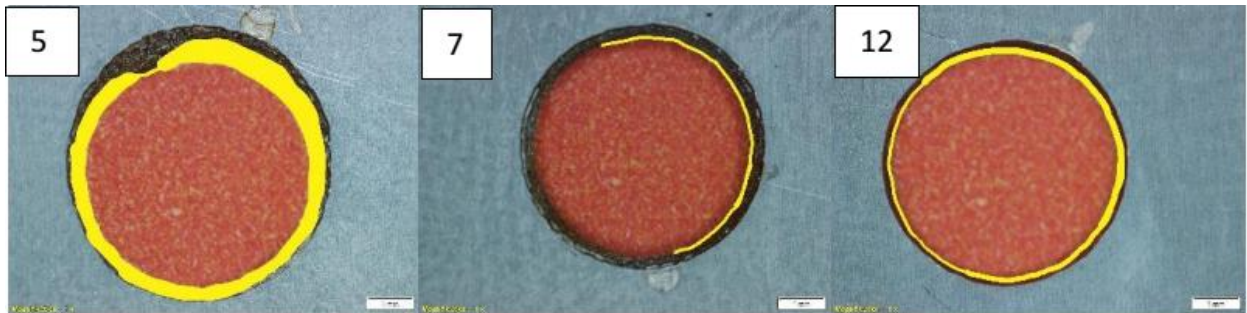
- MRR : Material Removal Rate (g/dt)
- m_o : Massa benda kerja sebelum pemesinan (g)
- m_t : Massa benda kerja setelah pemesinan (g)
- t : Waktu pemesinan (detik)

Seluruh perhitungan MRR hasil pemesinan benda kerja dengan variasi Tegangan 5 volt, 7 volt dan 12 volt dan hasil pemesinan dapat dilihat pada gambar 4.31 .

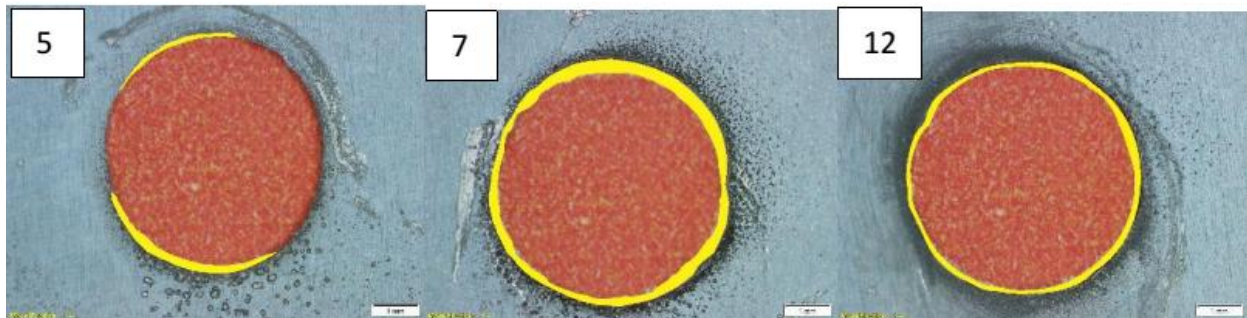




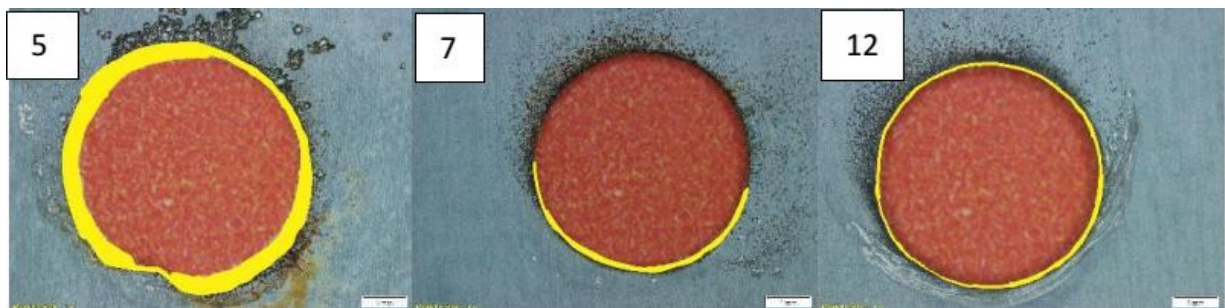
(a) Foto makro tampak depan *Stainless Steel 304*



(b) Foto makro tampak depan *Stainless Steel 316*

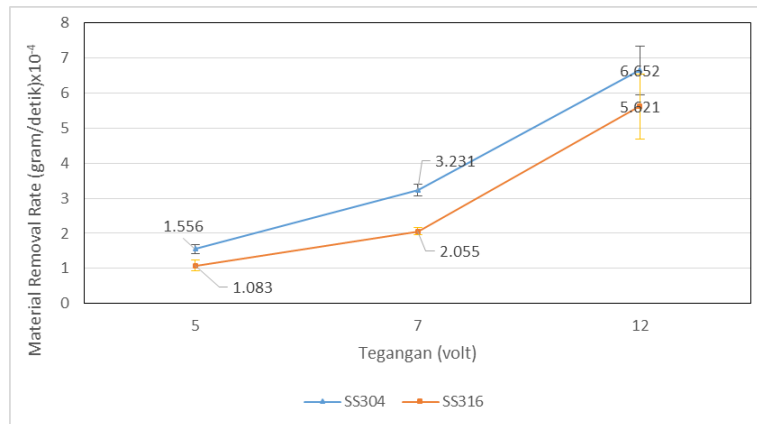


(c) foto makro tampak Belakang *Stainless Steel 304*



(d) foto makro tampak Belakang *Stainless Steel 316*

Gambar 4.31. Hasil foto makro



Gambar 4.32. Grafik perbandingan Variasi Tegangan (Volt) dengan Material Removal Rate (gram/detik)

Data yang telah disajikan pada tabel 4.7, tabel 4.8 dan Gambar 4.46, dapat dilihat pengaruh tegangan (volt) terhadap MRR (gram/detik) dengan material *Stainless steel* 304 dan *Stainless steel* 316. Menyatakan bahwa semakin besar tegangan maka arus meningkat yang akan menyebabkan MRR yang di buang saat pemesinan semakin besar dan waktu pemakanan semakin cepat. Maka hukum Faraday berlaku pada proses pemesinan ini yang menyatakan bahwa semakin besar arus maka semakin besar pula MRR yang dibuang. Dari data yang disajikan untuk MRR yang paling besar terbuang yaitu pada *Stainless steel* 304 hal ini disebabkan ketahanan korosif untuk *Stainless steel* 304 lebih rendah dibandingkan *Stainless steel* 316. Untuk MRR yang terbesar pada material *Stainless steel* 304 pada Tegangan 12 Volt dengan MRR rata-rata sebesar 6.652 gram/detik. Pada *Stainless steel* 316 MRR yang terbesar saat tegangan 12 Volt, dengan MRR 5.621 x 10⁻⁴ gram/detik.

4.7.6 Perhitungan Overcut

Overcut didefinisikan sebagai penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil *drilling*

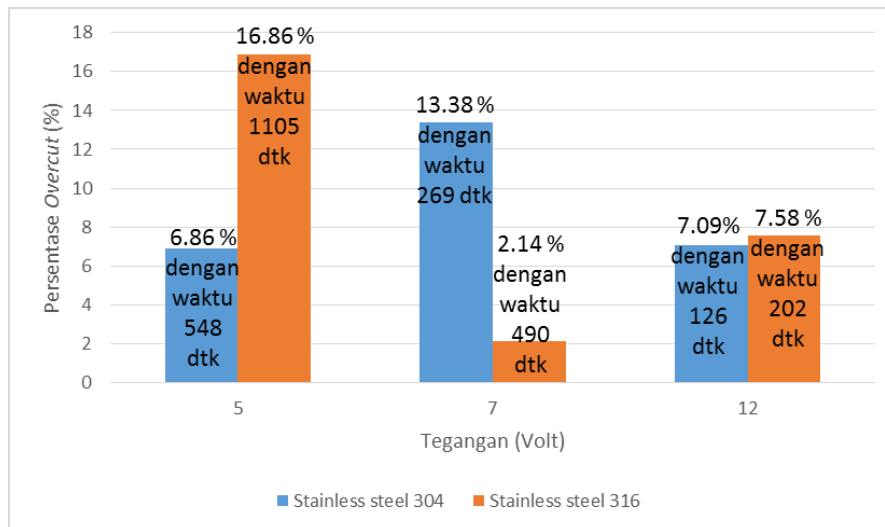
lebih besar dari ukuran pahat yang digunakan. Pada dasarnya *overcut* pada ECM tidak dapat dihilangkan 100%, karena *overcut* tetap diperlukan untuk kelangsungan sirkulasi dari cairan elektrolit dan lagi elektrode sebagai pahat tidak boleh bersentuhan dengan benda kerja agar tidak terjadi hubung singkat (*short circuit*).

$$o_c = d_1 - d_0 \dots \dots \dots 4.2$$

dengan,

- O_c : *overcut*, milimeter (mm)
- d_2 : diameter hasil *drilling* ECM bagian depan *workpiece*, milimeter (mm)
- d_0 : diameter tool, milimeter (mm)

Pada penelitian ini tool yang digunakan adalah tool kuningan pejal dengan diameter 5 mm. Tegangan yang digunakan pada pemesinan ini ialah 5 Volt, 7 Volt dan 12 Volt yang dihasilkan dari *power supply* (*unregulated*). sedangkan untuk konsentrasi NaCl 15 % dengan aliran elektrolit 1 L/menit.



Gambar 4.33. Perbandingan *Overcut* dengan Tegangan (volt)

Dari tabel 4.9 dan tabel 4.10 diatas menjelaskan bahwa *overcut* yang terjadi tidak dipengaruhi besarnya nilai MRR, tetapi *overcut* juga dipengaruhi oleh waktu pemesinan. Hal tersebut akan berpengaruh pada nilai *overcut* yang terjadi. Data yang didapat pada penelitian ini *overcut* dapat mengetahui besar *overcut* dan laju pemakan yang terjadi dalam persatuan waktu . Dari grafik diatas menunjukan bahwa semakin besar tegangan maka semakin cepat pemakanan material. Tetapi untuk hasil *overcut* yang terjadi *overcut* yang paling besar untuk benda kerja *Stainless Steel 304* yaitu pada tegangan 7 volt yang menghasilkan lubang sbesar 13.38% dan waktu pemesinan 269 detik dengan laju pemakanan sebesar $3.75 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{detik}$. Untuk *Stainless Steel 316* *overcut* yang terbesar besar pada tegangan 5 volt yang menghasilkam lubang sebsesar 16.86% dan waktu pemesinan 1105 detik dengan laju pemakanan sebesar $1.45 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{detik}$. Besar *overcut* yang terjadi disebabkan oleh lama nya waktu pemesian, hal ini terjadi juga pada penelitian Suharjhono (2014) yang menyatakan pada saat pemesinan nya *overcut* yang besar terjadi disebab kan oleh lama waktu pemesinan..

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui tahap proses pembuatan yang telah dijelas kan pada bab sebelumnya maka mesin *elektro chemical machining* (ECM) *single axis* ini telah berhasil dibuat dengan menggunakan material akrilik, langkah pembuatan dari mesin ECM ini yaitu, pemotongan akrilik menggunakan *laser cutting* , pemesinan akrilik (bor, tap dan pengeleman).Maka pada tahap selanjutnya yaitu

melakukan pengujian awal terhadap unjuk kerja mesin ECM *single axis*, adapun hasil pengujian sebagai berikut

1. Pada pengujian unjuk kerja dari mesin ECM *single axis* dapat dianalisa pengaruh tegangan terhadap nilai MRR yang terjadi, dari data yang didapat menyatakan bahwa perbedaan laju pemakan atau MRR pada *Stainless Steel 304* dan *Stainless Steel 316* ini di pengaruhi oleh ketahan material tersebut terhadap korosif, dimana dalam penelitian ini untuk menunjukan bahwa *Stainless Steel 316* daya tahan korosif cukup baik dibandingkan *Stainless Steel 304*.
2. Pada analisa *overcut* yang terjadi pada penelitian ini menyatakan bahwa *overcut* yang paling besar terjadi material *Stainless Steel 316* pada tegangan 5 volt, hal ini disebabkan lama nya proses pemesinan yang dilakukan, untuk hasil MRR dan *overcut* yang terjadi dapat dilihat pada data dibawah ini
 - A. *Stainless Steel 304*
 1. Tegangan 5 volt, MRR= $1.447 \times 10^{-4} \text{ gram/detik}$, waktu pemesinan 548 detik dan *overcut* = 6.88%
 2. Tegangan 7 volt, MRR= $3.412 \times 10^{-4} \text{ gram/detik}$, waktu pemesinan 269 detik dan *overcut* = 13.38%
 3. Tegangan 12 volt, MRR= $6.317 \times 10^{-4} \text{ gram/detik}$, waktu pemesinan 126 detik dan *overcut* = 7.08%
 - B. *Stainless Steel 316*

1. Tegangan 5 volt, MRR= 1.189×10^{-4} gram/detik, waktu pemesinan 1105 detik dan *overcut* = 16.86%
2. Tegangan 7 volt, MRR= 2.128×10^{-4} gram/detik, waktu pemesinan 490 detik dan *overcut* = 2.14 %
3. Tegangan 12 volt, MRR= 6.275×10^{-4} gram/detik, waktu pemesinan 202 detik dan *overcut* = 7.58%

Sulistyo, Eko 2016. *Pembuatan Dan Pengujian Mesin Electro Chemical Machining (Ecm) Untuk Membuat Lubang Menggunakan Benda Kerja Stainless Steel 304*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universtas Muhammadiyah Yogyakarta.

5.2 Daftar pustaka

- Budiman. 2012. *Studi Eksperimental Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Laju Pelepasan Material Pada Proses Electrochemical Machining*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Feriyanta, 2015. *Desain Dan Pembuatan Mesin Electrochemical Machining (Ecm) Serta Pengujian Awal Pembuatan Roda Gigi Dengan Bahan Sld*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universtas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Prasetya, F. 2014. *Perancangan Dan Pembuatan Mesin Electrochemical Machining Serta Pengujian Permesinan Pada Pembuatan Multilayered Microfilters Dengan Tool Tembaga Dan Benda Kerja Aluminium Terisolasi Dengan Variabel Konsentrasi Nacl*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.
- Suharjhono, 2014. *Studi Eksperimental Variasi Konsentrasi Elektrolit KCl pada Overcut dan Ketirusan Hasil Drilling Proses ECM*. Surabaya : Jurusan Teknik Mesin FTI-IT, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sumardi. (2016). *Analisis Perhitungan Mrr, Overcut Dan Ketirusan Pada Stainless Steel 304 Dengan Pengaruh Variasi Gap Dan Tegangan Pada Proses Electro Chemical Machining (Ecm) Menggunakan Elektroda Tidak Terisolasi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universtas Muhammadiyah Yogyakarta.