

BAB IV

PEMBUATAN MESIN ECM *SINGLE AXIS*

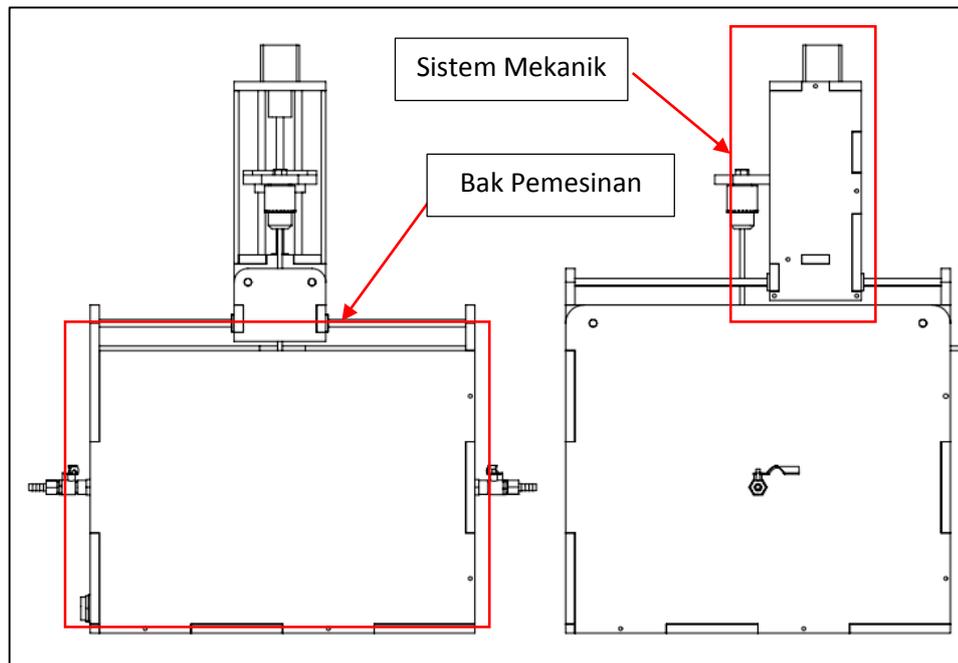
Bab ini akan membahas mengenai hasil pembuatan mesin ECM *single axis* meliputi pembuatan bak pemesinan, sistem mekanik, pembuatan sistem sirkulasi elektrolit dan perakitan sistem elektronika. Berikut adalah hasil pembuatan mesin ECM *single axis*.

4.1 Pembuatan Bak Pemesinan dan Sistem Mekanik ECM *Single Axis*

Pada pembuatan mesin ECM *single axis* ini tahap awal yaitu pembuatan bak pemesinan dan pembuatan sistem mekanik. Bak pemesinan pada mesin ECM *single axis* yang berfungsi sebagai ruangan pemesinan dan tempat penampungan sementara elektrolit yang dikeluarkan dari *hose fleksible*. Sedangkan untuk sistem mekanik yaitu berfungsi sebagai sistem penggerak pada mesin ECM *single axis*. Material yang digunakan untuk mesin ECM *single axis* ini adalah akrilik 10 mm dan akrilik 5 mm dengan merek Marga Cipta di *supply* dari CV.Cipta Kreasi Jogja. Ukuran akrilik 10 mm yaitu 1200 mm x 1200 mm dan akrilik 5 mm sebesar 1000 mm x 900 mm. Pemotongan akrilik ini menggunakan mesin *Cutting laser Goldesign*.

4.1.1 Pemotongan Akrilik

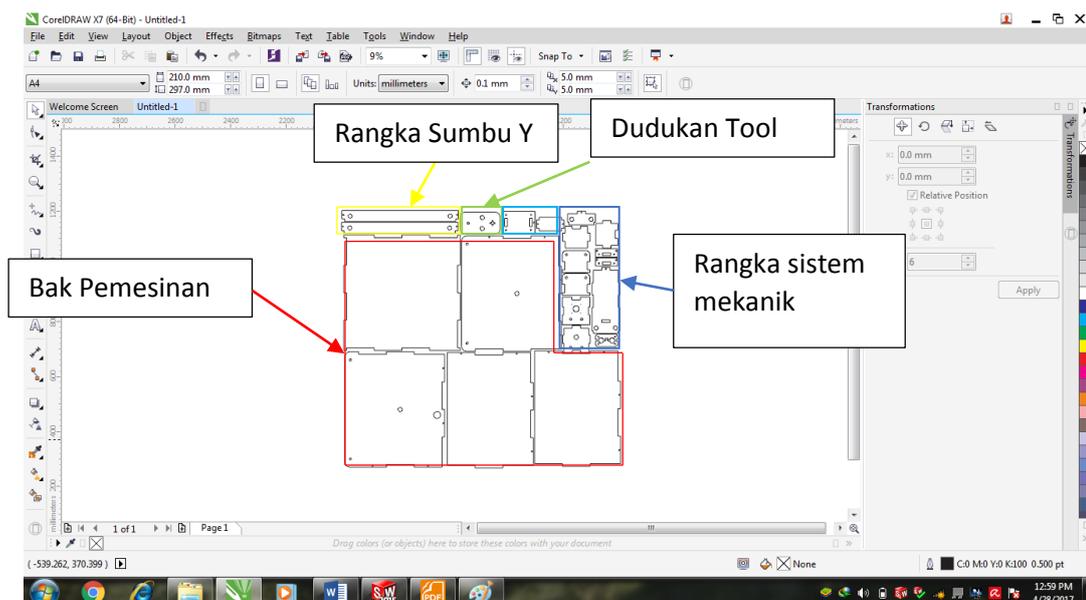
Tahapan pertama dari pembuatan mesin ECM *single axis* ini adalah pemotongan akrilik menggunakan mesin *cutting laser*. Pada gambar 4.1 menerangkan bagian-bagian yang menggunakan akrilik antara lain bak pemesinan, duduk benda kerja, sistem mekanik dan *box* kelistrikan



Gambar 4.1 Detail mesin ECM *single axis*

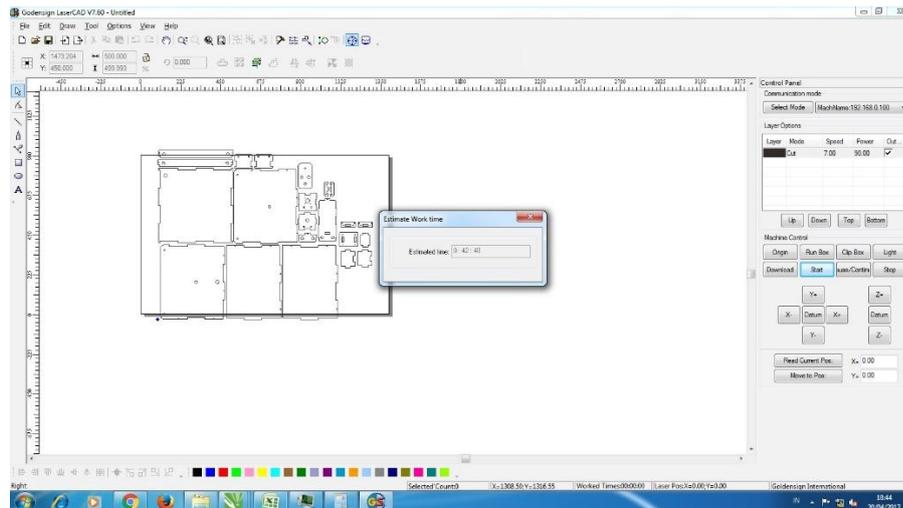
1. Tahap Pemotongan Akrilik

Pada gambar detail Mesin ECM ini akan dilakukan proses pemotongan menggunakan mesin *cutting laser*. Tahap yang pertama detail gambar di *convert* ke *coreldraw* untuk dilakukan pengeditan gambar seperti gambar 4.2

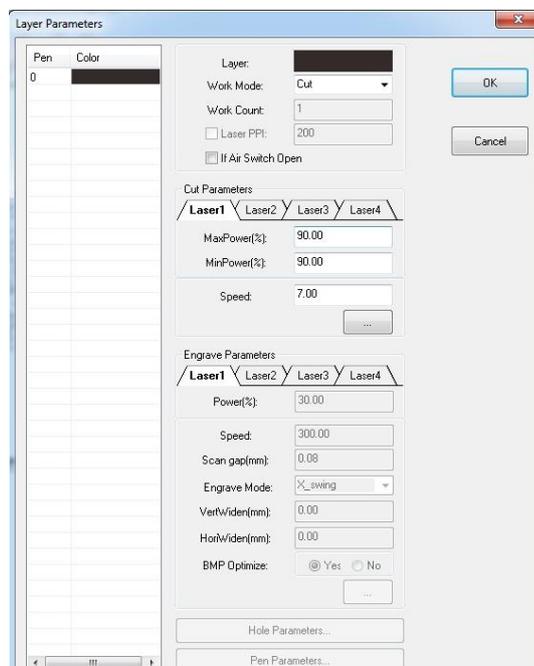


Gambar 4.2 *Convert to Coreldraw*

Tahap yang kedua setelah dilakukan pengeditan lalu gambar di *convert* kembali ke *software goldesign* untuk dilakukan penyetelan mesin *cutting laser* dan untuk mengetahui estimasi waktu pemotongan. Pada pemotongan akrilik ini Estimasi waktu menggunakan mesin *cutting laser goldesign* yaitu 42.40 menit dengan *power 90 %* dan *Speed 7* dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.

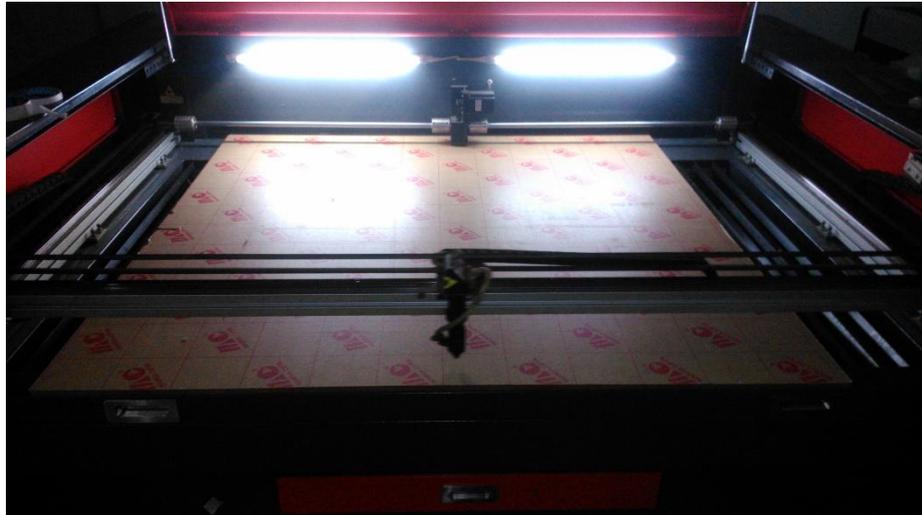


Gambar 4.3 Estimasi waktu

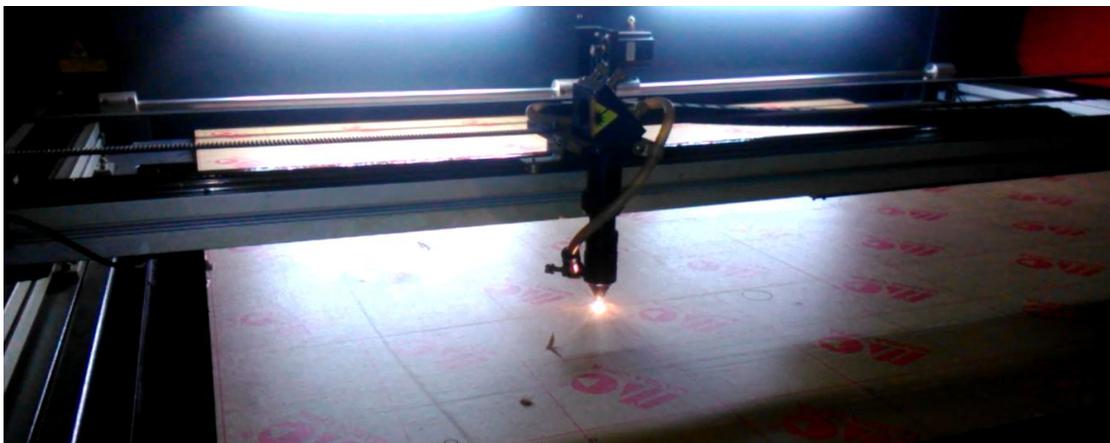


Gambar 4.4 Pengaturan mesin *cutting laser*.

Tahap yang ketiga yaitu memposisikan akrilik pada area kerja mesin *cutting laser* agar saat pemotongan posisi akrilik tidak berubah dan *fix* pada tempat nya Gambar 4.5 dan gambar 4.6



Gambar 4.5 Peletakan Akrilik pada Mesin *Cutting laser*



Gambar 4.6 Pemotongan akrilik

2. Proses Perakitan Mesin ECM *Single Axis*

Pada proses fabrikasi dan perakitan ini akan membahas proses-proses pengerjaan untuk bak pemesinan dan sistem mekanik. Setelah pemotongan akrilik akan terbentuk bagian bagian yang sesuai dengan detail gambar. Untuk merakit bagian tersebut di perlukan nya proses fabrikasi yaitu pengeboran akrilik, pengeleman dan mengetap akrilik.

a. Pengeboran Akrilik dan Tap

Pada tahap ini dilakukan pengeboran akrilik yang digunakan untuk memasang baut ukuran M4. Untuk memasang baut M4 diperlukannya mata bor ukuran M3.2, karena Taps nya digunakan M4 x 0.7 dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Mata bor dan *Taps*

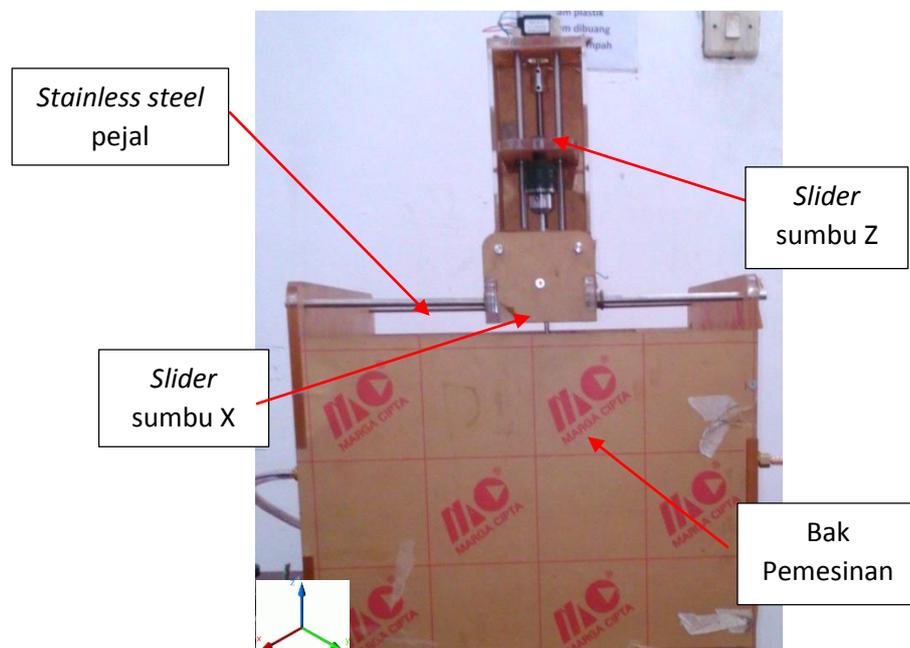
Pada saat pengeboran hal yang harus diperhatikan ialah posisi yang akan dibor dan kedalaman pengeboran. Kedalaman pengeboran harus sesuai dengan panjang baut yang akan dipasang gambar 4.8, dalam pembuatan mesin ECM *single axis* menggunakan baut ukuran M4 dan panjang 25 mm.



Gambar 4.8 Pengeboran dan pengetapan Akrilik

3. Perakitan Bak Pemesinan dan Sitem Mekanik ECM *Single Axis*

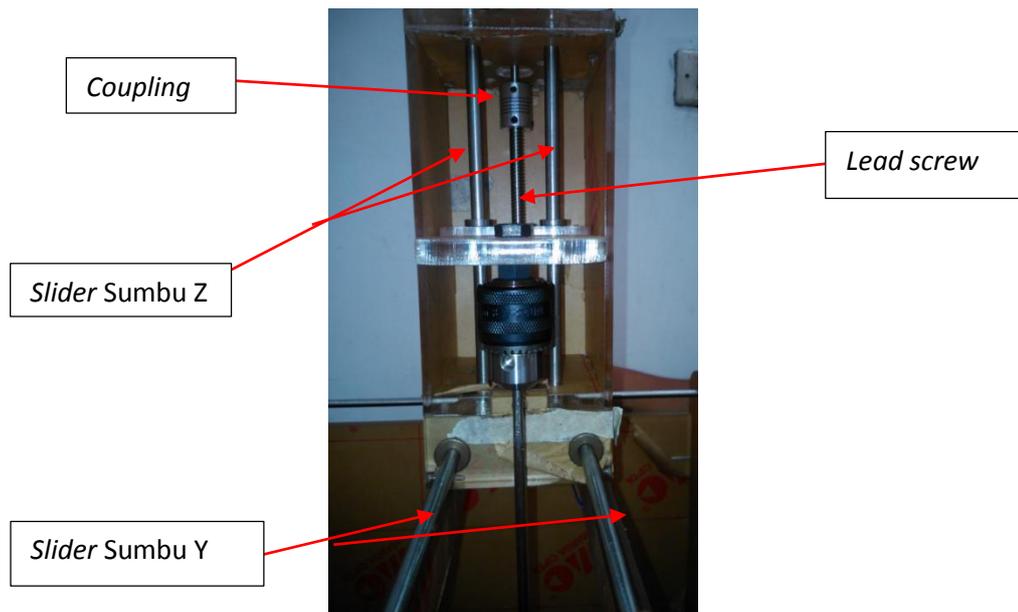
Setelah melalui proses fabrikasi pengeboran dan pengetapan selanjutnya masuk pada tahap perakitan. Pada Proses perakitan bak pemesinan ini memerlukan bahan tambahan seperti *stainless steel* pejal dengan diameter 8 mm dan panjang 42 cm, *bushing* kuningan, dan *sneprings*. Ukuran bak pemesinan ini ialah 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 Pemesinan ECM *single axis* dan gambar 4.10 Sistem Mekanik ECM *single axis*. Pada mesin ECM *single axis* terdapat 3 sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Untuk sumbu Z dan Y tergabung dalam satu bagian seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.9. Bak pemesinan mesin ECM *single axis*

a. 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. Sistem mekanik ini terbuat dari bahan akrilik 5 mm dan 10 mm dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 24 cm.



Gambar 4.10 Sistem Mekanik ECM *single axis*

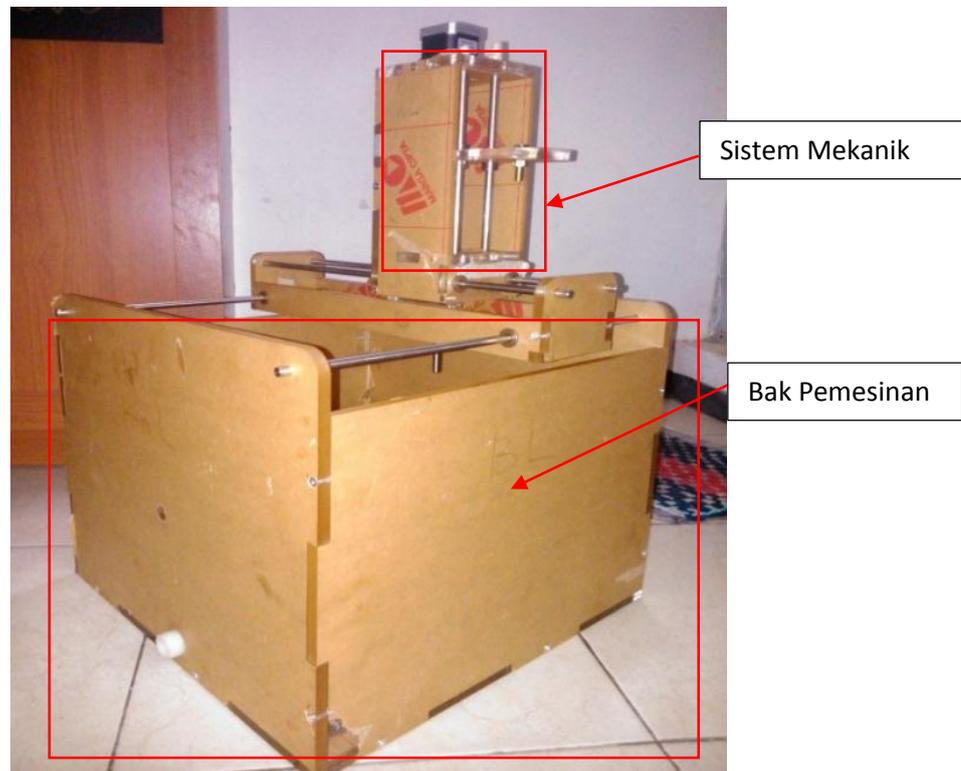
b. Rangka Sumbu X

Rangka sumbu X adalah bagian yang menopang bagian sistem mekanik. Pada rangka sumbu X terdapat *part-part* seperti *bushing*, *silinder pejal stainless steel* dan *sneprings*. Kerangka sumbu X terbuat dari bahan akrilik 10 mm dan dimensi dari rangka sumbu X adalah 42 cm x 10 cm



Gambar 4.11 Rangka sumbu X

Setelah proses perakitan bagian dari bak pemesinan, sistem mekanik yaitu sumbu Z, sumbu Y dan sumbu X selesai maka selanjut nya adalah penyatuan bagian bagian tersebut menjadi sebuah mesin ECM *single axis* seperti gambar 4.11



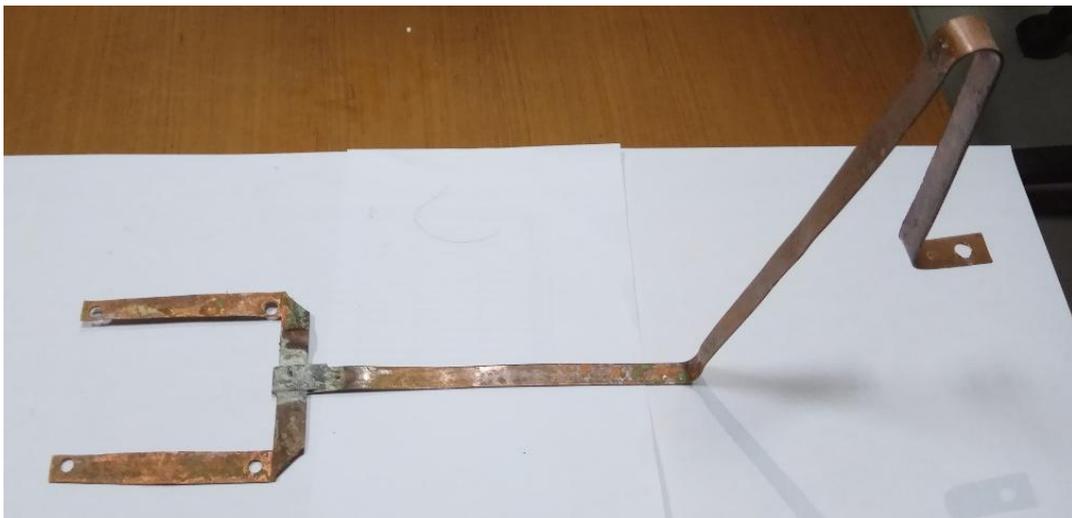
Gambar 4.12 Bak pemesinan dan Sistem Mekanik

4. 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 pemesinan benda kerja tidak bergeser, untuk ukuran dudukan benda kerja ialah 10 cm x 80 cm x 10 cm. seperti gambar 4.13 dibawah ini . Pada elektroda yang digunakan untuk ECM *single axis* ini terbuat dari tembaga dengan besar hambatan $1.68 \times 10^{-8} \Omega.m$, bentuk elektroda benda kerja menyesuaikan dari dudukan benda kerja tersebut, seperti pada gambar 4.14



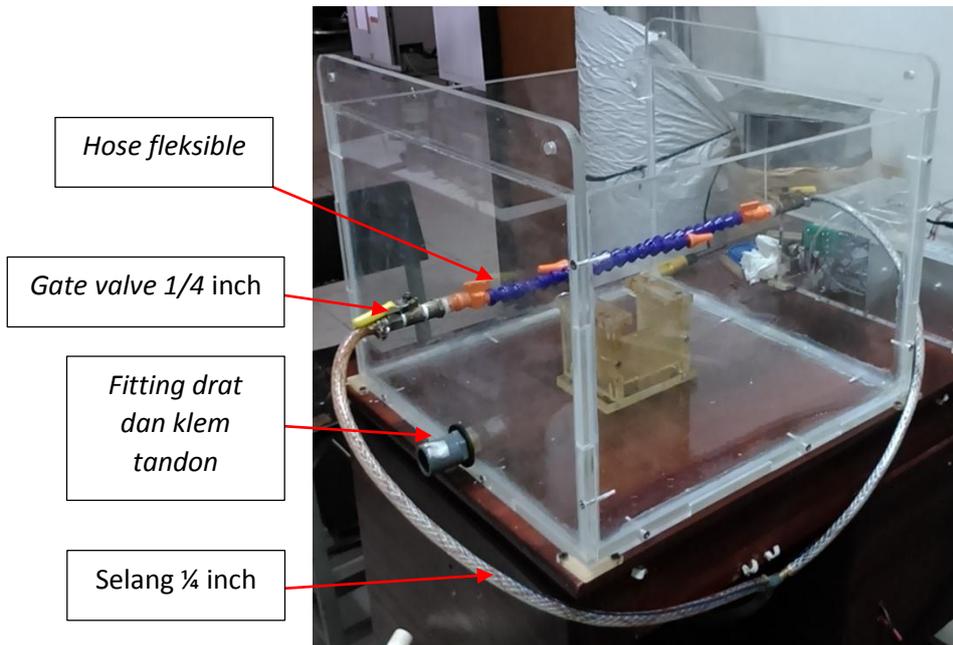
4.13 Dudukan Benda kerja



Gambar 4.14 Elektroda Benda Kerja

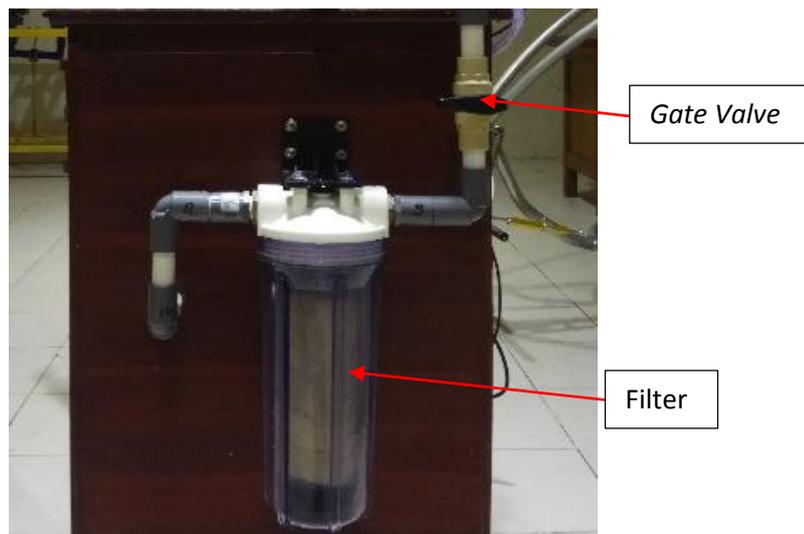
4.2 Pemasangan Sistem Elektrolit

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*, *flow meter* dan *filter* seperti gambar 4.15. Pada sistem elektrolit aliran dapat diatur kecepatannya menggunakan *voltage regulator*.



Gambar 4.15 Sistem elektrolit ECM *single axis*

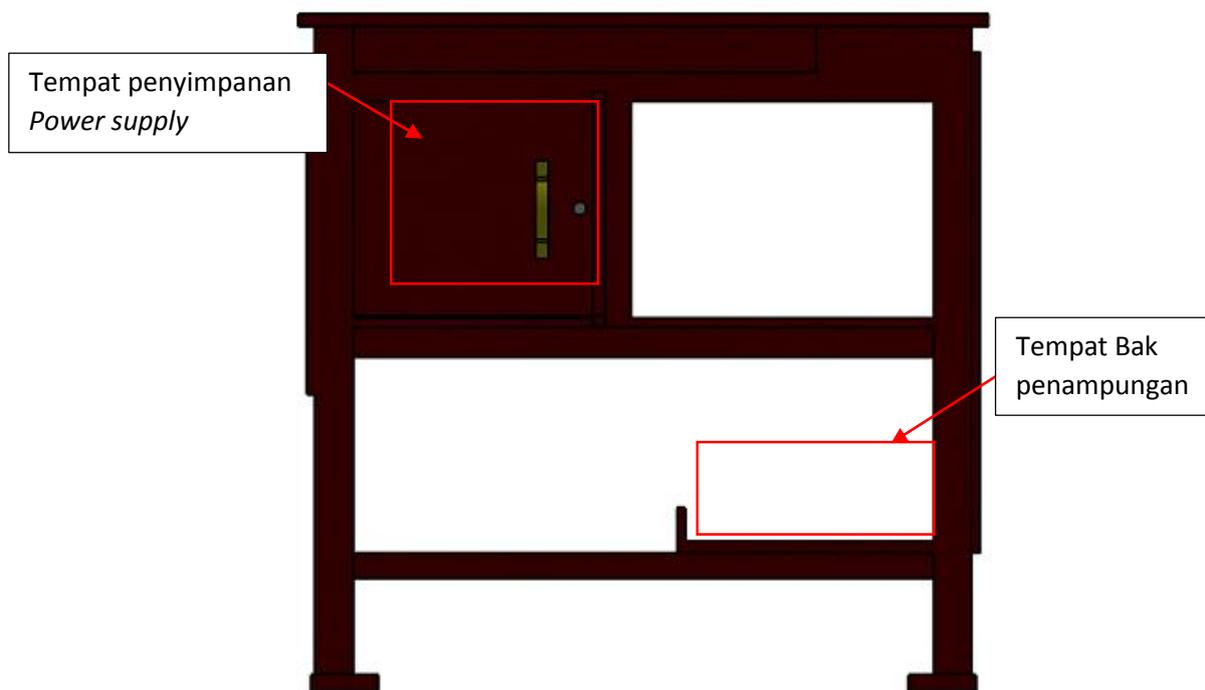
Sistem filter pada mesin ECM *single axis* ini memanfaatkan gaya gravitasi, elektrolit mengalir dari bak pemesian menuju ke bak penampungan, Kapas yang digunakan pada sistem filter ini menggunakan kapas akuarium seperti gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 Sistem Filter ECM *single axis*

4.3 Pembuatan Meja ECM *Single Axis*

Pada pembuatan mesin ECM *single axis* dibutuhkan sebuah meja sebagai penopang untuk bak pemesinan dan juga dapat digunakan untuk penyimpanan *power supply* mesin ECM *single axis*. Meja yang digunakan pada mesin ECM *single axis* ini menggunakan meja bekas dan dimodifikasi. Adapun bagian-bagian yang dimodifikasi dapat dilihat pada gambar 4.17 dibawah ini



Gambar 4.17 Desain Meja ECM *single axis*

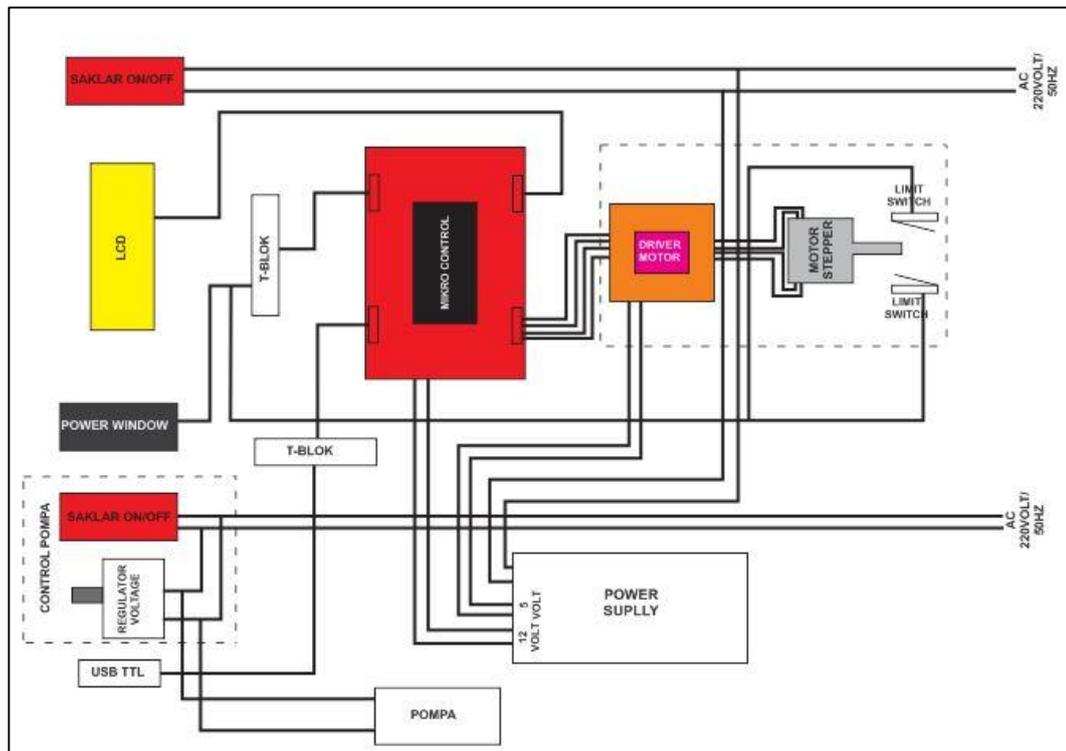
Proses pembuatan meja ECM *single axis* ini dikerjakan oleh tukang kayu, untuk ukuran dari Meja ECM ini ialah Panjang = 82 cm Lebar = 48 cm dan Tinggi = 81cm. Meja ECM *single axis* menggunakan Kayu, Untuk hasil dari pembuatan meja dapat dilihat pada gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Meja ECM *single axis*

4.4 Perakitan Kelistrikan Mesin ECM *Single Axis*

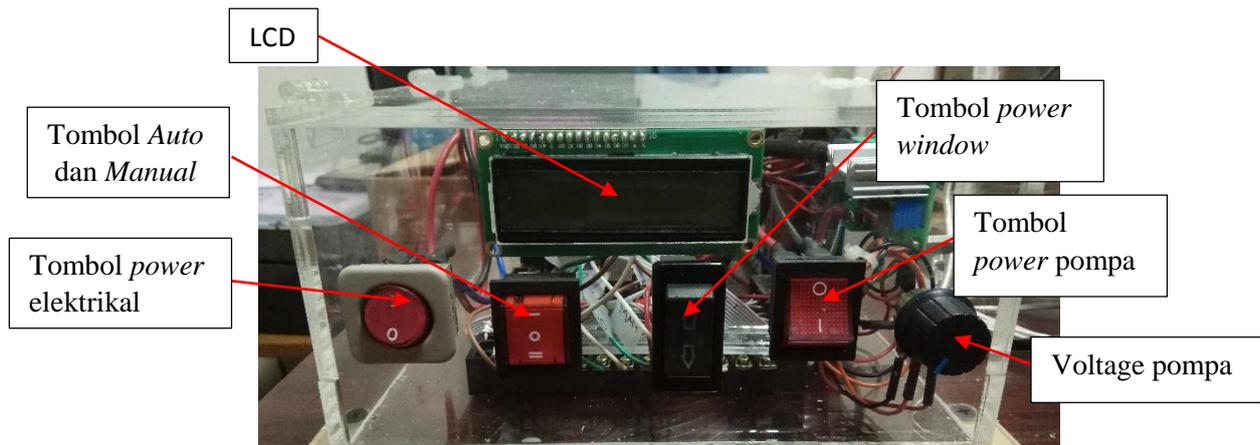
Setelah melakukan proses pembuatan sistem mekanik dan bak pemesinan, maka selanjutnya merangkai kelistrikan pada mesin ECM *single axis* di *box* kelistrikan seperti gambar 4.19. Komponen yang dibutuhkan dalam sistem elektrik mesin ECM adalah *Regulator voltage*, *Mikro Controler*, T-blok, kipas, *Driver Motor Stepper*, *USB TTL*, *Power suplly* dan Kabel seperti gambar 4.20. Tombol panel sistem elektrikal terdiri atas tombol *power* elektrikal, tombol *power* pompa, tombol *switch power window*, *LCD* dan *regulator voltage* seperti gambar 4.21



Gambar 4.19 Skema kelistrikan ECM *single axis*



Gambar 4.20 Perakitan Kelistrikan



Gambar 4.21 Tombol panel

4.4.1 Pemilihan *Power Supply* ECM *Single Axis*

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. Jika *power supply* tidak ada maka proses pemesinan ECM tidak dapat dilanjutkan. *Power supply* yang digunakan pada mesin ECM *single axis* ini mampu menyuplai tegangan 0-30 Volt dan arus 0-60 A maka dipilih *power supply* yang bermerek Dekko. *Power supply* ini mempunyai spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 4.1 dan *power supply* seperti gambar 4.22

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

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



Gambar 4.22 *Power supply* ECM single axis

4.4.2 Pemilihan *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. Kontroler mempunyai *voltage* sebesar 5-12 volt , maka *power supply* yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi tersebut, jika tidak akan membuat umur kontroler relatif lebih pendek. Spesifikasi *power supply* yang akan dipakai dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan gambar *power supply* seperti gambar 4.23.

Tabel 4.2. Spesifikasi *power supply* kontroler.

<i>Type</i>	DC
<i>Input AC</i>	220 Volt
Tegangan dual <i>output</i>	12 Volt dan 5 Volt DC
Arus <i>output</i>	3 A dan 6A
DC output Power	60 Watt



Gambar 4.23. *Power supply* kontroler ECM *single axis* .
(www.jogjarobotika.com/psu-multi-output)

4.4.3 Pemilihan Kontroler Motor *Stepper*

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 komputer. Adapun spesifikasi dari kontroler dan motor *stepper* dapat dilihat pada Tabel 4.3, tabel 4.4, tabel 4.5 dan gambar *power suplay* seperti gambar 4.24.

Tabel 4.4. Spesifikasi *Mikro controler*.

<i>kontroler type</i>	<i>ATMEGA16 Type A</i>
<i>Input</i>	5 – 12 volt
<i>Software</i>	BASCOM

Tabel 4.5. Spesifikasi *Driver Motor*.

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

Tabel 4.6. Spesifikasi motor *stepper*.

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

Gambar 4.24. *Nema 17 stepper motor single axis Controller.*

(www.indo-ware.com/mikrocontrol)

4.5 Setting Software BASCOM

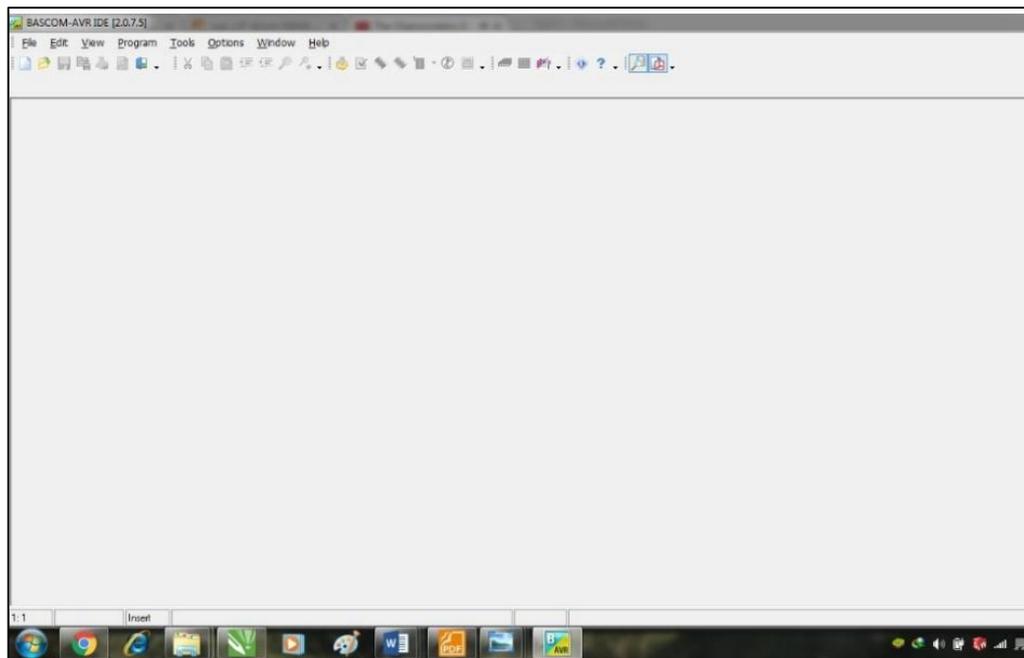
Setelah melakukan pembuatan sistem mekanik, sistem sirkulasi elektrolit dan perakitan sistem elektrik, selanjutnya adalah menyeting antara sistem mekanik dan perangkat elektronik menggunakan BASCOM.

4.5.1 Pengaturan Software BASCOM

Setting program bertujuan untuk mengkonfigurasi *software* dengan kontroller dan motor stepper supaya kontroller dan motor *stepper* bisa berjalan dengan baik.

1. Buka Program Bascom

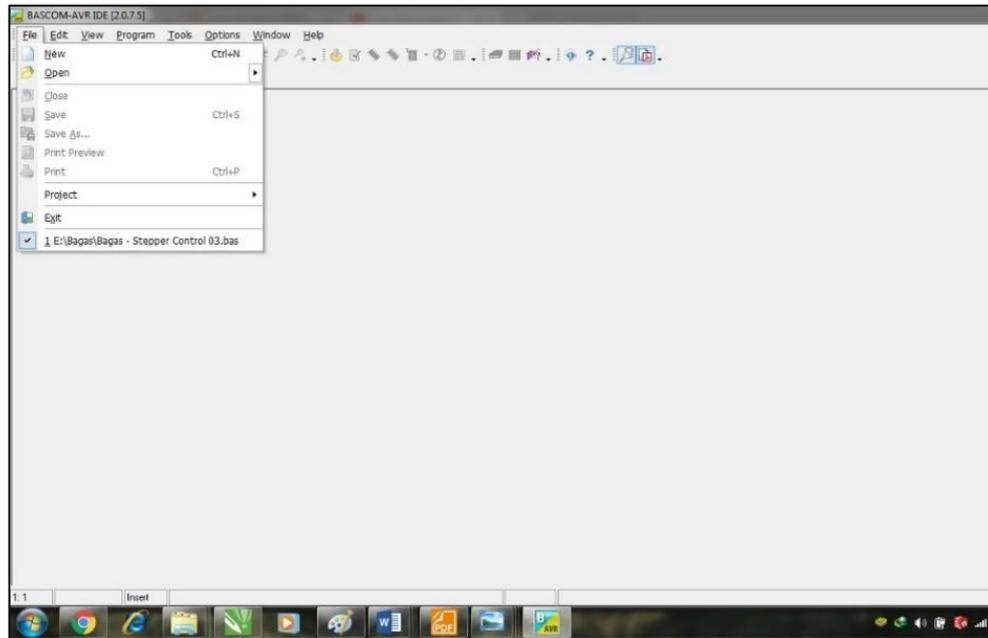
Buka program Bascom dan akan muncul tampilan seperti gambar 4.25



Gambar 4.25 Tampilan Bascom

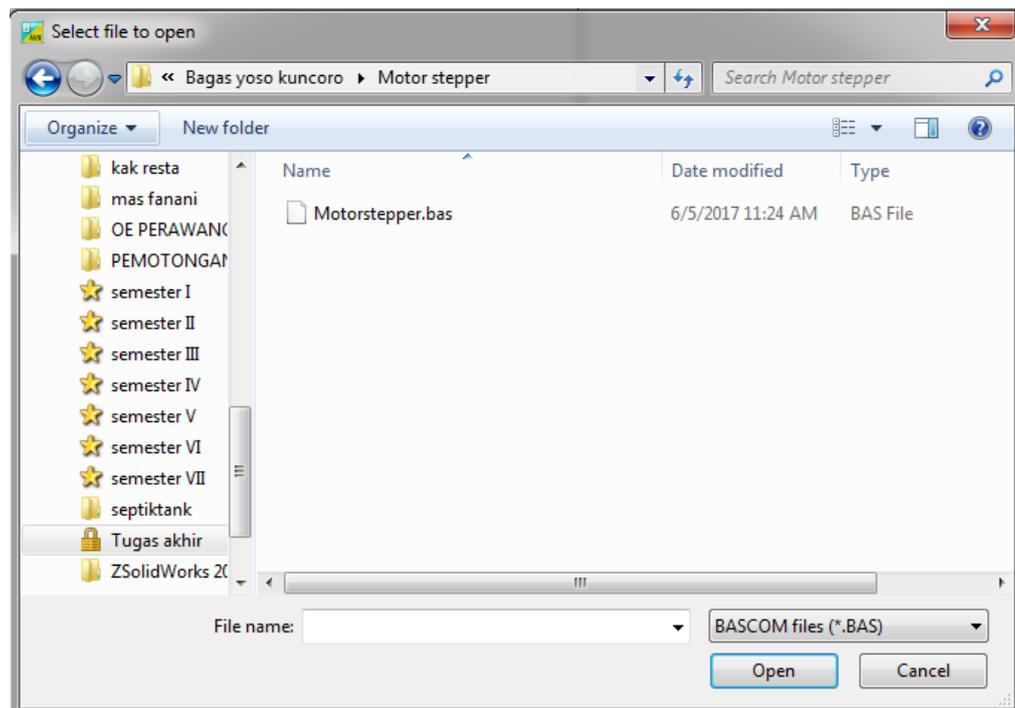
2. Klik *file*

Klik *file* pada tampilan *software* Bascom, kemudian pilih *Open* dan akan muncul seperti gambar 4.26



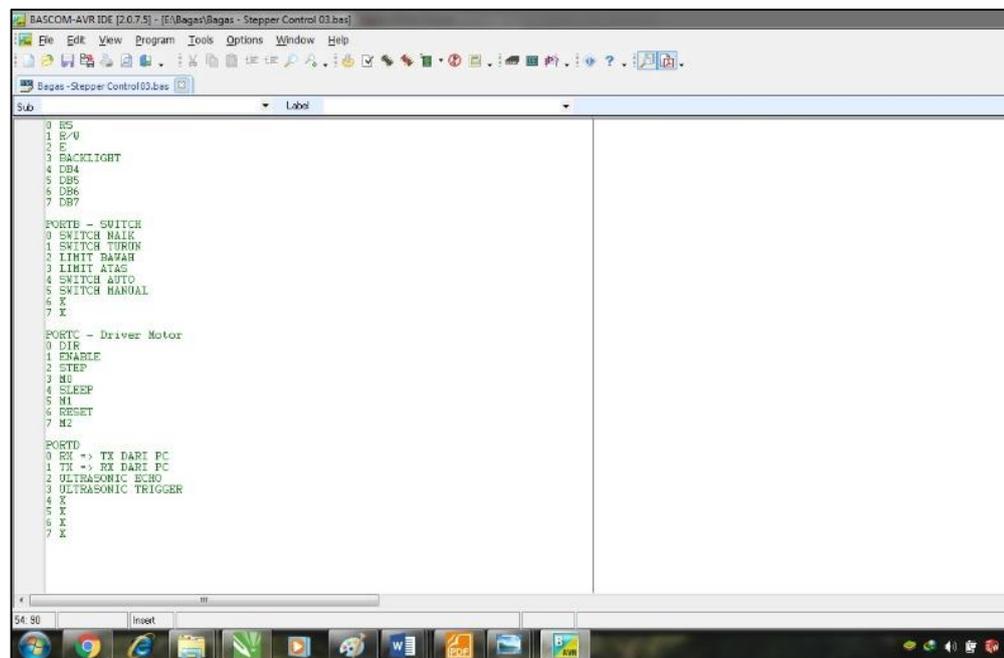
Gambar 4.26 *Tool* pada *file*

Pada perintah yang diatas bertujuan untuk mencari *file* pemograman Bascom yang digunakan untuk mengatur kontroler dan *motor stepper* seperti gambar 4.27. lalu cari *folder motor stepper* lalu pilih *file* program *Motorstepper.bas* selanjutnya klik *open*.



Gambar 4.27 pemilihan program

Setelah *file* program dibuka maka akan muncul tampilan yang digunakan untuk mengatur *motor stepper*, seperti gambar 4.28



Gambar 4.28 Tampilan program

```

Stepper:
DRV8825 - STEPPER
B2 :HIJAU
B1 :HITAM
A1 :MERAH
A2 :BIRU

M0 M1 M2 STEP
0 0 0 FULL
1 0 0 HALF
0 1 0 1/4
1 1 0 1/8
0 0 1 1/16
1 0 1 1/32
0 1 1 1/32
1 1 1 1/32

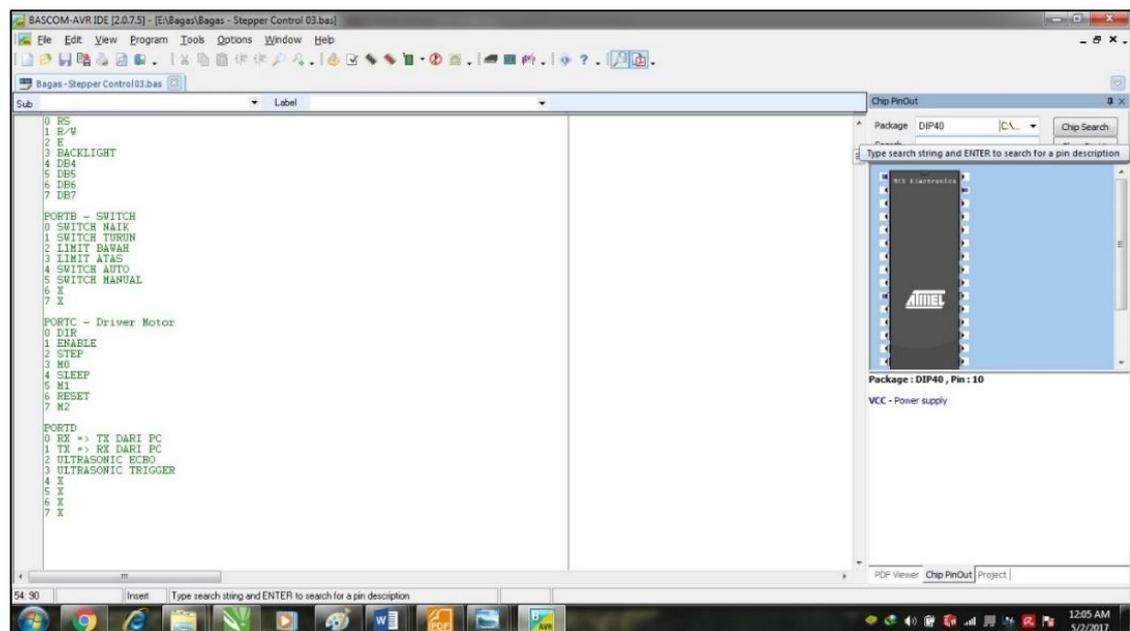
TES KECEPATAN :
Nilai Mm / 1 Menit
1      270
2      135
3       90
4      67.5
5       54
10      27
20     13.5
100     2.7
200     1.35
300     0.9
500     0.54
1000    0.27

```

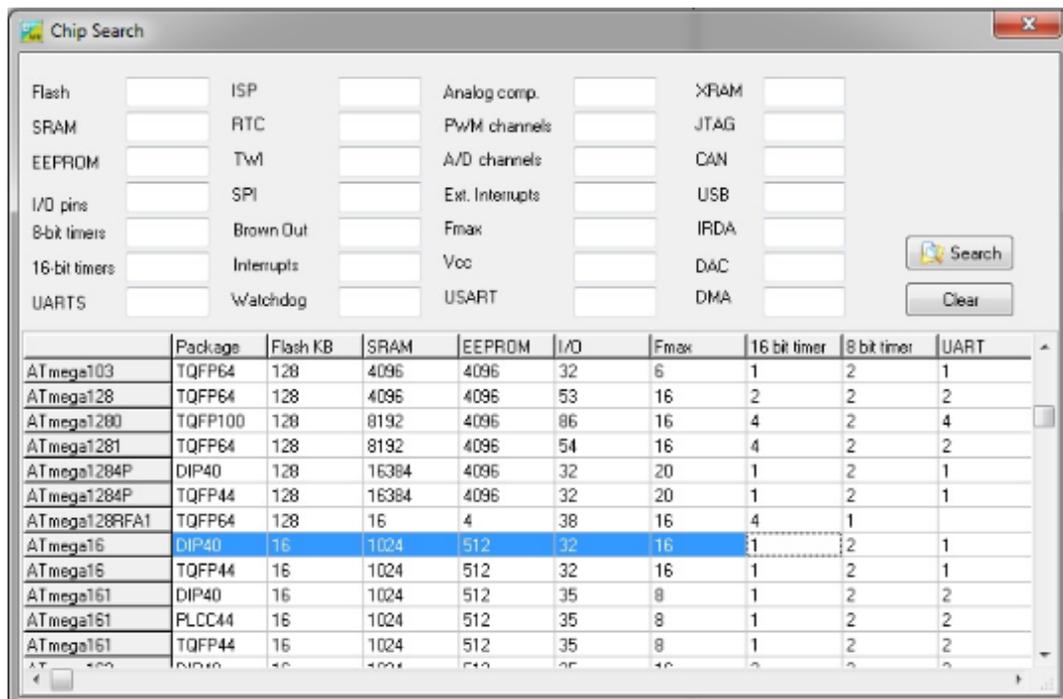
Gambar 4.29 Program ECM *single axis*

3. Klik *Chip Pin Out*

Klik *chip pin out* pada tampilan Bascom, selanjutnya akan muncul perintah untuk memilih controller yang digunakan pada mesin ECM *single axis* ini. Seperti gambar 4.30

Gambar 4.30 Pemilihan *Chip Controller*

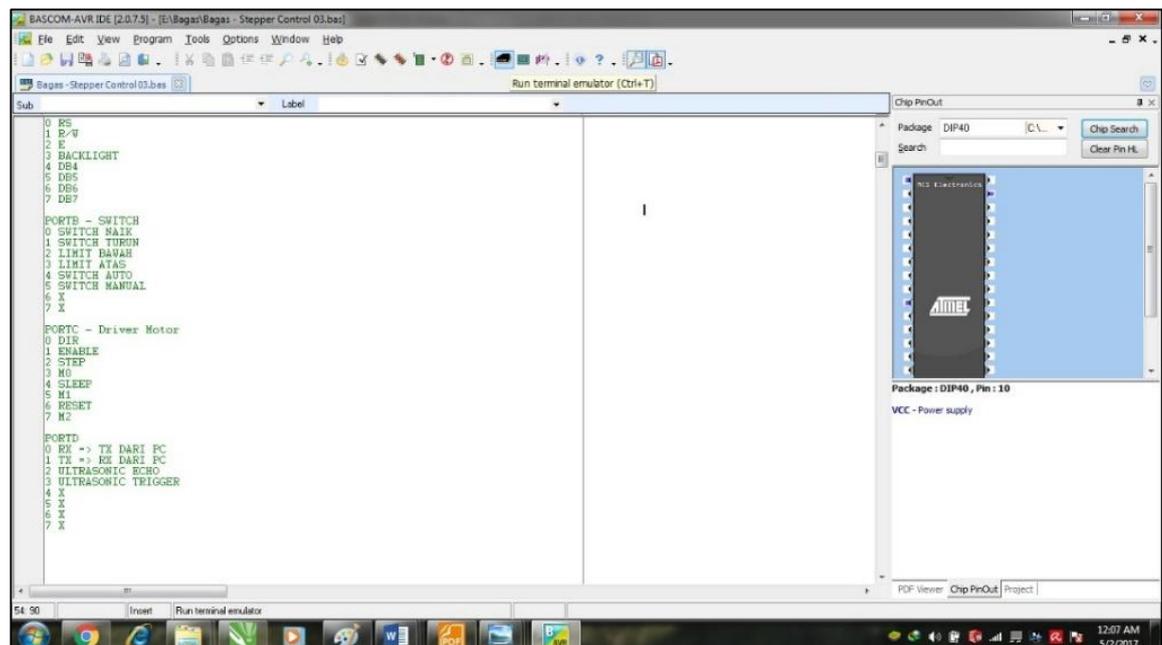
Lalu klik *chip search* untuk mencari jenis *chipe controller* yang digunakan. Pada mesin ECM *single axis* ini menggunakan *chip controller* Atmega16. Selanjutnya akan muncul perintah untuk memilih *chip controller* seperti gambar 4.31. Lalu klik *search*, pilih *Controler* ATMGA16 yang digunakan pada mesin ECM *single axis*.



Gambar 4.31 Pemilihan *Controler* ATMEGA16

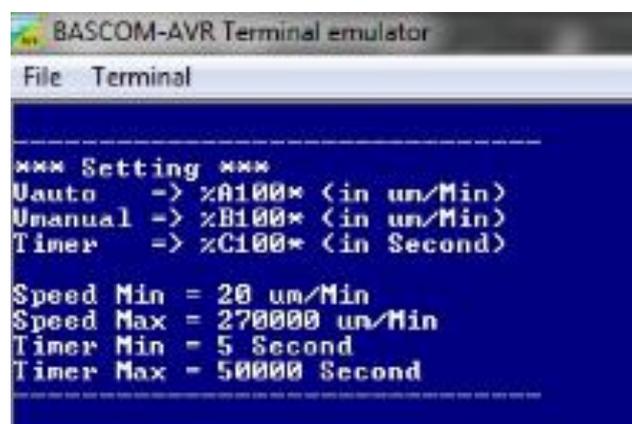
4. Klik *Run Terminal Emulator*

Run Terminal Emulator digunakan untuk simulasi komunikasi dengan komputer/laptop. Pada *Run Terminal Emulator* program dapat digunakan sesuai dengan perintah. Seperti gambar 4.32 *Run Terminal Emulator*.



Gambar 4.32 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 *Automatic* (*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*), seperti gambar 4.33 Kode Perintah



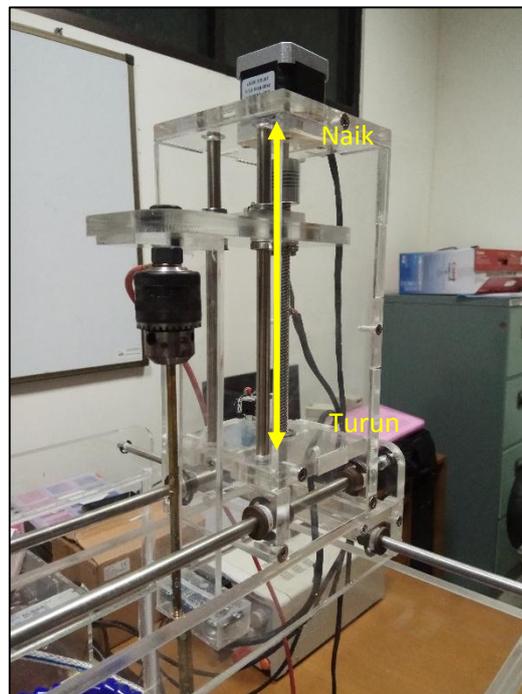
Gambar 4.33 Kode Perintah

4.6 Pengujian Performa Mesin ECM *Single Axis*

Setelah semua komponen-komponen mesin ECM *single axis* yaitu sistem mekanik, sistem sirkulasi electrolit, sistem kontroler, dan sistem *power suplay* semuanya dirakit menjadi satu bagian pada meja kerja, langkah selanjutnya adalah untuk menguji performa mesin tersebut untuk mengetahui bagaimana kerja dari mesin tersebut. Ada beberapa langkah pengujian yang akan dilakukan yaitu:

4.6.1 Pengujian Sistem Mekanik

Pengujian sistem mekanik dan sistem kontroler bertujuan untuk mengetahui jalannya sumbu Z yang digerakkan oleh *motor stepper* dan kontrolernya. Gerakan dari setiap sumbu harus sempurna, tidak ada kendala seperti goyang, macet-macet, dll. Bila ada sumbu yang gerakannya masih tidak normal maka dilakukan langkah penyetelan ulang pada sistem mekanik tersebut. Detail gambar pengujian sistem mekanik seperti gambar 4.34 berikut.



Gambar 4.34 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.

Semua komponen-komponen tersebut haruslah berfungsi dengan baik dan hasilnya pun sesuai dengan yang diharapkan supaya pada saat permesinan mendapatkan hasil yang sempurna. Detail gambar pengujian sistem sirkulasi elektrolit seperti gambar 4.35 , gambar 4.36 berikut dan gambar 4.37



Gambar 4.35 Aliran Elektrolit



Gambar 4.36 Filter Elektrolit



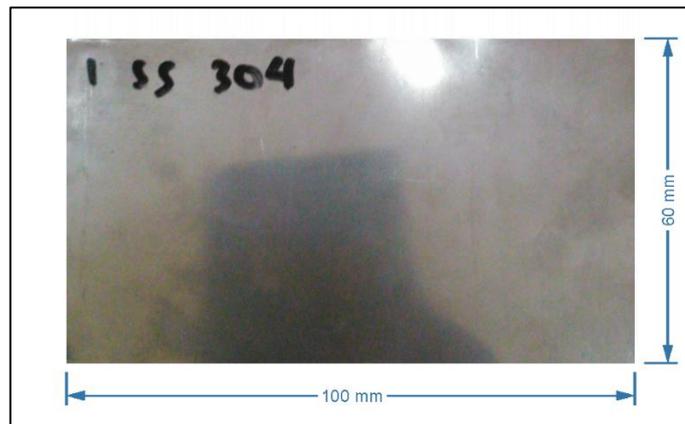
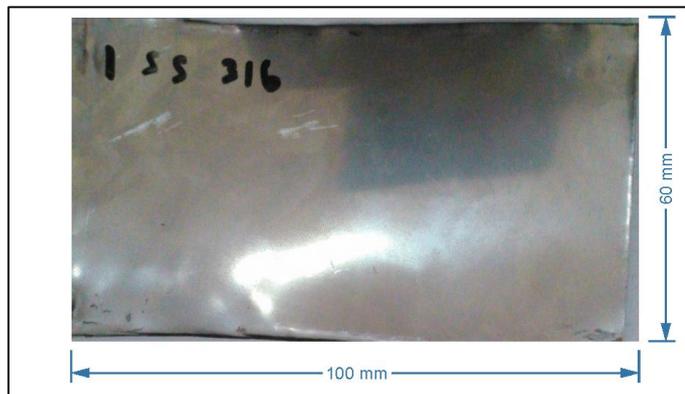
Gambar 4.37 Hasil Filter Elektrolit

4.7 Hasil Pengujian Performa Mesin *ECM Single Axis*

Setelah melakukan pengujian sistem mekanik dan sistem elektrolit tahap selanjutnya pengujian performa pemesinan dengan menggunakan benda kerja *stainless steel 304*, *Stainless steel 316* dan *tool* kuningan pejal. Berikut langkah-langkah pengujian mesin ECM untuk membuat lubang dengan benda kerja *stainless steel 304*, *Stainless steel 316* dan *tool* kuningan pejal.

4.7.1 Pemotongan Benda Kerja

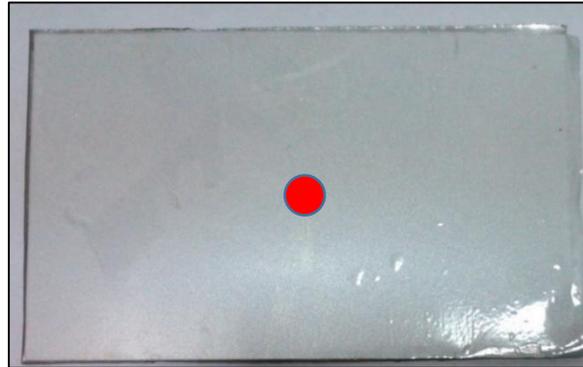
Potong plat *stainless steel 304* dengan ketebalan 0.4 mm dan *stainless steel 316* dengan tebal 0.6 mm yang masih lembaran besar menggunakan gunting plat sesuai ukuran 10 cm x 6 cm seperti gambar 4.38, kemudian plat tersebut ditimbang untuk mengetahui berat awal sebelum dilakukan pemesinan seperti gambar 4.39 dan sebelum dilapisi stiker yang sudah di lubangi dengan diameter 5 mm. Tujuan dilapisi atau ditempel stiker (*masking*) supaya pada saat pemesinan plat yang terkorosi hanya bagian lubang yang tidak terlapisi oleh stiker. Detail benda kerja seperti gambar 4.40 berikut.

a) *Stainless steel 304*b) *Stainless steel 316*

Gambar 4.38. Benda kerja



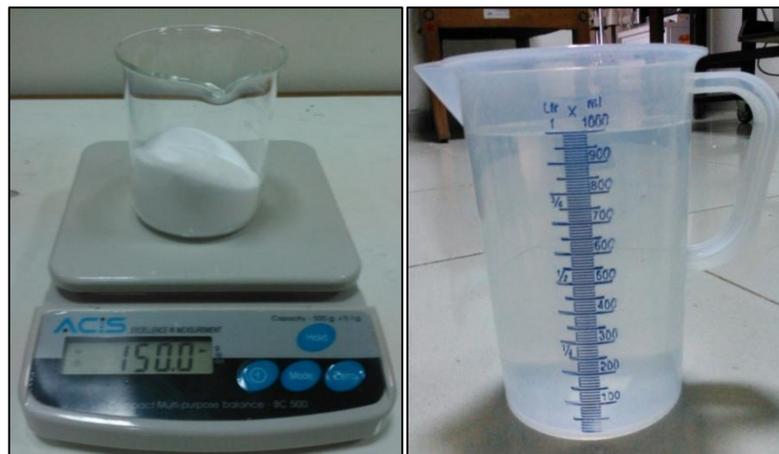
Gambar 4.39. Penimbangan benda kerja sebelum pemesinan



Gambar 4.40. *Masking* benda kerja

4.7.2 Persiapan larutan elektrolit

Sebelum melakukan proses pemesinan, harus menyiapkan cairan elektrolit yang akan digunakan untuk proses pemesinan. Elektrolit yang digunakan pada pemesinan ini adalah NaCl berupa serbuk dan dicampur dengan aquades. Konsentrasi NaCl yang digunakan pada pemesinan ini adalah 0.15 kg/l. langkah pertama timbang serbuk NaCl sebanyak 150 gram dan dimasukkan kedalam gelas ukur kemudian tambahkan aquades sebanyak 1 liter gambar 4.41. Setekah itu aduk campuran aquades dan NaCl menggunakan *magnetic stirrer* seperti gambar 4.42 dibawah



Gambar 4.41 Penimbangan dan pengukuran NaCl dan aquades



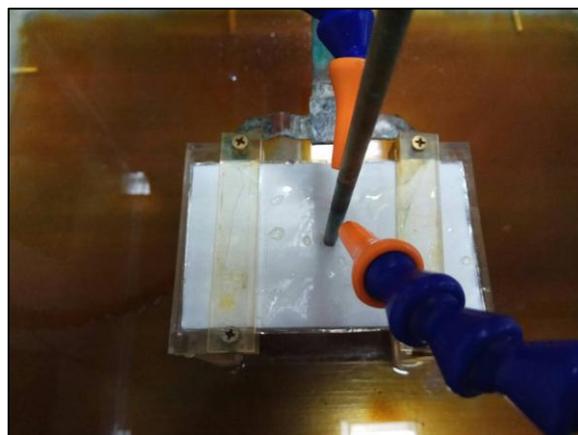
Gambar 4.42 Pengadukan NaCl dan Aquades

4.7.3 Proses Pemesinan

Sebelum melakukan proses pemesinan 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. Seperti gambar 4.43 dan gambar 4.44.



Gambar 4.43 *Tool*



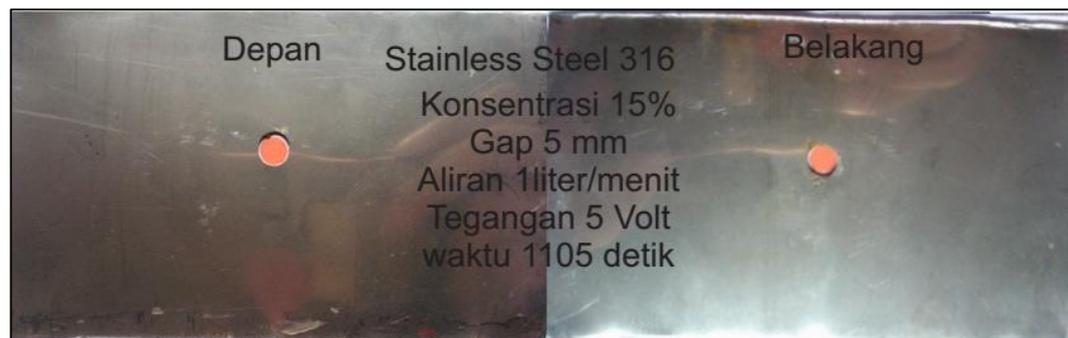
Gambar 4.44 Peletakan benda kerja dan memposisikan *hose fleksible*

Pastikan *tool* elektroda tegak lurus dengan benda kerja agar bentuk lubang pemakanan yang dihasilkan baik. Atur gap elektroda dengan menekan tombol *swieth power window*. Ukur *gap* menggunakan *filler 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 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 dan lihat benda kerja saat proses pemesinan. Setelah selesai pemesinan pertama kali matikan *power supply* nya, selanjutnya matikan pompa agar aliran elektrolit berhenti dan angkat *tool* menjauhi dari benda kerja. Setelah itu lepaskan benda kerja pada dudukan benda kerja. Setiap selesai pemesinan, benda kerja dan elektroda dibersihkan dan dikeringkan. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap hasil proses pemesinan mesin ECM *single axis* ini meliputi MRR.

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* . Seperti gambar 4.45 dibawah ini.





a) Tegangan 5 volt



b) Tegangan 7 volt





c) Tegangan 12 volt

Gambar 4.45 Benda kerja hasil pemesinan terisolasi

4.7.5 Hasil perhitungan MRR (*Material Removal Rate*)

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,

- 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)

Pada penelitian ini *tool* yang digunakan adalah *tool* kuningan pejal ber diameter 5 mm. Variasi tegangan dari *power supply* yang digunakan pada mesin ECM Single ialah 5 volt, 7 volt dan 12 volt. Jarak antara *tool* dan benda kerja yang digunakan pada penelitian ini 0.5 mm. Rata-rata arus listrik yang keluar adalah 0.7 A – 3.2 A. Setelah proses pengambilan data, maka data yang

diperoleh diolah untuk dilakukan analisis. Analisis pada penelitian ini adalah dengan cara membandingkan hasil permesinan pada benda kerja *stainless steel* 304 dan *stainless steel* 316 dengan variasi Tegangan. Hal-hal yang dibandingkan adalah massa benda kerja sebelum dan sesudah proses permesinan (MRR) benda kerja. Contoh perhitungan MRR benda kerja *stainless steel* 304 dan *stainless steel* 316 dengan permesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pejal pada konsentrasi NaCl 15% dari Persamaan 4.1 adalah sebagai berikut.

Contoh perhitungan

Diketahui:

$$m_o = 18.4692 \text{ gr}$$

$$m_t = 18.3664 \text{ gr}$$

$$t = 138 \text{ dtk}$$

$$\text{Material} = \textit{stainless steel} 304$$

$$\begin{aligned} MRR &= \frac{m_o - m_t}{t} \\ &= \frac{18.4692 \text{ gr} - 18.3664 \text{ gr}}{138 \text{ dtk}} \\ &= 7 \times 10^{-4} \text{ gr/dtk} \end{aligned}$$

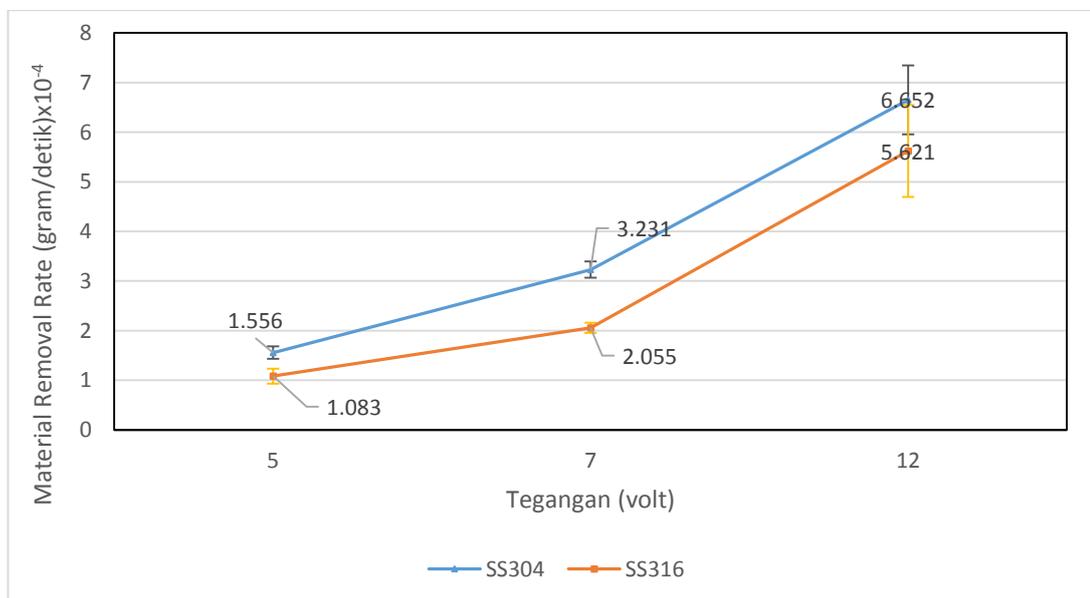
Seluruh perhitungan MRR hasil pemesinan benda kerja dengan variasi tegangan 5 volt, 7 volt dan 12 volt dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Table 4.7 Hasil pemesinan *stainless steel 304*

<i>stainless steel 304</i>			
<i>Material Removal Rate</i>			
Tegangan (volt)	5	7	12
MRR (g/dtk)	0.000145	0.00031	0.000745
	0.000153	0.000341	0.000619
	0.000169	0.000318	0.000632
Rata rata MRR (g/dtk)	0.000156	0.0003231	0.000665
SD MRR x 10 ⁻⁴	0.126	0.163	0.693

Table 4.8 Hasil pemesinan *stainless steel 316*

<i>stainless steel 316</i>			
<i>Material Removal Rate</i>			
Tegangan (volt)	5	7	12
MRR (g/dtk)	9.76E-05	0.000198	0.000628
	0.000119	0.000213	0.000497
Rata rata MRR (g/dtk)	0.000108	0.000206	0.000562
SD MRR x 10 ⁻⁴	0.150	0.103	0.926

Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Variasi Tegangan (Volt) dengan *Material Removal Rate* rata-rata (g/dtk)

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 5.621×10^{-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*). Namun bila *overcut* yang dihasilkan terlalu besar maka hal tersebut akan berpengaruh terhadap menurunnya kualitas produk, terutama faktor yang berkaitan dengan ketelitian ukuran maupun geometri produk. Jadi *overcut*, O_c dirumuskan sebagai-berikut:

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

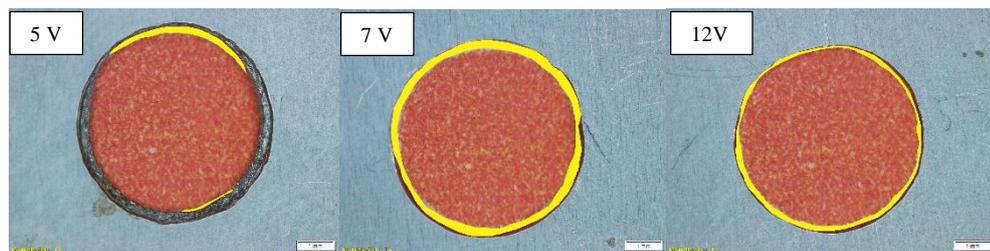
dengan,

O_c : *Overcut*, milimeter (mm)

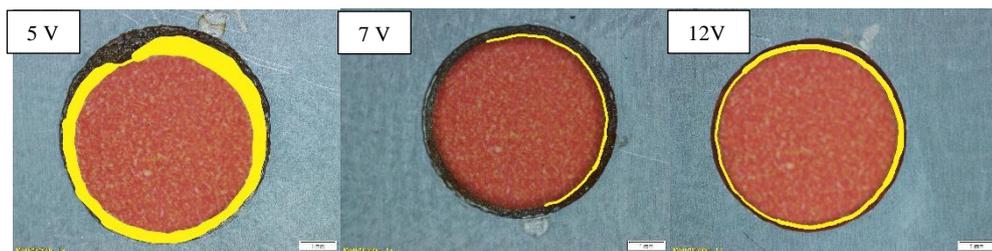
d_2 : Diameter hasil *drilling* ECM bagian depan *workpiece*, milimeter (mm)

d_0 : Diameter *tool*, milimeter (mm)

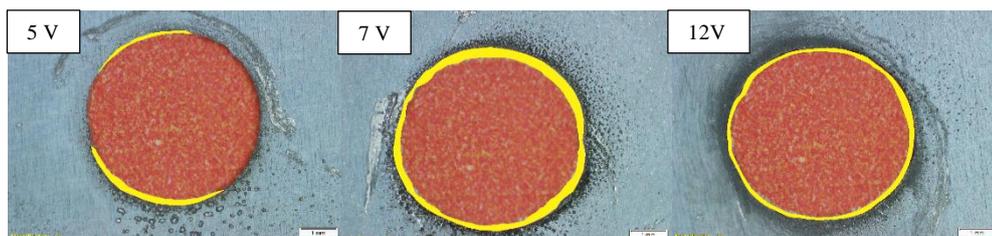
Pada penelitian ini *tool* yang digunakan adalah *tool* kuningan pejal dengan diameter 5 mm. Tegangan yang digunakan pada pemesinan ini ialah 5 Volt, 7 Volt dan 12 Volt yang dihasilkan dari *power supply* (*unregulated*). sedangkan untuk konsentrasi larutan NaCl 15 % dengan aliran elektrolit 1 L/menit. Hasil dari pemesinan mesin ECM *single axis* seperti gambar 4.48



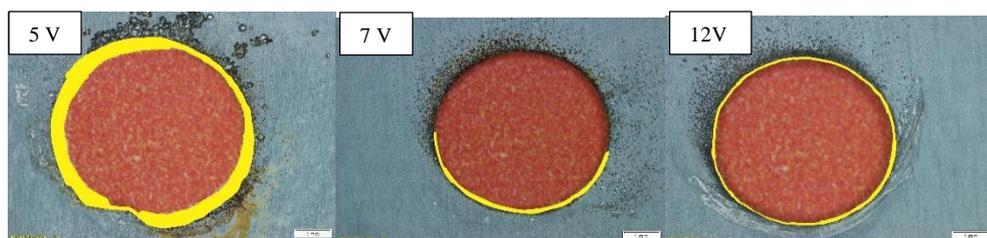
(a) Foto makro tampak depan *Stainless Steel 304*



(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 4.48. Hasil Foto Makro Setelah Pemesinan

Contoh perhitungan *overcut* pada konsentrasi NaCl 15% dari Persamaan 4.4 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

$$d_0 : 5 \text{ mm}$$

$$d_1 : 5.344 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} o_c &= d_1 - d_0 \\ &= 5.344 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\ &= 0.344 \text{ mm} \end{aligned}$$

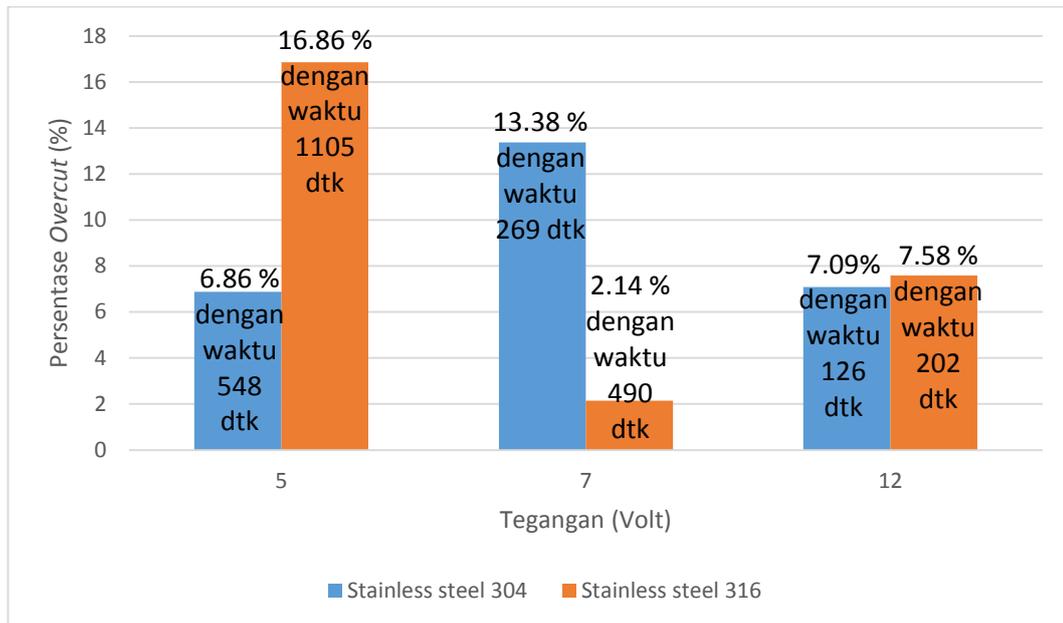
Seluruh perhitungan *overcut* hasil pemesinan benda kerja dengan variasi jarak celah (*gap*) dapat dilihat pada Tabel 4.9 Tabel 4.10.

Tabel 4.9 *Overcut Stainless Steel 304*

<i>Stainless Steel 304</i>			
Tebal (mm)	0.4	0.4	0.4
Tegangan (volt)	5	7	12
Diameter <i>Workpiece</i> (mm)	5.34	5.66	5.35
volume (m ³)	8.96	10.091	8.987
Waktu (dtk)	548	269	126
MRR (mm ³ /detik)	1.63×10^{-2}	3.75×10^{-2}	7.13×10^{-2}
<i>Overcut %</i>	6.88 %	13.38%	7.08%

Tabel 4.10 *Overcut Stainless Steel 316*

<i>Stainless Steel 316</i>			
Tebal (mm)	0.6	0.6	0.6
Tegangan (volt)	5	7	12
Diameter <i>Workpiece</i> (mm)	5.843	5.107	5.379
volume (m ³)	16.08	12.28	13.62
Waktu (dtk)	1105	490	202
MRR (mm ³ /detik)	1.45×10^{-2}	2.5×10^{-2}	6.7×10^{-2}
<i>Overcut %</i>	16.86 %	2.14 %	7.58 %



Gambar 4.49. Perbandingan *Overcut* (mm) 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 pemesinan, hal ini terjadi juga pada penelitian Suharjhono (2014) yang menyatakan pada saat pemesinan nya *overcut* yang besar terjadi disebabkan oleh lama waktu pemesinan.