

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu metode tentang segala kegiatan yang dilakukan dalam suatu penelitian. Dalam bab ini akan membahas segala sesuatu yang berkaitan langsung dengan penelitian seperti: tempat, waktu dilakukannya penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, apa saja yang menjadi variabel dalam penelitian, diagram alir penelitian, serta prosedur-prosedur penelitian.

3.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian merupakan suatu sistem pengambilan data dalam suatu penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode yang mengusahakan timbulnya variabel-variabel dan selanjutnya dikontrol untuk dilihat pengaruhnya.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Tempat penelitian : Laboratorium Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar barat , Tamantirto, Kasihan, Bantul
(55183)

3.2.2. Waktu penelitian : 14 Mei 2016

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah:

1. ECM *portable*,
2. Regulator voltage berfungsi mengatur tegangan,
3. Gunting besi untuk memotong benda kerja,
4. *Cutting sticker* untuk memotong *sticker* isolasi,
5. Amplas dan kikir, untuk menghaluskan *part* yang selesai dibuat,
6. Jangka sorong untuk mengukur benda kerja,
7. Gelas ukur, digunakan untuk mencampur NaCl dengan aquades,

8. Kamera saku, digunakan untuk memotret hasil penelitian,
9. Multimeter, digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik,
10. *Stopwatch*, digunakan untuk *timer* saat proses pemesian,
11. *Magnetic Stirrer*, digunakan untuk mengaduk NaCl dengan aquades,
12. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang massa benda kerja sebelum dan sesudah pemesian,
13. Alat Pelindung Diri (APD) : sarung tangan, masker, dan kaca mata,
14. Penggaris, alat tulis, dan kertas.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.1. (a) ECM portable, (b) Magnetic stirrer
(c) Timbangan digital

3.3.2. Bahan Penelitian

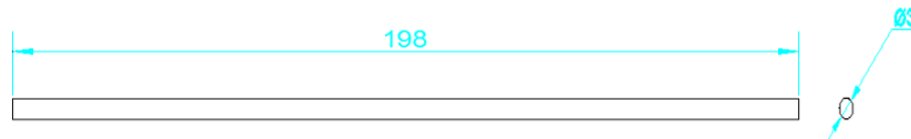
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

a. Elektroda Kuningan

Tool elektroda yang digunakan untuk pengujian adalah kuningan berbentuk batang silinder dengan panjang 198 mm dan berdiameter 3mm seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.

Spesifikasi kuningan

1. Konduktivitas listrik : 1.6×10^7
2. Titik lebur : 1130°C



Gambar 3.2. Ukuran *tool elektrode* untuk pengujian



Gambar 3.3. Elektroda Kuningan

b. Cairan Elektrolit NaCl

Komposisi konsentrasi larutan NaCl dan aquades, elektrolit yang digunakan untuk pengujian adalah 15 % NaCl dan 85 % aquades.



(a)



(b)

Gambar 3.4. (a) NaCl, (b) Aquades

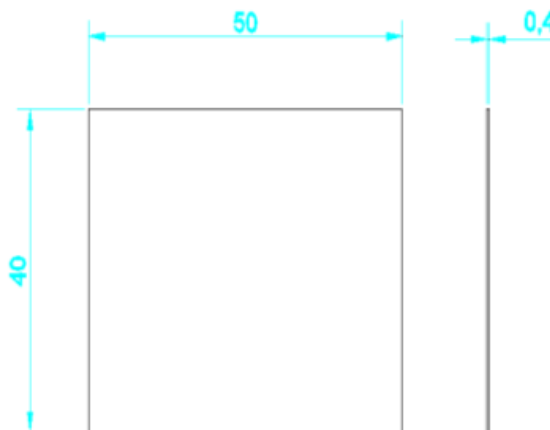
Proses pencampuran NaCl dan aquades dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer*, proses ini dilakukan agar antara NaCl dan aquades dapat menjadi suatu larutan yang benar-benar homogen. Proses pencampuran NaCl dan aquades ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Pencampuran NaCl dan Aquades menggunakan *magnetic stirrer*

c. Benda kerja plat Aluminium 1100

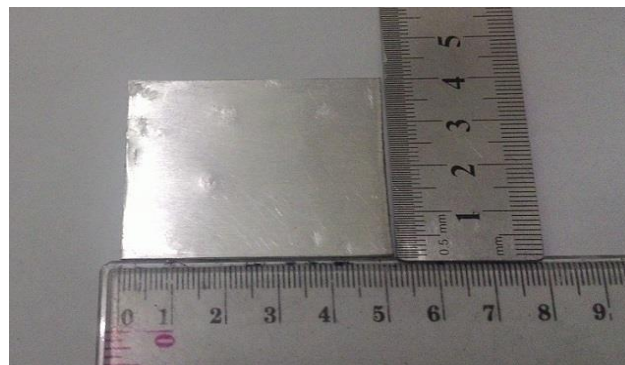
Benda kerja yang digunakan adalah plat Aluminium 1100 yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 40 mm, dan ketebalan 0.4 mm sebanyak 9 plat, seperti terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Ukuran benda kerja plat aluminium 1100

Tabel 3.1 Komposisi kandungan unsur logam aluminium 1100 (Yudy, 2013)

No	Unsur Logam	Presentase
1	Karbon	0.07 %
2	Silikon	1 %
3	Mangan	2 %
4	Fosfor	0.045 %
5	Sulfur	0.030 %
6	Nikel	8-10 %
7	Nitrogen	0.11 %
8	Krom	18-20 %



Gambar 3.7. Benda kerja plat Aluminium 1100

3.4. Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi terjadinya sesuatu atau variabel penyebab. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu jarak celah (*gap*) 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm dan tegangan 5 v, 7 v, dan 10 v pada proses ECM.

3.4.2 Variabel Terikat

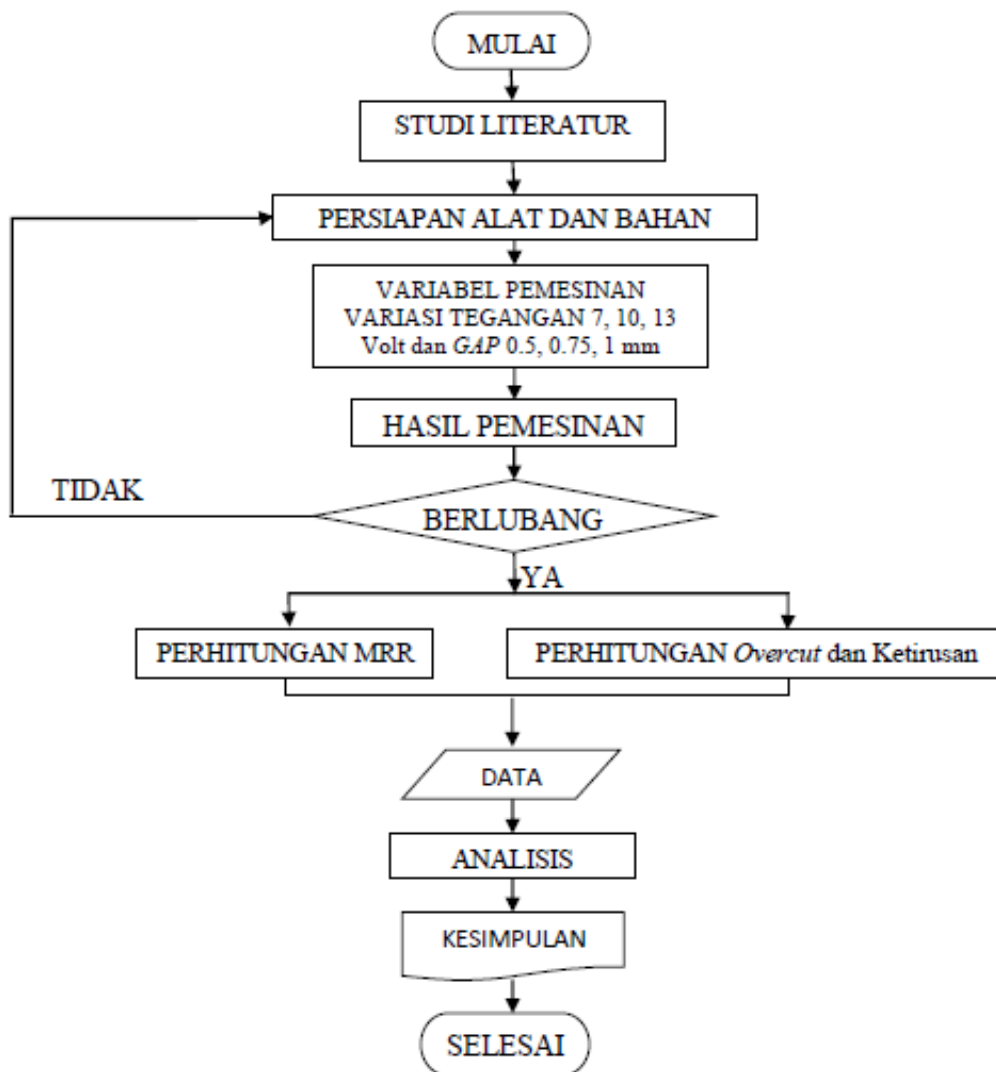
Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, adapun variabel terikat dalam penelitian ini yaitu MRR, *Overcut* dan Ketirusan pada hasil pemesinan ECM.

3.5 Langkah-Langkah Penelitian

- a. Mempersiapkan ECM *portable* serta regulator *voltage*;
- b. Mempersiapkan benda kerja dan *electrode*;
- c. Memasang *electrode* pada *holder* mesin ECM dan dikencangkan;
- d. Memasang benda kerja dan dikencangkan agar posisinya tidak berubah;
- e. Menyalakan tombol power pada mesin ECM dan software mach 3;
- f. Mengatur posisi pemakanan benda kerja (koordinat x, y, z) dengan cara mengatur meja;
- g. Mengatur kerataan permukaan benda kerja dengan permukaan *electrode*;
- h. Mengatur parameter-parameter mesin ECM sesuai dengan tabel rancangan percobaan;
- i. Menyalakan pompa cairan dielektrik/elektrolit dan mengatur putaran kran dengan tujuan menyesuaikan laju cairan dielektrik;
- j. Memulai pengerjaan dengan menekan tombol ON pada power suplay sampai proses pemesinan selesai. Apabila proses pemesinan selesai matikan power suplay dengan memposisikan tombol OFF;
- k. Mematikan pompa sirkulasi cairan elektrolit, mengangkat *electrode*, dan mengeluarkan benda kerja;
- l. Membersihkan benda kerja dari kotoran dan mengeringkannya;
- m. Percobaan diulang dengan memvariasikan tegangan dan jarak celah (*gap*) pada mesin ECM;

3.6. Flowchart/ Diagram Alir Penelitian

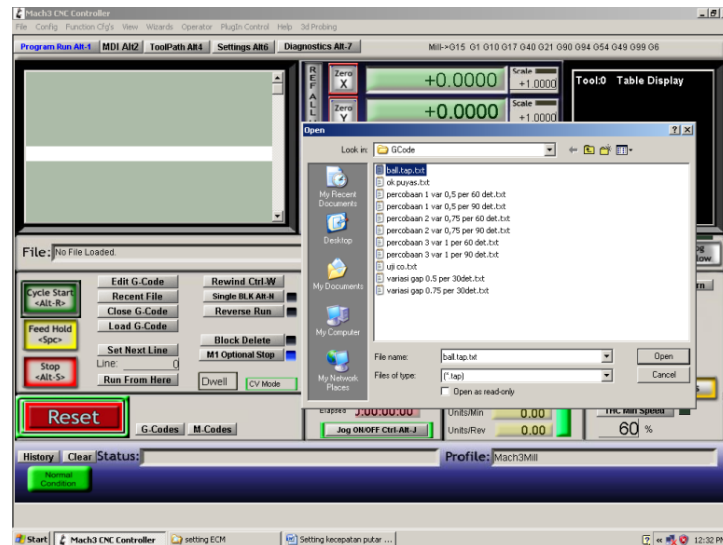
Diagram alir dalam penelitian bertujuan memudahkan kita untuk melaksanakan penelitian dan memperjelas tahapan-tahapan dalam penelitian. Diagram alir penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Diagram alir penelitian

3.7. Prosedur Pengujian dengan mesin ECM

Pada tahap awal pengujian mesin ECM, pertama membuka *software mach-3 CNC Controller*. Setelah itu edit *G-code*, kemudian akan muncul layar *notepad* untuk membuat program *G-code* nya. Detail Gambar seperti terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Layar *Load G-code*

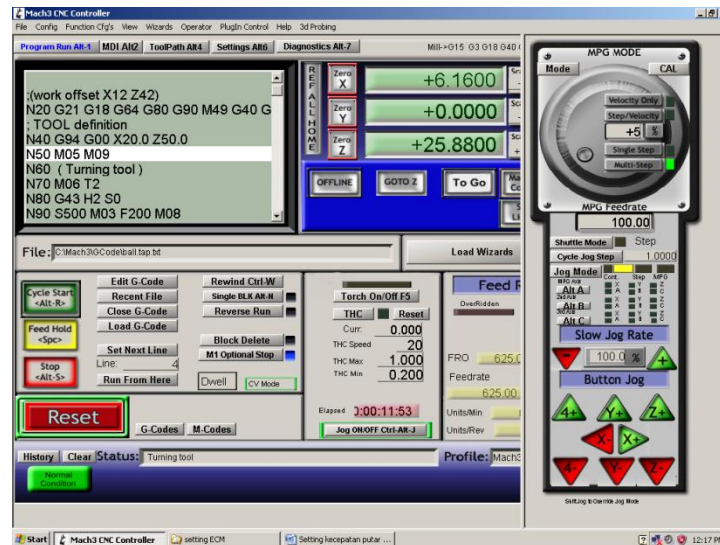
Langkah selanjutnya adalah membuat program *G-code* dengan menggunakan aplikasi *notepad* yang ada pada komputer. Untuk membuat program *G-code* kita harus mengetahui ukuran benda kerja dan yang utama adalah dimensi mesin yang digunakan untuk permesinan supaya pada saat permesinan, motor tidak berputar melebihi dimensi mesin dan benda kerja yang di *machining*. Langkah-langkahnya adalah klik *program run Alt-1* kemudian pilih *load G-code* dan pilih program *G-code* yang tadi sudah dibuat. Detail Gambar seperti terlihat pada Gambar 3.10. dan Gambar 3.11.

```

File Edit Format View Help
G00 Y 0.5
G4 P 45
G00 Y 0.4
G4 P 45
G00 Y 0.3
G4 P 45
G00 Y 0.2
G4 P 45

```

Gambar 3.10. contoh program *G-code*

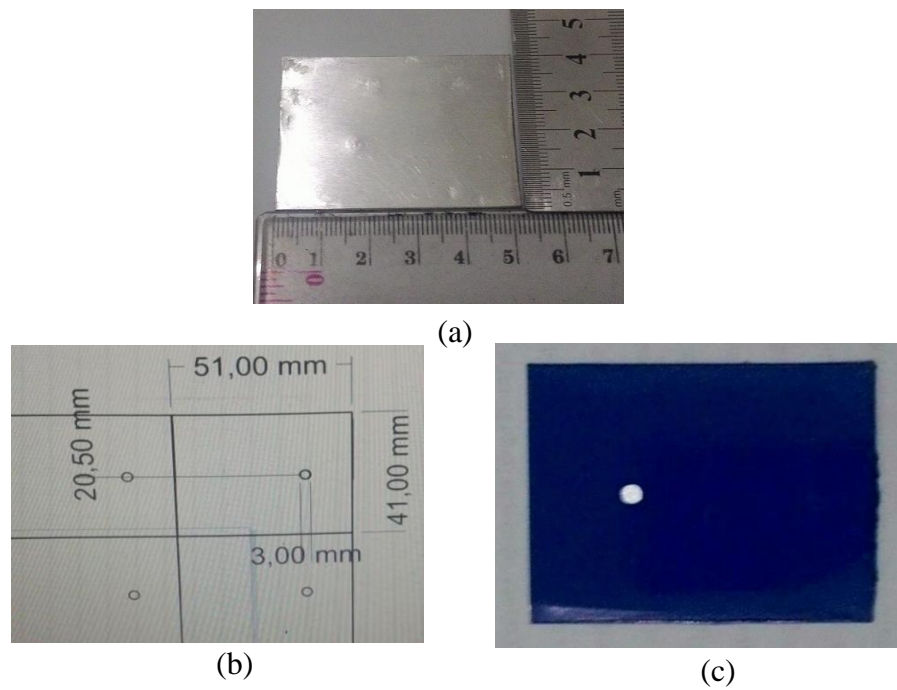


Gambar 3.11. Tampilah *G-code*

Uji coba pemesinan dilakukan dengan cara melakukan simulasi terlebih dahulu. Penulis melakukan berbagai percobaan untuk menguji bahwa mesin bekerja sesuai yang diharapkan. Selanjutnya penulis mencari cara bagaimana mendapatkan hasil produk yang baik, hasil baik yang dimaksud adalah potongan benda kerja sesuai dengan bentuk dari potongan isolasi, yaitu dengan cara mengubah *tool*, mengubah arah aliran, mengubah *gaps* awal, mengubah lama pemesinan sampai dengan mengubah metode pemesinan. Setelah ditemukan hasil yang sesuai dengan harapan maka parameter tersebut yang digunakan untuk melanjutkan penelitian.

3.8. Prosedur Pembuatan Benda Kerja

Pembuatan benda kerja dilakukan dengan mendesain pada *software Coreldraw* dengan panjang 50 mm, lebar 40 mm dan tebal 0,5 mm, kemudian dilakukan pemotongan plat aluminium 1100 menggunakan gunting besi. Metode pemotongan benda kerja menggunakan gunting besi dengan tujuan agar benda kerja memiliki berat dan ukuran yang serupa, untuk mempermudah dalam perhitungan MRR dan pemasangan isolasi. Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.12.(a) Setelah benda kerja selesai dibuat sesuai ukuran lalu isolasi benda kerja menggunakan isolator. Dimensi isolator ditunjukkan pada Gambar 3.12.(b) Benda kerja yang telah diisolasi ditunjukkan oleh Gambar 3.12.(c).



Gambar 3.12. (a) Benda kerja, (b) Dimensi isolator, (c) Benda kerja setelah diisolasi

3.9. Spesifikasi Mesin ECM

Spesifikasi dan parameter yang dipakai pada pengujian mesin ECM *portable* dapat dilihat pada Tabel 3.2. berikut ini.

Tabel 3.2. Spesifikasi ECM *portable*

Tegangan Listrik	5 v – 20 v
Working Gap	3 mm
Kecepatan maksimal elektrolit	4 m/s
Cairan elektrolit	<i>Natrium Chloride</i> (NaCl)
Konsentrasi elektrolit	15 % NaCl + 85 % aquades

3.10. Pengujian Terhadap Material Benda Kerja

3.10.1. Persiapan Cairan Elektrolit

Sebelum proses pemesinan dimulai pertama kita harus menyiapkan cairan elektrolit yang nantinya akan digunakan untuk proses pemesinan, cairan elektrolit yang digunakan yaitu berupa serbuk NaCl dicampur aquades dengan perbandingan 15 % NaCl dan 85 % untuk aquades, pertama timbang serbuk NaCl sebanyak 150 gram masukan ke dalam gelas ukur kemudian tambahkan 850 mL aquades. Pembuatan cairan elektrolit antara NaCl dan aquades harus benar-benar tercampur dengan baik agar menjadi larutan yang homogen maka untuk proses pencampurannya digunakan *magnetic stirrer* untuk proses pengadukannya.

3.10.2. Proses Pemesinan

Pasang *tool* elektroda yang pertama dan benda kerja dengan pencekam pada mesin ECM. Pastikan posisi elektroda tegak lurus dengan benda kerja agar bentuk lubang pemakanan yang dihasilkan baik. Jalankan *tool* sampai menyentuh benda kerja untuk mencari titik nol dan pastikan menggunakan multimeter yang ditandai dengan Bergeraknya jarum indikator atau bunyi alarm pada multimeter, karena perbedaan jarak celah (*gap*) pada benda kerja terisolasi berpengaruh pada lama pemakanan benda kerja itu sendiri. Selanjutnya *tool* digerakkan menjauhi benda kerja untuk membentuk *working gap* sejauh 0.5 mm. *Stopwatch* dan kamera saku disiapkan untuk melakukan pengambilan video pada tegangan dan arus yang keluar dari *power supply* selama proses permesinan berjalan. Pompa fluida dinyalakan untuk mengalirkan cairan elektrolit ke dalam bak penampung permesinan. Langkah selanjutnya adalah menghidupkan *power supply* bersamaan dengan *stopwatch*. *Power supply* yang digunakan adalah *power supply unregulated* sehingga pengaturan tegangan 7 volt dilakukan setelah *power supply* hidup. Pada saat permesinan tegangan harus dijaga 7 volt selama waktu-waktu optimal permesinan yang sudah ditentukan dari data-data percobaan sebelumnya. Waktu optimal permesinan didapat apabila hasil permesinan optimal. *Power supply* dan kamera saku dimatikan apabila proses pemesinan sudah selesai. Setelah selesai pemesinan

prosedur pengambilan benda kerja harus secara berurutan pertama matikan *power supply*, matikan pompa sirkulasi elektrolit, jauhkan *positioning tool* dari benda kerja dengan cara mengontrol dari PC setelah itu lepas benda kerja dari penjepit. Setiap selesai pemesinan, benda kerja dan elektroda dibersihkan dan dikeringkan. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap benda kerja hasil proses permesinan ECM yang meliputi MRR, *overcut* dan ketirusan.

3.11. Pengukuran Hasil Pengujian

3.11.1 Pengukuran *Material Removal Rate* (MRR)

Pengukuran MRR dilakukan dengan cara melakukan penimbangan terhadap benda kerja dengan menggunakan timbangan seperti pada Gambar 3.13. terhadap spesimen sebelum dan sesudah permesinan kemudian selisihnya dibagi dengan waktu permesinan, sesuai dengan persamaan 3.3. Timbangan yang dipakai dalam penelitian ini dengan merek FUJITSU, yang mempunyai beban maksimal 210 gram dan ketelitian 0,0001 gram yang berada di Laboratorium CNC, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Langkah-langkah prosedur proses penimbangan :

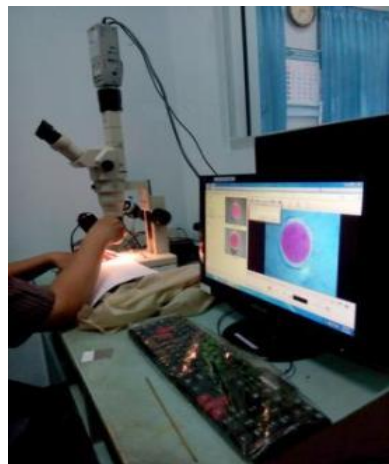
1. Mempersiapkan alat yang akan ditimbang kemudian pemeriksaan terhadap kebersihan neraca terutama pada piring-piring timbangan, kedataran timbangan, dan kesetimbangan neraca.
2. Melakukan kalibrasi agar timbangan pada posisi 0.
3. Menaruh benda yang akan ditimbang tepat ditengah timbangan dan menutup timbangan agar hasilnya stabil.
4. Mencatat hasil penimbangan dan dilanjutkan dengan penimbangan benda selanjutnya.



Gambar 3.13. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital

3.11.2. Pengukuran *Overcut* dan ketirusan

Pengukuran *overcut* dilakukan dengan beberapa tahap, tahap yang pertama yaitu melakukan uji makro di Laboratorium Bahan Teknik, Program Diploma Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada seperti pada Gambar 3.14.

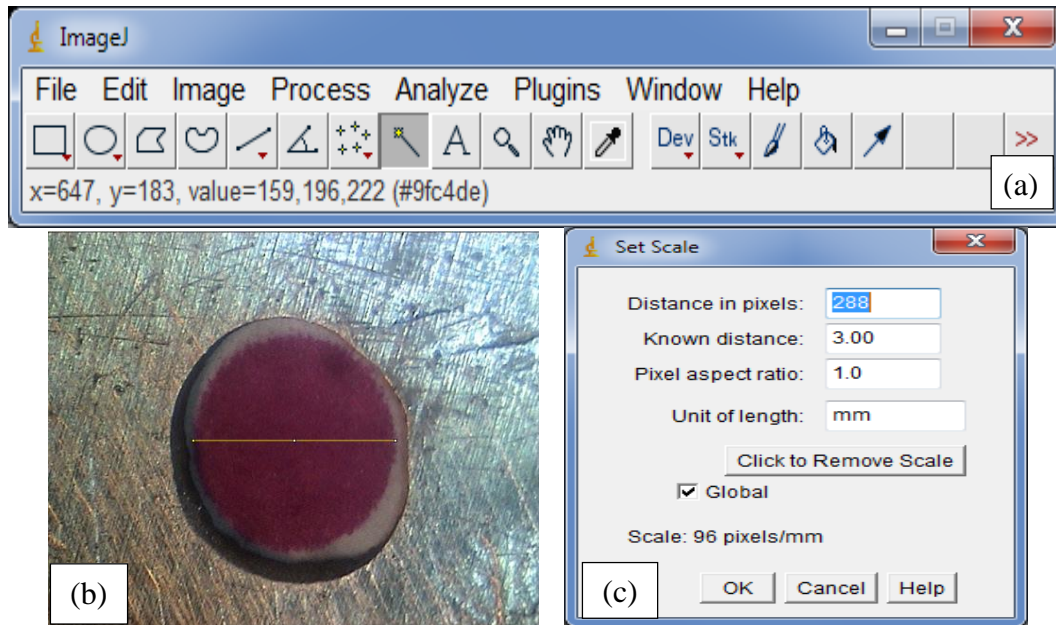


Gambar 3.14 Pengujian Makro

Selanjutnya hasil foto makro tersebut dianalisa menggunakan aplikasi *software ImageJ* seperti terlihat pada Gambar (3.15 a)

1. Langkah-langkah penggunaan aplikasi *software ImageJ* yang pertama yaitu buka hasil foto makro, klik *icon straight* pada aplikasi *software ImageJ* kemudian klik sisi yang ingin diukur. Gambar tersebut di *setscale* dengan cara klik *analyze* seperti Gambar (3.15 b)
2. *Setscale* seperti terlihat pada (Gambar 3.15 c)

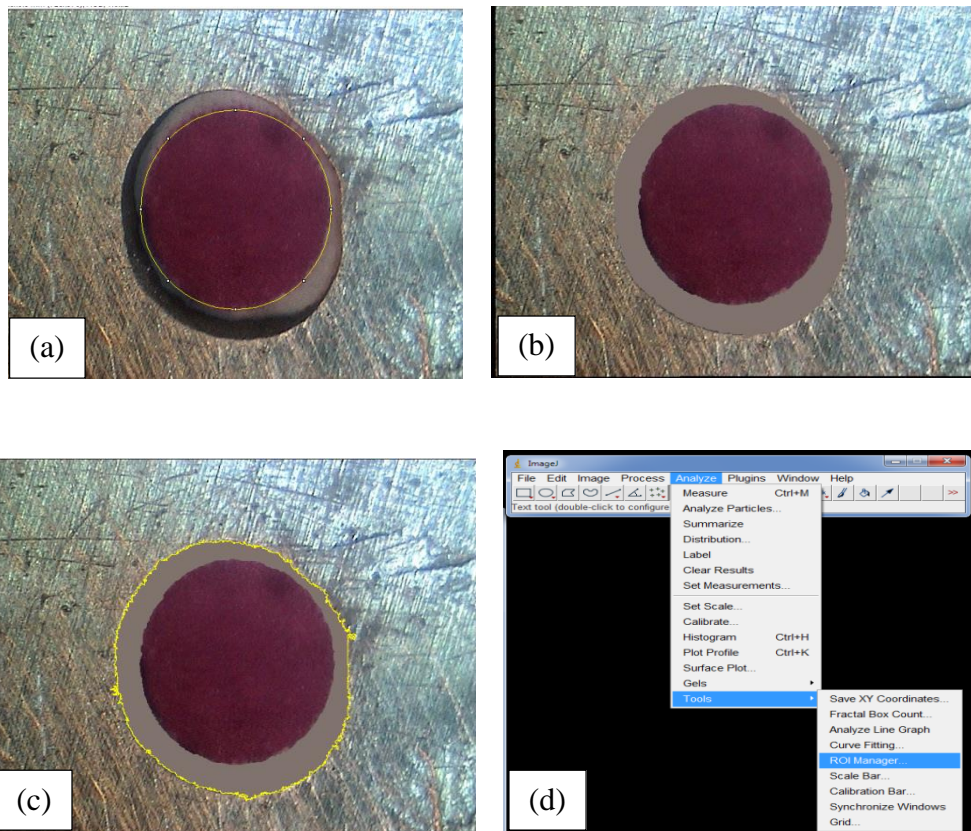
3. Membuat lingkaran dengan cara klik *icon* oval pada *toolbar* seperti terlihat pada (Gambar 3.16 a)



Gambar 3.15 a. Tampilan image j, b. Benda yang akan di set scale, dan c.

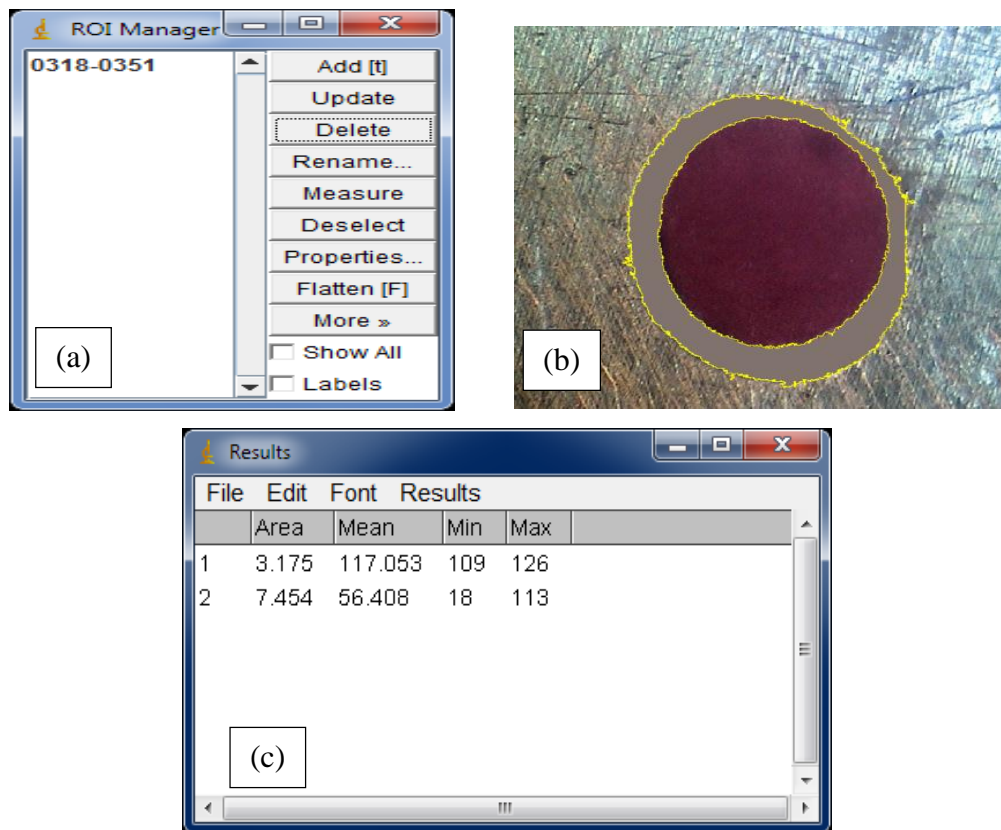
Tampilan set scale

4. Klik *paintbrush tool* untuk memberi warna pada *background* Gambar seperti pada Gambar (3.16 b)
5. Setelah pemberian warna pada *background* tersebut lalu klik *icon* wand (*tracing tool*) dan melakukan pengaturan tolerancinya. *Double* klik icon tersebut, lalu memilih daerah yang diinginkan (Gambar 3.16 c). Klik *analyze, tool*, dan klik *Roi manager* (Gambar 3.16 d).



Gambar 3.16 a. Tampilan pemberian tanda oval, b. Tampilan yang sudah di beri warna, c. Tampilan *tracing tool*, dan d. Tampilan menu *roi manager*

6. Kemudian pada *layout Roi manager* klik add (Gambar 3.17 a).
7. Setelah daerah tersebut sudah terblok, maka langkah selanjutnya mengklik icon *wand (tracing) tool* kembali, lalu mengklik daerah yang diinginkan seperti terlihat pada (Gambar 3.17 b)
8. Klik add pada *layout Roi manager*, setelah di add, langkah selanjutnya klik *measure* pada *layout Roi manager* hingga muncul tampilan seperti pada (Gambar 3.17 c).



Gambar 3.17 a. Tampilan *roy manager*, b. Tampilan daerah yang ingin di *wracing*, dan c. Tampilan *Result*

Setelah luas area diameter hasil pemesinan dan luas area diameter telah diketahui dalam satuan mm^2 , langkah selanjutnya mengubah diameter tersebut kedalam satuan mm untuk mencari nilai *overcut*. Rumus mencari nilai diameter tersebut adalah $\sqrt{\frac{D}{\pi/4}}$. Setelah nilai diameter tersebut diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *overcut* menggunakan persamaan 2.14, dimana diameter hasil pemesinan dikurangi dengan diameter *tool*.

Pengukuran ketirusan menggunakan persamaan 2.15, dengan rumus

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{d_1 - d_2}{2h} \right], \text{ dimana :}$$

d_2 : diameter benda kerja sisi belakang, (*mm*)

d_1 : diameter benda kerja sisi depan, (*mm*)

h : ketebalan benda kerja, (*mm*)

Tabel 3.5. Lembar Pengamatan Uji Ketirusan

Percobaan	GAP	Tegangan (v)	d2 (mm)	d1 (mm)	h (mm)	ketirusan (0)

3.13. Analisis Data

Setelah proses pengambilan data, maka data diolah untuk dilakukan analisis. Analisis pada penelitian ini adalah dengan cara membandingkan hasil permesinan pada benda kerja Aluminium 1100 dengan variasi jarak celah (*gap*) dan tegangan. Hal-hal yang dibandingkan adalah massa benda kerja sebelum dan sesudah proses permesinan (MRR), penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil *drilling* ECM lebih besar dari ukuran pahat yang digunakan (*overcut*) dan sudut yang terbentuk sebagai penyimpangan atau deviasi antara lubang terbesar dan yang terkecil (ketirusan). Untuk perhitungan mencari nilai MRR terdapat pada persamaan 2.13.

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. Sedangkan ketirusan didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk sebagai penyimpangan atau deviasi antara lubang terbesar dan yang terkecil. Jadi *overcut* dirumuskan seperti tertera pada persamaan 2.14 dan 2.15.