

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk penelitian. Bab ini membahas tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian meliputi : 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 : 17 April 2017

#### 3.3. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.3.1. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah:

1. ECM *portable 1 axis*,
2. Regulator voltage berfungsi mengatur tegangan,
3. Gunting besi untuk memotong benda kerja,
4. Amplas dan kikir, untuk menghaluskan *part* yang selesai dibuat,
5. Jangka sorong untuk mengukur benda kerja,
6. Gelas ukur, digunakan untuk mencampur NaCl dengan aquades,
7. Kamera saku, digunakan untuk memotret hasil penelitian,
8. Multimeter, digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik,

9. *Stopwatch*, digunakan untuk *timer* saat proses pemesinan,
10. *Magnetic Stirrer*, digunakan untuk mengaduk NaCl dengan aquades,
11. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang massa benda kerja sebelum dan sesudah pemesinan,
12. Alat Pelindung Diri (APD) : sarung tangan, masker, dan kaca mata,



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.1. (a) *ECM portable 1 axis*, (b) *Magnetic stirrer*, (c) *Timbangan digital*

### 3.3.2. Bahan Penelitian

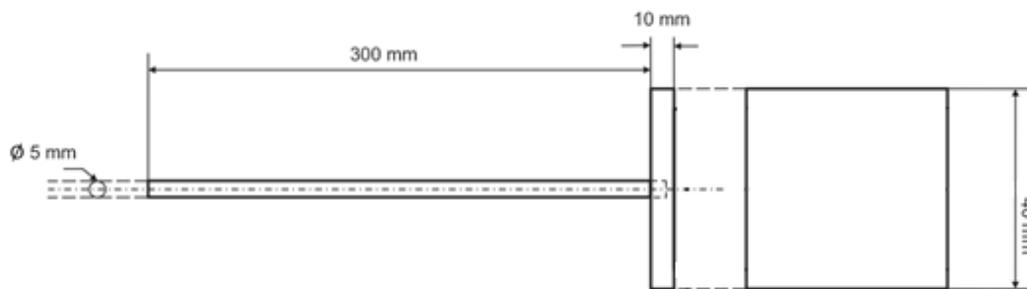
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

#### a. *Tool Electroda* Kuningan Tidak Berpola

*Tool* elektroda tidak berpola yang digunakan untuk pengujian adalah kuningan berbentuk seperti pada Gambar 3.2 dan 3.3.

Spesifikasi kuningan :

1. Konduktivitas listrik :  $1.6 \times 10^7$
2. Titik lebur :  $1130^{\circ}\text{C}$



Gambar 3.2. Ukuran *toolelektrode* tidak berpola



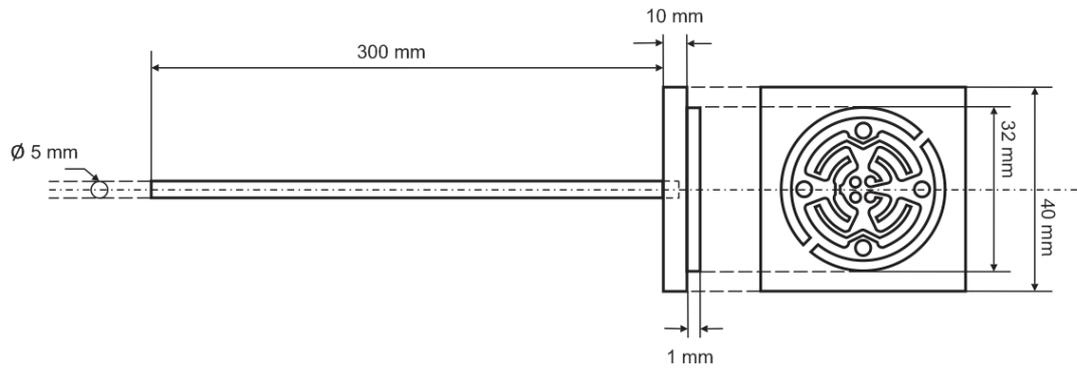
Gambar 3.3. *Toolelektrode* tidak berpola

#### b. Elektroda Kuningan Berpola

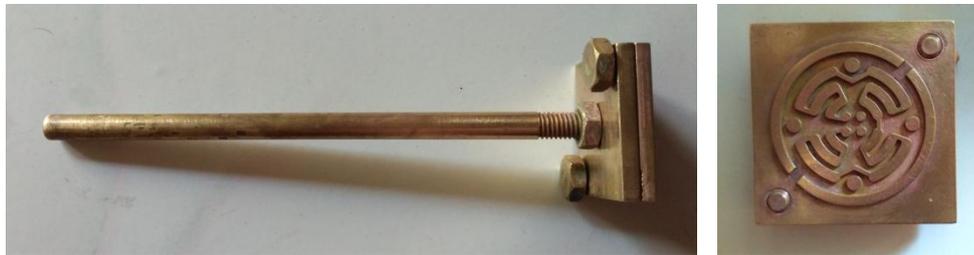
*Tool* elektroda berpola yang digunakan untuk pengujian adalah kuningan berbentuk seperti pada Gambar 3.4 dan 3.5.

Spesifikasi kuningan :

1. Konduktivitas listrik :  $1.6 \times 10^7$
2. Titik lebur :  $1130^{\circ}\text{C}$



Gambar 3.4. Ukuran *toolelektrodeberpola*



Gambar 3.5. Elektroda Kuningan

### c. Cairan Elektrolit NaCl

Komposisi konsentrasi larutan NaCl dan aquades untuk elektrolit yang digunakan dalam pengujian adalah 10 %, 15 %, 20 % NaCl dan 90 %, 85 %, 80 % aquades.



(a)



(b)

Gambar 3.6. (a) NaCl, (b) Aquades

Proses pencampuran NaCl dan aquades dilakukan dengan menggunakan alat magnetic stirrer. Proses pencampuran NaCl dengan

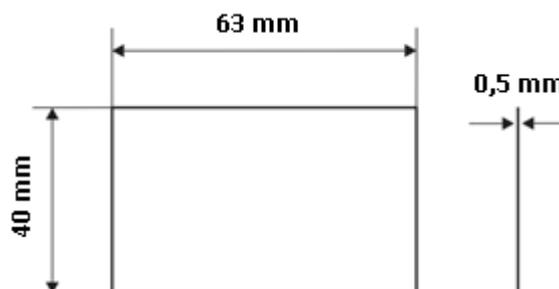
aquades dilakukan agar dapat menjadi suatu larutan yang homogen. Gambar 3.7 menunjukkan proses penacampuran NaCl dengan aquades.



Gambar 3.7. Pencampuran NaCl dan Aquades menggunakan *magnetic stirrer*

d. Benda kerja plat *stainless steel 316*

Benda kerja yang digunakan adalah plat *stainless steel 316* yang berbentuk persegi panjang. Dimensi plat memiliki panjang 63 mm, lebar 40 mm, dan ketebalan 0.5 mm, dengan jumlah sebanyak 9 plat untuk pengujian menggunakan *tool* tidak berpola dan 9 plat untuk pengujian menggunakan *tool* berpola, seperti terlihat pada Gambar 3.8.



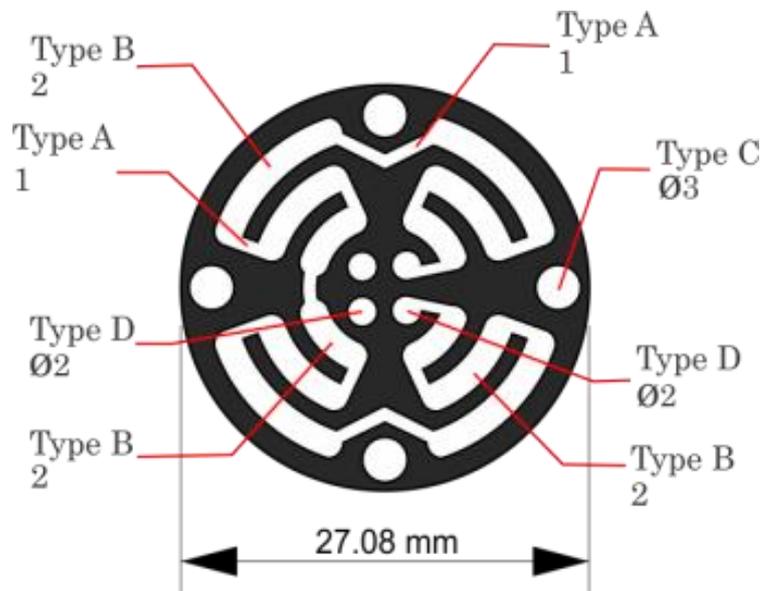
Gambar 3.8. Ukuran benda kerja plat *stainless steel 316*

Tabel 3.1. Komposisi kandungan unsur logam *stainless steel 316*(Arie, 2013)

No	Unsur Logam	Presentase
1	Karbon	0.08 %
2	Mangan	2.0 %
3	Fosfor	0.045 %
4	Sulfur	0.030 %
5	Silikon	1.00 %
6	Krom	16-18 %
7	Nikel	10-14 %
8	Molibden	2-3 %

## e. Stiker Marking

Stiker *marking* merupakan stiker yang digunakan sebagai isolasi untuk membentuk pola yang hendak diinginkan dalam proses pemesinan ECM. Dalam penelitian ini stiker yang digunakan adalah stiker berbahan *vynil*. Pemilihan jenis stiker berbahan *vynil* dikarenakan stiker berbahan *vynil* tahan terhadap air. Adapun bentuk serta ukuran dari pola yang akan dibuat ditunjukkan pada gambar 3.9.

Gambar 3.9. Pola dan ukuran stiker *marking*

### 3.4. Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menyebabkan atau memengaruhi terjadinya sesuatu saat penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 3.2. Variabel bebas penelitian

Tool Tidak Berpola			Tool Berpola		
Jarak Celah (Gap)	Tegangan	Elektrolit	Jarak Celah (Gap)	Tegangan	Elektrolit
0,5 mm	7 V	10%	0,5 mm	7 V	10%
0,75 mm	10 V	15%	0,75 mm	10 V	15%
1 mm	13 V	20%	1 mm	13 V	20%

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat atau variabel tergantung (*dependent variables*). Variabel terikat adalah faktor – faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terkait meliputi *MRR* dan *Overcut* pada hasil pemesinan ECM.

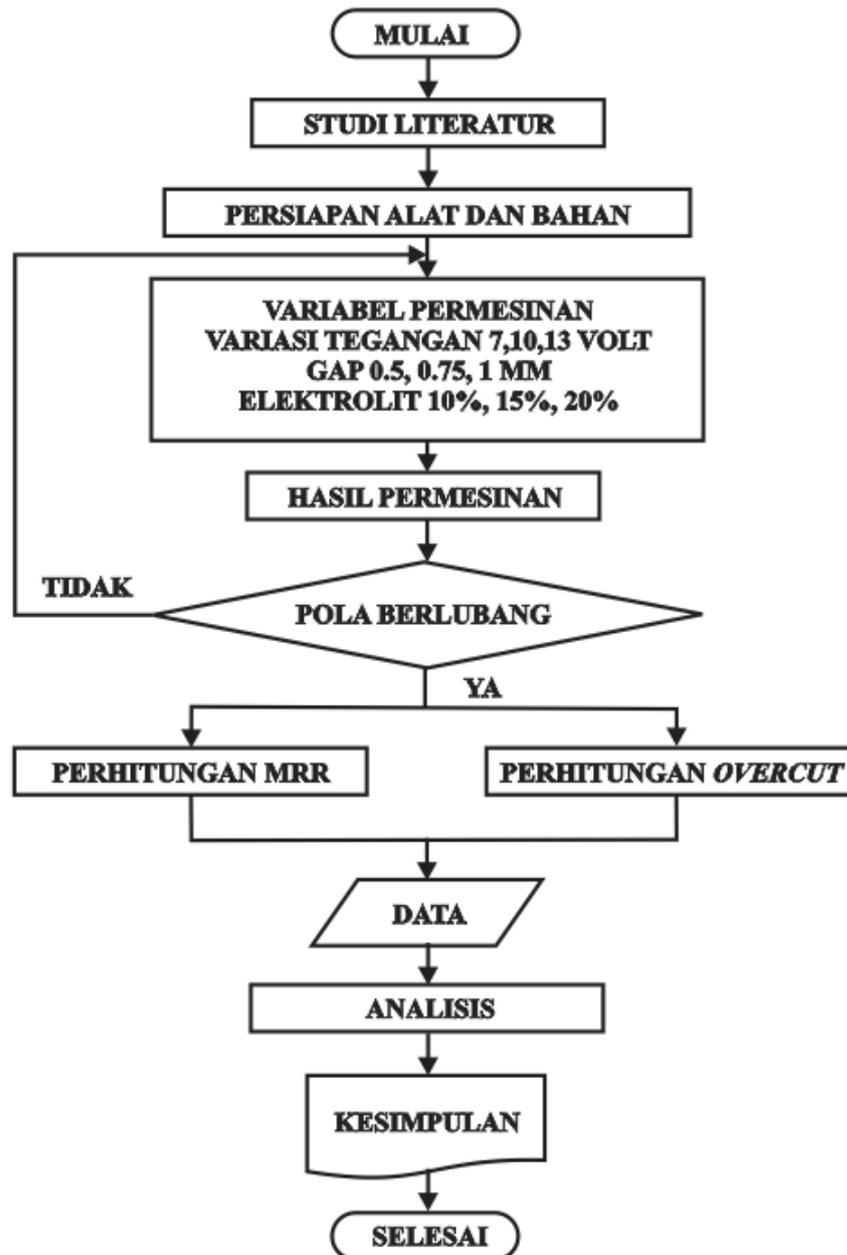
### 3.5. Langkah-Langkah Penelitian

- a. Mempersiapkan ECM *portable* serta regulator *voltage*;
- b. Mempersiapkan benda kerja dan *electrode*;
- c. Menyalakan tombol power pada *power supply* dan atur *voltage* sesuai parameter lalu matikan kembali;
- d. Memasang *electrode* pada *holder* mesin ECM dan dikencangkan;
- e. Memasang benda kerja pada mesin ECM *portable* dan dikencangkan agar posisinya tidak berubah;
- f. Mengatur posisi pemakanan benda kerja dengan cara menggeser *tool* agar posisi sesuai dengan posisi benda kerja;
- g. Mengatur jarak celah (*gap*) antara benda kerja dengan *tool electrode*;
- h. Memasukan cairan elektrolit kedalam bak tangki mesin ECM *portable*;
- i. Menyalakan pompa dan mengatur debit aliran elektrolit dengan tujuan menyesuaikan laju cairan dielektrik;

- j. Posisikan arah aliran elektrolit agar cairan elektrolit dapat masuk celah *gap* dan dapat bersirkulasi dengan baik;
- k. Memulai pengerjaan dengan menekan tombol ON pada *power supply* bersamaan dengan memulai *stopwatch*;
- l. Tunggu sampai proses pemesinan selesai. Apabila proses pemesinan selesai matikan *stopwatch* bersamaan dengan *power supply*;
- m. Mematikan pompa sirkulasi cairan elektrolit, mengangkat *electrode*, dan mengeluarkan benda kerja;
- n. Membersihkan benda kerja dari kotoran dan mengeringkannya;
- o. Percobaan diulang sesuai dengan parameter uji coba;

### 3.6. *Flowchart/ Diagram Alir Penelitian*

Diagram alir dalam penelitian ini bertujuan untuk memudahkan peneliti dan memperjelas tahapan – tahapan dalam melaksanakan penelitian. Adapun diagram alir pelaksanaan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.10. Diagram alir penelitian

### 3.7. Prosedur Pembuatan Benda Kerja

Pembuatan benda kerja dilakukan dengan memotong lembaran plat *stainless steel 316* menggunakan gunting besi dengan dimensi panjang 63 mm, lebar 40 mm dan tebal 0,5 mm. Pemotongan benda kerja menggunakan gunting besi dengan tujuan agar benda kerja memiliki berat dan ukuran yang serupa agar mempermudah dalam perhitungan MRR. Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.11. Benda kerja

### 3.8. Spesifikasi Mesin ECM

Spesifikasi dan parameter yang dipakai pada pengujian mesin ECM *portable* dapat dilihat pada Tabel 3.3. berikut ini.

Tabel 3.3. Spesifikasi ECM *portable*

Tegangan Listrik	5 v – 20 v
Working Gap	3 mm
Kecepatan maksimal elektrolit	6,5Lpm
Cairan elektrolit	<i>Natrium Chloride</i> (NaCl)
Konsentrasi elektrolit	25 % NaCl + 75 % aquades

### 3.9. Desain eksperimen

Mendesain eksperimen merupakan hal yang penting sebelum eksperimen di mulai. Eksperimen kali ini melibatkan tiga faktor, yaitu konsentrasi elektrolit, tegangan, dan gap pemesinan. Masing masing faktor memiliki tiga *level*, yang ditandai dengan angka satu, dua dan tiga. Faktor dan level yang terlibat dalam

penelitian ini dijelaskan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Faktor dan *level* penelitian

Faktor	level		
	1	2	3
Konsentrasi Elektrolit	10	15	20
Tegangan	7	10	13
Gap Pemesinan	0,5	0,75	1

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan nilai terbaik dari setiap responnya, yaitu *material removal rate* (MRR) dan *overcut* berdasarkan faktor yang terlibat. Dengan mempertimbangkan jumlah faktor yang terlibat, metode desain eksperimen taguchi dipilih untuk menentukan urutan eksperimen. Metode taguchi menawarkan jumlah run yang lebih sedikit dibandingkan dengan full factorial design. Karena melibatkan tiga faktor dan tiga level, matriks orthogonal yang di pilih adalah L9 dengan urutan run seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3.5.

Table 3.5. Urutan run berdasarkan matriks orthogonal L<sub>9</sub>

Run	Konsentrasi Elektrolit	Tegangan	Gap Pemesinan
1	10	7	0,5
2	10	10	0,75
3	10	13	1
4	15	7	0,75
5	15	10	1
6	15	13	0,5
7	20	7	1
8	20	10	0,5
9	20	13	0,75

### 3.10. Pengujian Terhadap Material Benda Kerja

#### 3.10.1. Persiapan Cairan Elektrolit

Sebelum melakukan pemesinan perlu menyiapkan cairan elektrolit yang nantinya akan digunakan saat proses pemesinan berlangsung. Elektrolit memiliki peran yang penting karena berfungsi sebagai media untuk memungkinkan terjadinya proses pengerjaan material, sebagai fluida pendingin selama proses ECM berlangsung dan untuk menghanyutkan bagian-bagian material benda kerja yang telah dikerjakan. Elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk NaCl yang dicampur dengan aquades. Pemilihan elektrolit NaCl dikarenakan NaCl merupakan elektrolit yang baik dalam menghantar listrik, bersifat korosif dan ramah lingkungan. Untuk perbandingan NaCl dengan aquades adalah 10 %, 15 %, 20 % NaCl dan 90 %, 85 %, 80 % aquades. Kapasitas maksimal elektrolit yang dapat ditampung pada mesin ECM *portable* adalah 10.000 ml. Maka untuk elektrolit NaCl 10 % dan aquades 90 % perlu menimbang serbuk NaCl sebanyak 1.000 gram. Kemudian masukan kedalam gelas ukur dan tambahkan 9.000 ml aquades. Dalam pencampuran serbuk NaCl dengan aquades menggunakan alat *magnetic stirrer* agar dapat benar-benar tercampur dengan baik sehingga sehingga terbentuk larutan yang homogen. Proses penyampuran elektrolit untuk parameter selanjutnya menggunakan metode yang sama.

#### 3.10.2. Proses Pemesinan

Sebelum melakukan pemesinan terlebih dahulu pastikan komponen – komponen mesin ECM *Portable* dalam posisi terpasang dengan benar. Nyalakan *power supply* dan atur *voltage* sesuai dengan parameter uji coba kemudian matikan kembali *power supply*. Pasang *tool* elektroda dan benda kerja dengan pencekam pada mesin ECM. Pastikan posisi *toolelektroda* tegak lurus dan sesuai dengan posisi benda kerja agar bentuk pola pemakanan yang dihasilkan baik. Jalankan *tool* sampai jarak celah *gap* sesuai dengan parameter uji coba. Gunakan *feeler gauge* agar jarak celah *gap* antara *tool* elektroda dan benda kerja lebih akurat. Perbedaan jarak celah (*gap*) pada benda kerja berpengaruh pada lama pemakanan benda kerja itu sendiri. Masukan cairan elektrolit kedalam tangki penampungan pada mesin ECM *Portable*. Nyalakan pompa dan mengatur debit

aliran elektrolit dengan tujuan menyesuaikan laju cairan elektrolit. Posisikan arah aliran elektrolit agar cairan elektrolit dapat masuk celah *gap* dan dapat bersirkulasi dengan baik. Apabila semua persiapan sudah siap nyalakan *stopwatch* bersamaan dengan menyalakan *power supply*. Catat perubahan tegangan dan arus setiap 1 menit. Matikan *power supply*, *stopwatch* dan pompa apabila proses pemesinan sudah selesai. Setelah proses pengambilan data pemesinan selesai, prosedur pengambilan benda kerja harus secara berurutan pertama jauhkan *positioning tool* dari benda kerja dengan cara menekan tombol naik pada kontroler mesin ECM *portable*. Setelah itu lepas benda kerja dari penjepit. Setiap selesai pemesinan, benda kerja dan elektroda dibersihkan dan dikeringkan. Kemudian lakukan pengamatan terhadap benda kerja hasil proses pemesinan ECM yang meliputi MRR dan *overcut*.

### 3.11. Pengukuran Hasil Pengujian

#### 3.11.1 Pengukuran *Material Removal Rate* (MRR)

Pengukuran MRR dilakukan dengan cara menimbang benda kerja sebelum dan sesudah dilakukannya pemesinan kemudian hasilnya dibagi dengan waktu pemesinan, sesuai dengan persamaan 3.3. Timbangan yang digunakan menggunakan timbangan merek FUJITSU, beban maksimal 210 gram dengan ketelitian 0,0001 gram yang berada di Laboratorium CNC, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun langkah-langkah prosedur proses penimbangan :

1. Mempersiapkan alat yang akan ditimbang, kemudian periksa kebersihan piringan 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 3.12. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital

Setelah mengetahui massa sebelum dan sesudah pemesinan diketahui maka langkah selanjutnya adalah mengukur nilai MRR sesuai persamaan 2.6, dimana massa benda kerja setelah pemesinan dikurangi dengan massa sebelum pemesinan kemudian dibagi dengan lama waktu pemesinan.

### 3.11.2. Pengukuran *Overcut*

Pengukuran *overcut* memiliki beberapa tahapan, yaitu dengan melakukan uji foto makro di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta seperti pada Gambar 3.13.

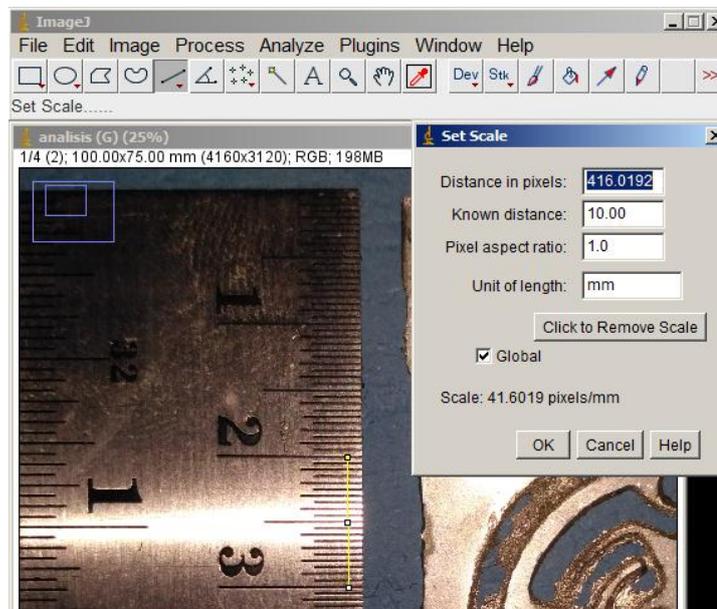


Gambar 3.13 Pengujian Makro

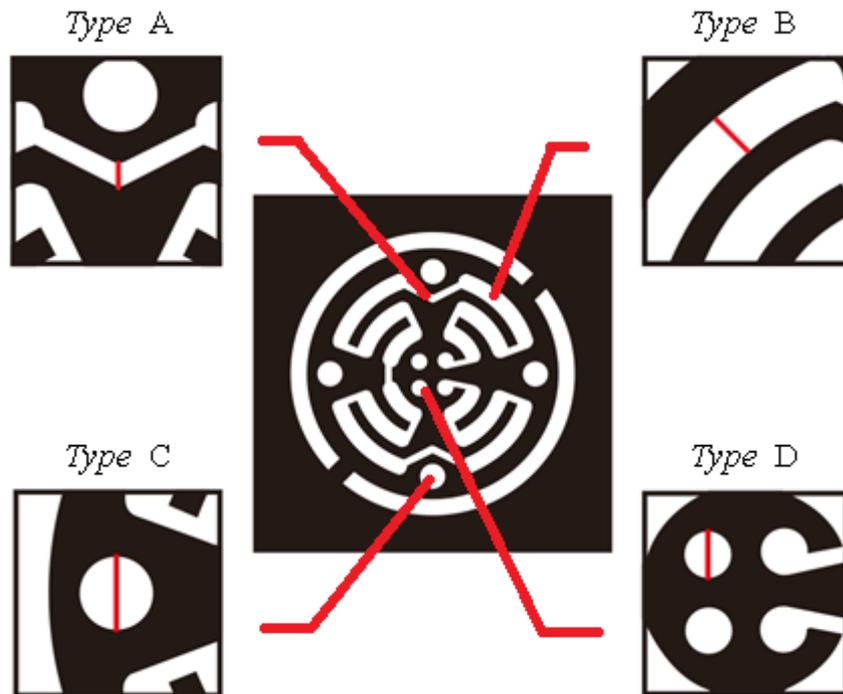
Selanjutnya hasil foto makro tersebut dianalisa menggunakan aplikasi *software ImageJ* seperti terlihat pada Gambar 3.14. Pengukuran menggunakan

*imageJ* dilakukan pada tipe A, tipe B, tipe C dan tipe D. Langkah-langkah penggunaan aplikasi *software ImageJ* yaitu :

1. Buka hasil foto makro, klik *file open image sequence* dan pilih hasil foto. Kemudian klik *icon straight* pada aplikasi *software ImageJ* kemudian tarik garis lurus pada penggaris untuk mengetahui panjang dengan *pixels* pada foto. *Set scale* untuk mengatur skala panjang di foto dengan *pixels* seperti terlihat pada gambar 3.14.
2. Gunakan *straight tool* dan *square tool* untuk membuat panjang maupun luasan yang akan di ukur. Kemudian tekan *ctrl+M* untuk memunculkan panjang maupun luasan yang diukur seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.14 pengaturan skala pada *ImageJ*



Gambar 3.15b Contoh hasil pengukuran menggunakan *ImageJ*

Setelah mengetahui semua ukuran setiap tipe, langkah selanjutnya adalah mengukur nilai overcut sesuai persamaan 2.7, diman hasil dari pengukuran imagej tersebut dikurangi dengan ukuran semua tipe pada stiker *marking*.

### 3.12. Pengumpulan Data

Penelitian ini akan menghasilkan data yang dalam pencatatannya dimasukkan dalam lembar penelitian, seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.3, Tabel 3.4. dan Tabel 3.5. Lembar penelitian ini akan dikelompokkan berdasarkan jenis pengujian benda kerja, dengan menggunakan lembar pengamatan sebagai berikut.

Tabel 3.6. Lembar pengamatan uji MRR

No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	$M_o$ (g)	$M_t$ (g)	$\Delta m = M_o - M_t$	t (dt)	MRR (g/dt)
1							
2							
3							

Tabel 3.7. Lembar Pengamatan Uji *Overcut*

No	Tegangan (volt)	Gap (mm)	Area Hasil Pemesian ( $\text{mm}^2$ )	Area Tool ( $\text{mm}^2$ )	Presentase Area (%)	$d_2$ (mm)	$d_0$ (mm)	<i>Overcut</i> , $O_c$ (mm)
1								
2								
3								

### 3.13. Analisis Data

Setelah proses pengambilan data, maka data diolah untuk dilakukan analisis. Analisis pada penelitian ini adalah dengan cara membandingkan hasil pemesian menggunakan *tool elektroda* kuningan tidak berpola dengan *tool elektroda* kuningan berpola dengan variasi jarak celah (*gap*), tegangan dan elektrolit. Hal-hal yang dibandingkan adalah massa benda kerja sebelum dan sesudah proses pemesian (MRR) dan penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil pemesian ECM lebih besar dari ukuran pahat yang digunakan (*overcut*).

*Overcut* didefinisikan sebagai penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil pemesian lebih besar dari ukuran stiker marking. Pada kenyataannya *overcut* pada ECM tidak dapat dihilangkan 100%, karena *overcut* tetap diperlukan untuk sirkulasi dari cairan elektrolit dan terlebih lagi elektrode sebagai pahat tidak boleh bersentuhan dengan benda kerja agar tidak terjadi

hubungan singkat (*shortcircuit*). Namun apabila nilai *overcut* yang dihasilkan terlalu besar maka hal tersebut akan berpengaruh terhadap menurunnya kualitas produk, terutama faktor yang berkaitan dengan ketelitian ukuran maupun geometri produk.