

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian adalah 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. Lingkarbarat , Tamantirto, Kasihan, Bantul
(55183)
- 3.2.2. Waktu penelitian : Februari – 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*.
2. Regulator voltage yang berfungsi untuk mengatur tegangan.
3. Gunting besi untuk memotong benda kerja.
4. *Cutting sticker* untuk memotong *sticker* isolasi.
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. *Stopwatch*, digunakan untuk *timer* saat proses pemesinan.
9. *Magnetic Stirrer*, digunakan untuk mengaduk NaCl dengan aquades.
10. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang massa benda kerja sebelum dan sesudah pemesinan.
11. Alat Pelindung Diri (APD) : sarung tangan, masker, dan kaca mata,
12. 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

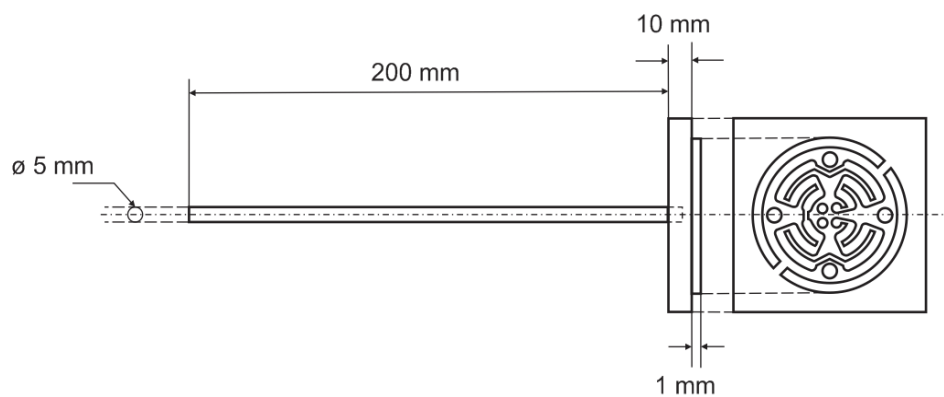
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

a. Electroda Kuningan

Dalam penelitian ini *Tool* elektroda kuningan yang digunakan berbentuk persegi berpola seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.

Spesifikasi kuningan

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



Gambar3.2. Ukuran *tool elektrode* untuk pengujian



Gambar 3.3.Elektroda Kuningan

b. Cairan Elektrolit NaCl

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



(a) (b)

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

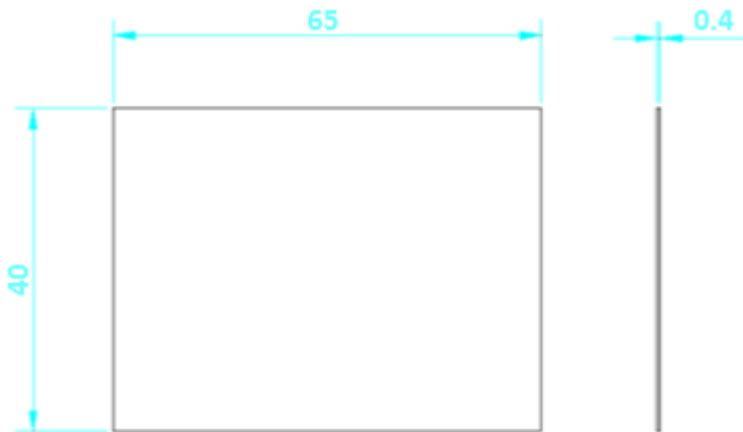
Dalam proses pencampuran NaCl dan aquades, *magnetic stirrer* digunakan guna untuk mendapatkan campuran larutan yang homogen antara NaCl dan aquades. Proses pencampuran ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



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

c. Benda kerja plat SS304

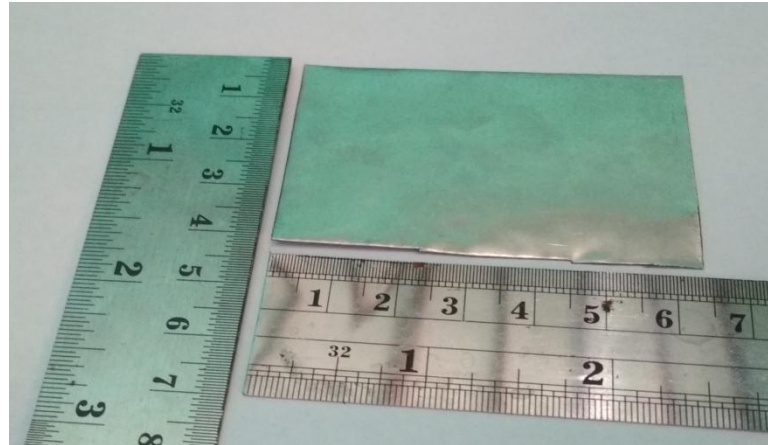
Benda kerja yang digunakan adalah plat SS304 sebanyak 9 plat dengan ketebalan 0.4 mm dan berbentuk persegi panjang dengan panjang 65 mm, lebar 40 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar3.6. Ukuran benda kerja plat SS304

Tabel 3.1Komposisi kandungan unsure logam SS304 (Yudy, 2013)

No	UnsurLogam	Presentase
1	Karbon c	0.08 %
2	Silikon Si	1 %
3	Mangan Mn	2 %
4	Fosfor P	0.045 %
5	Sulfur	0.030 %
6	Nikel Ni	8-12 %
7	Nitrogen N	0.11 %
8	Krom Cr	18-20 %



Gambar 3.7. Benda kerja plat SS304

3.4. Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu jarak celah (*gap*) 0,5 mm, 0,7 mm, dan 1 mm dan tegangan 7 v, 10 v, dan 13 v dengan besarnya konsentrasi elektrolit sebesar 10, 15 dan 20 % NaCl pada proses pemesinan ECM.

3.4.2 Variabel Terikat

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

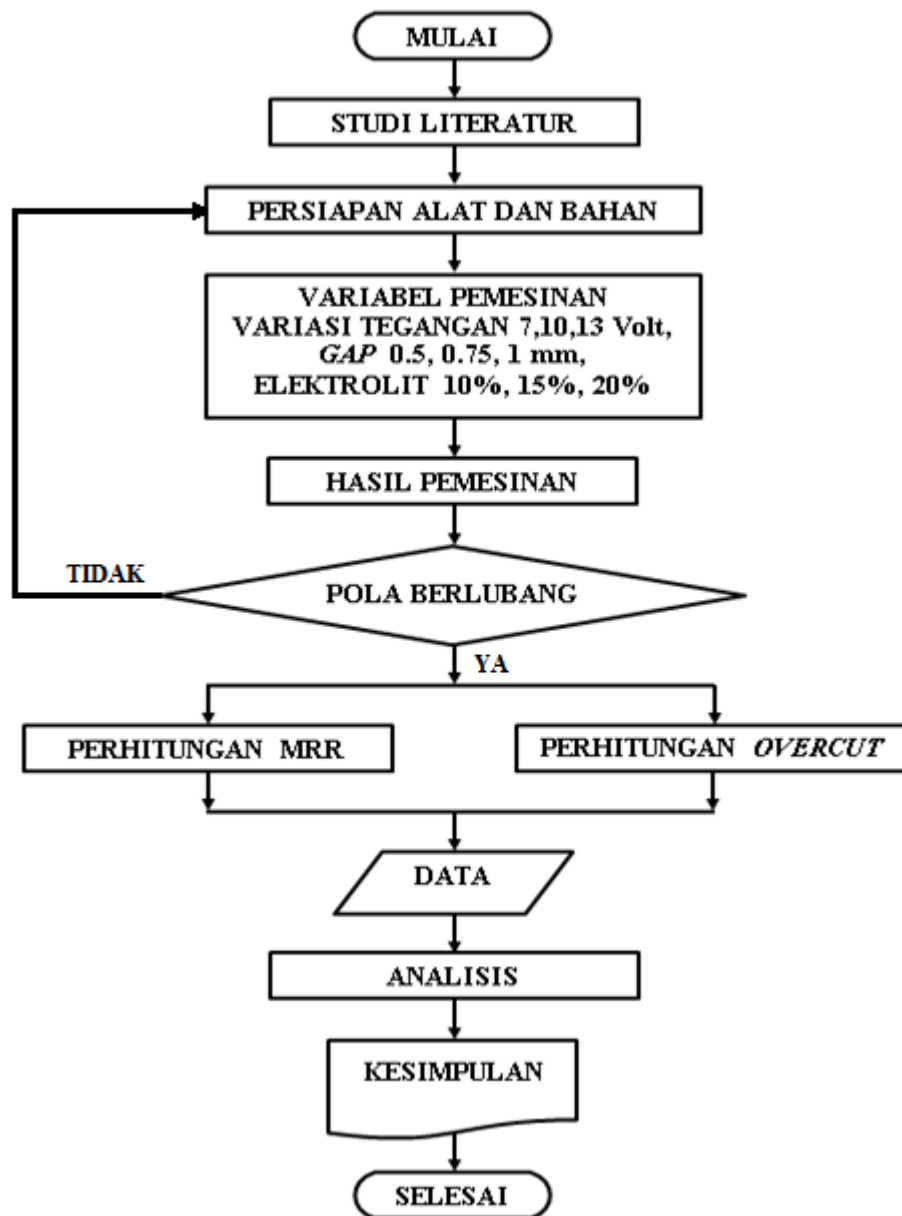
Celah (<i>gap</i>)	Tegangan	Elektrolit (NaCl)
0,5 mm	5 V	10 %
0,75 mm	7 V	15 %
1 mm	10 V	20 %

3.5 Langkah-Langkah Penelitian

- a. Menyiapkan ECM *portable* serta regulator *voltage*.
- b. Menyiapkan benda kerja dan *tool*.
- c. Memasang *tool* pada *holder* mesin ECM.
- d. Memasang benda kerja pada meja benda kerja.
- e. Menyalakan mesin ECM dan software mach 3 pada komputer.
- f. Mengatur arah pemakanan benda kerja (koordinat x, y, z) dengan cara mengatur meja.
- g. Mengatur kerataan permukaan benda kerja dengan permukaan *tool*.
- h. Mengatur parameter sesuai tabel perancangan percobaan pada mesin ECM.
- i. Menyalakan pompa dan mengatur kecepatan laju aliran cairan elektrolit.
- j. Memulai pengerjaan dengan menghidupkan power suplay sampai proses pemesinan selesai. Dan matikan power suplay saat proses pemesinan selesai.
- k. Mematikan pompa cairan elektrolit, menaikkan *tool*, dan mencopot benda kerja.
- l. Menyopot sticker isolator dan membersihkan benda kerja dari kotoran.
- m. Mengulang percobaan dengan memvariasikan tegangan dan celah (*gap*) pada mesin ECM;

3.6. Diagram Alir Penelitian

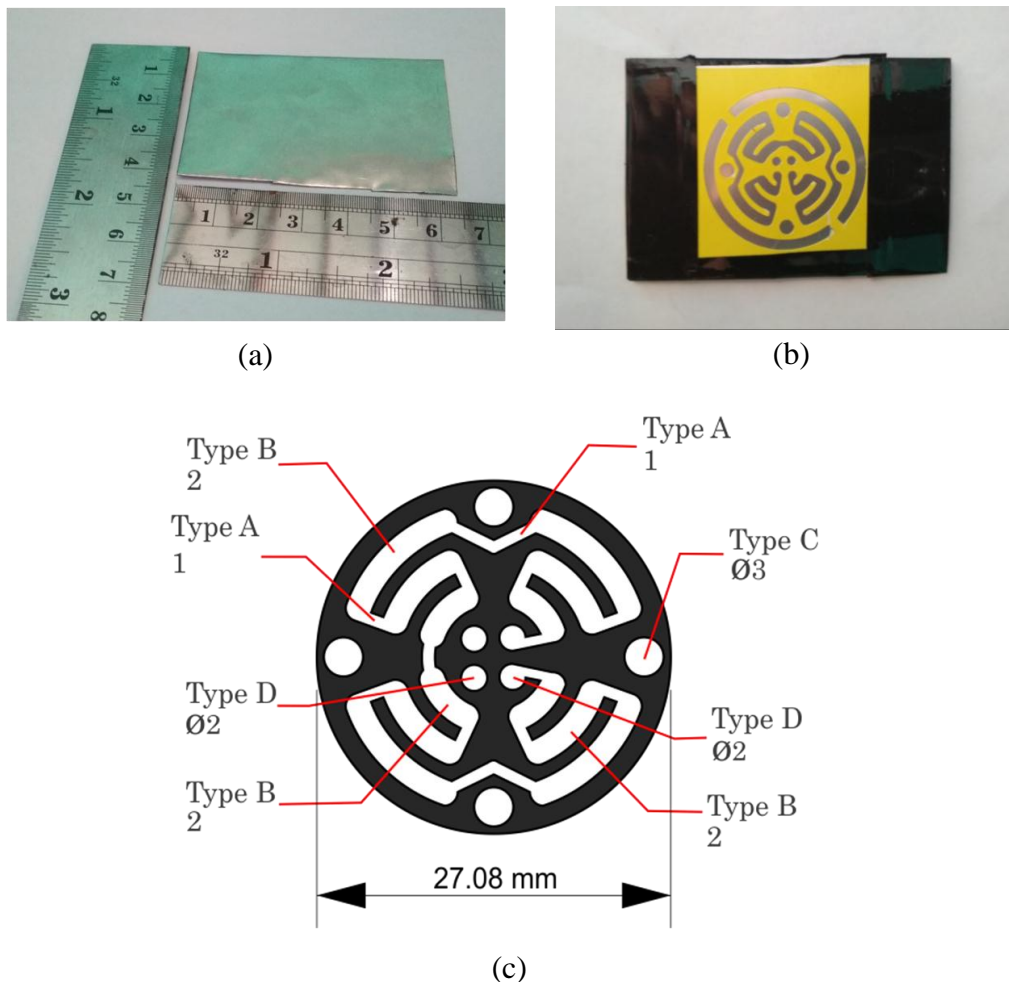
Diagram alir dalam penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pelaksanaan penelitian dan memperjelas tahapan - tahapan dalam penelitian. Diagram alir penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Diagram alir penelitian

3.7. Prosedur Pembuatan Benda Kerja

Pembuatan benda kerja dilakukan dengan memotong plat SS 304 dengan panjang 65 mm, lebar 40 mm dengan ketebalan 0,4 mm menggunakan gunting besi. Pemotongan benda kerja dengan menggunakan gunting besi bertujuan agar benda kerja mempunyai berat dan ukuran yang sama, untuk mempermudah dalam perhitungan MRR dan pemasangan isolator. Benda kerja yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.12. (a) Setelah benda kerja selesai dipotong sesuai ukuran. Benda kerja yang telah diisolasi ditunjukkan oleh Gambar 3.12. (b). Desain dari pola dengan ukuran tipe A sebesar 1 mm, tipe B 2 mm, tipe C diameter 3 mm, dan tipe D berdiameter 2 mm.



Gambar 3.9. (a) Benda kerja, (b) Benda kerja terisolasi (c) Desain benda kerja

3.8. Spesifikasi Mesin ECM

Spesifikasi mesin ECM yang dipakai pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3. berikut ini.

Tabel 3.3. Spesifikasi ECM *portable*

Tegangan Listrik	7 v – 20 v
Working Gap	3 mm
Kecepatan maksimal elektrolit	6,5 m/s
Cairan elektrolit	<i>Natrium Chloride</i> (NaCl)
Konsentrasi elektrolit	10, 15, 20 % NaCl

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 permesinan. 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 (v)	7	10	13
Gap Pemesinan (mm)	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 L₉

Run	Konsentrasi Elektrolit (%)	Tegangan (v)	Gap Pemesinan (mm)
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 proses pemesinan, pertama kita siapkan elektrolit yang nantinya akan digunakan untuk proses pemesinan. Cairan elektrolit yang digunakan berupa serbuk NaCl yang dicampur aquades dengan perbandingan 10, 15, 20 % NaCl dalam aquades, pertama timbang serbuk NaCl sebanyak 100, 150, dan 200 gram masing – masing dimasukan kedalam gelas ukur yang telah berisi aquades sebanyak 1000 mL. Untuk pengadukan larutan digunakan *magnetic stirrer* agar saat pencampuran NaCl dan aquades benar-benar tercampur secara merata dan menjadi larutan yang homogen.

3.10.2. Proses Pemesinan

Pasang *tool* dan benda kerja ke pencekam pada mesin ECM. Pastikan bahwa elektroda tegak lurus dengan benda kerja agar lubang hasil pemakanan rata pada semua sisi. Turunkan *tool* hingga menempel *feeler gauge* yang telah kita letakkan pada benda kerja untuk mencari titik nol dan untuk menentukan celah (*gap*) awal pemesinan, sebab perbedaan celah (*gap*) pada benda kerja dapat mempengaruhi waktu pemakanan saat pemesinan. Siapkan *stopwatch* dan kamera saku untuk pengambilan dokumentasi tegangan dan arus pada *power supply* selama proses permesinan. Nyalakan pompa untuk mengalirkan cairan elektrolit ke benda kerja. Untuk langkah berikutnya, nyalakan *power supply* yang sudah diatur tegangannya sebesar 7, 10, dan 13 volt bersamaan dengan menekan *stopwatch* untuk menghitung lamanya waktu pemesinan. Matikan *power supply* setelah waktu proses pemesinan selesai. Setelah proses pemesinan selesai, pengambilan benda kerja harus sesuai prosedur pertama matikan *power supply*, matikan pompa, naikkan *tool* menjauh dari benda kerja dan lepas benda kerja dari penjepit. Bersihkan benda kerja kemudian melakukan pengamatan terhadap benda kerja 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 dengan menggunakan timbangan digital dengan merek FUJITSU yang mempunyai spesifikasi beban maksimal 210 gram dan mempunyai ketelitian 0,0001 gram yang berada di ruang Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Seperti pada Gambar 3.13. Benda kerja ditimbang sebelum dan sesudah permesinan kemudian selisih yang didapat dibagi dengan waktu permesinan, sesuai dengan persamaan 3.3. prosedur proses penimbangan :

1. Mempersiapkan benda kerja yang akan ditimbang dan menjaga kebersihan, kedataran, dan kesetimbangan pada neraca.

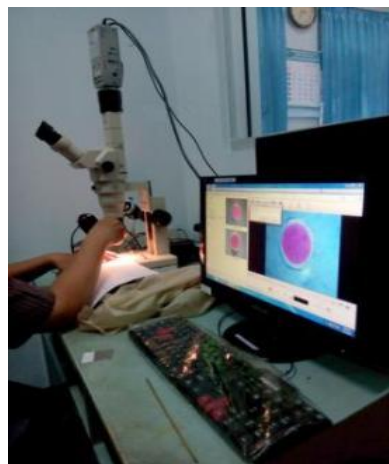
2. Melakukan kalibrasi pada timbangan agar timbangan pada posisi 0.
3. Menaruh benda kerja yang akan ditimbang tepat ditengah timbangan dan menutup timbangan agar hasilnya stabil.
4. Mencatat hasil timbangan dan dilanjutkan penimbangan benda kerja yang selanjutnya.



Gambar3.10. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital

3.11.2. Pengukuran *Overcut*

Pengukuran *overcut* yang dilakukan mempunyai tahapan, untuk tahapan pertama yaitu dengan cara uji foto makro di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta seperti pada Gambar 3.11.



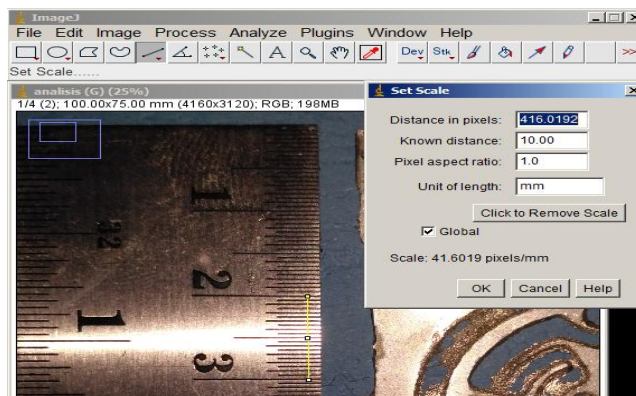
Gambar 3.11 Pengujian Makro

Untuk tahapan selanjutnya hasil foto makro tadi dianalisa menggunakan aplikasi *software ImageJ* seperti yang terlihat pada Gambar (3.15 a)

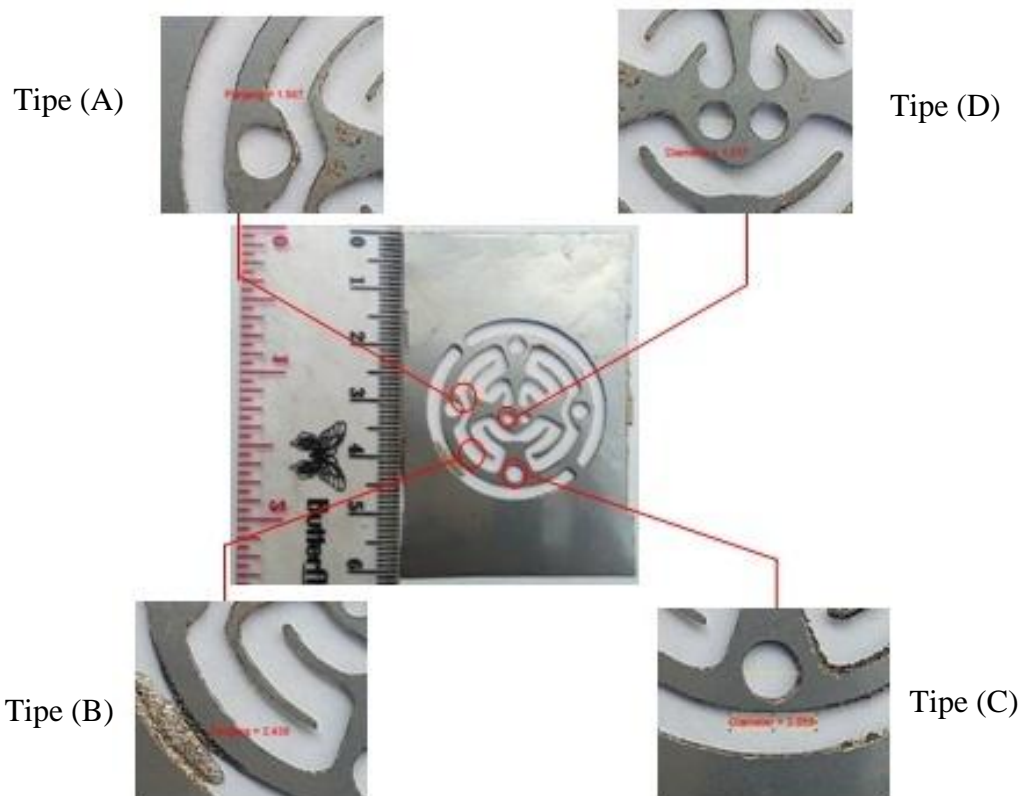
1. Langkah – langkah penggunaan *software ImageJ* yaitu dengan

membuka hasil foto makro, klik *file open image sequence* dan pilih hasil foto. Kemudian klik *icon straight* pada *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 3.12a)

2. Untuk membuat panjang maupun luasan yang akan di ukur gunakan *straight tool* dan *square tool*. Kemudian tekan *ctrl+M* untuk memunculkan panjang maupun luasan yang diukur seperti pada (Gambar 3.13b)



Gambar 3.12a pengaturan skala pada *ImageJ*



Gambar 3.13b Hasil pengukuran menggunakan *ImageJ*

Setelah luas area hasil pemesinan telah diketahui dalam satuan mm^2 , langkah berikutnya mengubah luas 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 luas hasil pemesinan dikurangi dengan luas pola pada *tool*.

Setelah hasil perhitungan selesai, untuk langkah berikutnya yaitu mencetak material benda kerja dengan resin, dan melakukan uji makro di Laboratorium Bahan Teknik, Program Diploma Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada. Langkah-langkah ini bertujuan untuk membandingkan antara hasil teori (perhitungan) dengan hasil aktual (spesimen).

3.12. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini didapatkan data yang dimasukkan dalam lembar penelitian, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Lembar penelitian ini akan dikelompokkan berdasarkan jenis pengujian benda kerja, dengan menggunakan lembar pengamatan sebagai berikut.

Tabel 3.6. Lembar pengamatan uji MRR

N o	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*

N o	Tegangan (volt)	Gap (mm)	Area HasilPe mesina n (mm ²)	Area <i>Tool</i> (mm ²)	Present ase Area (%)	d ₂ (mm)	d _o (mm)	<i>Overcut</i> , Oc (mm)
1								
2								
3								

3.13. Analisis Data

Setelah proses pengambilan data selesai, maka data diolah untuk dilakukan analisis. Analisis pada penelitian ini dilakukan setelah proses pengambilan data selesai dan dengan cara membandingkan hasil permesinan benda kerja SS304 dengan variasi celah (*gap*), besarnya konsentrasi elektrolit dan tegangan. Hal-hal yang dibandingkan adalah massa benda kerja sebelum dan sesudah proses permesinan (MRR) dan penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil *drilling* ECM lebih besar dari ukuran pahat yang digunakan (*overcut*).

Overcut adalah penyimpangan yang ditunjukkan dengan ukuran lubang hasil *drilling* melebihi ukuran dari pahat yang digunakan. Akan tetapi *overcut* pada ECM tidak dapat dihilangkan 100%, sebab *overcut* pada pemesinan berguna untuk laju sirkulasi cairan elektrolit dan juga untuk menghindari *elektrode* pahat bersentuhan langsung dengan benda kerja yang mengakibatkan hubung arus singkat (*short circuit*). Akan tetapi jika *overcut* yang dihasilkan terlampau besar akan berpengaruh terhadap menurunnya kualitas produk yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diambil metode taguchi untuk urutan percobaan dan diteruskan dengan perhitungan ANOVA menggunakan *software SPSS 16. for Windows*.