

**PEMILIHAN METODE PENYAMBUNGAN LOGAM *PEWTER*  
UNTUK PEMBUATAN PRODUK *HOLLOW***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : TIAR ADDINU RAHMAT  
No. Mahasiswa : 12525068  
NIRM : 2012050418**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PEMILIHAN METODE PENYAMBUNGAN LOGAM PEWTER  
UNTUK PEMBUATAN PRODUK *HOLLOW*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tiar Addinu Rahmat

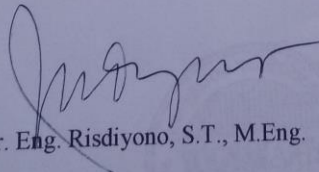
No. Mahasiswa : 12525068

NIRM : 2012050418

Yogyakarta, 8 Mei 2018

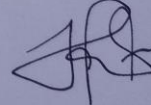
الإسلامية  
الاستاذة  
الاندية

Pembimbing 1,



Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

Pembimbing 2,



Joni Setiawan, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMILIHAN METODE PENYAMBUNGAN LOGAM PEWTER  
UNTUK PEMBUATAN PRODUK HOLLOW

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tiar Addinu Rahmat

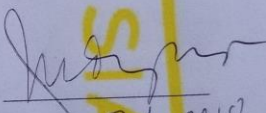
No. Mahasiswa : 12525068

NIRM : 2012050418

Tim Penguji

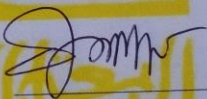
Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

Ketua

  
Tanggal: 07/06/2018

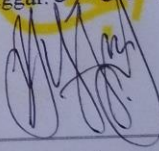
Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.

Anggota I

  
Tanggal: 07-06-2018

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng.

Anggota II

  
Tanggal: 07-06-2018

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam referensi. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 8 Mei 2018



Tiar Addmu Kanifat

الجامعة الإسلامية  
الاستاذة تيار آدمي كانيات

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan Bismillahirrahmanirrahim...

Kupersembahkan karya ini teruntuk kedua orangtuaku,

seluruh keluargaku, Indira Sawitri yang selalu memberikan semangat, teman-temanku,

dan orang-orang yang merasa terinspirasi dari karya ini.

## HALAMAN MOTTO

Biarkanlah hari terus berlari  
Tetaplah jadi manusia mulia, apapun yang terjadi  
Janganlah galau dengan tiap kejadian sehari-hari  
Karena tak ada yang abadi, semua kan datang dan pergi  
Jadilah pemberani melawan rasa takutmu sendiri  
Karena lapang dan tulus adalah dirimu sejati  
Janganlah pandang hina musuhmu  
Karena jika ia menghina, itu ujian tersendiri bagimu  
Takkan abadi segala suka serta lara  
Takkan kekal segala sengsara serta sejahtera

Merantaulah.. Gapailah setinggi-tinggi impianmu  
Bepergianlah.. Maka ada lima keutamaan untukmu  
Melipur duka dan memulai penghidupan baru  
Memperkaya budi, pergaulan yang terpuji,  
Serta meluaskan ilmu

- Imam Syafi'i

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh*

*Alhamdullillah hirabbil 'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir dengan judul : **“Pemilihan Metode Penyambungan Logam Pewter Untuk Pembuatan Produk Hollow”**. Shalawat serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya yang syafaatnya dinantikan di yaumul qiyamah.

Pelaksanaan tugas akhir harus ditempuh oleh setiap mahasiswa untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikannya dan memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuannya baik langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat Iman dan Islam kepada penulis dan Nabi agung Muhammad SAW juga atas segenap keluarga, para sahabat, para pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Ayah dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Sekaligus dosen pembimbing 1 tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
4. Bapak Joni Setiawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir yang telah memberikan waktu luangnya untuk membimbing penulis..
5. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas jalinan kerjasama dan ilmu yang telah diberikan pada penulis.

6. Seluruh pegawai BALAI BESAR KERAJINAN DAN BATIK Yogyakarta, terutama kepada pak Robert dan pak Parjo yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 Teknik Mesin UII.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan akan mendapat balasan dari Allah SWT. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan berikutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan untuk orang lain pada umumnya.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh*

Yogyakarta, Mei 2018

Tiar Addinu Rahmat



## ABSTRAK

*Pembuatan produk berbahan baku pewter pada umumnya menggunakan metode casting. Metode tersebut digunakan para pengrajin untuk membuat kerajinan seperti miniatur kapal, miniatur pulau, dan juga produk hollow. Produk hollow yang dibuat oleh para pengrajin menggunakan metode patri dengan filler berupa timah solder batang atau kawat, menggunakan metode tersebut berdampak pada hasil sambungan yang berlebih sehingga membutuhkan waktu lebih untuk melakukan proses finishing. Pada pembuatan produk hollow ini, menggunakan 3 metode sambungan yaitu furnace soldering pasta, furnace soldering serbuk dan resistance soldering. Pewter merupakan logam yang lunak serta memiliki titik lebur yang rendah berkisar 225° C-240° C, sehingga penggunaan temperatur pada saat penyambungan dengan 3 metode tersebut perlu diperhatikan.*

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode yang tepat untuk menyambung logam pewter menjadi produk hollow dan juga menentukan parameter temperatur yang digunakan, agar pada saat proses penyambungan pewter tidak meleleh. Proses penelitian diawali dengan melakukan penyambungan plat menggunakan metode furnace soldering pasta, furnace soldering serbuk, dan resistance soldering. Setelah itu dilakukan pengujian tarik dan pembuatan produk hollow berupa bola. Penelitian dilakukan di laboratorium perhiasan Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta. Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui furnace soldering pasta mampu menyambung logam pewter dengan baik, temperatur yang digunakan yaitu 220° C.*

*Kata kunci: Furnace Soldering Pasta, Furnace Soldering Serbuk, Resistance Soldering, Produk Hollow.*

## ABSTRACT

*Making products made from raw pewter in general using casting method. The method is used by craftsmen to make crafts such as miniature ships, island miniatures, and also hollow products. The hollow product made by the craftsmen using the solder method with filler in the form of tin solder rod or wire, using the method impact on the result of excessive joint so it takes more time to do the finishing process. In the manufacture of this hollow product, using 3 methods of joint furnace soldering paste, furnace soldering powder and resistance soldering. Pewter is a soft metal and has a low melting point around 225° C-240° C, so the temperature of connection with these 3 methods should be noted.*

*This study aims to determine the right method to joint the pewter metal into a hollow product and also to determine the temperature parameters used, so that when the pewter connection process does not melt. The research process begins with plate grafting using the method of furnace soldering paste, powder furnace soldering, and resistance soldering. After that done tensile testing and manufacture of hollow products in the form of a ball. The research was conducted in the jewelry laboratory of Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta. From the results of research conducted known furnace soldering paste able to joint the metal pewter well, the temperature used is 220° C.*

*Keywords: Furnace Soldering Pasta, Furnace Soldering Powder, Resistance Soldering, Hollow Products.*

## DAFTAR ISI

Halaman judul.....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji.....	iii
Pernyataan Bebas Plagiarisme.....	iv
Halaman Persembahan.....	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak.....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	4
2.2.1 <i>Pewter</i> .....	4
2.2.2 Timah Solder.....	7
2.2.3 <i>Silicone Rubber</i> .....	7
2.2.4 <i>Permanent Mold Casting</i> .....	7
2.2.5 <i>Fused Deposition Manufacturing (FDM)</i> .....	8
2.2.6 Metode <i>Soldering</i> .....	9
2.2.7 Pengujian Tarik.....	12
Bab III Metode Penelitian.....	14
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14

3.2 Alat.....	14
3.3 Bahan.....	16
3.4 Metode Penyambungan.....	16
3.4.1 <i>Furnace Soldering</i> Pasta.....	16
3.4.2 <i>Furnace Soldering</i> Serbuk.....	17
3.4.3 <i>Resistance Soldering</i> .....	20
3.5 Pengujian Tarik.....	21
3.6 Pembuatan Produk <i>Hollow</i> .....	23
3.6.1 Proses Pembuatan Master Produk.....	23
3.6.2 Proses Pembuatan cetakan <i>Silicone Rubber</i> .....	24
3.6.3 Proses <i>Casting</i> .....	25
3.6.4 Proses Penyambungan Produk Metode <i>Furnace Soldering</i> Pasta.....	26
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	28
4.1 Hasil Percobaan Metode Sambungan.....	28
4.1.1 Hasil Percobaan <i>Furnace Soldering</i> Pasta.....	28
4.1.2 Hasil Percobaan <i>Furnace Soldering</i> Serbuk.....	31
4.1.3 Hasil Percobaan <i>Resistance Soldering</i> .....	32
4.2 Pengujian Tarik.....	34
4.3 Hasil Pembuatan Produk <i>Hollow</i> .....	36
4.3.1 <i>Jig</i> 1 (Bahan Alumunium).....	37
4.3.2 <i>Jig</i> 2 Tipe <i>Sandwich</i> (Bahan Semen <i>Gypsum</i> ).....	38
4.4 Analisis dan Pembahasan.....	39
4.4.1 <i>Jig</i> 1 (Bahan Alumunium).....	39
4.4.2 <i>Jig</i> 2 Tipe <i>Sandwich</i> (Bahan Semen <i>Gypsum</i> ).....	40
Bab V Penutup.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
Daftar Pustaka.....	46
LAMPIRAN.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Komposisi pewter dari berbagai dunia.....	5
Tabel 3-1 Alat yang digunakan.....	15
Tabel 3-2 Bahan yang digunakan.....	16
Tabel 3-2 Dimensi spesimen uji tarik ASTM E8.....	22
Tabel 4-1 Data hasil pengujian tarik.....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Proses penyolderan <i>pewter</i> .....	4
Gambar 2-2 Logam <i>pewter</i> .....	6
Gambar 2-3 Mekanisme FDM.....	8
Gambar 2-4 Proses <i>Torch Soldering</i> .....	9
Gambar 2-5 Proses <i>Furnace Soldering</i> .....	10
Gambar 2-6 Proses <i>Induction Soldering</i> .....	11
Gambar 2-7 Proses <i>Resistance Soldering</i> .....	11
Gambar 2-8 Bentuk spesimen uji tarik (ASTM E8).....	12
Gambar 2-9 Diagram hubungan beban dan pemanjangan.....	13
Gambar 3-1 <i>Gap</i> sambungan 1 mm dan 0.5 mm.....	17
Gambar 3-2 Penimbangan komposisi timbal dan timah putih.....	18
Gambar 3-3 Proses peleburan timbal dan timah putih.....	18
Gambar 3-4 Penyaring partikel.....	19
Gambar 3-5 Serbuk tenol ukuran mesh 120.....	19
Gambar 3-6 Pengisian <i>filler</i> serbuk.....	20
Gambar 3-7 Pemberian fluks rosin pada serbuk tenol.....	20
Gambar 3-8 Plat <i>pewter</i> yang sudah diikat kawat.....	21
Gambar 3-9 Proses penyambungan plat <i>pewter</i> metode RS.....	21
Gambar 3-10 Spesimen uji tarik ASTM E8.....	22
Gambar 3-11 Alat uji tarik.....	23
Gambar 3-12 Bentuk desain master cetakan.....	23
Gambar 3-13 Proses 3D <i>print</i> model cetakan <i>hollow</i> .....	24
Gambar 3-14 Master cetakan yang sudah diberikan <i>riser</i> .....	25
Gambar 3-15 Penuangan <i>silicone rubber</i> ke cetakan.....	25
Gambar 3-16 Hasil penuangan <i>pewter</i> ke cetakan <i>silicone rubber</i> .....	26
Gambar 3-17 <i>Jig</i> 1 bahan aluminium.....	27
Gambar 3-18 Desain <i>jig</i> 2 tipe <i>sandwich</i> .....	27
Gambar 4-1 Hasil <i>furnace soldering</i> pasta.....	28
Gambar 4-2 Temperatur 220° C.....	29
Gambar 4-3 Temperatur 220° C.....	29
Gambar 4-4 Temperatur 220° C.....	29

Gambar 4-5 Temperatur 220° C.....	30
Gambar 4-6 Temperatur 180° C.....	30
Gambar 4-7 Grafik <i>reflow</i> pasta tenol 63(Sn) 37(Pb).....	30
Gambar 4-8 Temperatur 220° C.....	31
Gambar 4-9 Temperatur 230° C.....	31
Gambar 4-10 Temperatur 241° C.....	32
Gambar 4-11 Arus 35 A, waktu 60 detik.....	33
Gambar 4-12 Arus 30 A, waktu 30 detik.....	33
Gambar 4-13 Arus 27 A, waktu 20 detik.....	33
Gambar 4-14 Spesimen hasil pengujian tarik.....	35
Gambar 4-15 <i>Jig</i> 1 temperatur 224° C.....	37
Gambar 4-16 <i>Jig</i> 1 temperatur 220° C.....	37
Gambar 4-17 <i>Jig</i> 1 temperatur 215° C.....	37
Gambar 4-18 <i>Jig</i> 2 tampak atas.....	38
Gambar 4-19 <i>Jig</i> 2 tanpa <i>gypsum</i> bagian atas.....	38
Gambar 4-20 <i>Jig</i> 2 tanpa <i>gypsum</i> bagian atas.....	38
Gambar 4-21 Hasil produk <i>hollow jig</i> 1 temperatur 224° C.....	39
Gambar 4-22 <i>Jig</i> 1 temperatur 220° C.....	40
Gambar 4-23 <i>Jig</i> 1 temperatur 215° C.....	40
Gambar 4-24 <i>Jig</i> 2 tipe <i>sandwich part</i> 2 tampak atas.....	40
Gambar 4-25 <i>Jig</i> 2 skematik proses oven.....	41
Gambar 4-26 Skematik Proses oven <i>jig</i> 2 tanpa bagian atas.....	41
Gambar 4-27 Hasil <i>jig</i> 2 tanpa bagian atas temperatur 296° C.....	42
Gambar 4-28 Hasil <i>jig</i> 2 tanpa bagian atas temperatur 280° C.....	42

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu potensi kerajinan logam yang ada di Indonesia adalah kerajinan logam timah *pewter*. Logam tersebut banyak digunakan oleh para pengrajin yang berada di Provinsi Bangka Belitung, tepatnya di Kota Pangkal Pinang dan Kota Muntok, kerajinan *pewter* tersebut telah berkembang sejak tahun 1980-an. *Pewter* sendiri merupakan logam campuran yang terdiri dari beberapa unsur logam seperti timah putih (Sn), antimony (Sb), dan tembaga (Cu), dengan logam utama yaitu timah, adapun komposisinya seperti 91,7 (Sn) - 7,5 (Sb) – 1,5 (Cu). 92 (Sn) – 6 (Sb) – 2 (Cu), 97 (Sn) – 2 (Sb) – 1 (Cu) (Rufaida dan Indriastuti, 2009).

Pada umumnya para pengrajin *pewter* disana menggunakan metode *casting* untuk membuat kerajinan seperti gantungan kunci hingga miniatur kapal laut. Metode tersebut dianggap metode yang paling tepat untuk mengolah logam *pewter* yang memiliki karakteristik lunak serta memiliki titik lebur yang rendah berkisar 225<sup>0</sup>-240<sup>0</sup> C, oleh para pengrajin. Produk *hollow* yang dibuat oleh para pengrajin menggunakan metode patri dengan *filler* berupa timah solder batang atau kawat solder, penggunaan metode patri tersebut berdampak pada proses *finishing* yang cukup lama. Pembuatan produk *hollow* tidak hanya menggunakan metode *casting*, tetapi dibutuhkan metode lain yang tepat untuk membuat produk tersebut, salah satunya yaitu metode sambung (*joint*). Akan tetapi, titik lebur *pewter* yang rendah menjadi sebuah kendala sehingga tidak semua metode sambungan bisa digunakan.

Penggunaan metode sambung (*joint*) diharapkan mendapatkan produk *hollow* yang baik. Untuk itu, penelitian ini akan membahas metode penyambungan serta temperatur sambung (*joint*), produk *hollow* yang tepat. Sehingga menghasilkan produk *hollow* dengan kualitas sambungan yang baik.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a) Menentukan metode sambung (*joint*) yang tepat untuk produk *hollow* berbahan baku *pewter*.
- b) Menentukan temperatur sambungan *pewter* yang tepat agar logam *pewter* tersebut tidak hancur atau lebur pada saat disambung.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini agar tujuan yang diinginkan dapat dicapai dengan maksimal. Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Logam yang digunakan *pewter* dengan komposisi 97 (Sn) – 2 (Sb) – 1 (Cu).
- b) Tebal yang digunakan 2 mm dan 3 mm.
- c) Hanya membahas metode sambung (*joint*) yang sudah ditentukan dan panas yang digunakan.
- d) Tidak membahas pembuatan cetakan dan proses pencetakan *pewter*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini merupakan hal-hal yang ingin dicapai pada hasil penelitian, beberapa tujuan adalah sebagai berikut:

- a) Untuk mengetahui metode sambungan yang tepat, pada pembuatan produk *hollow*.
- b) Untuk mengetahui temperatur yang tepat pada saat proses penyambungan logam *pewter*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui sambungan yang tepat untuk pembuatan produk *hollow* dan pembuatan produk lainnya yang menggunakan metode sambung (*joint*) dengan bahan baku *pewter*.
- b) Mengetahui temperatur yang tepat untuk metode sambung (*joint*) pada produk *hollow* dan produk lainnya dengan bahan baku *pewter*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pada sistematika penulisan ini dijelaskan mengenai isi yang terkandung dalam laporan penelitian. Penulisan laporan penelitian ini dibagi menjadi lima bab yaitu:

- a) Bab I yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan penelitian.
- b) Bab II membahas tentang kajian pustaka dan dasar teori serta informasi yang mendukung jalannya penelitian.
- c) Bab III berisi tentang tahapan penelitian, alat dan bahan penelitian, dan langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian guna tercapainya tujuan yang telah ditentukan
- d) Bab IV berisikan hasil penelitian yang telah dilakukan dan selanjutnya membahas hasil dari penelitian tersebut.
- e) Bab V merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian serta saran – saran agar penelitian dapat lebih bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih baik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Penelitian yang berkaitan dengan pembuatan produk *hollow* menggunakan metode penyambungan masih sangat jarang dilakukan. Adapun penelitian yang dilakukan berupa proses *casting* yang dilanjutkan dengan proses penyolderan yang berfungsi untuk menambal atau menyambung bagian tertentu (gambar 2-1).

Sambung merupakan proses menyatukan bagian satu dan yang lainnya dengan menggunakan bahan penyatu, seperti dalam membuat kerajinan *pewter* setelah di dapatkan bentuk yang diinginkan, sisi-sisi yang terpisah disambung dengan menggunakan solder (Rahayu, 2013). Metode penyambungan yang dilakukan dengan *soldering oven* digolongkan sebagai penelitian baru untuk pembuatan produk *hollow*.



Gambar 2-1 Proses Penyolderan *Pewter*

Sumber: T.J. Fejka (2009)

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 *Pewter***

*Pewter* merupakan logam paduan yang terdiri dari beberapa unsur kimia. Timah putih menjadi unsur utama dalam logam *pewter*, kandungannya berkisar antara 85 sampai 99% (Imran, 2008). Timah adalah unsur kimia dengan nomor atom 50 dan nomor massa 118,69, merupakan unsur logam, dengan warna putih keabuan. Timah (Sn) memiliki titik lebur 231,89° C dan titik didih 260° C (Pramono, 2007).

Titik lebur dan cair pada logam *pewter* berkisar 225-240° C atau 120-280° C bergantung pada komposisi kimia yang digunakan dan *fluiditas* yang tinggi (Wikipedia, 2009). Di beberapa negara, *pewter* memiliki berbagai macam komposisi kimia yang berbeda, seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 2-1 Komposisi *pewter* dari berbagai negara**

No	Negara	Komposisi (%)							
		Sn	Sb	Cu	Pb	Cd	As	Fe	Zn
I	Inggris	Min 91	5-7	1-2,5	0,5	0,05	-	-	-
		Min 93	3-5	1-2,5	0,5	0,05	-	-	-
	Eropa ( <i>Casting</i> )	94	5	1	-	-	-	-	-
	Eropa ( <i>Sheet</i> )	92	6	2	-	-	-	-	-
	Asia	97,5	1,5	1	-	-	-	-	-
	Britania 1991	91	7	2	-	-	-	-	-
	Britania 2000	96-99	-	1-4	-	-	-	-	-
		92	-	1-6	4	-	-	-	-
II	Jerman	Min 92	1-3	1-2	0,5	-	-	-	-
		Min 94	3.1-7	1-2	0,5	-	-	-	-
		93,5-96,5	2-5	1,5	-	-	-	-	-
III	ASTM-B560	90-91	6-8	0,25-2	0,05	-	0,05	0,015	0,005
		90-93	5-7,5	1,5-3	0,05	-	0,05	0,015	0,005
	BSEN611-1 and British Standard 5140	92	4	4	-	-	-	-	-
		91	7,5	1,5	-	-	-	-	-
		94	3	3	-	-	-	-	-
		95-98	1-3	1-2	0,05	-	0,05	0,015	0,005

Sumber : Tim Mc Cright (1991)

*Pewter* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Timah yang berada di Provinsi Bangka Belitung. Komposisi kimia yang terdapat pada

logam *pewter* (gambar 2-2) yang berasal dari PT. Timah terdiri dari timah putih (Sn), antimoni (Sb), dan tembaga (Cu). Berdasarkan dari komposisi tersebut, masing-masing dari unsur kimia yang menjadi penyusun logam *pewter* memiliki fungsi tersendiri. Timah putih mempunyai sifat yang lunak sehingga mudah tergores, cepat kusam dan berubah bentuk akibat beratnya sendiri. Peran antimoni di dalam bahan baku *pewter* adalah untuk membuat *pewter* itu lebih keras karena sifat timah itu sendiri lunak, antimoni ini melebur pada temperatur 630° C, kemudian peran tembaga pada bahan baku *pewter* adalah untuk membuat timah mengkilap atau berkilap tembaga melebur pada temperatur 1083° C (Pramono, 2007).



Gambar 2-2 Logam *Pewter*

Meskipun memiliki perbedaan temperatur lebur yang sangat besar, hal tersebut tidak berpengaruh karena paduannya dilakukan dengan ukuran yang disesuaikan dengan suhu lebur timah. Untuk tembaga yang digunakan berupa lembaran tipis dan antimoni dalam potongan yang mudah larut dengan suhu temperatur mendekati 400° C (Rahayu, 2013).

### **2.2.2 Timah Solder**

Timah solder (tenol) terbuat dari beberapa campuran logam atau dikenal dengan istilah *alloy*, komposisi yang umum digunakan terdiri dari timah (Sn) dan timbal (Pb) dengan berbagai macam campuran. Perbandingan campuran yang kebanyakan digunakan saat ini adalah paduan logam 60% Sn – 40% Pb, komposisi lain yang digunakan seperti 63% Sn dan 37% Pb, campuran tersebut mempunyai jangkauan daya regang bekisar 0,75 MPa hingga 75 MPa (Shi, 2002). Paduan Sn dan Pb ini bersifat *eutektik* dengan titik lebur 183° C dengan fluks yang digunakan adalah fluks *rosin*.

### **2.2.3 Silicone Rubber**

Karet silikon adalah elastomer (bahan seperi karet) yang terdiri dari silikon karbon, hydrogen dan oksigen, karet silikon banyak digunakan. Karet silikon umumnya tidak reaktif, stabil dan tahan terhadap lingkungan dengan suhu ekstrim dari -55° C sampai 300° C (Roux, 2007).

### **2.2.4 Permanent Mold Casting**

*Permanent mold casting* adalah pembuatan logam dengan cetakan yang dipadukan dengan tekanan hidrostastik. Penggunaan metode pengecoran ini sangat cocok untuk logam bertitik cair rendah, karena dapat menghasilkan permukaan yang bagus dan detail yang tajam, serta cetakan yang digunakan bisa dipakai berulang kali. Berikut ini adalah beberapa jenis metode pengecoran permanen:

a) Pengecoran Gravitasi (*Gravity Permanent Mold Casting*)

Pengecoran gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk memanfaatkan gaya gravitasi. Karena adanya tekanan gravitasi, cairan logam mengisi ke seluruh ruang dalam rongga cetakan.

b) Pengecoran Cetak Tekan (*Pressure Die Casting*)

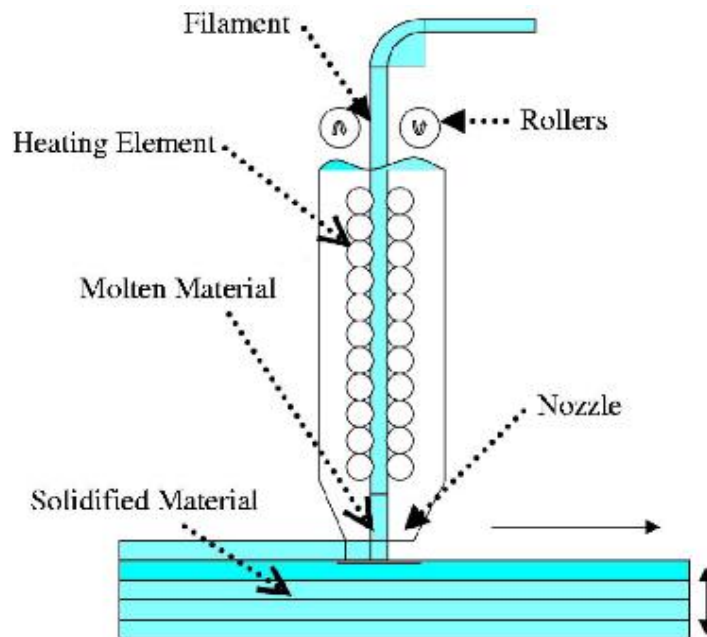
Pengecoran cetak tekan atau tekanan adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan kedalam saluran masuk menggunakan bantuan tekanan dari luar.

c) Pengecoran Sentrifugal (*Centrifugal Die Casting*)

Pengecoran sentrifugal adalah pengecoran yang menggunakan cetakan yang berputar sehingga menghasilkan gaya sentrifugal yang akan mempengaruhi kualitas coran. Produk cor yang dihasilkan akan memiliki bentuk padat, permukaan halus dan sifat fisik struktur logam yang unggul.

### 2.2.5 *Fused Deposition Manufacturing (FDM)*

*Fused Deposition Manufacturing (FDM)* sering disebut juga dengan *3D Printing* memungkinkan untuk mencetak berbagai bentuk 3D yang digunakan untuk membuat model cetakan. Pada metode ini *filament* yang berupa termoplastik atau lilin dilewatkan nosel panas, yang kemudian *filament* tersebut akan meleleh keluar melalui nosel dan menetes pada *platform* (gambar 2-3). Cairan tersebut akan dengan cepat membeku setelah keluar dari nosel dan membuat deposit. Nosel panas ini bergerak dalam arah x dan y sesuai dengan bentuk penampang produk yang bergerak disumbu x-y (Martin, 2012).



Gambar 2-3 Mekanisme FDM

Sumber : Ahmad Martin (2012)

### 2.2.6 Metode *Soldering*

*Soldering* adalah proses penggabungan antara 2 buah logam dengan menggunakan *filler* logam nonferrous yang mempunyai titik didih  $426^{\circ}$  C atau dibawah titik leleh logam (Iskandar Dkk., 2015). *Filler* biasa disebut dengan solder di distribusi diantara plat dengan menggunakan prinsip kapilaritas. Metode *soldering* digunakan untuk menggabungkan plat dimana plat tersebut tidak digunakan untuk pembebanan tinggi, *soldering* hanya digunakan untuk pembebanan rendah. Proses *soldering* merupakan proses yang cukup mudah, tetapi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya sebagai berikut:

- a) Tipe dan solder fluks yang digunakan
- b) Benda yang akan disolder harus benar-benar menyatu
- c) Benda yang akan disolder harus benar-benar bersih
- d) Benda yang akan disolder harus menyatu sampai cairan solder mengeras
- e) Penggunaan panas yang tepat untuk digunakan pada sambungan

Proses *soldering* dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya sebagai berikut:

#### a) *Torch Soldering*

*Torch soldering* (gambar 2-4) merupakan metode *soldering* yang menggunakan campuran gas yang berupa asetelin, udara, gas oksigen, atau oxyhydrogen. Untuk pengaplikasian secara luas, jenis campuran gas tergantung dari konduktivitas *thermal*, jenis, dan ketebalan material yang akan digabung.



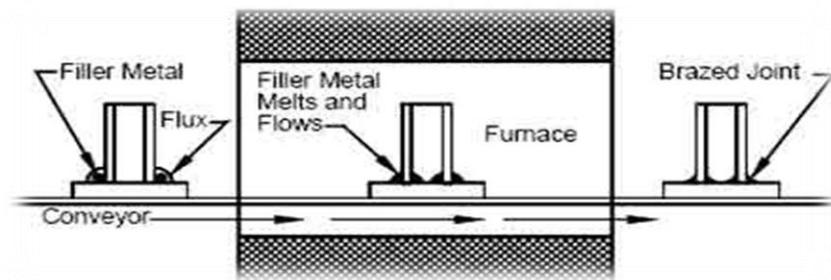


Gambar 2-4 Proses *Torch Soldering*

Sumber: Kevin L Neff (2010)

b) *Furnace Soldering*

*Furnace soldering* (gambar 2-5) adalah proses pemanasan untuk mematri bagian yang dapat dirakit dan di posisikan diatas nampan. Nampan dimasukan ke dalam tungku secara manual atau otomatis. Logam *filler* yang digunakan dapat berupa kawat, foil, bubuk atau pasta. *Fluxing* digunakan kecuali bila pemanasan dilakukan dalam kondisi yang terkendali (bebas dari oksidan).



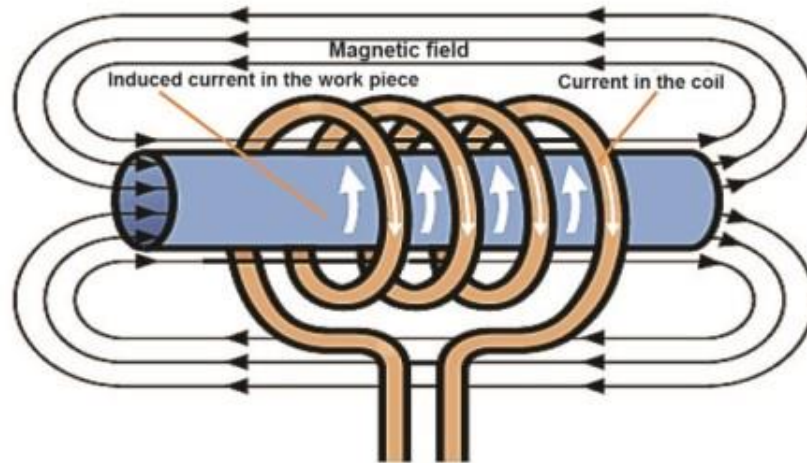
Gambar 2-5 Proses *Furnace Soldering*

Sumber : Iskandar Dkk., (2015)

c) *Induction Soldering*

Pada proses pemanasan ini, panas dihasilkan oleh kumparan yang tidak bersentuhan dengan bagian-bagian yang akan di patri (gambar 2-6). Sebuah *power supply* mengubah arus normal dengan frekuensi 60Hz menjadi frekuensi tinggi tegangan rendah. Saat arus mengalir melalui kumparan

induktor yang mengelilingi obyek yang akan di patri, timbul medan magnet. Pemanas induksi dapat digunakan untuk mematri benda yang dapat dipegang oleh cekam dan membutuhkan pemanasan yang cepat.



Gambar 2-6 Proses *Induction Soldering*

Sumber : Ambrell (2015)

d) *Resistance Soldering*

*Resistance soldering* (gambar 2-7) menggunakan prinsip resistansi listrik. Benda yang akan disambung dilewatkan arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas yang akan melelehkan solder atau bagian yang disambung.



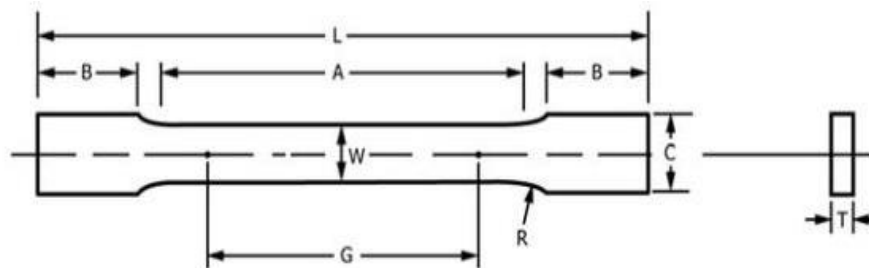
Gambar 2-7 Proses *Resistance Soldering*

Sumber: Iskandar Dkk., (2015)

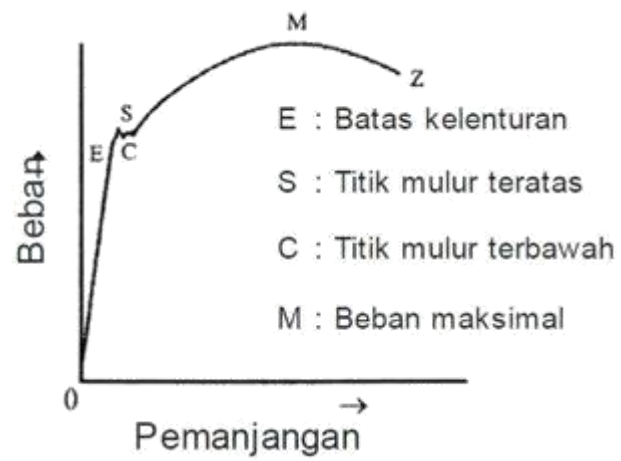
### 2.2.7 Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari hasil pengelasan. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik, titik mulur (kekuatan lentur), pemanjangan dan pengurangan material (Sunaryo, 2008). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis dkk, 1995). Spesimen bentuk tertentu dan ukuran tertentu seperti tampak gambar 2-8 dapat digunakan sebagai spesimen uji. Bagian ujung - ujung spesimen dipegang dengan jepitan alat uji dan ditarik dengan menggunakan beban tarik. Berat beban yang ditingkatkan sedikit demi sedikit sampai spesimen itu patah. Pengujian secara otomatis menghasilkan diagram pemanjangan beban, yang menunjukkan hubungan antara beban tarik (tegangan) dengan pemanjangan spesimen (regangan). Gambar 2-9 menunjukkan diagram hubungan beban dan pemanjangan.

Spesimen uji tarik yang digunakan untuk sambungan harus diambil dari hasil sambungan yang dianggap mewakili dari proses solder/patri. Menentukan sifat - sifat mekanis dari daerah solder/patri , spesimen tersebut harus diambil dari porsi logam yang di solder/patri.



Gambar 2-8 Bentuk spesimen uji tarik (ASTM E8).



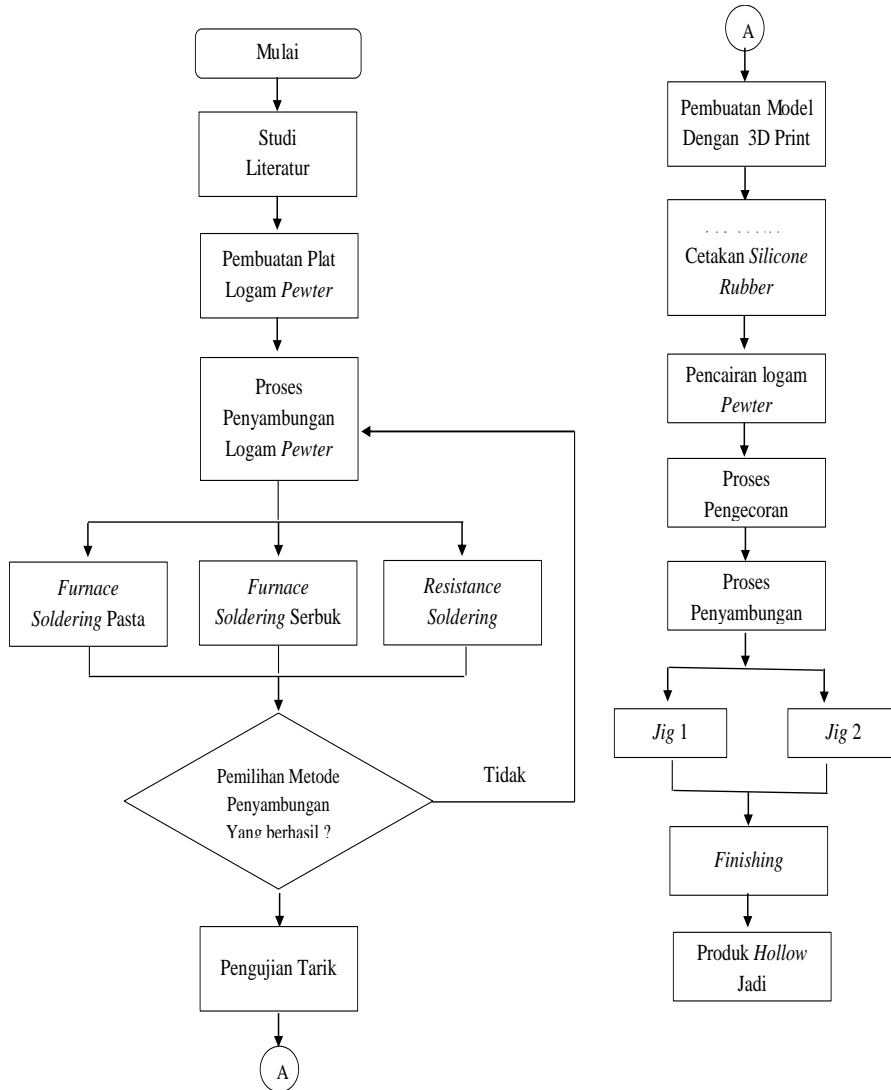
Gambar 2-9 Diagram hubungan beban dan pemanjangan

Sumber: Sunaryo (2008).

# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



### 3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini beserta fungsinya ditunjukkan pada tabel 3-1 dibawah ini:

**Tabel 3-1 Alat yang digunakan**

No	Alat	Fungsi
1	<i>Furnace/Oven</i>	Digunakan untuk proses penyambungan
2	Jangka Sorong	Mengukur jarak sambungan plat
3	Kompor	Mencairkan <i>pewter</i>
4	Wajan	Wadah <i>pewter</i> saat dipanaskan
5	<i>3D Print</i>	Membuat model cetakan
6	Sensor Panas	Mengukur panas didalam <i>furnace</i>
7	<i>Jig</i>	Menopang benda yang akan disambung
8	<i>Resistance solder (Spot Welding)</i>	Digunakan untuk proses penyambungan
9	Pisau Bedah	Untuk memotong cetakan <i>silicone rubber</i>
10	Amplas	Untuk menghaluskan permukaan produk <i>hollow</i>
11	Kikir Datar	Untuk membuat serbuk tenol
12	Ragum	Untuk menjepit benda kerja
13	Timbangan Digital	Untuk mengukur berat komposisi timah putih dan timbal
14	Penyaringan Ukuran 200 mesh	Untuk menyaring serbuk tenol yang sudah dikikir
15	<i>Spin Casting</i>	Untuk mencetak plat <i>pewter</i>

### 3.3 Bahan

Tabel 3-2 Bahan yang digunakan

No	Bahan
1	<i>Pewter 97:2:1</i>
2	Pasta Tenol 63/37
3	<i>Silicone Rubber RTV 48</i>
4	Timah Hitam (Timbal)
5	Timah Putih
6	Fluks <i>Rosin</i>
7	Akrilik
8	Semen Putih ( <i>Gypsum</i> )

### 3.4 Metode Penyambungan

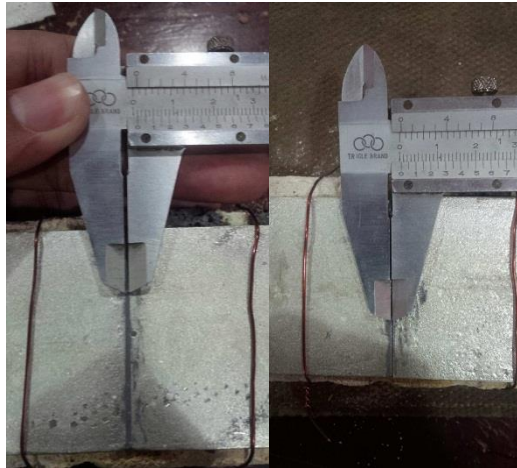
Pada tahap ini dilakukan proses penyambungan antar logam *pewter* yang bertujuan mendapatkan metode yang tepat untuk menyambung logam *pewter* selain daripada metode yang umum digunakan oleh para pengrajin *pewter*. Metode penyambungan tersebut harus mampu menyambung logam *pewter* serta memiliki hasil sambungan yang kuat. Adapun metode penyambungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 *Furnace Soldering Pasta*

Metode penyambungan ini menggunakan pasta sebagai *filler* yang berfungsi untuk menyambung *pewter*. Pada proses penyambungan ini menggunakan pasta tenol dengan komposisi 63 (timah putih) dan 37 (timah hitam) (Pramono, 2007).

Proses persiapan penyambungan perlu dilakukan beberapa tahap diawali dengan mencetak plat *pewter* panjang 60 mm dan lebar 25 mm, masing-masing memiliki tebal 2 mm dan 3 mm. Selanjutnya pasta tenol disiapkan sebagai *filler* yang akan menyambung plat *pewter* tersebut, pasta tenol dioleskan pada 2 buah sisi

plat yang akan disambung kemudian sisi tersebut saling ditempelkan. Gap yang digunakan pada sambungan adalah 0.5 mm dan 1 mm (gambar3-1). Setelah semua tahapan dilakukan plat yang akan disambung tersebut diletakkan di dalam *furnace*.



Gambar 3-1 *Gap* sambungan 1 mm dan 0,5 mm

### 3.4.2 *Furnace Soldering Serbuk*

Metode penyambungan ini menggunakan serbuk tenol sebagai *filler* yang berfungsi untuk menyambung *pewter*. Komposisi tenol serbuk yang digunakan timah solder buatan dengan komposisi 63/37. Penyambungan dengan metode *furnace soldering* serbuk terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pembuatan serbuk timah solder 63/37

Pembuatan serbuk timah solder 63/37 diawali dengan mempersiapkan bahan berupa timah putih dan timah hitam (timbal). Setelah itu dilakukan proses penimbangan timah putih dengan berat 63gr dan timah hitam 37gr dapat dilihat pada gambar 3-2, dengan total berat 100gr.





Gambar 3-2 Penimbangan komposisi timbal dan timah putih

Setelah dilakukan proses penimbangan komposisi timah solder, selanjutnya adalah proses peleburan timah putih dan timah hitam yang dapat dilihat pada gambar 3-3.



Gambar 3-3 Proses peleburan timbal dan timah putih

Kemudian dilanjutkan dengan proses pengikisan untuk mendapatkan geram. Setelah didapatkan geram dari proses kikir tersebut, tahapan selanjutnya adalah menyaring geram tersebut menggunakan alat pemisah partikel terlihat pada gambar 3-4



Gambar 3-4 Penyaring partikel

Pada alat penyaring tersebut terdapat beberapa ukuran partikel sebagai berikut:

- Mesh 60 (*Opening* 0.250  $\mu\text{m}$ )
- Mesh 80 (*Opening* 0.180  $\mu\text{m}$ )
- Mesh 100 (*Opening* 0.150  $\mu\text{m}$ )
- Mesh 120 (*Opening* 0.80  $\mu\text{m}$ )

Ukuran partikel yang digunakan adalah mesh 120 dengan *opening* 0.80  $\mu\text{m}$  (gambar 3-5). Penggunaan ukuran partikel 120 mesh didasari pada karakteristik tenol yang lunak, sehingga pada saat proses pembuatan terkendala pada ukuran partikel yang terlalu besar, penyaring partikel hanya mampu menyaring pada ukuran 120 mesh.

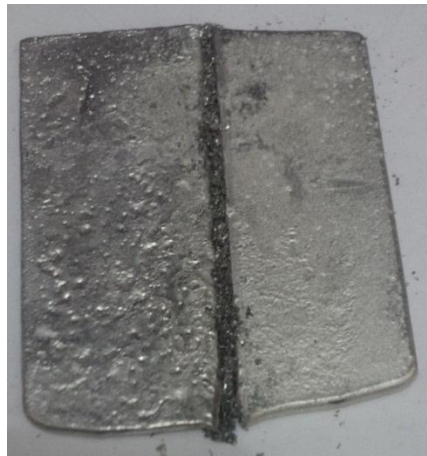


Gambar 3-5 Serbuk tenol ukuran mesh 120

b. Proses penyambungan *furnace soldering* serbuk

Proses ini diawali dengan mengisi *filler* berupa serbuk tenol yang sudah dibuat, serbuk *filler* berukuran 120 mesh (gambar 3-6). *Filler* yang sudah diisi pada plat *pewter* selanjutnya di berikan fluks *rosin* (gambar 3-7) pada bagian

atasnya, fungsi fluks tersebut untuk menghilangkan lapisan oksidasi dari permukaan benda yang disolder.



Gambar 3-6 Pengisian *filler* serbuk



Gambar 3-7 Pemberian fluks *rosin* pada serbuk tenol

### **3.4.c Resistance Soldering**

Proses penyambungan dengan metode *resistance soldering* diawali dengan meratakan permukaan *pewter* yang akan disambung menggunakan mesin frais yang terdapat di lab proses produksi. Setelah permukaan *pewter* terlihat rata, proses selanjutnya yaitu menyatukan plat *pewter* yang akan disambung menggunakan kawat (gambar 3-8).



Gambar 3-8 Plat *pewter* yang sudah disatukan

Setelah seluruh tahapan sudah selesai, maka proses penyambungan *resistance soldering* dapat dilakukan (gambar 3-9)

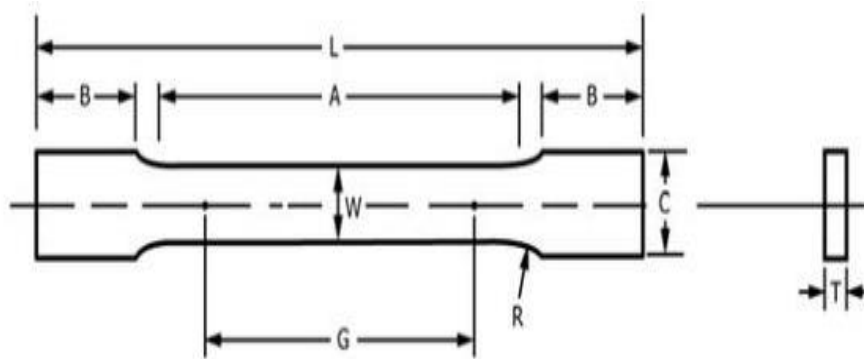


Gambar 3-9 Proses penyambungan plat *pewter* metode *resistance soldering*

### 3.5 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari tegangan maksimum, tegangan luluh dan regangan pada spesimen pengujian tarik. Pada penelitian ini, bentuk serta dimensi spesimen yang digunakan adalah ASTM E8 karena mengacu pada material *pewter* yang termasuk ke dalam bagian dari *metal alloy*. Bentuk dan dimensi spesimen pengujian tarik ini dapat dilihat pada gambar 3-10 dan tabel 3-2. Pelaksanaan pengujian tarik ini dilakukan di Laboratorium

Bahan Jurusan Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM, dan menggunakan alat uji tarik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3-10.



Gambar 3-10 Spesimen uji Tarik ASTM E8.

**Tabel 2-3 Dimensi spesimen uji tarik ASTM E8**

Simbol	Dimensi
A	32 mm
B	30 mm
C	10 mm
T	-
L	100 mm
G	25 mm
W	6 mm
R	6 mm

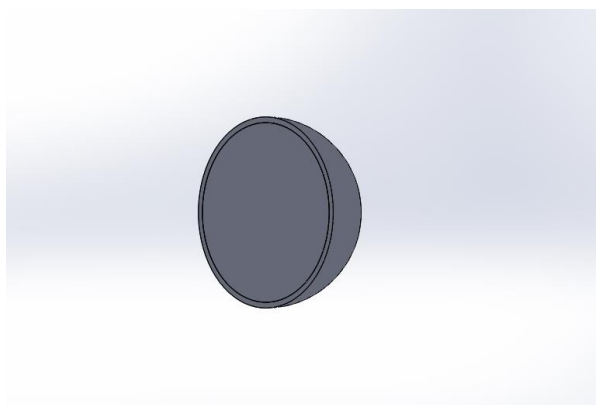


Gambar 3-11 Alat uji tarik

### 3.7 Pembuatan Produk *Hollow*

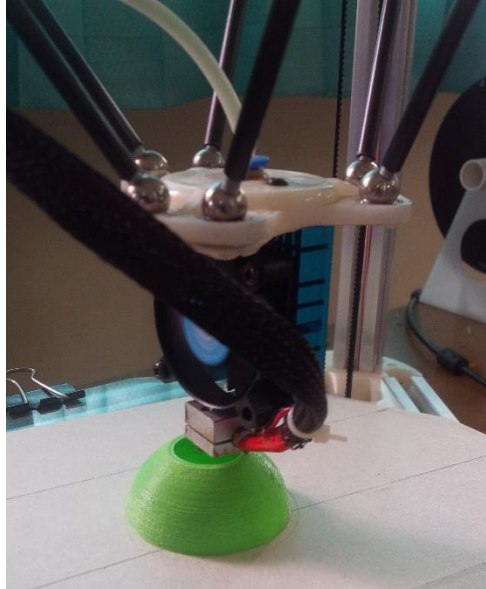
#### 3.7.1 Proses Pembuatan Master Produk

Dalam proses pembuatan produk hollow dibutuhkan master cetakan sebagai bahan untuk membuat cetakan pada *silicone rubber*. Master yang akan dibuat berbentuk setengah lingkaran dengan diameter 50 mm, pemilihan bentuk setengah lingkaran bertujuan untuk menyambung 2 bentuk tersebut dengan metode yang sudah teliti sebelumnya, menjadi 1 bentuk yang berwujud bola *hollow*. Master cetakan di desain menggunakan *software solidwork 2016*, Hasil desain master cetakan dapat dilihat pada gambar 3-12.



Gambar 3-12 Bentuk desain master cetakan

Setelah desain master cetakan jadi, tahap selanjutnya adalah mencetak desain master cetakan menggunakan 3D *print* yang terdapat pada Lab Mekanika Teknik Mesin UII. Proses pencetakan desain menggunakan 3D *Print* dapat dilihat pada gambar 3-13.



Gambar 3-13 Proses 3D *print* model cetakan *hollow*

### 3.7.2 Proses pembuatan cetakan *silicone rubber*

Pembuatan cetakan produk *hollow* menggunakan *silicone rubber* rtv 40. Proses pencetakan dilakukan dengan cara menuang langsung ke dalam cetakan yang sudah dibuat, adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

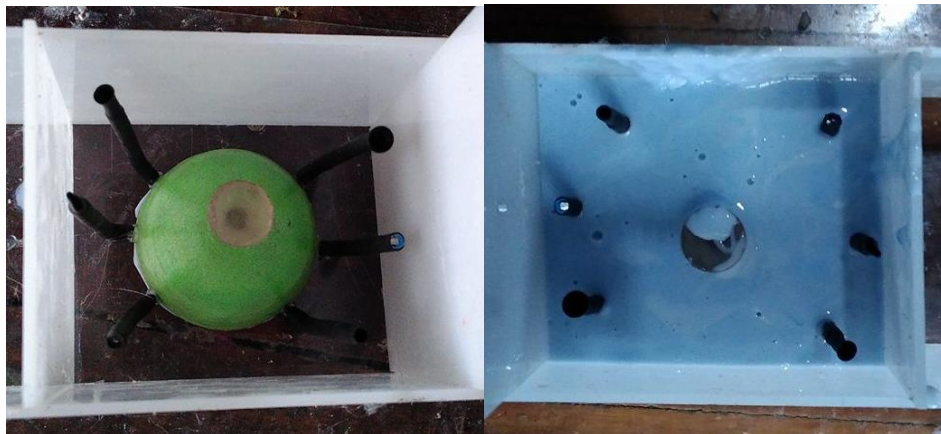
1. Sebelum menuang *silicone rubber* terlebih dahulu menyiapkan cetakan yang berbahan dasar akrilik dengan tebal 3 mm. akrilik di rangkai menjadi bentuk persegi dengan panjang 60mm, lebar 60mm, dan tinggi 40 mm.
2. Selanjutnya adalah proses pencampuran *silicone rubber* dengan *catalyst*, dengan perbandingan 50:1. Proses pencampuran tidak menggunakan *talc* dikarenakan fungsi *talc* yang akan mengeraskan cetakan, menyebabkan proses pencabutan produk menjadi sulit karena cetakan yang keras.
3. Master cetakan yang sudah dibuat selanjutnya diberikan *riser* sebanyak 6 buah (gambar 3-14), dengan tujuan untuk menampung sisa logam yang berlebih, serta mengeluarkan udara yang terjebak pada rongga cetakan.





Gambar 3-14 Master cetakan yang sudah diberikan riser

4. Selanjutnya adalah proses penuangan *silicone rubber* kedalam cetakan *acrylic* yang sudah disiapkan sebelumnya (Gambar 3-15). Penuangan dilakukan secara perlahan sampai cetakan terisi secara penuh.



Gambar 3-15 Proses penuangan *silicone rubber* ke cetakan

### 3.7.3 Proses *Casting*

Pada tahap ini proses *casting* dilakukan untuk mencetak logam *pewter* yang akan disambungkan menjadi produk *hollow*, metode *casting* yang digunakan yaitu *gravity permanent mold casting* dimana *pewter* dituang secara langsung kedalam cetakan. Proses diawali dengan pencairan logam *pewter* dengan titik leleh berkisar  $240^{\circ}$  C. setelah logam *pewter* cair secara merata dilanjutkan proses penuangan kedalam cetakan *silicone rubber* (Gambar 3-16). Logam *pewter* yang sudah dingin



dilepaskan dari cetakan *silicone rubber* untuk selanjutnya dilakukan proses penyambungan.



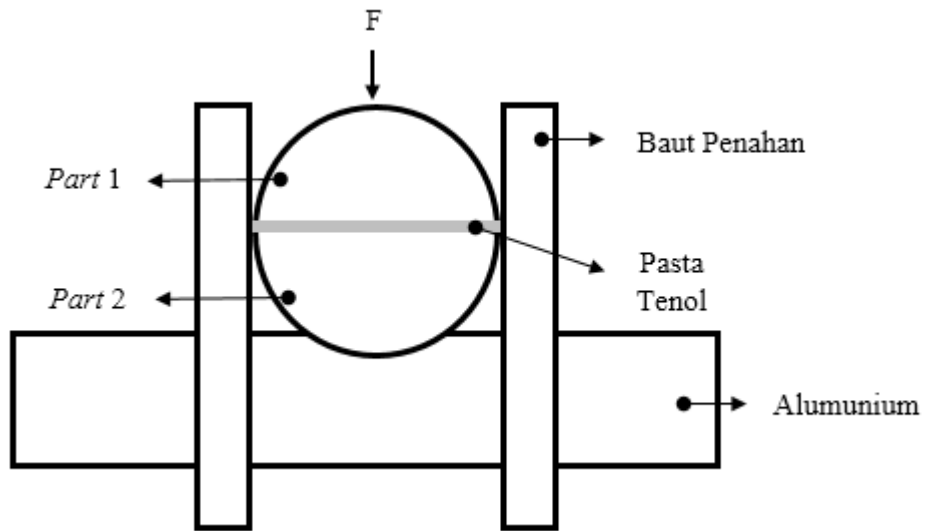
Gambar 3-16 Hasil penuangan *pewter* ke dalam cetakan *silicone rubber*

### **3.7.4 Proses penyambungan produk metode *furnace soldering pasta***

Penyambungan produk menggunakan metode *oven furnace* dengan *filler* yang digunakan pasta tenol perbandingan 63 (Sn)/ 37 (Pb). Hal tersebut didasari pada penelitian sebelumnya yang menggunakan kawat tenol dengan campuran yang sama 63(Sn)/37(Pb). Pada proses penyambungan ini menggunakan 2 buah *jig* yang berfungsi untuk menahan produk tersebut agar pada saat di oven produk tersebut tidak saling bergeser.

#### **1. *Jig 1***

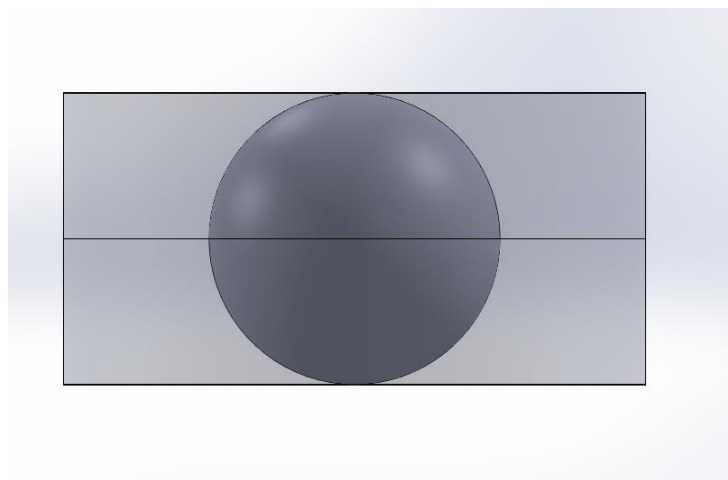
*Jig 1* menggunakan alumunium sebagai penopang produk, dibagian pinggir alumunium diberikan baut untuk menahan produk agar tidak bergeser kemudian antar kepala baut akan dililitkan kawat yang berfungsi untuk menekan produk (gambar 3-17).



Gambar 3-17 Jig 1 bahan alumunium

2. Jig 2

Jig 2 menggunakan jenis *jig sandwich*, bahan yang digunakan adalah *gypsum*. 2 buah piringan *gypsum* dengan tebal masing-masing 25 mm dan diameter 80 mm digunakan untuk menekan produk yang berada ditengah. Di dalam piringan *gypsum* tersebut terdapat lubang yang disesuaikan dengan ukuran produk yang berdiameter 50 mm dan kedalaman 25mm berfungsi untuk menempatkan produk (gambar 3-18). Penggunaan *jig* tipe *sandwich* ini diharapkan dapat menahan lelehan dari pasta tenol sehingga pada saat pasta tenol meleleh, pasta tenol tidak langsung jatuh ke bawah, akan tetapi tertahan oleh permukaan bagian dalam *jig sandwich*, sehingga sambungan yang didapatkan tidak terdapat cacat lubang,



Gambar 3-18 Desain jig 2 tipe *sandwich*

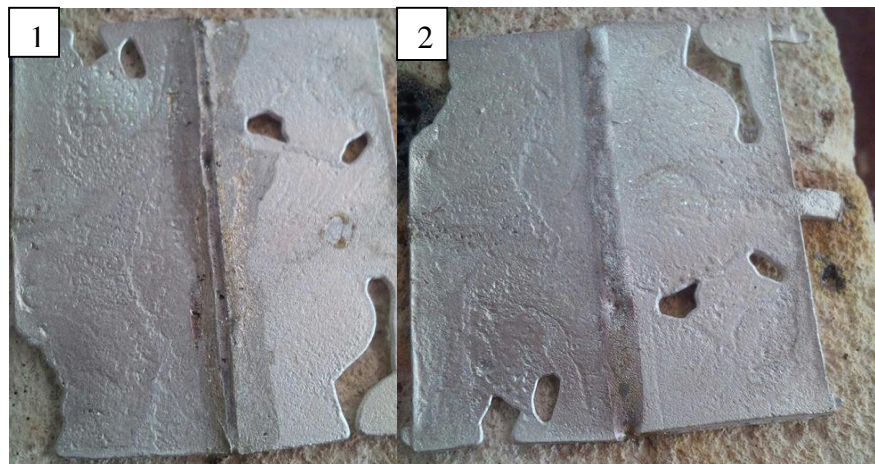
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Percobaan Metode Sambungan

Percobaan metode sambungan yang digunakan untuk menyambung *pewter* menggunakan 3 metode yaitu *furnace soldering* pasta, *furnace soldering* serbuk, dan *resistance soldering*. Berikut adalah hasil percobaan 3 metode yang dilakukan:

##### 4.1.1 Hasil Percobaan *Furnace Soldering* Pasta



Gambar 4-1 Hasil *furnace soldering* pasta

Pada gambar diatas merupakan percobaan pertama yang dilakukan dengan metode *furnace soldering* pasta. Ketebalan plat 2 mm, dengan lebar 20 mm, panjang 50 mm dan *gap* 1 mm, terdapat cacat hasil *casting* tetapi tidak berpengaruh pada proses penyambungan. Pada gambar nomor 1 adalah foto tampak bagian atas, dan gambar nomor 2 merupakan tampak bagian bawah.

Proses penyambungan ini menggunakan temperatur 223° C pasta solder meleleh dengan baik, hasil sambungan cukup baik karena mampu menyambung kedua plat *pewter*. Gambar nomor 1 menunjukkan adanya cekungan yang diakibatkan lelehan pasta yang menumpuk pada bagian bawah seperti terlihat pada gambar nomor 2.

a) Hasil *furnace soldering* pasta tebal 3 mm, *gap* 0,5 mm (Gambar 4-2)



Gambar 4-2 Temperatur 220° C

b) Hasil *furnace soldering* pasta tebal 3 mm, *gap* 1 mm (Gambar 4-3)



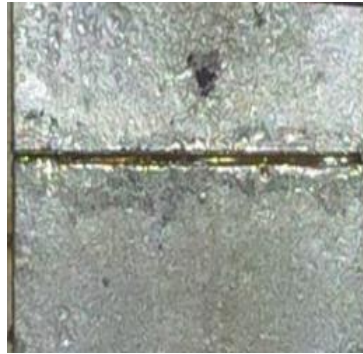
Gambar 4-3 Temperatur 220° C

c) Hasil *furnace soldering* pasta tebal 2 mm, *gap* 0,5 mm (Gambar 4-4)



Gambar 4-4 Temperatur 220° C

d) Hasil *furnace soldering* pasta tebal 2 mm, *gap* 1 mm (Gambar 4-5)

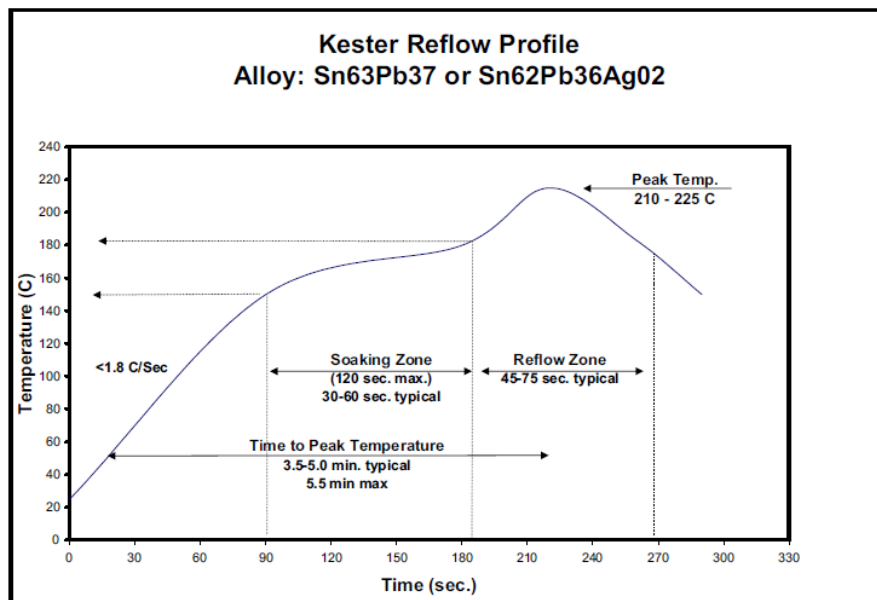


Gambar 4-5 Temperatur 220° C

e) Hasil *furnace soldering* pasta kondisi pasta tidak meleleh (Gambar 4-6)



Gambar 4-6 Temperatur 180° C



Gambar 4-7 Grafik *reflow* pasta tenol 63(Sn) 37(Pb)

Sumber: Kester., (2017)

Percobaan *furnace soldering* pasta menggunakan temperatur dikisaran 220° C, hal tersebut mengacu pada grafik *reflow* pasta tenol 63(Sn) 37(Pb) (gambar 4-7) dimana kondisi temperatur leleh puncak berada dikisaran 210° C – 225° C. pada percobaan dengan temperatur 180° C (gambar 4-6) pasta tenol dalam kondisi *soaking zone* (gambar 4-7) belum mencapai temperatur leleh puncak.

#### 4.1.2 Hasil Percobaan *Furnace Soldering* Serbuk

- a. Hasil *furnace soldering* serbuk tebal 2 mm (Gambar 4-8)



Gambar 4-8 Temperatur 220° C

- b. Hasil *furnace soldering* serbuk tebal 3 mm (Gambar 4-9)



Gambar 4-9 Temperatur 230° C



- c. Hasil *furnace soldering* serbuk kondisi meleleh total (Gambar 4-10)



Gambar 4-10 Temperatur 241° C

Pada percobaan *furnace soldering* serbuk pertama (gambar 4-8) terlihat kondisi serbuk tenol yang tidak meleleh temperatur yang digunakan 220° C. Kemudian pada percobaan kedua temperatur yang digunakan dinaikkan menjadi 230° C (gambar 4-9), hal itu di dasari untuk mengetahui apakah pada temperatur tersebut serbuk tenol akan meleleh, terlihat pada gambar 4-9 kondisi serbuk tenol mengering serta menggumpal.

Dari 2 percobaan yang dilakukan dengan menggunakan temperatur yang berbeda, maka dilakukan percobaan kembali dengan menaikkan temperatur sampai dengan 241° C (gambar 4-10) terlihat kondisi plat dan serbuk tenol sudah dalam kondisi meleleh. Berdasarkan dari beberapa percobaan tersebut kondisi serbuk tenol tidak meleleh hal tersebut dimungkinkan karena komposisi serbuk tenol yang digunakan kurang tepat dan ukuran partikel serbuk tenol yang terlalu besar.

#### **4.1.3 Hasil Percobaan *Resistance Soldering***

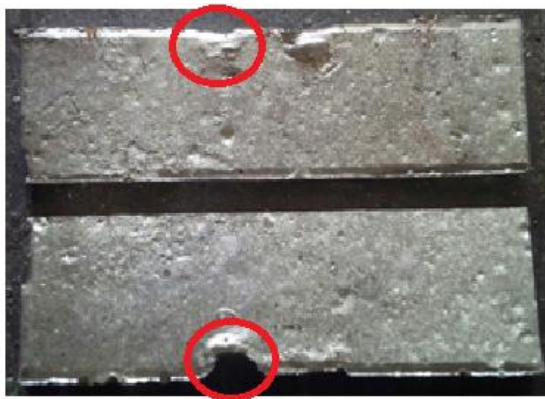
Pada percobaan ini menggunakan metode *resistance soldering*, mesin yang digunakan adalah mesin *spot welding* yang terdapat di Lab Proses Produksi Teknik Mesin UII. Berikut adalah hasil proses penyambungan yang menggunakan metode *resistance soldering*:

- a) Plat *pewter* tebal 3 mm, arus 35 A, waktu 60 detik (gambar 4-11)



Gambar 4-11 Arus 35 A, waktu 60 detik

- b) Plat *pewter* tebal 3mm, arus 30 A, waktu 30 detik (gambar 4-12)



Gambar 4-12 Arus 30 A, waktu 30 detik

- c) Plat *pewter* tebal 3 mm, arus 27 A, waktu 20 detik (gambar 4-13)



Gambar 4-13 arus 27 A, waktu 20 detik



Metode *resistance soldering* yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah logam *pewter* mampu disambung dengan metode tersebut. Berdasarkan percobaan yang dilakukan pertama (gambar 4-11) dengan parameter plat tebal 3 mm, arus 35 dan waktu 60 detik, terlihat pada bagian permukaan atas dan permukaan bawah yang di lingkari berwarna merah, terjadinya penumpukan arus pada bagian tersebut sehingga hanya melelehkan permukaan atas dan bawahnya tidak pada bagian yang akan di sambung. Hal tersebut disebabkan karena permukaan yang akan di sambung lebih besar dari persentuhan antara elektroda dan plat. Selain dari pada itu kondisi permukaan sambungan mempengaruhi pembangkitan panas, karena tahanan kontak terpengaruh oleh oksida, debu, minyak dan material asing lain yang menempel pada permukaan sambungan.

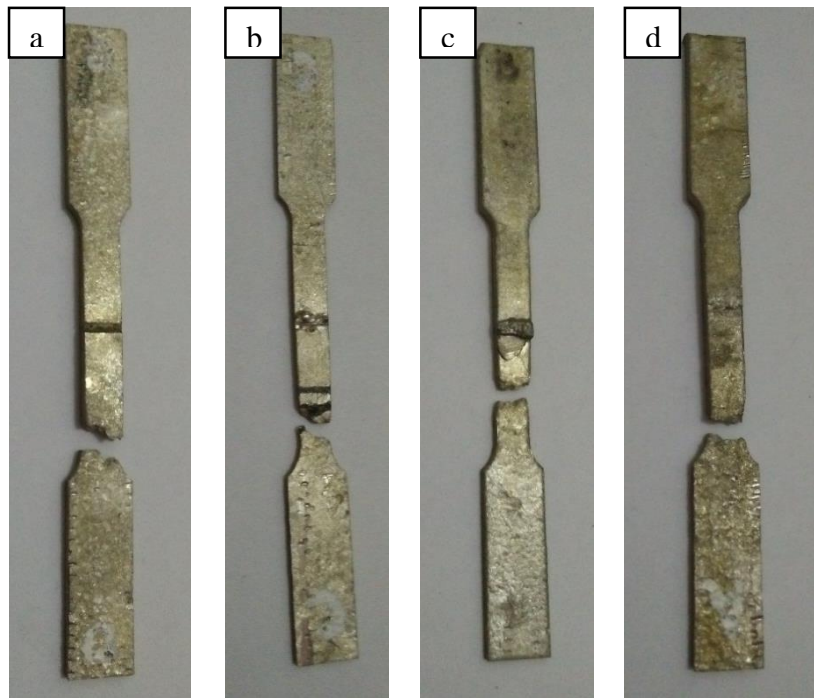
Percobaan berikutnya (gambar 4-13) menggunakan parameter plat tebal 3 mm, arus 27 A, dan waktu 20 detik. Parameter arus dan waktu di kecilkan, hal itu merujuk pada percobaan pertama. Terlihat pada bagian yang di lingkari merah, masih terjadi penumpukan arus pada bagian atas dan bawah plat *pewter*. Penetrasi yang kurang sempurna menyebabkan cacat, hal itu disebabkan oleh arus yang terlalu kecil, gaya tekan yang besar, waktu pengelasan yang terlalu cepat serta ujung elektroda yang sudah aus.

## **4.2 Pengujian Tarik**

Pengujian Tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan dengan cara memberi beban gaya yang sesumbu terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat (Rizki, 2017). Bentuk dan ukuran spesimen pengujian Tarik mengacu pada *manual book of ASTM Standards 2003* menggunakan acuan ASTM E8. Spesimen yang dibuat untuk pengujian tarik sebanyak 4 buah, dengan variasi ketebalan dan *gap* yang berbeda, adapun rinciannya sebagai berikut :

- a) Hasil *furnace soldering* pasta dengan tebal 2 mm, *gap* 1 mm, dan temperatur oven 224° C.
- b) Hasil *furnace soldering* pasta dengan tebal 2 mm, *gap* 0.5 mm, dan temperatur oven 223° C.

- c) Hasil *furnace soldering* pasta dengan tebal 3 mm, *gap* 1 mm, dan temperatur oven 224° C.
- d) Hasil *furnace soldering* pasta dengan tebal 3 mm, *gap* 0.5 mm, dan temperatur oven 225° C.



Gambar 4-14 Spesimen hasil pengujian tarik

Hasil pengujian tarik yang dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM, didapatkan data berupa perpanjangan spesimen (AL) dan beban maksimal yang mampu ditanggung spesimen (Pmax) yang muncul di layar indikator mesin uji tarik, dari kedua data tersebut didapatkan nilai tegangan dan regangan (tabel 4-1).

No	Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Tegangan, $\sigma$ (MPa)	Regangan, $\epsilon$ (%)
A	T.2_G.1	2.01	5.87	48.31	9.66
B	T.2_G.0,5	1.92	5.83	50.42	10.74
C	T.3_G.1	3.01	5.95	56.23	11.02
D	T.3_G.0,5	3.49	5.88	41.91	9.98

Tabel 4-1 Data hasil pengujian tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian tarik yang dilakukan diketahui bahwa nilai tegangan tarik yang paling besar adalah spesimen C tebal 3.01 dan *gap* 1 mm dengan nilai 56.23 MPa dan spesimen B tebal 1.92 dan *gap* 0.5 dengan nilai 50.42 MPa, untuk spesimen D tebal 3.49 dan *gap* 0.5 dengan nilai 41.91 MPa dan spesimen A tebal 2.01 dan *gap* 1 mm memiliki tegangan tarik yang rendah. Dalam kondisi aktual hasil regangan tarik sama atau berbanding lurus dengan hasil tegangan tarik (Rizki, 2017), dapat dilihat pada spesimen A dan D terjadi perbedaan dimana nilai tegangan tidak berbanding lurus.

Hal tersebut bisa disebabkan oleh beberapa hal seperti perlakuan pada saat proses *casting* pembuatan sampel uji tarik dikarenakan adanya kemungkinan terjadinya porositas atau cacat yang tidak terlihat, perlakuan panas yang terjadi pada saat proses oven, dan perlakuan spesimen pada saat pengujian tarik dilakukan. Kondisi spesimen paling ideal dapat dilihat pada spesimen C dan B dimana tegangan dan regangan yang terjadi berbanding lurus. Dari hasil pengujian tarik pada 4 spesimen tersebut diketahui bahwa tegangan patah atau putus terjadi diluar sambungan.

### **4.3 Hasil Pembuatan Produk *Hollow***

Pembuatan produk *hollow* berbentuk bola dengan diameter 50 mm dan tebal 3 mm. Proses pengovenan pada *furnace* menggunakan 2 buah jenis *jig* yang bertujuan untuk menahan produk tersebut, *jig* 1 menggunakan bahan alumunium, kemudian *jig* 2 menggunakan tipe *jig sandwich* berbahan semen *gypsum*. Berikut ini adalah hasil pembuatan produk *hollow* berbentuk bola:

#### 4.3.1 *Jig 1* (Bahan Alumunium)

- a) Produk *hollow* dengan *jig* alumunium temperatur 224° C (gambar 4-15)



Gambar 4-15 *Jig 1* temperatur 224° C

- b) Produk *hollow* dengan *jig* alumunium temperatur 220° C (gambar 4-16)



Gambar 4-16 *Jig 1* temperatur 220° C

- c) Produk *hollow* dengan *jig* alumunium temperatur 215° C (gambar 4-17)



Gambar 4-17 *Jig 1* temperatur 215° C

### 4.3.2 *Jig 2 Tipe Sandwich (Semen Gypsum)*

a) Produk *hollow* dengan *jig 2 tipe sandwich* temperatur 310° C (gambar 4-18)



Gambar 4-18 *Jig 2* tampak atas

b) Produk *hollow* dengan *jig 2* temperatur 296° C (gambar 4-19)



Gambar 4-19 *Jig 2* tanpa *gypsum* bagian atas

c) Produk *hollow* dengan *jig 2* temperatur 280° C (gambar 4-20)



Gambar 4-20 *Jig 2* tanpa *gypsum* bagian atas

## 4.4 Analisis dan Pembahasan

Pada sub bab ini akan membahas analisis pembuatan produk *hollow* dengan metode *furnace soldering* pasta yang menggunakan 2 *jig* yang berbeda, dimana pada bab sebelumnya sudah dipaparkan hasil produk dengan 2 *jig* tersebut. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir kemungkinan cacat yang terjadi pada saat proses oven.

### 4.4.1 *Jig* 1 Alumunium



Gambar 4-21 Hasil produk *hollow* dengan *jig* 1 temperatur 224° C

Pada gambar diatas (gambar 4-21) proses oven dilakukan sampai dengan temperatur 224° C pada suhu ruangan *furnace*. Menurut Miyachi America Corporation dalam artikel *Hot Bar Reflow Soldering Fundamentals*, *solder* normal akan meleleh pada 180° C, suhu *solder* yang ideal adalah di atas 220° C untuk mendapatkan perilaku aliran dan basah yang baik tetapi di bawah 280° C. berdasarkan hal tersebut maka diketahui bahwa temperatur 224° C merupakan temperatur yang tepat untuk melelehkan pasta tenol, akan tetapi kondisi pasta tenol yang terlalu cair serta posisi penempatan produk yang miring menyebabkan pasta cair mengalir ke bawah, sehingga ada bagian yang tidak terisi pada sambungan (gambar 4-21).

Pembuatan produk *hollow* pertama dengan menggunakan *jig* 1, diketahui temperatur yang digunakan menyebabkan pasta tenol meleleh terlalu cair, kemudian dibuat 2 produk *hollow* dengan mempertimbangkan temperatur yang digunakan. Temperatur yang akan digunakan diturunkan menjadi 220° C (gambar



4-22) dan 215° C (gambar 4-23) dengan tujuan agar pasta tenol tidak meleleh terlalu cair.



Gambar 4-22 *Jig 1* temperatur 220° C



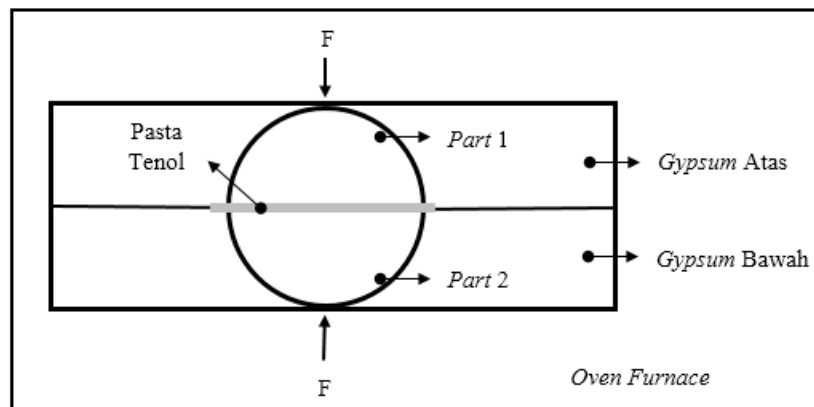
Gambar 4-23 *Jig 1* temperatur 215° C

#### 4.4.2 *Jig 2 Tipe Sandwich*



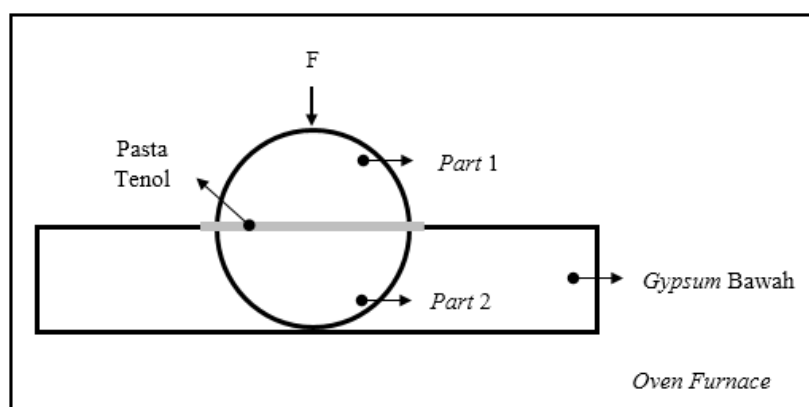
Gambar 4-24 *Jig 2 tipe sandwich part 2* tampak atas

Gambar diatas (gambar 4-24) merupakan hasil dari oven *furnace soldering* pasta dengan *jig* tipe *sandwich*, proses oven mencapai temperatur  $310^{\circ}\text{C}$  pada suhu ruangan *furnace*. Kondisi pasta mengering tidak mampu meleleh disebabkan panas pada suhu ruangan *furnace* tidak merambat secara sempurna pada pasta tenol, di karenakan terhambat oleh semen *gypsum* (gambar 4-25).



Gambar 4-25 *Jig* 2 skematik proses oven

Berdasarkan percobaan dengan *jig* 2 tipe *sandwich* yang berbahan semen *gypsum* terjadi kegagalan di karenakan produk tidak tersambung, dari hal tersebut dibuat percobaan selanjutnya dimana masih menggunakan *jig* 2 berbahan *gypsum*. Pada bagian atas *jig* di lepas dan hanya menggunakan bagian bawah *jig* (gambar 4-26).



Gambar 4-26 Skematik proses oven *jig* 2 tanpa bagian atas

Temperatur yang digunakan pada proses oven pertama mencapai  $296^{\circ}\text{C}$  temperatur ruang *furnace* (gambar 4-27). Hasil sambungan terlihat adanya



cekungan yang disebabkan oleh pasta tenol yang mencair jatuh kebawah. Kondisi temperatur yang turun dikarenakan semen *gypsum* dalam kondisi yang cukup panas karena proses oven sebelumnya, sehingga pada proses oven kedua rambat panas yang terjadi lebih cepat untuk melelehkan pasta tenol.



Gambar 4-27 Hasil *jig* 2 tanpa bagian atas temperatur 296° C

Selanjutnya dilakukan proses oven kedua, temperatur yang di dapat turun menjadi 280° C (gambar 4-28). Hal ini masih disebabkan karena panas tidak terdistribusi dengan baik. Pasta tenol mencair pada bagian luar tertahan semen *gypsum* tidak langsung mencair kebawah.



Gambar 4-28 Hasil *jig* 2 tanpa bagian atas temperatur 280° C

# BAB V

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil percobaan pada 3 metode sambungan yang dilakukan yaitu *furnace soldering* serbuk, *furnace soldering* pasta, dan *resistance soldering*, didapat bahwa hanya metode sambungan *furnace soldering* pasta yang mampu menyambung logam *pewter* dengan baik, tanpa membuat logam *pewter* lebur.
2. Temperatur yang digunakan pada saat penyambungan *pewter* dengan tebal 3 mm dan 2 mm, rata-rata temperatur yang digunakan 220° C, sedangkan untuk temperatur yang digunakan pada pembuatan produk *hollow* adalah 215° C, 220° C, 280° C dan 296° C. Temperatur optimum yang digunakan untuk menyambung plat *pewter* dengan metode *furnace soldering* pasta yaitu 220° C, kemudian untuk produk *hollow* temperatur optimumnya 215° C dan 220° C.
3. Diketahui dari hasil pengujian tarik plat *pewter* dengan tebal 3 mm dan *gap* 1 mm memiliki nilai tegangan paling besar yaitu 56.23 MPa dengan nilai regangan 11.02 %.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, berikut saran yang dapat diberikan :

1. Ukuran partikel serbuk yang digunakan dibuat lebih halus dengan ukuran mesh 80 atau 60.
2. Penelitian lebih lanjut untuk pembuatan *jig* khusus untuk produk *hollow* dengan metode sambungan *furnace soldering* pasta.

3. Produk *hollow* yang sudah dibuat perlu dicek pada bagian dalam, apakah hasil sambungan merata sampai bagian dalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Martin. 2012. *Rapid Prototyping – 3 Dimensional Printing*. <http://martin-engineer.blogspot.co.id> (Diakses 15/2/2018)
- Craight, M.T (1991). *The Complete Metalsmith, Anillustrated Hand Book*. Revised Edition Davis Publication, Inc.
- Fejka, T.J. 2009. Pewter – The Other White Metal. *Society Of North American Goldsmiths*, p. 20.
- Iskandar, U.A, Zuhairmi, E, & Hardiyanto, R (2015). *Brazing and Soldering*. Yogyakarta, Indonesia.
- Kevin L Neff. 2010. *Propane Torch Soldering Copper Pipe*. <https://commons.wikimedia.org> (Diakses 16/2/2018)
- Kester. 2017. *Standard Solder Paste Reflow Profile for Kester Paste Containing Alloys: Sn63Pb37 or Sn62Pb36Ag02*. Kester, p.1.
- Miyachi American Corporation. 2014. *Hot Bar Reflow Soldering Fundamentals*. Miyachi American Corporation, p. 8-13.
- Pramono, B (2007). *Pelatihan Dasar Pewter*. Pangkal Pinang, Indonesia.
- Rahayu, W.P (2013). *Kerajinan Logam Timah Pewter Muntok Kabupaten Bangka Barat Provinsi Bangka Belitung*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Pendidikan Seni Rupa Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rizki, A.O (2017). *Peningkatan Sifat Fisik dan Mekanik Hasil Pengelasan Alumunium Dengan Mesin Las Elektroda Ganda*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
- Rufaida, Evi Y., & Indriastuti, S. (2009). Pewter untuk kerajinan perhiasan. *Dinamika Kerajinan dan Batik*. Volume 26.
- Roux, M. A. (2007). *"Processing pharmaceutical polymers"*. *Pharmaceutical Polymers* .

Shi, X. Q., Wang, Z. P., Yang, Q. J. 2002. *Creep Behavior and Deformation Mechanism Map of Sn-Pb Eutectic Solder Alloy*. [www.tms.org/pubs/journals/JOM/9605/McCormack-9605.html](http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9605/McCormack-9605.html) (Diakses 20/2/2018)

# LAMPIRAN



**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK**  
**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI**  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

## HASIL PENGUJIAN TARIK

### Spesimen Pengelasan Pewter

No	Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Tegangan, $\sigma$ (MPa)	Regangan, $\varepsilon$ (%)
1	T.3 G.0,5	3.49	5.88	41.91	9.98
2	T.3 G.1	3.01	5.95	56.23	11.02
3	T.2 G.0,5	1.92	5.83	50.42	10.74
4	T.2 G.1	2.01	5.87	48.31	9.66

#### Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 5 Desember 2017
2. Pengujian menggunakan standar ASTM E8

Lembar asli, tidak untuk digandakan

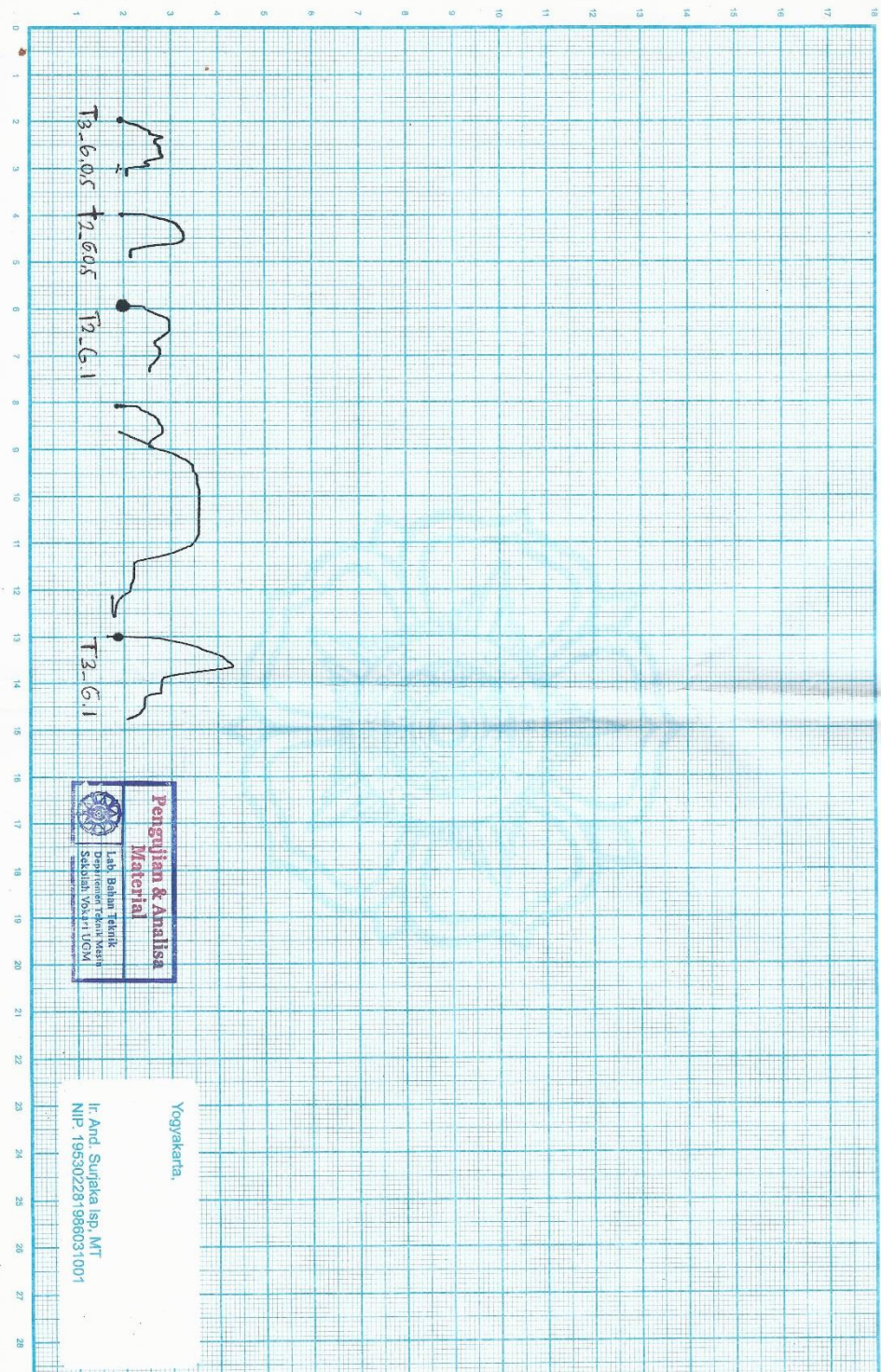






# LABORATORIUM BAHAN TEKNIK

PROGRAM DIPLOMA TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA  
Kampus: ul. Craling 2A Yogyakarta 55281 Telp. (0271) 548937, 802289 Fax. (0271) 546400 E-mail: lab...@ugjemberiana.com



**Penyujian & Analisa Material**  
Lab. Bahan Teknik  
Departemen Teknik Mesin  
SAKIPATI VOKASI UGM

Yogyakarta,  
Ir. And. Sunjaka Isp, MT  
NIP. 195302281960031001