

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* SERBUK TEMBAGA TERHADAP
KEKUATAN SAMBUNGAN *LAP JOINT* PADA LOGAM ALUMINIUM
TEBAL 2 MM DENGAN METODE *BRAZING***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

ANDI PURNOMO

D 200 140 275

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* SERBUK TEMBAGA TERHADAP
KEKUATAN SAMBUNGAN *LAP JOINT* PADA LOGAM ALUMINIUM
TEBAL 2 MM DENGAN METODE *BRAZING***

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ANDI PURNOMO
D 200 140 275

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Agus Dwi Anggono'.

Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng. Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* SERBUK TEMBAGA TERHADAP
KEKUATAN SAMBUNGAN *LAP JOINT* PADA LOGAM ALUMINIUM
TEBAL 2 MM DENGAN METODE *BRAZING***

OLEH

ANDI PURNOMO

D 200 140 275

Telah dipertahankan dan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 9 Mei 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng. Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)

2. Nurmuntaha A.N, ST, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Bibit Sugito, MT

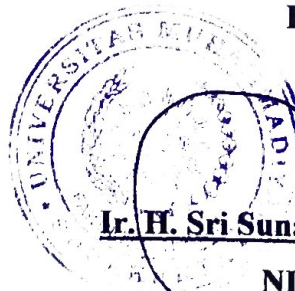
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan



Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah 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 orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Mei 2019

Penulis



ANDI PURNOMO
D200140275

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* SERBUK TEMBAGA TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN *LAP JOINT* PADA LOGAM ALUMINIUM TEBAL 2 MM DENGAN METODE *BRAZING*

Abstrak

Teknologi pengelasan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam dunia konstruksi dan otomotif dikarenakan pengelasan sudah banyak dipergunakan pada penyambungan material logam. Brazing menjadi salah satu alternatif proses penyambungan bagi logam-logam yang mempunyai sifat mampu las rendah karena pencairan hanya terjadi pada logam pengisi saja. Logam pengisi (*filler*) yang berbentuk batang kawat sudah umum dipakai oleh para juru las. Pada penelitian ini selain menggunakan logam pengisi berbentuk kawat juga menambahkan logam pengisi berbentuk serbuk. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *filler* serbuk tembaga terhadap kekuatan sambungan *lap joint* pada material aluminium. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk proses pengujian adalah uji komposisi kimia, uji tarik, uji kekerasan dan uji foto mikro. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa material aluminium mengandung beberapa komposisi yang cukup tinggi yaitu, Aluminium (99,2 %), Besi (0,4491 %), Silikon (0,1907 %), Tembaga (0,0603 %), Mangan (0,0484 %), dan Magnesium (0,0127 %). Nilai kekuatan tarik tertinggi terjadi pada sambungan stainless steel dengan tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 14,47 N/mm² dan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada sambungan aluminium dengan tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 10,59 N/mm². Struktur mikro aluminium daerah HAZ mengalami perubahan ukuran butiran lebih besar dibandingkan daerah base metal yang terlihat lebih kecil. Pada pengujian kekerasan nilai kekerasan tertinggi pada daerah sambungan logam las dengan tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 43,37 VHN sedangkan nilai kekerasan terendah dimiliki oleh daerah HAZ sebesar 25,67 VHN.

Kata Kunci : *Filler* Serbuk Tembaga, *Lap Joint*, Brazing

Abstract

Welding technology is an inseparable part of the world of construction and automotive because welding has been widely used in connecting metal materials. Brazing is an alternative connection process for metals that have a low weldability because liquefaction only occurs in filler metals. Wire rod filler metals are commonly used by welders. In this study, in addition to using wire-shaped filler metal also added filler metal in the form of powder. The purpose of this study was to determine the effect of copper powder filler on the strength of the *lap joint* connection on aluminum material. In this study the methods used for the testing process are chemical composition test, tensile test, hardness test and micro photo test. Based on the results of research that has been done shows that aluminum material contains several compositions that are quite high, namely, Aluminum (99.2%), Iron (0.4491%), Silicon (0.1907%), Copper (0.0603%), Manganese

(0.0484%), and Magnesium (0.0127%). The highest tensile strength value occurred on the connection with the addition of copper powder filler of 14.47 N / mm² and the lowest tensile strength value occurred in the aluminum joint with the addition of copper powder filler of 10.59 N / mm². The aluminum micro structure of the HAZ region has a larger grain size change than the smaller base metal region. In the hardness test the highest hardness value in the weld metal connection area with additional copper powder filler was 43.37 VHN while the lowest hardness value was owned by the HAZ region of 25.67 VHN.

Keywords: Filler Copper Powder, Lap Joint, Brazing

1. PENDAHULUAN

Saat ini ilmu pengetahuan di bidang pengelasan melalui penelitian memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan baru. Pengelasan merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto, H. T. Okumoro, 2000). Teknologi pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam dunia konstruksi dan otomotif dikarenakan pengelasan sudah banyak dipergunakan pada penyambungan material logam. Selain berperan dalam penyambungan logam pengelasan juga dapat diaplikasikan untuk menutup lubang yang terbentuk pada logam yang dikarenakan terjadinya keausan pada bahan logam ataupun karena kerusakan eksternal seperti adanya retakan-retakan, dan dapat diaplikasikan dalam pemotongan logam. Proses pengelasan banyak dipergunakan untuk perkapalan, pipa saluran, jembatan dan lain sebagainya.

Selain pengelasan penyambungan logam juga bisa dilakukan dengan metode *brazing*. *Brazing* merupakan cara penyambungan dengan menggunakan logam pengisi diantara permukaan logam induk yang disambung (Wiryosumarto, H. T. Okumoro, 2000). Proses *brazing* merupakan teknologi las yang banyak digunakan dalam industri untuk penyambungan material yang berbentuk pipa, lembaran atau pelat.

Brazing menjadi salah satu alternatif proses penyambungan bagi logam-logam yang mempunyai sifat mampu las rendah karena pencairan hanya terjadi pada logam pengisi saja. Logam pengisi (*filler*) yang berbentuk batang kawat sudah umum dipakai oleh para juru las. Pada penelitian ini selain menggunakan

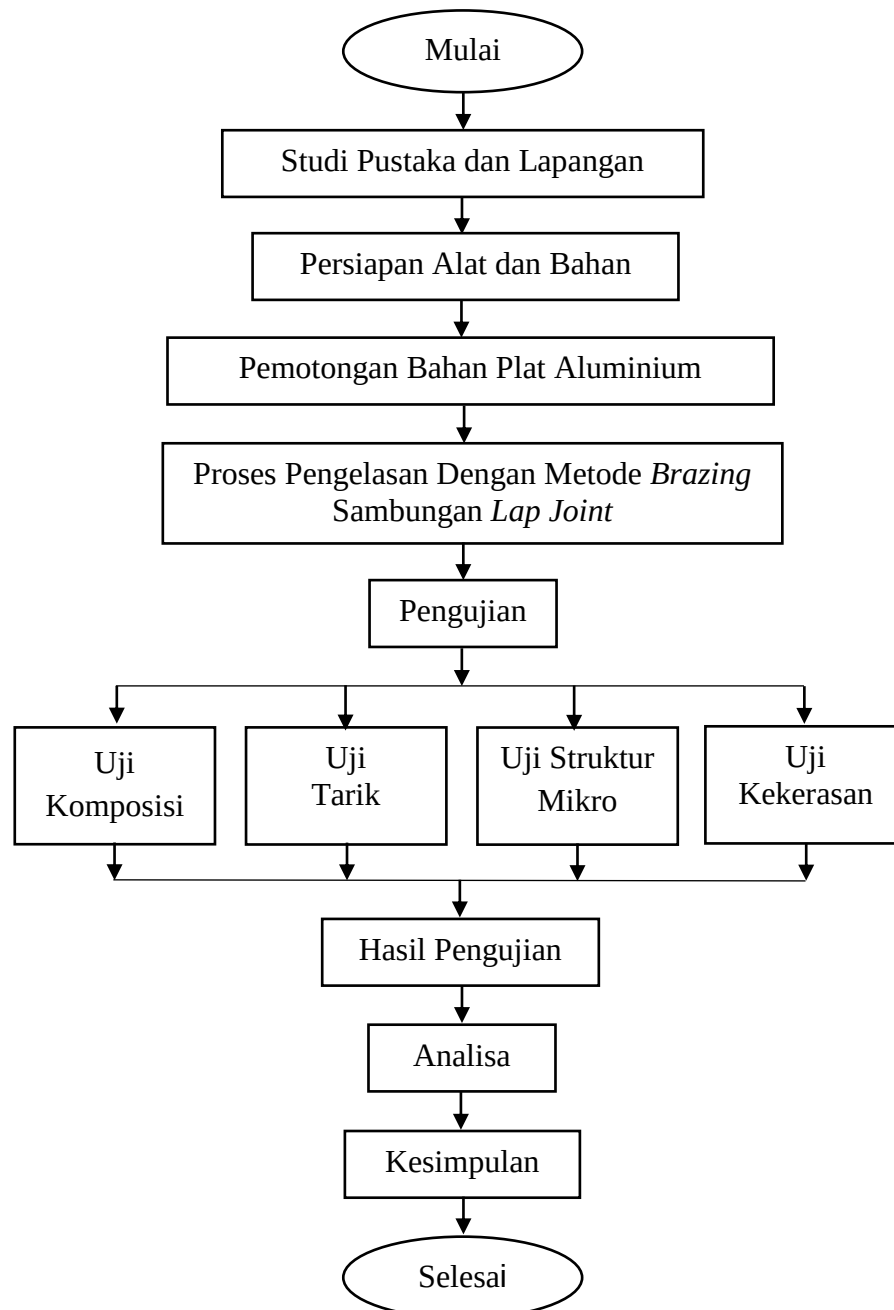
logam pengisi berbentuk kawat juga menambahkan logam pengisi berbentuk serbuk yang dapat mempengaruhi kekuatan sambungan.

Dari berbagai banyak teknik pengelasan dan cara penyambungan logam tidak dapat menjamin untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik, karena untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik pada umumnya bergantung pada keterampilan juru las atau pengerjaan las nya sendiri dan persiapan sebelum proses pengelasan.

Proses penyambungan *brazing* banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan seperti, temperatur rendah pada *brazing* sehingga kemungkinan terjadinya distorsi pada benda kerja sangat kecil, hubungan temperatur yang rendah dengan *brazing* dapat meningkatkan kecepatan penyambungan sehingga mengurangi pemakaian bahan bakar gas, *brazing* lebih mudah untuk dipelajari bagi pemula dibanding pengelasan, cocok untuk produksi tunggal ataupun massal, pada pengelasan *brazing* ini biaya yang dikeluarkan sangat murah sehingga dapat meminimalisir modal untuk membuat suatu produk, dan alat yang digunakan untuk proses *brazing* ini sangatlah sederhana tidak sulit untuk didapatkan dan juga sangat mudah untuk perawatannya.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat

- a) *Torch brazing*

- b) Timbangan digital
- c) Mesin *cutting*
- d) Penggaris
- e) Spidol
- f) Sarung tangan
- g) Gergaji
- h) Tang
- i) Cetakan
- j) Amplas
- k) Kain bludru

2.2.2 Bahan

- a) Plat aluminum
- b) Serbuk tembaga
- c) Alusol
- d) Resin
- e) Autosol
- f) Cairan etsa

2.3 Langkah – langkah Penelitian

Langkah - langkah penelitian antara lain :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Spesimen dipotong sesuai dengan standar ASTM D 1002
- 3) Melakukan proses penyambungan *lap joint* dengan metode *brazing*
- 4) Memeriksa hasil pengelasan
- 5) Pemotongan spesimen untuk uji struktur mikro dan uji kekerasan
- 6) Melakukan pengujian komposisi kimia
- 7) Melakukan pengujian tarik
- 8) Masukan spesimen ke dalam cetakan dan di resin
- 9) Melakukan proses pemolesan menggunakan autosol dengan kain bludru
- 10) Melakukan proses etsa

- 11) Melakukan pengujian struktur mikro
- 12) Melakukan pengujian kekerasan mikro *vickers*
- 13) Pengujian selesai

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

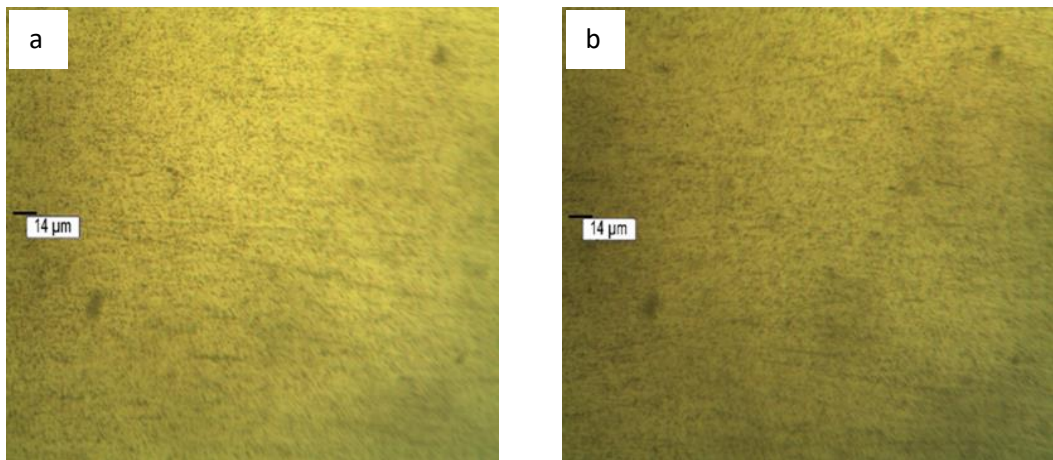
3.1.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1 Hasil Penguji Komposisi

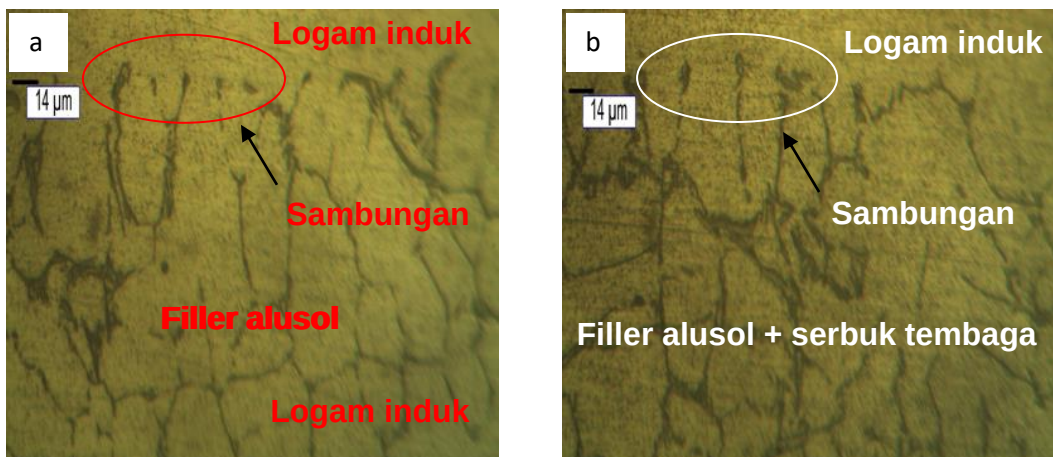
No	Unsur	%
1	Si	0.1907
2	Fe	0.4491
3	Cu	0.0603
4	Mn	0.0484
5	Mg	0.0127
6	Cr	0.0013
7	Ni	0.0032
8	Zn	0.0047
9	Ti	0.0169
10	Ca	0
11	P	0
12	Pb	0.0011
13	Sb	0.002
14	Sn	0
15	Al	99.2

3.1.2 Hasil Pengujian Struktur mikro

Daerah las menurut (Wiryosumarto, H. T. Okumora, 2000) terdapat tiga bagian, yaitu logam las (*nugget*), daerah terpengaruh panas (*HAZ*), dan logam induk (*base metal*).



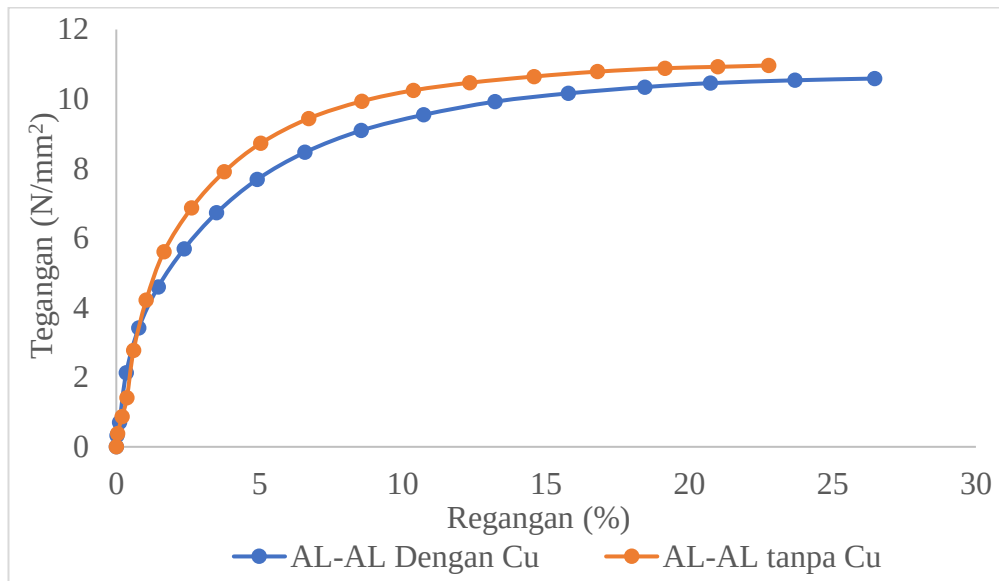
Gambar 2 a) Daerah logam induk aluminium, b) Daerah *HAZ* aluminium



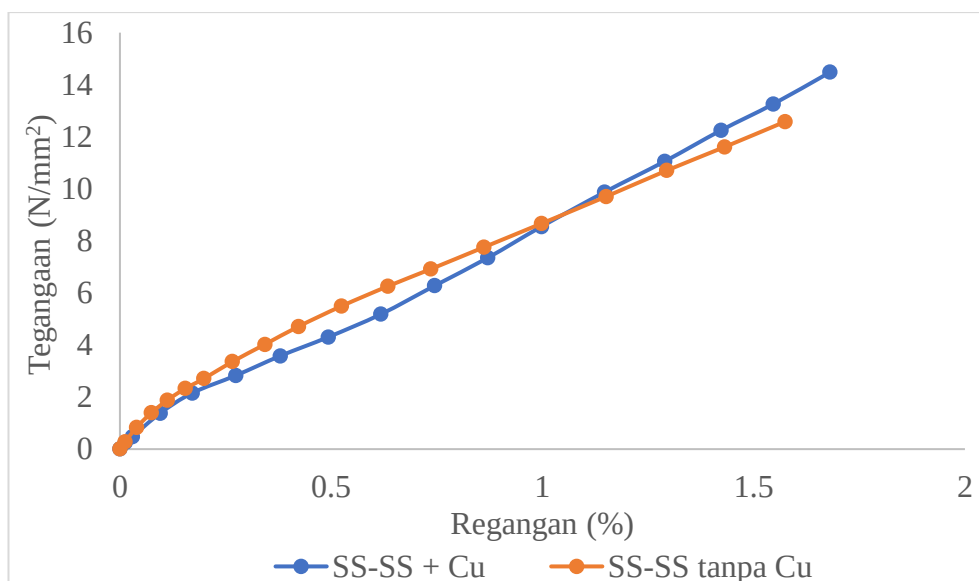
Gambar 3 a) Daerah logam las tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga, b) Daerah logam las dengan tambahan *filler* serbuk tembaga

3.1.3 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan *lap joint* dengan metode *brazing* dalam menahan beban yang diberikan.



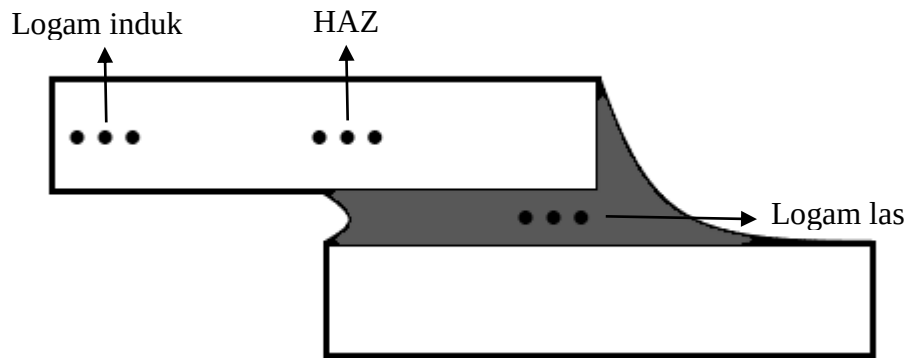
Gambar 4 Grafik rata-rata hasil pengujian tarik geser sambungan *lap joint* antara plat aluminium dengan aluminium tebal 2 mm



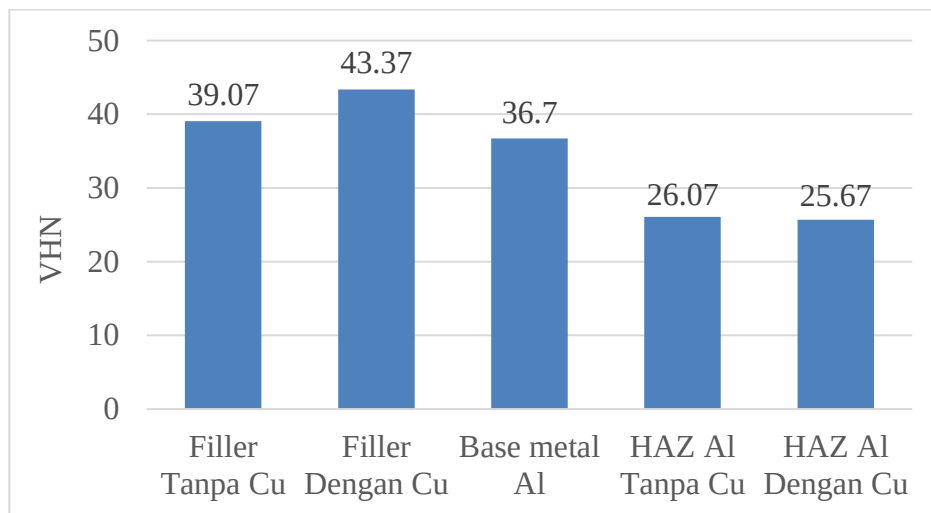
Gambar 5 Grafik rata-rata hasil pengujian tarik geser sambungan *lap joint* antara plat *stainless steel* dengan *stainless steel* tebal 2 mm

3.1.4 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Penelitian ini menggunakan alat *micro vickers hardness*.



Gambar 6 Bagian daerah las yang dilakukan pengujian kekerasan



Gambar 7 Histogram hasil pengujian kekerasan

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pembahasan Uji Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan alat *spectrometer* pada logam aluminium unsur yang paling dominan yaitu Al, Fe, dan Si. Dari ketiga unsur tersebut dimasukan data kedalam “*MatWeb Material Property Data*” dan didapatkan jenis material aluminium tersebut termasuk kedalam seri 1000.

3.2.2 Pembahasan Uji Struktur Mikro

Gambar 2 menunjukkan daerah logam induk aluminium dan daerah *HAZ* aluminium. Daerah logam induk adalah daerah yang terletak jauh dari pusat lasan, sehingga material tidak mengalami deformasi. Pada daerah ini ukuran butir terlihat lebih kecil dan sedikit dibandingkan dengan daerah *HAZ*. Daerah *HAZ* adalah daerah terpengaruh panas yang mengalami siklus termal tetapi tidak sampai terjadi deformasi plastis. Daerah *HAZ* akan terjadi perubahan ukuran butir dimana ukurannya tergantung dari karakteristik material, suhu, lama pemanasan dan laju pendinginan. Pada daerah ini ukuran butir lebih besar dan banyak. Perubahan ukuran butiran terjadi akibat laju pendinginan yang lambat, semakin lambat laju pendinginan maka ukuran butiran semakin besar (Endriansyah Zulfikri, 2017). Sedangkan gambar 3 menunjukkan daerah logam las pada sambungan aluminium dengan aluminium menggunakan *filler* alusol dan tambahan *filler* serbuk tembaga. Pada kedua daerah sambungan antara logam las dengan logam induk dapat menempel dengan sempurna. Hal ini terjadi karena besar kapilaritas material alusol yang tinggi. Kedua daerah logam las juga memiliki bentuk butiran yang sama, tetapi dari pengamatan struktur mikro dengan menggunakan alat mikroskop daerah logam las dengan tambahan *filler* serbuk tembaga belum bisa terlihat bentuk butiran dari serbuk tembaga tersebut.

3.2.3 Pembahasan Uji Tarik

Dari analisa grafik tegangan dan regangan tarik geser peneliti memperoleh hasil pengujian pada sambungan lap joint antara aluminium dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dan tambahan *filler* serbuk tembaga. Pada sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 10,96 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 22,76 %. Sedangkan pada sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 10,59 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 26,46 %. Dari seluruh spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik geser, semua spesimen mengalami putus pada bagian *base metal*. Hal ini terjadi karena sambungan *brazing* lebih kuat

dibandingkan *base metal*. Karena sambungan *brazing* masih terlalu kuat untuk plat aluminium tebal 2 mm, maka peneliti menambahkan spesimen *stainless steel* tebal 2 mm dengan dan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga untuk dilakukan pengujian tarik geser kembali. Hasil dari pengujian tarik geser yang dilakukan ulang oleh peneliti antara *stainless steel* dengan *stainless steel* tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dan tambahan *filler* serbuk tembaga dapat dilihat pada gambar 5. Pada sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga didapatkan nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 12,57 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 1,57 %. Nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga lebih besar dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga yang hanya memperoleh nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 10,96 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 22,76 %. Sedangkan pada sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga didapatkan nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 14,47 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 1,68 %. Nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* dengan tambahan *filler* serbuk tembaga lebih besar dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium dengan tambahan *filler* serbuk tembaga yang hanya memperoleh nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 10,59 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 26,46 %. Seluruh spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik geser, semua spesimen mengalami putus pada bagian logam las (*nugget*). Hal ini terjadi karena pada bagian *base metal stainless steel* lebih kuat dibandingkan sambungan *brazing* sekaligus membuktikan bahwa penambahan *filler* serbuk tembaga dapat menambah kekuatan tarik geser pada sambungan *brazing*.

3.2.4 Pembahasan Uji Kekerasan *Vickers*

Dari analisa histogram seperti tampak pada gambar 7 peneliti memperoleh hasil pengujian kekerasan pada sambungan *brazing*. Hasil pengujian kekerasan pada sambungan *brazing* memiliki nilai yang berbeda-beda karena dilakukan di tiga bagian pengujian yang berbeda. Hasil perlakuan panas yang dilakukan pada

logam induk aluminium memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 36,7 VHN sedangkan pada daerah *HAZ* aluminium memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 25,67 VHN dan 26,07 VHN. Daerah *HAZ* memiliki nilai kekerasan lebih rendah dari logam induk dikarenakan lambatnya laju pendinginan didalam suhu ruangan pada daerah *HAZ*. Gambar 4.1 menunjukan perubahan struktur mikro pada daerah logam induk dan daerah *HAZ*. Perubahan ukuran butir daerah *HAZ* lebih besar dibandingkan dengan ukuran butir pada daerah logam induk. Besar dan kecilnya ukuran butir ini akan mempengaruhi kekuatan mekanik pada material tersebut. Semakin besar ukuran butir maka akan menurunkan kekerasan dan kekuatan tariknya (Endriansyah Zulfikri, 2017). Nilai kekerasan rata-rata yang didapatkan pada daerah *filler* alusol tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 39,07 VHN sedangkan nilai kekerasan rata-rata yang didapatkan pada daerah *filler* alusol dengan tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 43,37 VHN. Nilai kekerasan pada *filler* alusol mengalami perubahan karena dipengaruhi oleh penambahan unsur penguat yaitu serbuk tembaga sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang lebih besar. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *filler* serbuk tembaga dapat mempengaruhi sifat mekanik dari sambungan *brazing*.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

- a) Hasil pengujian komposisi kimia pada aluminium menunjukan bahwa aluminium tersebut merupakan seri 1000.
- b) Tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga, nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* lebih besar dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium yaitu, $12,57 \text{ N/mm}^2$ berbanding $10,96 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga, nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* lebih besar dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium yaitu, $14,47 \text{ N/mm}^2$ berbanding $10,59 \text{ N/mm}^2$.

- c) Hasil pengujian struktur mikro pada daerah las mengalami perubahan ukuran butir, daerah *HAZ* mengalami perubahan ukuran butir lebih besar dibandingkan dengan daerah logam induk yang terlihat lebih kecil. Sedangkan daerah logam las memiliki bentuk butiran yang sama tetapi daerah logam las dengan tambahan *filler* serbuk tembaga belum bisa terlihat bentuk butiran dari serbuk tembaga tersebut.
- d) Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada sambungan *brazing* memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah sambungan logam las dengan tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 43,37 VHN sedangkan nilai kekerasan terendah dimiliki oleh daerah *HAZ* sebesar 25,67 VHN.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian sambungan *brazing* antara plat aluminium dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dan *filler* serbuk tembaga yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain:

- a. Sebelum melakukan proses pengelasan, usahakan permukaan material dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan amplas.
- b. Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan variasi *filler* pada sambungan dengan metode *brazing*.
- c. Penelitian yang akan datang diharapkan dapat menggunakan material logam aluminium yang lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D1002-99, *Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal)*, American Society for Testing Methods.
- ASTM E407-07, *Standard Practice Microetching Metals and Alloys*, American Society for Testing Methods.
- Baskoro, Ario Sunar dan Choirun Cahyoabdi. 2015. *Pengaruh Panjang Lap Joint Terhadap Beban Tarik pada Sambungan Pipa Kapiler Tak Sejenis Menggunakan Torch Brazing*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.

- Febriantoko, Bambang Waluyo. 2008. *Studi Variasi Suhu Terhadap Kuat Mekanik Sambungan Antara Baja Dengan Tembaga Pada Proses Furnace Brazing*. Vol. 9, No. 1, Januari 2008, 35 – 42.
- JIS Z 2244, *Standard Method of Vickers Hardness Testing*, Japanese Industrial Standard.
- M.Movahedi. A.H.Kokabi and H.R.Madaah Hosseini. *An investigation on the soldering of Al 3003/Zn sheets*. Volume 60, Issue 5, May 2008, Pages 441-446.
- M.Wattimena, Riles. 2012. *Analisa Serbuk Tembaga Hasil Proses Electrorefining Dengan Variasi Tegangan Dan Waktu Pengendapan Deposit Terhadap Bentuk Serbuk Dan Komposisi Kimia*. Jurusan Teknik mesin, Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Prian, Sapetina. 2010. *Pengaruh Jarak (GAP) Terhadap Kekuatan Geser Pada Sambungan Torch Brazing Dengan Filler Paduan Perak*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rajakumar, S. 2011. *Colleration Between Weld Nugget Grain Size, Weld Nugget Hardness and Tensile Strength of Friction Stir Welded Commercial Grade Aluminium Alloy Joints*. Department of Manufacturing Engineering, Annamalai University, India.
- Santoso, Agung. 2017. *Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Tipe Simple Lap Joint Antara Aluminium Tebal 2 mm Dengan Baja Galvanis Tebal 2 mm Dengan Metode Brazing*. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sunaryo, Hery. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1 dan jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- V. F. Khorunov and O. M. Sabadash, E. O. 2013. *Brazing of Aluminium and Aluminium to Steel*, Woodhead Publishing, Paton Electric Welding Institute, Ukraine.
- Wirjosumarto, H. T. Okumoro. 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Zulfikri, Endriansyah. 2017. *Analisa Kekuatan Mekanik Dan Struktur Metalografi Pada Metode Brazing Antara Aluminium Dan Besi Dengan Menggunakan Filler Alusol*. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.