

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



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

Oleh :

ADITYA DWLBAGUS OKTABUWONO

D200 140 230

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

HALAMAN PERSETUJUAN

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

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ADITYA DWI BAGUS OKTABUWONO

D 200 140 230

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN FILLER SERBBUK TEMBAGA TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAP JOINT PADA LOGAM ALUMINIUM DAN STAINLESS STEEL TEBAL 2MM DENGAN METODE BRAZING

OLEH:

ADITYA DWI BAGUS OKTABUWONO

D 200 140 230

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jum'at, 4 Oktober 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Dwi Anggono, ST.,M.Eng.,Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Patna Partono, ST.,M.T.
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. Wijianto, ST., M.Eng, Sc.
(Anggota 2 Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

Dekan,

 
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

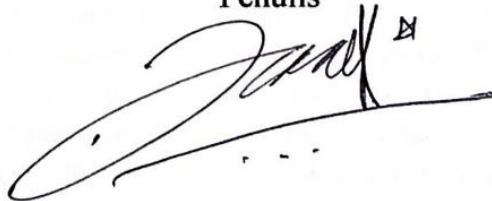
PERNYATAAN

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 di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya. .

Surakarta, 20 Oktober 2019

Penulis



ADITYA DWI BAGUS OKTABUWONO

D 200 140 230

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

Abstrak

Teknologi pengelasan dua material yang berbeda merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam dunia konstruksi otomotif dan penerbangan dikarenakan pengelasan dua material yang berbeda adalah cara yang paling efisien dalam memenuhi kebutuhan pabrik atau konsumen. 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 dan stainless steel. 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 (89,2 %), Besi (0,4491 %), Silikon (0,1907 %), Tembaga (0,0603 %), Mangan (0,0484 %), dan Magnesium (0,0127 %) sedangkan material stainless steel mengandung Cr (18-20%), Fe(66,3-74), Mn ($\leq 2\%$), Ni (8,0-10,5%), P($\leq 0,045\%$), Si($\leq 1,0\%$), S($\leq 0.30\%$). Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga dengan nilai 10.901 MPa dan kekuatan tarik pada sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 10.805 MPa. Struktur mikro pada batas sambungan aluminium dan alusol terjadi ikatan sambungan yang sangat baik sedangkan di bagian batas sambungan alusol dan stainless steel terdapat ikatan intermetalik. Pada pengujian kekerasan nilai kekerasan tertinggi pada daerah nugget yang di beri tambahan *filler* serbuk tembaga adalah 49.6 VHN sedangkan nilai kekerasan pada daerah nugget tanpa tambahan serbuk tembaga adalah 50,8 VHN.

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

Abstract

Two different material welding technology is a part that can not be separated in the world of automotive and aviation construction because the welding of two different materials is the most efficient way to meet the needs of manufacturers or Consumer. Brazing is one of the alternative process of connection for metals that have low weld properties because

liquefaction occurs only in the filler metal. Filler metal that is shaped as a wire rod is used by the welder. In this research in addition to using wire-shaped filler metal also added powder-shaped filler metal. The purpose of this research is to know the influence of copper powder fillers on the power of lap joint joints in aluminium and stainless steel materials. In this study the methods used for the testing process were chemical composition tests, tensile testing, hardness testing and Microphoto test. Based on the results of studies that have been conducted showed that the aluminium material contains some high enough composition of aluminum (89.2%), iron (0.4491%), silicon (0.1907%), copper (0.0603%), manganese (0.0484%), and Magnesium (0.0127 %) While the stainless steel material contains Cr (18-20%), Fe (66,3-74), Mn ($\leq 2\%$), Ni (8.0-10.5%), P ($\leq 0,045\%$), Si ($\leq 1.0\%$), S ($\leq 0.30\%$). The highest tensile strength occurs in the connection with the addition of copper powder filler with a value of 10,901 MPa and the tensile strength on the connection without additional copper powder filler of 10,805 MPa. The micro structure at the aluminum and Alusol connection limits occur in excellent connection, whereas in the boundary of the Alusol and stainless steel joints There is an intermetallic Iktan. In the hardness test the highest value of violence in the Nugget area in the give pillows copper powder filler is 49.6 vhn while the value of hardness in the Nugget area without additional copper powder is 50.8 vhn.

Keywords: copper powder Filler, Lap Joint, Brazing

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini ilmu pengetahuan di bidang pengelasan melalui penelitian memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan baru. Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. 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 ada banyak cara yang dapat digunakan dalam penyambungan logam. Salah satunya dengan metode penyambungan *brazing*. *Brazing* adalah penyambungan dua buah material logam atau lebih, baik itu logam sejenis maupun tidak sejenis dengan menggunakan bahan tambah *filler* yang titik cairnya lebih rendah dibanding dengan titik cair logam yang akan disambung dengan menggunakan temperatur yang rendah, pada proses *brazing* ini biasanya menggunakan api yang berasal dari karbid *acetylene* atau gas propana. Proses *brazing* mencakup suhu diatas 450°C. 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.

Dalam pengelasan *brazing* tidaklah selalu berjalan dengan lancar selalu ada masalah dalam prosesnya, masalah yang sering di jumpai dalam penyambungan *brasing* adalah bahanya. logam induk seharusnya memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari logam pengisi, karena dalam proses *brazing* logam induk tidak boleh meleleh hanya logam pengisi saja yang meleleh.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

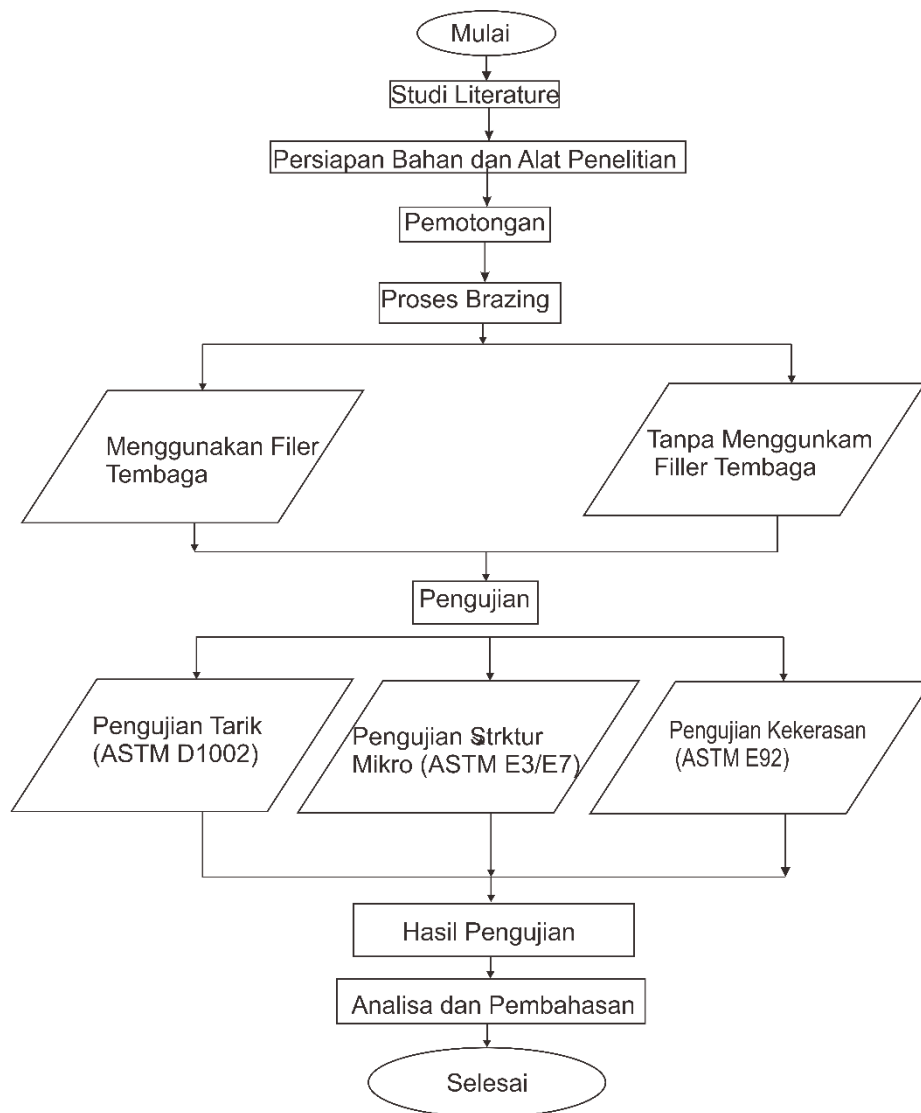
1. Mengetahui komposisi kimia dari aluminium.
2. Mengetahui pengaruh serbuk tembaga terhadap kekuatan tarik geser.
3. Mengetahui nilai kekerasan sambungan *brazing*
4. Mengetahui struktur mikro dari penyambungan *brazing*

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan yang digunakan plat aluminium dan *stainless steel* tebal 2 mm
2. penyambungan menggunakan metode *brasing*
3. Tipe sambungan yang di gunkan adalah *lap joint*
4. *Filler* menggunakan Alusol dan serbuk tembaga

2. METODE

2.1 Diagram Alir penelitian



Gambar 1. Diagram Air Penelitian

2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat *brazing*
2. Alat uji komposisi kimia
3. Alat uji tarik
4. Alat foto mikro
5. Alat uji kekerasan
6. Alat bantu : Timbangan digital, Mesin *cutting*, Penggaris, Spidol, Sarung tangan, Gergaji, Tang, Cetakan, Amplas, Kain bludru

2.3 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Plat aluminium 2mm
2. Plat Stainless Steel 2mm
3. Serbuk tembaga
4. Alusol
5. Resin dan Katalis
6. Metal polish

2.4 Langkah Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses penelitian :

1. Mencari referensi mengenai pengelasan mematri (*brazing*) dan (*soldering*), aluminium, stainless steel, pengujian komposisi kimia, pengujian tarik geser, pengujian kekerasan, dan pengujian mikro baik dari buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhir terdahulu.
2. Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan untuk penelitian.

3. Pemilihan standart sebagai acuan dalam penelitian ini yang meliputi ukuran spesimen, proses penelitan dan proses pengujian. Standart yang digunakan untuk ukuran pembuatan spesimen dan uji tarik material adalah ASTM D1002, untuk standart uji kekerasan menggunakan standar JIS-Z 2244, dan standar ASTM E407-07 untuk pengujian foto mikro.
4. Melakukan proses pengelasan dengan menggunakan alat yang sudah disediakan.
5. Setelah melakukan pengelasan, spesimen yang sudah dilas diuji dengan menggunakan alat uji tarik, uji kekerasan *Vickers microhardness* dan pengujian foto mikro.
6. Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa dan kemudian diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian spesimen ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia d dilakukan untuk mengetahui jenis jenis kandungan logam dan seri logam yang terdapat pada logam induk Aluminium dan *Stainless steel*.

3.1.1 Analisa Pengujian Komposisi kimia Aluminium

Tabel 1. Komposisi Kimia Aluminium

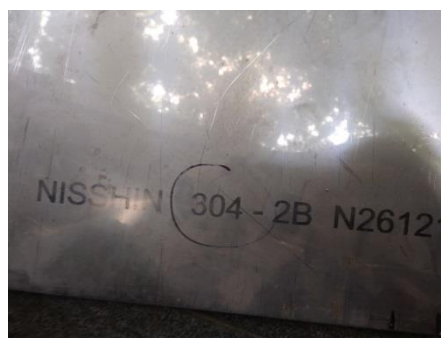
No	Unsur	%
1	Si	0.1907
2	Fe	0.4491
3	Cu	0.0603
4	Mn	0.0484
5	Mg	0.0127
6	Cr	0.0013
7	Ni	0.0032
8	Zn	0.0047

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

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan alat *spectrometer* pada logam aluminium unsur yang paling dominan yaitu Al, Fe, dan Cu. Dari ketiga unsur tersebut dimasukan data kedalam “*MatWeb Material Property Data*” dan didapatkan jenis material aluminium tersebut termasuk kedalam seri 1xxx, jika dibandingkan dengan hasil “*MatWeb Material Property Data*” maka hasilnya mendekati aluminium seri 1001.

3.1.2 Analisa Pengujian Komposisi kimia *Stainless steel*

Dalam pemilihan material *Stainless steel* sudah tertera seri 304 - 2BN2612 pada logam tersebut.



Gambar 2 *Stainless steel 304*

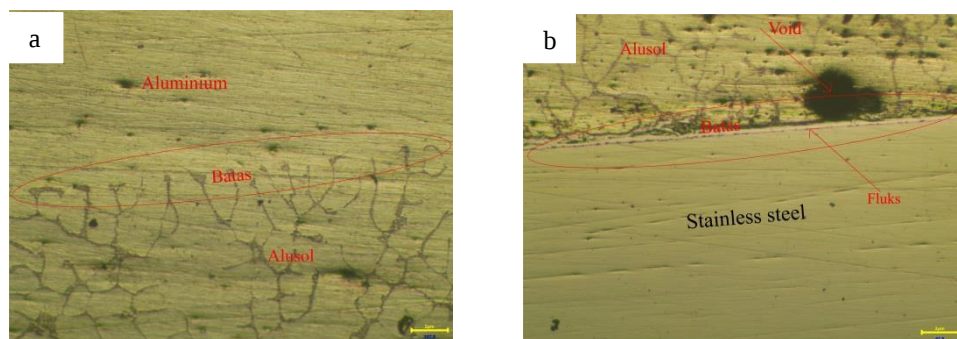
Berdasarkan hasil pencarian data di “*MatWeb Material Propety Data*” Seri 304 - 2BN2612 mempunyai kandungan logam .

Tabel 2. Komposisi Kimia *Stainless steel*

No.	Unsur	%
1	Cr	18 - 20 %
2	Fe	66.345 - 74 %
3	Mn	≤ 2.0 %
4	Ni	8.0 - 10.5 %
5	P	≤ 0.045 %
6	Si	≤ 1.0 %
7	S	≤ 0.030 %

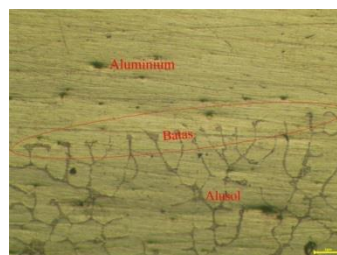
3.2 Analisa Pengujian Struktur Mikro

Pengujian foto struktur mikro dilakukan untuk mengetahui ikatan material antara *filler alusol* dengan logam induk. Pengujian struktur mikro menggunakan alat uji mikroskop *euromax* milik lab metalurgi ATW Surakarta



Gambar 3. a) Daerah ikatan material *alusol* dengan aluminium b) Daerah ikatan material *alusol* dengan *stainless steel*

3.2.1 Analisa Struktur Micro Sambungan Aluminium-alusol

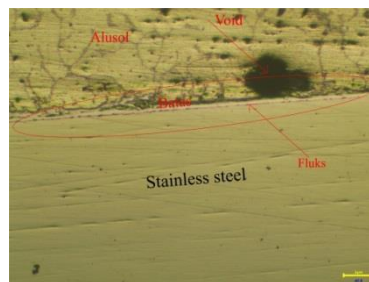


Gambar 4 Daerah ikatan material *alusol* dengan aluminium

Dapat dilihat dalam Gambar 4.2.1 menunjukkan daerah logam las pada sambungan aluminium dan alusol untuk bagian logam yang terlihat halus adalah logam aluminium dan bagian yang terlihat retak-retak seperti akar pohon adalah logam alusol, sedangkan yang dilingkari adalah ikatan yang terjadi dalam proses Braszing yaitu proses penyambungan dua material yang terjadi akibat panas $360^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$ yang mengakibatkan logam alusol sebagai logam pengikat (filler) meleleh dan masuk dalam pori-pori logam Aluminium sehingga terjadi ikatan dalam proses ini

Pada kedua daerah sambungan antara logam las dan base metal dapat menyatu dengan sempurna. Hal ini terjadi karena kapilaritas material alusol yang tinggi, kedua daerah las juga memiliki butir yang sama.

3.1.2 Analisa Struktur Micro Sambungan Alusol-stainless steel



Gambar 5. Daerah ikatan material *alusol* dengan *stainless steel*

Dapat dilihat pada Gambar 4.2.2 untuk logam yang terlihat retak-retak adalah logam Alusol sedangkan logam yang terlihat halus adalah logam stainless steel, dan yang dilingkari adalah batas atau sambungan antara logam alusol dan logam stainless steel.

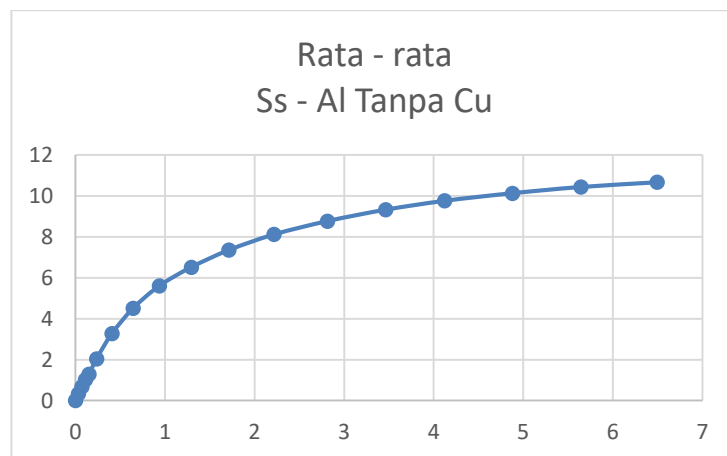
Dalam sambungan antara logam Alusol dan logam *Stainless steel* ini terdapat ikatan material intermetalik yaitu lapisan tipis yang terjadi pada sambungan dua logam yang berbeda jenis yang juga merupakan larutan padat, diamati pada antarmuka antara stainless steel dan pengisi (alusol).

Fase intermetalik ini dapat terjadi pada suhu $576 - 630^{\circ}\text{C}$ di Aluminium paduan yang kaya kesetimbangan dengan larutan Aluminium dan akan

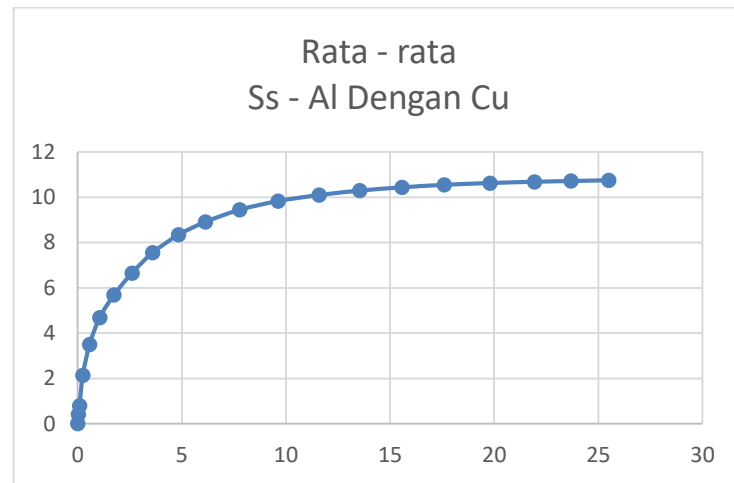
menghasilkan logam campuran antara logam Alusol dan logam Stainless stell
Sehingga terjadi ikatan antar material logam yang berbeda jenis.

3.3 Analisa Pengujian Tarik

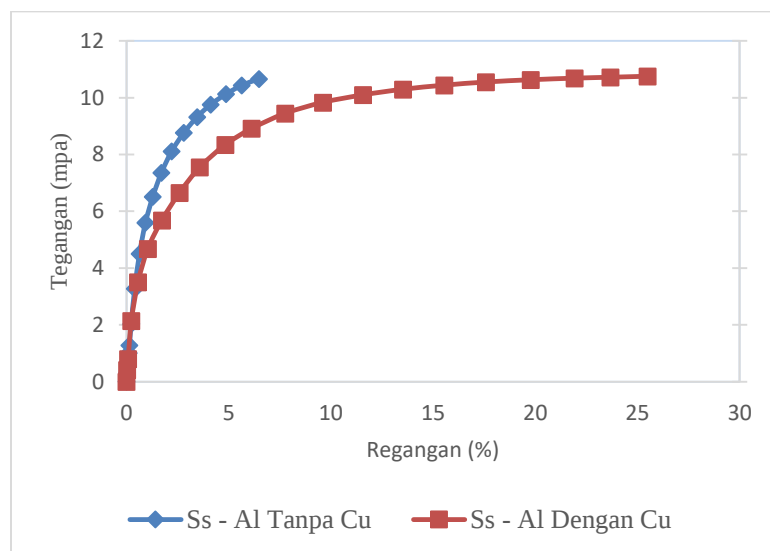
Pengujian tarik geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan *lap joint* dengan metode *brazing* dalam menahan beban yang diberikan. Pengujian tarik geser menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* milik bengkel pengelasan Balai Latihan Kerja Surakarta. Pada pengujian ini menggunakan standar ASTM D1002.



Gambar 6. Hasil pengujian tarik geser sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga

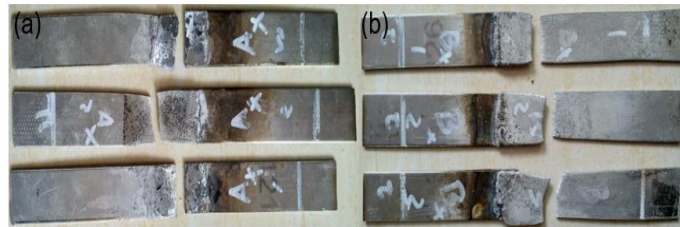


Gambar 7. Hasil pengujian tarik geser sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga.



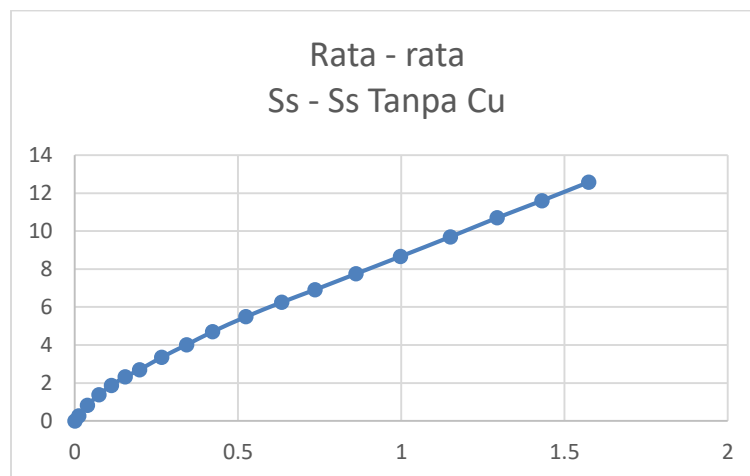
Gambar 8. Hasil rata-rata hasil pengujian tarik geser sambungan *lap joint* antara plat aluminium dengan stainless steel tebal 2 mm.

Dari analisa grafik tegangan dan regangan geser peneliti memperoleh hasil pengujian geser pada sambungan *lap joint* antara aluminium dengan *stainless steel* tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dan tambahan *filler* serbuk tembaga. Pada sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 10.805 MPa dan rata – rata regangan sebesar 6.509 % Sedangkan pada sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 10.901 MPa dan rata – rata regangan sebesar 25.722 %.

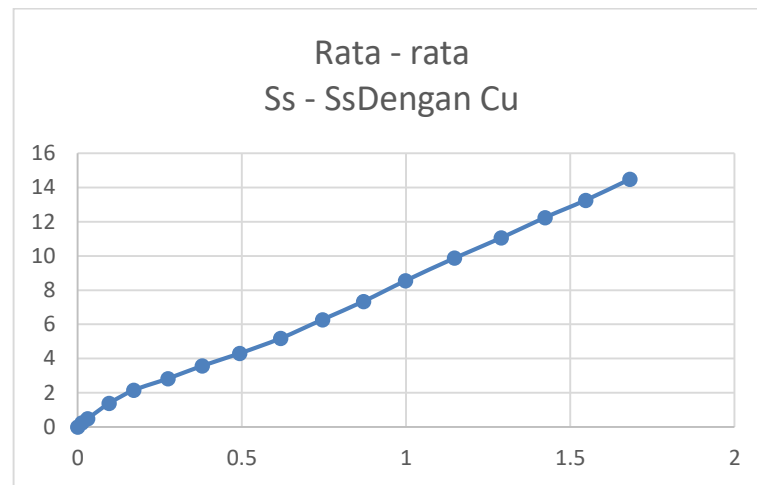


Gambar 9 Hasil pengujian tarik geser sambungan *stainless steel* dengan aluminium (a) Tanpa serbuk tembaga (b) Dengan serbuk tembaga

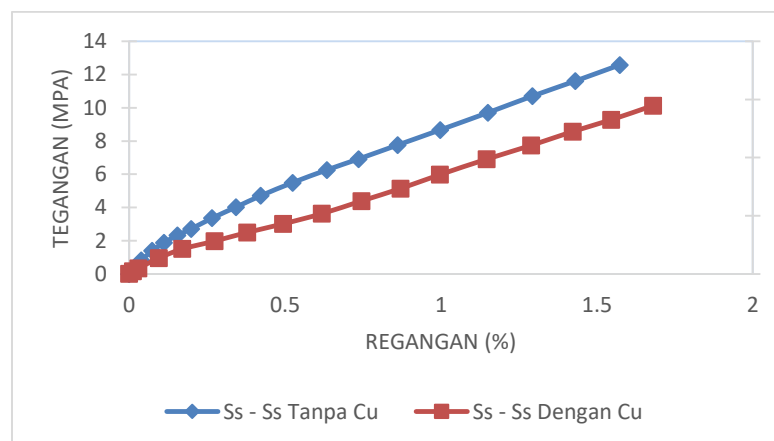
Seperti yang ditunjukkan gambar 4.3, spesimen yang telah dilakukan pengujian geser, 2 spesimen putus dari variasi tanpa penambahan serbuk tembaga putus pada sambungan, dan sisanya putus pada area *base metal*. Dua dari spesimen yang putus pada *base metal* ini terjadi karena sambungan *brazing* kurang kuat atau saat proses *brazing* belum mencapai temperature dari *brazing* sendiri. dibandingkan *base metal* dan juga kemungkinan dipengaruhi oleh HAZ (*Heat Affected Zone*). Dari hal ini peneliti menambahkan spesimen *stainless steel* dengan *stainless steel* tebal 2 mm dengan dan tanpa tambahan serbuk tembaga untuk dilakukan pengujian tarik geser kembali.



Gambar 10 Hasil pengujian tarik geser sambungan *stainless steel* dan *stainless steel* tebal 2 mm tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga



Gambar 11. Hasil pengujian tarik geser sambungan *stainless steel* dan *stainless steel* tebal 2 mm dengan tambahan *filler* serbuk tembaga



Gambar 12. Hasil rata-rata pengujian tarik geser sambungan *lap joint* antara plat *stainless steel* dengan *stainless steel* tebal 2 mm

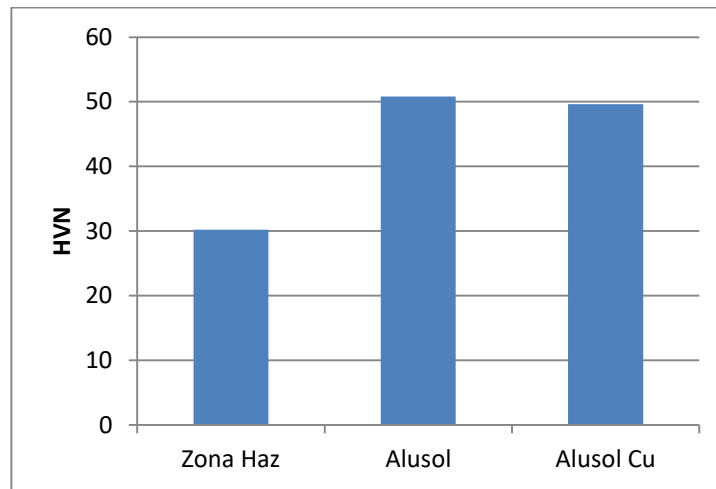
Hasil dari pengujian tarik geser yang dilakukan ulang oleh peneliti antara *stainless steel* dengan *stainless steel* tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dan tambahan *filler* serbuk tembaga dapat dilihat pada gambar diatas. Pada sambungan tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 12.910 MPa dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 0,00013 %. Nilai rata-rata tegangan pada sambungan *stainless steel* tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga lebih besar dibandingkan

nilai rata-rata tegangan sambungan aluminium dan *satinless steel* tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga yang hanya memperoleh nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 10.805 MPa dan nilai rata-rata regangan pada sambungan *satinless steel* tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata regangan pada sambungan aluminium tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga dengan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 6.509 %. Sedangkan pada sambungan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga di dapatkan nilai rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 10.901 MPa dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 25.722 %. Nilai rata-rata tegangan-regangan pada sambungan *stainless steel* dengan tambahan *filler* serbuk tembaga lebih besar dibandingkan nilai rata-rata tegangan-regangan sambungan aluminium dengan tambahan *filler* serbuk tembaga yang hanya memperoleh nilai rata-rata tegangan tertinggi sebesar 11,32 N/mm² dan nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 0,0031 %.

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*.

3.4 Analisa Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Pengujian ini menggunakan alat mikro vickers hardness testing machine.



Gambar 13. Histogram hasil pengujian kekerasan

Dari hasil Histogram seperti tampak pada gambar diatas peneliti memperoleh hasil pengujian kekerasan pada sambungan brazing. Hasil pengujian kekerasan brazing memiliki nilai yang berbeda-beda karena dilakukan di tiga bagian pengujian yang berbeda-beda. Hasil dari pengujian kekerasan bagian base metal memiliki nilai kekerasan rata-rata 30,2 VHN, sedangkan bagian HAZ yang di beri kandungan dengan serbuk tembaga memiliki kekerasan rata-rata 49.6 VHN dan bagian HAZ yang tidak di beri kandungan serbuk tembaga memiliki kekerasan 50,8 VHN.

Kedua Daerah HAZ memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari base metal hal ini di karenakan logam Alusol (pengisi) menggunakan tipe kasar dengan nomer seri ER4043 dimana logam alusol tersebut memiliki komposisi dengan kekerasan lebih tinggi dari pada dengan logam induk aluminium dengan seri 1xxx.

Nilai kekerasan rata-rata yang didapatkan pada daerah filler alusol tanpa tambahan filler serbuk tembaga sebesar 50,8 VHN, sedangkan nilai kekerasan rata- rata pada daerah las dengan filler alusol dan tambahan serbuk tembaga adalah 49,6 VHN. Nilai kekerasan pada filler alusol mengalami perubahan karena dipengaruhi oleh penambahan unsur serbuk tembaga. Hal ini menyebabkan lelehan alusol tidak bisa menyatu dengan rapat

karena terhalang serbuk tembaga yang menyebabkan nilai kekerasannya menurun.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian komposisi kimia pada aluminium menunjukkan bahwa aluminium tersebut merupakan seri 1005.
2. Tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga, nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* lebih besar (15,57 MPa) dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium (10.901 MPa). Sedangkan dengan tambahan *filler* serbuk tembaga, nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan *stainless steel* lebih besar (18,66 MPa) dibandingkan nilai rata-rata tegangan tertinggi pada sambungan aluminium (10.805 MPa).
3. Hasil dari pengujian struktur mikro pada batas sambungan aluminium dengan alusol terlihat ikatan yang sangat baik sedangkan pada batas sambungan antara *stainless steel* dengan alusol terdapat ikatan intermetalik yang di akibatkan penyambungan logam beda jenis.
4. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada sambungan *brazing* memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah sambungan logam las tanpa tambahan *filler* serbuk tembaga sebesar 49.6 HVN sedangkan nilai kekerasan dengan serbuk memiliki kekerasan 50.8 HVN

DAFTAR PUSTAKA

Hidayat, Roni and -, Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D (2017) *Analisa Kekuatan Tarik Sambungan Tipe Simple Lab Joint Plat Aluminium Tebal 2mm Dengan Metode Brazing*. Diploma thesis, universitas muhammadiyah surakarta.

L. Liu, Dailan (2013) *The joining of magnesium alloy to steel*, University of Technology, china

T. Watanabe (2010) *Brazing and soldering of magnesium alloys*. Niiagata Uneversitys, japan

Santoso, Agung and -, Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D (2017) *Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Type Simple Lap Joint Antara Aluminium Tebal 2 mm Dengan Baja Galvanis Tebal 2 mm Dengan Metode Brazing*. Diploma thesis, universitas muhammadiyah surakarta.

V.F. Khorunov And O. M. Sabadash, E. O (2013) *Brazing of aluminium and aluminium to steel*. Paton Electric Welding Institute, Ukraine